

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 313**

51 Int. Cl.:

**B63B 39/06** (2006.01)

**B63B 39/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2016 PCT/NL2016/050520**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.02.2017 WO17018877**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2016 E 16750533 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 3325338**

54 Título: **Sistema de estabilización de balanceo activo para amortiguar el movimiento de un barco**

30 Prioridad:

**24.07.2015 NL 2015217**

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

**05.03.2020**

73 Titular/es:

**QUANTUM CONTROLS B.V. (100.0%)**

**Industriestraat 5  
6361 HD Nuth, NL**

72 Inventor/es:

**KOOP, MATTHEUS THEODORUS y  
DINNISSEN, LAMBERTUS JOHANNES MARIA**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 746 313 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de estabilización de balanceo activo para amortiguar el movimiento de un barco

5 La invención se refiere a un dispositivo para amortiguar activamente el movimiento del barco, que comprende al menos un primer elemento de estabilización rotatorio que se extiende en un lado y por debajo de la línea de flotación del barco, unos medios sensores para detectar el movimiento del barco y basándose en los mismos suministrar unas señales de control a unos medios de accionamiento para accionar rotatoriamente el elemento de estabilización con el fin de amortiguar el movimiento del barco detectado, así como unos medios de movimiento para mover el elemento de estabilización en relación con el barco.

10 Un sistema de estabilización activo de este tipo para amortiguar un movimiento del barco se conoce, por ejemplo, a partir de la patente NL N.º 1023921. En dicha especificación de patente se propone configurar un elemento de estabilización que se proyecte en el agua desde el casco del barco por debajo de la línea de flotación como un elemento de estabilización cilíndrico. Este elemento de estabilización cilíndrico se hace rotar alrededor de su eje longitudinal con el fin de compensar el balanceo del barco mientras está parado. Para ese fin, el barco está  
15 equipado con unos medios sensores, por ejemplo, unos sensores de ángulo, sensores de velocidad y sensores de aceleración, por medio de los cuales se detecta el ángulo, la velocidad o la aceleración del balanceo del barco. Las señales de control se generan basándose en los datos que se obtienen, señales que controlan la rotación del elemento de estabilización rotatorio en cuanto a la dirección de rotación y la velocidad de rotación y también el movimiento del elemento de estabilización en relación con el barco.

20 Bajo la influencia del movimiento de rotación del elemento de estabilización y el agua que fluye como resultado del movimiento del elemento de estabilización en relación con el barco parado, se genera una fuerza de corrección perpendicular a la dirección de rotación y la dirección del movimiento. Este fenómeno físico también se conoce como el efecto Magnus, basándose en el cual se usa la fuerza de corrección para oponerse al balanceo del barco. Este sistema de estabilización basado en el efecto Magnus, que comprende unos elementos de estabilización cilíndricos rotatorios, proporciona una fuerza de corrección muy grande ya a velocidades de navegación muy bajas, fuerza que  
25 se usa como una fuerza de elevación para oponerse al balanceo.

Esta es una solución ideal en el caso de los barcos que navegan a bajas velocidades de alrededor de 3-4 nudos. Sin embargo, el sistema de estabilización se usa principalmente con barcos parados, en el que los elementos de estabilización rotatorios se mueven de una manera de traslación recíproca en relación con el casco del barco, y en el que se hace uso de la velocidad relativa del agua que fluye más allá de los elementos de estabilización de traslación para realizar el efecto de corrección de Magnus.  
30

Un inconveniente del sistema de estabilización descrito en dicha patente es que se confiere un movimiento de traslación recíproco en relación con el casco del barco a los elementos de estabilización mediante los medios de movimiento. Esto significa que los medios de movimiento deben cambiarse constantemente para acelerar y desacelerar la masa del elemento de estabilización rotatorio en una dirección de traslación y acelerar y desacelerar  
35 la masa del elemento de estabilización rotatorio en la otra dirección opuesta de la traslación. La inercia de masa del sistema tiene además un efecto adverso en el buen funcionamiento del sistema debido a que también la dirección de rotación de los elementos de estabilización debe invertirse cada vez accionando los medios de accionamiento.

Esta aceleración-desaceleración masiva demanda considerablemente las fuentes de energía a bordo del barco en cuestión. Los generadores de los medios de movimiento o los medios de accionamiento se cargan fuertemente y,  
40 debido a los cambios requeridos, de una manera constantemente variable. Esta variación se compensa lo más posible usando acumuladores (en el caso del accionamiento hidráulico) para suavizar las corrientes máximas. Otro sistema de estabilización de balanceo se describe en el documento EP 2 277 771 A1.

Por lo tanto, el objeto de la invención es proporcionar un sistema de estabilización activo para amortiguar el movimiento de un barco como se describe en la introducción. De acuerdo con la invención, el sistema de  
45 estabilización activo se caracteriza, en ese sentido, porque los medios de movimiento están configurados para conferir un movimiento de precesión a el al menos un elemento de estabilización rotatorio en función de la velocidad de navegación del barco y las señales de control suministradas por los medios sensores.

Por lo tanto, los inconvenientes constructivos de los sistemas de estabilización conocidos se obvian. Conferir un movimiento de precesión a los elementos de estabilización obvia la necesidad de cambiar constantemente la  
50 dirección de la masa de los elementos de estabilización. En cambio, solo la dirección de rotación de los elementos de estabilización debe invertirse constantemente y ajustarse de acuerdo con la velocidad. Este desplazamiento de la masa es significativamente menor, de tal manera que todo el sistema de accionamiento (medios de accionamiento y medios de movimiento) puede ser de un diseño más simple.

Otra ventaja del movimiento de precesión es que toda la estructura mecánica rota constantemente en una dirección de la precesión, mientras que también la corrección de elevación realizada por el efecto Magnus puede usarse para una duración mucho más larga para la compensación del movimiento de balanceo.  
55

Con el fin de tener el sistema de estabilización de acuerdo para que la invención funcione de manera óptima, la

- 5 dirección del movimiento de precesión es opuesta a la dirección de rotación del al menos un elemento de estabilización rotativo. Como resultado, se realiza una compensación efectiva del movimiento de balanceo. Sin embargo, se observa que las direcciones de precesión y rotación y también las velocidades de precesión y rotación pueden establecerse independientemente mediante los medios de movimiento y los medios de accionamiento, respectivamente, en función de una amortiguación efectiva deseada del balanceo del barco.
- En otra realización del sistema de estabilización de acuerdo con la invención, los medios de movimiento están configurados para establecer el ángulo de precesión del al menos un elemento de estabilización rotativo en relación con el casco del barco. Por lo tanto, la compensación del comportamiento de balanceo puede establecerse de manera efectiva en función del comportamiento de balanceo del barco en cuestión.
- 10 De acuerdo con otra realización, el elemento de estabilización está, de acuerdo con la invención, conectado al barco por medio de una junta universal, de tal manera que puede conferirse un movimiento de precesión en relación con el barco y a través del agua al elemento de estabilización rotativo de una manera efectiva.
- En una realización específica del aspecto de la invención, el elemento de estabilización puede alojarse en un rebaje formado en el casco del barco, de tal manera que el elemento de estabilización puede moverse hacia atrás en el casco del barco cuando el barco está en movimiento, si se desea, de tal manera que la fricción entre el barco en movimiento y el agua disminuya significativamente.
- 15 El elemento de estabilización puede alojarse opcionalmente en una guía formada en o sobre el casco del barco, guía que se extiende preferentemente al menos en parte en la dirección longitudinal del barco.
- En una realización específica de un sistema de estabilización de acuerdo con la invención, el al menos un elemento de estabilización rotativo solo puede rotar en una dirección.
- 20 De acuerdo con otra realización funcional, el al menos un elemento de estabilización rotativo tiene una forma cilíndrica, mientras que en otra realización funcional el al menos un elemento de estabilización rotativo tiene una forma de ala.
- De acuerdo con otra realización funcional, los elementos de estabilización pueden proporcionarse en, o bien un lado longitudinal del barco o solo en un lado, mientras que en otra realización dos o más elementos de estabilización se proporcionan en el lado delantero del barco.
- 25 La invención se explicará a continuación en más detalle haciendo referencia a un dibujo, en el que:
- las figuras 1-4 son vistas de sistemas de estabilización de balanceo activos de acuerdo con la técnica anterior;
  - 30 la figura 5a es una vista delantera de un buque provista de una realización de un sistema de estabilización activo de acuerdo con la invención;
  - la figura 5b es una vista superior del buque provista del sistema de estabilización activo de la figura 5a a una velocidad = 0 nudos;
  - la figura 5c es una vista delantera del buque de la figura 5a provista de dos realizaciones de un sistema de estabilización activo de acuerdo con la invención;
  - 35 las figuras 6a-6c son vistas que muestran diversas situaciones operativas del sistema de estabilización activo de las figuras 5a y 5b a una velocidad > 0 nudos;
  - las figuras 7a-7d son vistas que muestran un elemento de estabilización de un sistema de estabilización activo de acuerdo con la invención;
  - 40 las figuras 8a y 8b son vistas de otra realización de un sistema de estabilización activo de acuerdo con la invención;
  - las figuras 9a-9e son vistas que muestran diversas realizaciones de un elemento de estabilización de un sistema de estabilización activo de acuerdo con la invención;
  - la figura 10 es una vista delantera de un buque provista con el sistema de estabilización activo de acuerdo con las figuras 8a y 8b.
- 45 En las figuras 1-4 se muestran unas realizaciones de los sistemas de estabilización de balanceo activos de acuerdo con la técnica anterior. El barco 1 parado que flota sobre la superficie 3 del agua está provisto de un sistema de estabilización de balanceo activo indicado por los números de referencia 10-11-20-10'-20'. Este conocido sistema de estabilización de balanceo activo para el movimiento del barco como se describe en la patente holandesa N.º 1023921 está compuesto de unos elementos de estabilización rotativos 4a y 4b, respectivamente, que se extienden desde un lado longitudinal respectivo del casco 2 del barco por debajo de la línea de flotación.
- 50 El sistema de estabilización de balanceo activo de la técnica anterior comprende también unos medios sensores (no mostrados) para detectar el movimiento del barco, más en particular el balanceo del barco. Basándose en los resultados de la detección, las señales de control se suministran a los medios de accionamiento (que tampoco se muestran), que accionan rotatoriamente uno cualquiera de los elementos de estabilización 4a o 4b (en función de la corrección requerida). Dichos medios sensores pueden consistir en sensores de ángulo, sensores de velocidad o sensores de aceleración, que detectan continuamente el ángulo del barco en relación con la superficie 3 horizontal del agua y la velocidad o la aceleración provocada por los balanceos del barco.
- 55

La figura 1 muestra una realización de un sistema de estabilización activo conocido provisto de un conjunto de elementos de estabilización rotatorios. El sistema de estabilización activo comprende unos medios de movimiento que mueven el elemento 4 de estabilización rotatorio con respecto al barco parado. Más específicamente, la figura 1 muestra una realización en la que los medios 10 de movimiento confieren un movimiento de traslación alternativo entre dos posiciones 4a y 4b extremas al elemento de estabilización, de tal manera que dicho movimiento tiene al menos un componente en la dirección longitudinal del barco. La dirección longitudinal del barco está indicada por la flecha ancha X en la figura 1.

En el caso de la realización de traslación del sistema de estabilización activo mostrada en la figura 1 (véase también la figura 2), el movimiento de traslación de la elemento 4 de estabilización rotatorio se hace posible porque una guía 11 forma parte del casco 2 del barco 1, a lo largo de la cual puede moverse el elemento 4 de estabilización. El elemento 4 de estabilización rotatorio se aloja para ese fin en la guía 11 con su extremo 4' a través de una junta 12 universal, de tal manera que es posible el movimiento de traslación en la guía 11, por un lado, y el movimiento de rotación alrededor del eje longitudinal 13, por otro lado.

Aunque esto se muestra esquemáticamente, el elemento 4 de estabilización rotativo está conectado a los medios 6 de accionamiento por medio de una junta 12 universal, medios de accionamiento que de manera rotatoria accionan el elemento 4 de estabilización con la finalidad de amortiguar el movimiento del barco que está detectándose. En esta realización, el conjunto de los medios 6 de accionamiento y la junta 12 universal (que permite que el elemento 4 de estabilización rote con respecto a los medios 6 de accionamiento y el barco 1) puede trasladarse a lo largo de la guía 11, por ejemplo, por medio de un mecanismo de transmisión de cremallera y piñón (no mostrado).

Sin embargo, otros mecanismos de transmisión de traslación pueden usarse también para este fin.

El movimiento de traslación recíproco del elemento 4 de estabilización rotativo entre las posiciones 4a y 4b extremas en la guía 11 en la dirección X longitudinal del barco parado 1, combinado con el movimiento de rotación del elemento 4 de estabilización da como resultado una fuerza reactiva, denominada también como la fuerza Magnus. Esta fuerza es perpendicular tanto a la dirección del movimiento del elemento 4 de estabilización en la dirección X como a la dirección de rotación.

En función de la dirección del movimiento del barco (el balanceo del barco) a amortiguar, la dirección de rotación del elemento 4 de estabilización debe seleccionarse de tal manera que la fuerza  $F_M$  Magnus resultante se opondrá a la fuerza  $F_R$  de balanceo ejercida en el barco por el balanceo del barco.

Esto se muestra en la figura 3, en la que los elementos 4a-4b 4 de estabilización rotativo de traslación se disponen por debajo de la línea 3 de flotación, cerca del centro del barco (véase la figura 2). La dirección, la velocidad así como la aceleración del balanceo pueden detectarse de una manera conocida, usando unos medios sensores adecuados (sensor de ángulo, sensor de velocidad y sensor de aceleración). Basándose en esto, se suministran unas señales de control a los medios 6 y 10 de accionamiento respectivos. Basándose en dichas señales, los medios 6 de accionamiento accionarán el elemento 4 de estabilización a una velocidad y en una dirección que pueden o no variarse, mientras que también los medios 10 de movimiento moverán el elemento 4 de estabilización rotatorio en la dirección X longitudinal en la guía 10 a una cierta velocidad.

En la figura 4 se muestra otra realización de un sistema de estabilización activo conocido, en el que los medios de movimiento (indicados como 20 en este caso) confieren un movimiento pivotante recíproco entre dos posiciones 4a y 4b extremas con respecto al barco 1 parado para el elemento 4 de estabilización. Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sistema de estabilización activo en el caso de barcos parados, es deseable, también en la realización mostrada en la figura 4, que el movimiento pivotante conferido al elemento 4 de estabilización rotatorio por los medios 20 de movimiento tenga al menos un componente de movimiento en la dirección X longitudinal del barco 1.

En la configuración anterior, el uso de un control y un accionamiento adecuados del elemento 4 de estabilización en términos de velocidad y dirección de rotación y velocidad y dirección de pivote, el efecto Magnus, en el caso, por ejemplo, de que un barco parado esté anclado dará como resultado una fuerza  $F_M$  Magnus que tiene al menos un componente de fuerza dirigido hacia o lejos de la superficie 3 del agua. Dicho componente de fuerza ascendente o descendente de la fuerza  $F_M$  Magnus puede utilizarse de manera muy efectiva para compensar el balanceo del barco parado alrededor de su eje longitudinal X.

Un inconveniente importante de los sistemas de estabilización activos conocidos actualmente que funcionan basándose en el efecto Magnus es que en la actualidad solo pueden usarse con barcos parados y barcos que navegan a una velocidad muy baja. En la actualidad no hay disponible ningún dispositivo de estabilización basado en el efecto Magnus que pueda usarse con barcos que naveguen a gran velocidad. Además de esto, se experimenta una mayor resistencia a la fricción durante la navegación, lo que hace que los sistemas conocidos no sean adecuados.

Un inconveniente importante de los sistemas de estabilización activos conocidos que funcionan basándose en el efecto Magnus es que en la actualidad solo pueden usarse con barcos parados y barcos que navegan a una velocidad muy baja. Hasta la fecha, no hay disponible un sistema de estabilización basado en el efecto Magnus que

pueda usarse con barcos que naveguen a alta velocidad. Súmese a esto el hecho de que en movimiento se experimenta una mayor resistencia a la fricción, lo que hace que los sistemas conocidos sean inadecuados.

5 La figura 5a muestra una vista delantera de un barco 1 provisto de una primera realización de un sistema 100 para la amortiguación activa del movimiento de un barco. En esta figura 5a, el buque 1 está provisto de las combinaciones de letras BB y SB, que indican el lado de babor y el lado de estribor, respectivamente, del buque. También en este caso, el buque 1 flota sobre la superficie del agua y el número 2 indica el casco del barco por debajo de la superficie del agua, mientras que 2a indica la quilla.

10 El dispositivo 100 está, en parte, alojado en el casco 2 del buque 1, y por otra parte comprende un elemento 104 de estabilización rotativo que se extiende desde el casco 2 del barco en el agua a través de una abertura 2b (véanse las figuras 6a-6c y 8a-8b). En esta realización, el elemento 104 de estabilización se realiza como un cilindro rotatorio que se extiende desde el casco 2 del barco en un lado longitudinal del barco, en esta figura el lado SB de estribor, por debajo de la línea 3 de flotación. El elemento 104 de estabilización rotatorio, realizado como un cilindro, está conectado al barco por medio de una junta 102 universal, más en particular está conectado a los medios 101 de movimiento.

15 Los medios 101 de movimiento están configurados para accionar la junta 102 universal alrededor del eje 103 de precesión, de tal manera que un movimiento de precesión alrededor del eje 103 de precesión en relación con el casco del barco se confiere al elemento 104 de estabilización. El elemento 104 de estabilización cilíndrico está conectado a la junta 102 universal en un ángulo ajustable  $\alpha$ , de tal manera que el elemento 104 de estabilización realizará un movimiento de precesión como resultado del movimiento de rotación alrededor del eje 103 conferido a la junta 102 universal por los medios 101 de movimiento, como se muestra en la figura 5a.

20 La figura 5b, que es una vista superior del buque 1, muestra el movimiento de precesión del elemento 104 de estabilización rotativo alrededor del eje 103 en diversos momentos (posiciones) angulares. En la figura 5b, el movimiento de precesión se muestra en diversas posiciones de rotación de  $45^\circ$  cada una como se indica con los números 104a-104h. El elemento 104 de estabilización que puede accionarse por la precesión alrededor del eje 103, además puede girarse alrededor de su eje 104' longitudinal por los medios 105 de accionamiento que forman parte del sistema 100 de estabilización activo.

El sistema para amortiguar de manera activa el movimiento de un barco por medio de un elemento de estabilización accionable de manera rotatoria al que se confiere un movimiento de precesión, puede usarse con barcos parados, así como con los barcos que navegan a baja velocidad.

30 En el caso de un barco parado y un sistema de estabilización activo no operativo de acuerdo con la invención, el elemento 104 de estabilización está estacionado en la posición de  $0^\circ$ , como se indica en 104a en la figura 5b. En esta posición estacionada, el elemento 104 de estabilización se ha rotado por medio de la junta 102 universal y se ha colocado contra el casco 2 del barco, extendiéndose en la dirección de la popa (a la izquierda en la figura 5b, se muestra la popa del barco 1 a la derecha en la figura 5b).

35 Opcionalmente, puede proporcionarse un rebaje (no mostrado) en el casco 2 del barco, de tal manera que el elemento 104 de estabilización puede alojarse en dicho rebaje en su posición de  $0^\circ$  estacionada (indicado en 104a). Sin embargo, el rebaje es opcional, ya que requiere una adaptación más compleja del casco 2 del barco.

40 Un barco parado se someterá a un movimiento de balanceo recíproco (de babor a estribor y viceversa) bajo la influencia del oleaje. Para amortiguar este movimiento de balanceo, se hace rotar el elemento 104 de estabilización alrededor del eje 103 de precesión desde su posición de  $0^\circ$  estacionada a la posición 104e de rotación por los medios 101 de movimiento, cuya posición de rotación corresponde a una rotación de precesión media ( $180^\circ$ ). Debido a que el elemento 104 de estabilización no está en línea con el eje 103 pero, por el contrario, incluye un ángulo  $\alpha$  con dicho eje 103, el elemento 104 de estabilización se someterá un movimiento de precesión tras la rotación del eje 103 por los medios 101 de movimiento.

45 El ángulo  $\alpha$  que el elemento 104 de estabilización incluye con el eje 103 de rotación puede ajustarse por la junta 102 universal en función de la estabilización necesaria del balanceo del barco 1. Durante el movimiento de precesión conferido al eje 103, el elemento 104 de estabilización también rota alrededor de su propio eje 104' longitudinal (véase la figura 5a). Este movimiento de rotación alrededor del propio eje 104' del elemento de estabilización se confiere por los medios 105 de accionamiento que forman parte del sistema 100 de estabilización activo.

50 El número de revoluciones o velocidad de rotación del elemento 104 de estabilización rotativo alrededor de su eje 104' de rotación longitudinal se establece por los medios 105 de accionamiento en función de la velocidad de navegación del barco y de las señales de control suministradas por los medios sensores del sistema 100 de estabilización activo, medios sensores que detectan el balanceo del barco 1 (dirección, velocidad del balanceo y aceleración del balanceo).

55 El movimiento de precesión del elemento 104 de estabilización alrededor del eje 103 de precesión se establece del mismo modo por los medios 101 de movimiento en función de la velocidad de navegación del barco y de las señales de control suministradas por los medios sensores del sistema 100 de estabilización activo, medios sensores que

detectan los movimientos de balanceo del barco 1 (dirección, velocidad del balanceo y aceleración del balanceo).

En esta realización, el punto de partida es un buque parado en el puerto. Basándose en las señales de control que se suministran, los medios 101 de movimiento generan la velocidad de rotación del elemento 104 de estabilización alrededor de su eje 104' de rotación.

5 Como resultado del movimiento de precesión del elemento 104 de estabilización alrededor del eje 103 de precesión y el movimiento de rotación del elemento 104 de estabilización alrededor de su eje 104' de rotación, se genera una fuerza de corrección, como ya se ha descrito anteriormente en el presente documento, fuerza de corrección que es perpendicular a la dirección de rotación del elemento 104 de estabilización y también perpendicular a la dirección de precesión alrededor del eje 103 de precesión. Una fuerza de corrección o elevación generada basándose en este efecto Magnus actuará en la dirección opuesta al desplazamiento angular del barco durante el balanceo del barco, por ejemplo desde estribor SB a babor BB.

15 La elevación o fuerza de corrección (fuerza de Magnus) generada de este modo se opone continuamente a este desplazamiento angular, debido a que esta fuerza de Magnus tiene al menos un componente de fuerza dirigida hacia o lejos del nivel 3 del agua. Este componente de fuerza ascendente o descendente de la fuerza de Magnus puede usarse de manera muy efectiva para compensar el balanceo del barco parado 1 alrededor de su eje longitudinal.

20 En el momento en que el movimiento de balanceo del barco de estribor SB a babor BB ha terminado y el barco se somete a un movimiento de balanceo de babor BB a estribor SB, el movimiento de precesión del elemento 104 de estabilización se continúa desde la posición indicada en 104e en la figura 5b, a través de las posiciones 104f-104g-104h, a la posición inicial 104a, que corresponde a la rotación de precesión de 0° (= 360°).

25 El movimiento de precesión del elemento 104 de estabilización alrededor del eje 103 de precesión es por lo tanto un movimiento continuo desde la posición inicial 104a, a través de las posiciones 104b-104c-104d, en la dirección de la posición 104e intermedia (que corresponde al movimiento de precesión de 180°) y más atrás a la posición inicial 104a a través de 104f-104g-104h. La velocidad de precesión, que es la velocidad de rotación alrededor del eje 103 de precesión, es constante y se adapta a la frecuencia del balanceo del barco alrededor de su eje longitudinal desde estribor SB hasta babor BB, y viceversa.

30 En función de la dirección del balanceo a amortiguar, también la dirección de rotación del elemento 104 de estabilización alrededor de su eje 104' de rotación debe seleccionarse de tal manera que la fuerza  $F_M$  de Magnus resultante (véase la figura 3) se opondrá a la fuerza de balanceo ejercida en el barco por el movimiento de balanceo. Por lo tanto, la dirección de rotación del elemento 104e de estabilización (correspondiente a 180° o, en otras palabras, la mitad de un movimiento de precesión) debe invertirse para el movimiento de balanceo inverso del barco 1 desde su extremo final en el lado de babor BB en la dirección del lado de estribor SB. Esta dirección de rotación es, por lo tanto, opuesta a la dirección de rotación del elemento 104 de estabilización durante la primera media carrera del movimiento de precesión desde la posición 104, a través de las posiciones 104b-104c-104d, hasta la posición 104e de 180°. En esta posición 104e, la dirección de rotación del elemento 104 de estabilización alrededor de su eje 104' de rotación se invierte, por lo tanto, durante la segunda mitad del movimiento de precesión a la posición 104a final a través de las posiciones 104f-104g-104h, la fuerza de Magnus generada de este modo se opondrá al movimiento de balanceo del barco desde el lado de babor BB al lado de estribor SB.

40 Al conferir un movimiento de precesión a los elementos 104 de estabilización se evita la necesidad de hacer que la masa de los elementos de estabilización cambie de dirección constantemente. En su lugar, solo la dirección de rotación de los elementos de estabilización y su velocidad de rotación deben cambiarse/ajustarse constantemente. Este desplazamiento de masa es significativamente más pequeño, de tal manera que todo el sistema de accionamiento (los medios 105 de accionamiento y los medios 101 de movimiento) puede diseñarse de una manera más simple.

45 Al fabricar además el elemento de estabilización rotativo de un material ligero, tal como fibra de carbono, puede efectuarse un ahorro de peso y una reducción de la inercia de masa significativos, de tal manera que todo el sistema de accionamiento del sistema de estabilización de balanceo activo puede diseñarse de una manera más simple.

50 Aunque en la figura 5a un sistema 100 de estabilización de balanceo de acuerdo con la invención solo se muestra en el lado de estribor SB por el bien de la simplicidad, cada barco 1 está equipado preferentemente con dos sistemas de estabilización de acuerdo con la invención dispuestos en el lado de babor BB y en el lado de estribor SB, respectivamente. Esta realización habitual se muestra en la figura 5c, en la que el sistema de estabilización de acuerdo con la invención proporcionado en el lado de babor BB se indica como 200. El elemento 204 de estabilización que rota alrededor de su eje 204' de rotación y que precesa alrededor de su eje 203 de precesión se acciona de manera idéntica por este sistema 200 de estabilización activo, pero de tal manera que la fuerza que se genera (fuerza de Magnus) es de sentido opuesto.

55 Esto significa que durante el movimiento de balanceo alrededor del eje longitudinal del barco 1 desde babor BB a estribor SB, el sistema 100 de estabilización activo que comprende el elemento 104 de estabilización rotatorio y de precesión, que está dispuesto en el lado de estribor SB, se opondrá al movimiento descendente del lado de estribor

SB. Al mismo tiempo, el sistema 200 de estabilización activo que comprende el elemento 204 de estabilización rotatorio y de precesión, que está dispuesto en el lado del babor, generará una fuerza de corrección similar, fuerza que se opone al movimiento ascendente del lado de babor BB del buque.

5 Con esta disposición de un sistema de estabilización activo proporcionado tanto en el lado de babor BB como en el lado de estribor SB y un control y un accionamiento adecuados de los dos elementos 104 y 204 de estabilización, respectivamente, en términos de dirección y velocidad de rotación alrededor sus ejes 104' y 204' de rotación respectivos y un ángulo establecido  $\alpha$  y  $\alpha'$ , respectivamente, entre el eje 104'/204' de rotación y el eje 103'/203' de precesión, así como una dirección y velocidad de precesión alrededor de sus respectivos ejes 103 y 203 de precesión, el efecto Magnus que se produce en cada elemento 104 y 204 de estabilización, respectivamente, de un  
10 barco parado 1 anclado puede dar como resultado una fuerza Magnus que tenga al menos un componente de fuerza que se dirija hacia o lejos del nivel 3 del agua. Este componente de fuerza ascendente o descendente de la fuerza Magnus puede utilizarse de manera muy efectiva para compensar el balanceo del barco parado 1 alrededor de su eje longitudinal.

15 Las figuras 6a-6b-6c muestran la realización del sistema de estabilización de balanceo activo, que también se muestra en las figuras 5A-5c. De acuerdo con la invención, un movimiento de rotación alrededor del eje 104' de rotación longitudinal así como un movimiento de precesión alrededor del eje 103 de precesión pueden conferirse al elemento 104 de estabilización por los medios 105 de accionamiento y los medios 101 de movimiento, respectivamente, en los que la dirección y la velocidad de los dos movimientos se establece en función de la velocidad de navegación (y la dirección) del barco y las señales de control generadas por los medios sensores que detectan los movimientos del barco 1 (balanceo alrededor de su eje longitudinal).  
20

La realización como se muestra en las figuras 5a-5b-5c se ha explicado basándose en la situación en la que el barco está parado (la velocidad de navegación es de 0 nudos).

25 Sin embargo, el sistema de estabilización de balanceo activo de acuerdo con la invención también puede usarse de manera muy eficaz con los barcos en movimiento. Esta realización del sistema de estabilización de balanceo activo se muestra en las figuras 6a-6c. También en este caso, el punto de partida es la situación del sistema de estabilización de balanceo activo en la que el elemento 104 de estabilización está en su posición inicial o su posición estacionada como se muestra en la figura 6a. El elemento 104 de estabilización tiene que hacerse rotar hacia ese extremo alrededor de su eje 103 de precesión por medio de los medios 101 de movimiento (véase la figura 5a) y la junta 102 universal, de tal manera que se extienda en paralelo al casco 2 del barco en la dirección de la popa del  
30 barco 1. El elemento 104 de estabilización está en la posición de  $0^\circ$  (la posición inicial como se indica en 104a) en esa situación.

35 En la siguiente explicación de la presente realización del sistema de estabilización de balanceo activo de acuerdo con la invención se supone que el barco 1 se mueve desde la izquierda a la derecha en las figuras 6a-6b-6c. En la posición  $0^\circ$ , la resistencia experimentada por el barco 1 mientras está en movimiento (de izquierda a derecha en las figuras) es mínima. A una cierta velocidad de navegación, el sistema de estabilización de balanceo activo puede emplearse activamente para amortiguar el balanceo del barco mientras el barco está en movimiento. El elemento 104 de estabilización se hace rotar hacia ese extremo alrededor de su eje 103 de precesión desde su posición 104a de  $0^\circ$  hasta un ángulo de precesión fijo de, por ejemplo,  $45^\circ$ . Esta posición de precesión se muestra en la figura 6b y corresponde a la posición 104c intermedia mostrada en la figura 5b.

40 En esta actividad de estabilización de balanceo, se confiere un ángulo de precesión fijo (en este caso  $45^\circ$ ) al elemento 104 de estabilización en función de la velocidad de navegación. Como en el caso de un barco en movimiento, el elemento de estabilización se establece en un ángulo de precesión fijo en relación con el casco 2 del barco en función de la velocidad y el balanceo del barco y también se hace rotar alrededor de su propio eje 104' de rotación longitudinal, se genera una fuerza Magnus de una manera similar a la de un barco parado, lo que resulta en una fuerza de elevación que tiene un componente hacia o lejos del nivel 3 de agua, en función de la dirección del movimiento de balanceo.  
45

Mientras que en la realización mostrada en las figuras 5a-5c se genera el efecto Magnus tanto por el movimiento de rotación como por el movimiento de precesión del elemento 104 de estabilización en el caso de un barco parado (en el que el elemento 104 de estabilización se mueve por una masa de agua parada), en el caso de un barco en movimiento, el efecto Magnus se genera por el elemento 104 de estabilización rotatorio (que está parado, sin embargo, en relación con el casco del barco) y fluyendo la masa de agua como resultado del movimiento del barco.  
50

55 En la realización mostrada en la figura 6b, en la que el elemento 104 de estabilización ocupa un ángulo de precesión fijo de  $45^\circ$  en relación con el casco del barco 2, para ser verdad, la resistencia de fricción experimentada por un barco en movimiento es mayor, pero el efecto de corrección en el movimiento del barco es efectivo en todo momento. En la realización mostrada en la figura 6b, el elemento de estabilización se establece en un ángulo de precesión fijo de  $90^\circ$  (correspondiente a la posición 104c en la figura 5b), y el elemento 104 de estabilización se extiende más o menos perpendicular al casco del barco. Aunque esto significa que la resistencia de fricción provocada por el agua que fluye es máxima, la fuerza Magnus generada por el elemento 104 de estabilización rotatorio como la fuerza de corrección para el balanceo del barco también es máxima.

Los experimentos han demostrado que esta realización puede usarse eficazmente con los barcos navegando a una velocidad de aproximadamente 14 nudos como máximo. El efecto de un sistema de estabilización activo de este tipo, en el que el elemento 104 de estabilización rotatorio se establece en un ángulo de precesión fijo en relación con el casco 2 del barco, es específicamente muy efectivo a velocidades de navegación muy bajas (3 a 4 nudos).

5 El ángulo de precesión del elemento 104 de estabilización rotativo en relación con el eje longitudinal del barco o el casco 2 del barco se establece de manera efectiva basándose en las señales de control generadas por los medios sensores y también suministradas a los medios de movimiento, medios sensores que detectan el balanceo y también la velocidad de navegación del barco 1. En función de esto, el ángulo de precesión del elemento 104 de estabilización rotatorio en relación con el casco del barco y la dirección de movimiento del barco pueden ajustarse  
10 de tal manera que, por un lado, la resistencia experimentada por el agua que fluye más allá del elemento de estabilización se minimiza y, por otro lado, se optimiza la estabilización del balanceo del barco (la oposición efectiva del balanceo).

15 Esto puede explicarse en el primer lugar basándose en el área de superficie proyectada del elemento 104 de estabilización rotativo, es decir, el área de superficie del elemento de estabilización a lo largo de la que fluye el agua. Véanse las figuras 7a-7d. Dicha área de superficie proyectada es mayor cuando los elementos de estabilización se extienden perpendicularmente al casco del barco y depende del ángulo entre el elemento de estabilización y el agua que fluye. Además, la resistencia se minimiza como resultado del ajuste angular debido a que la sección del elemento de estabilización a lo largo de la que fluye el agua en relación con la dirección del movimiento del barco ya no es cilíndrica sino que se vuelve elíptica cuando se usa dicho ajuste angular. Como resultado, se obtiene una mejor "línea de corriente" para el agua que fluye, de tal manera que se experimentará menos resistencia.  
20

Además de eso, se ha descubierto que, como resultado del ángulo cada vez mayor en relación con la dirección de movimiento del barco (véanse las subfiguras 7a-7b-7c-7d), el área de la sección elíptica aumentará igualmente.

25 La figura 7 muestra a modo de ilustración, el área de superficie aumentada realizada por la forma elíptica a medida que aumenta el ángulo. La relación L/D (la denominada relación de aspecto, que es la relación entre la longitud y el espesor del elemento de estabilización) permanece idéntica, pero el área de contacto de flujo determinada por el diámetro (o la sección) D y la longitud L-L1-L2-L3 proyectada (véanse las figuras 7a-7b-7c-7d) del elemento de estabilización ahora establecido en ángulo y, en consecuencia, la resistencia al agua que experimenta el elemento de estabilización disminuirá significativamente a medida que el ángulo aumenta de la situación 7a a la situación 7d.

30 Aunque la longitud L-L1-L2-L3 efectiva proyectada del elemento de estabilización se reduce a medida que aumenta el ángulo, y por consiguiente también la eficacia de la compensación del movimiento de balanceo generado por este elemento de estabilización rotativo, esta disminución en la eficacia de la estabilización de balanceo se corrige mediante el aumento de la sección D-D1-D2-D3 elíptica (o el diámetro) del elemento de estabilización. Dicha sección D-D1-D2-D3 elíptica que está en contacto con el flujo, que aumenta igualmente a medida que aumenta el ángulo, proporciona un momento de elevación adicional para la estabilización de balanceo, de tal manera que el elemento  
35 de estabilización rotatorio podrá generar un efecto Magnus suficientemente fuerte para corregir la estabilización de balanceo también en el caso de ángulos grandes.

Con respecto a la explicación anterior, los ajustes angulares de 45° y 90° en relación con la dirección del movimiento V del barco mostrada en las figuras 5a-5d se destinan puramente por medio de un ejemplo para explicar el efecto de la sección elíptica ampliada en la corrección de la estabilización de balanceo.

40 La ventaja de este control de estabilización es que el sistema de estabilización puede ser activo en todo momento, independientemente de la velocidad de navegación, mientras el barco está en movimiento y que la resistencia de fricción experimentada por los elementos de estabilización es considerablemente menor que la resistencia de fricción experimentada por un sistema de estabilización de la técnica anterior, en el que los elementos de estabilización ocupan una posición fija (perpendicular) en relación con la dirección de movimiento del barco y, por lo tanto, no se ajustan constantemente.  
45

50 En las figuras 8a-8e se muestra otra realización de un sistema de estabilización de acuerdo con la invención que tiene la misma funcionalidad de estabilización. Con el fin de reducir aún más la resistencia en el agua del elemento 4 de estabilización, la forma del elemento se ha adaptado en esta realización. Los elementos de estabilización cilíndricos ya no se usan en esta realización, pero (como se muestra con más detalle en las figuras 9a- 9e) el elemento 114 de estabilización tiene una forma 142a de ala que está conectada a una parte 141 de soporte del elemento de estabilización, que a su vez se conecta a la junta 102 universal (que se acciona por un eje 103 de accionamiento de los medios 101 de accionamiento, véase la figura 5).

El ala 142 puede tener una forma 142a elíptica (figuras 9a y 9b), una forma 142b-142c triangular (figuras 9c y 9d, que resulta en el llamado efecto Kamm) o una forma de lágrima 142d (figura 9e).

55 El sistema de estabilización de acuerdo con la invención está provisto de un sistema de control adaptativo, en el que los medios sensores están diseñados para determinar la velocidad de navegación actual. Esta velocidad de navegación actual se compara con una velocidad de navegación de referencia, que está determinada en particular por el diseño del barco y su comportamiento de balanceo en el agua. El sistema de control está diseñado para



generar señales de control basándose en dicha comparación y suministrarlas tanto a los medios de accionamiento, que establecen la velocidad de rotación del elemento de estabilización, como a los medios de movimiento, que disponen el ajuste angular en relación con la dirección de movimiento del barco.

5 El sistema de control está diseñado en particular de tal manera que si la velocidad de navegación actual del barco es menor que la velocidad de navegación de referencia, los medios de accionamiento accionarán los elementos de estabilización a una velocidad rotacional superior a 0 rpm. Opcionalmente, los medios de movimiento pueden establecer los elementos de estabilización en un ángulo en relación con la dirección de movimiento del barco, en función de la minimización deseada de la resistencia de fricción que se experimenta desde el agua.

10 A altas velocidades de navegación, el elemento de estabilización rotatorio experimenta demasiada resistencia de fricción, que ya no puede minimizarse cambiando el ajuste angular. Por lo tanto, el sistema de control de acuerdo con la invención se establece de tal manera que si la velocidad de navegación actual del barco es mayor que la velocidad de navegación de referencia (que se ha definido basándose en el diseño y en el comportamiento de balanceo de ese tipo de barco), los medios de accionamiento accionarán el elemento de estabilización a una velocidad de rotación igual a 0 rpm y los medios de movimiento conferirán un movimiento de rotación recíproco al elemento de estabilización, que ya no rota y está en la posición de "embanderamiento" en esta etapa.

Esta funcionalidad adicional del sistema de estabilización activo hace posible realizar adaptaciones rápidas y eficientes para cambiar las condiciones de navegación, de tal manera que por un lado se realizan constantemente las correcciones adecuadas para el balanceo del barco y, por otro lado, se minimiza la resistencia al agua del barco.

20 A altas velocidades de navegación, el perfil del ala, donde el elemento de estabilización no rotatorio tiene un perfil que genera o experimenta solo una resistencia mínima en la posición de "embanderamiento", es claramente ventajoso. A bajas velocidades, el elemento de estabilización puede sacarse de la posición de "embanderamiento" confiriéndole una velocidad de rotación al mismo, como resultado de lo cual la masa de agua se convierte en un cilindro virtual, de tal manera que como resultado se genera un efecto Magnus suficientemente fuerte para efectuar la estabilización de balanceo.

25 El sistema de control es tal que a velocidades más altas, la rotación de los elementos de estabilización (efectuado por los medios de accionamiento) puede convertirse automáticamente en un movimiento pivotante recíproco (por los medios de movimiento) alrededor del eje 104' de rotación en torno a la posición de embanderamiento, de tal manera que pueda generarse un efecto de elevación a partir del desplazamiento angular pivotante del elemento de estabilización alrededor de su eje 104' de rotación a través, por ejemplo, de -20° a +20°. El ajuste constante de este ángulo pivotante se realiza mediante la electrónica del sistema de control. Véase la figura 10, en la que dos sistemas 30 100 y 200 de estabilización de balanceo activos están dispuestos a cada lado del buque, de manera análoga a la figura 5c.

35 En las situaciones en las que el sistema de estabilización no necesita estar constantemente activo, el elemento de estabilización de rotación en forma de ala está estacionado en la posición de embanderamiento (rotación = 0 rpm), de tal manera que apenas se experimenta resistencia. En la posición de embanderamiento, el elemento de estabilización "corta" el agua sin fricción, por así decirlo. Véase la figura 8b.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para amortiguar activamente el movimiento de un barco, que comprende al menos
- un primer elemento (4a, 4b) de estabilización rotatorio que se extiende desde el casco (2) del barco, por debajo de la línea de flotación, en un lado del barco (1),
  - 5 - unos medios sensores para detectar el movimiento del barco y suministrar unas señales de control basándose en el mismo,
  - unos medios (6) de accionamiento para accionar rotatoriamente el elemento (4a, 4b) de estabilización basándose en las señales de control suministradas con el fin de amortiguar el movimiento del barco que se detecta, así como
  - 10 - unos medios de movimiento para mover el elemento (4a, 4b) de estabilización en relación con el barco (1) basándose en las señales de control suministradas, **caracterizado porque** los medios de movimiento están configurados para conferir un movimiento de precesión a el al menos un elemento de estabilización rotatorio dependiendo de la velocidad de navegación del barco y de las señales de control suministradas por los medios sensores.
- 15 2. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la dirección del movimiento de precesión es opuesta a la dirección de rotación del al menos un elemento de estabilización rotatorio.
3. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** los medios de movimiento están configurados para establecer el ángulo de precesión del al menos un elemento de estabilización rotatorio en relación con el casco del barco.
- 20 4. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el elemento de estabilización está conectado al barco por medio de una junta universal.
5. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el elemento de estabilización puede alojarse en un rebaje formado en el casco del barco.
- 25 6. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el al menos un elemento de estabilización rotatorio puede rotar en una sola dirección.
7. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el al menos un elemento de estabilización rotatorio tiene forma cilíndrica.
8. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores 1-6, **caracterizado porque** el al menos un elemento de estabilización rotatorio tiene forma de ala.
- 30 9. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se proporciona al menos un elemento de estabilización en cada lado longitudinal del barco.
10. Un sistema de estabilización activo de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el par de elementos de estabilización se proporcionan en la parte delantera del barco.

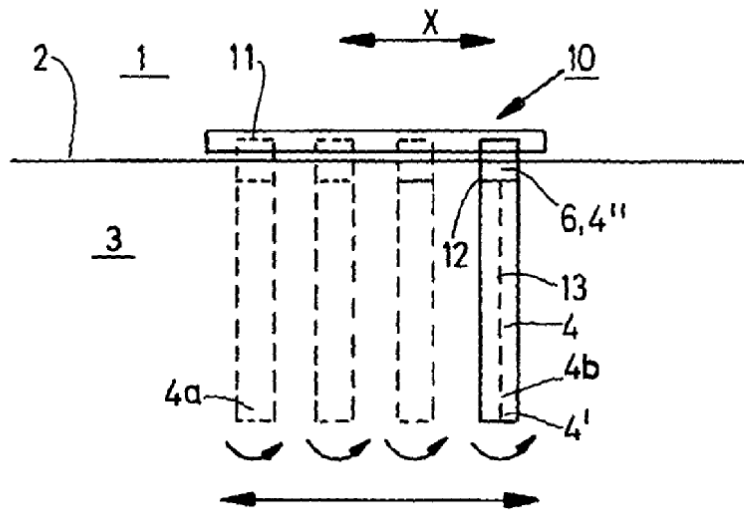


Fig. 1

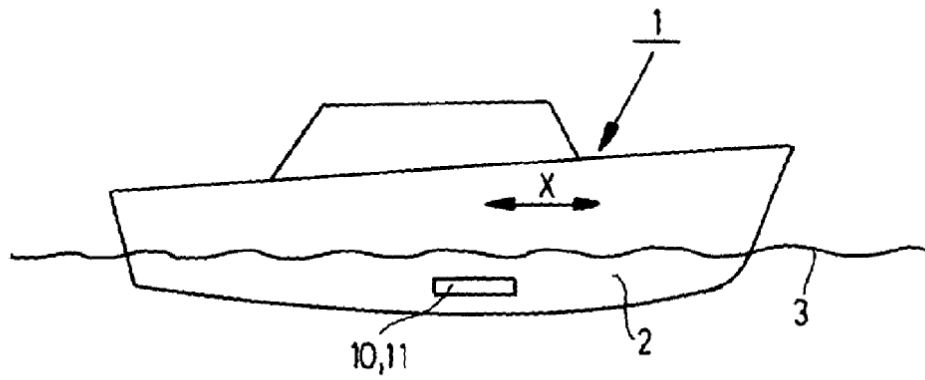


FIG. 2

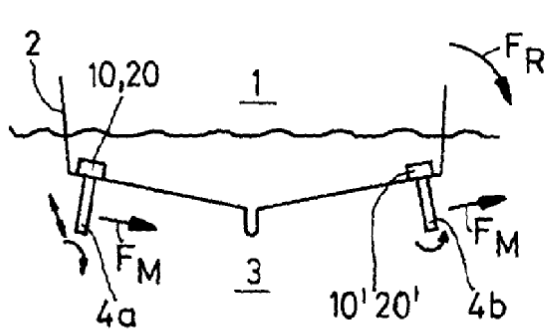


FIG. 3

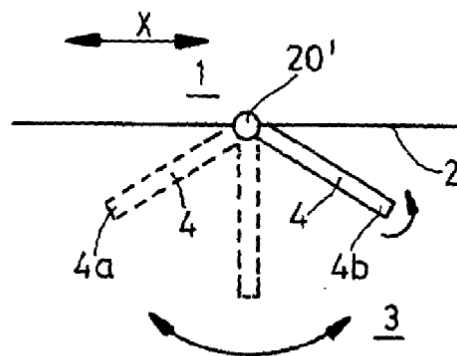


FIG. 4

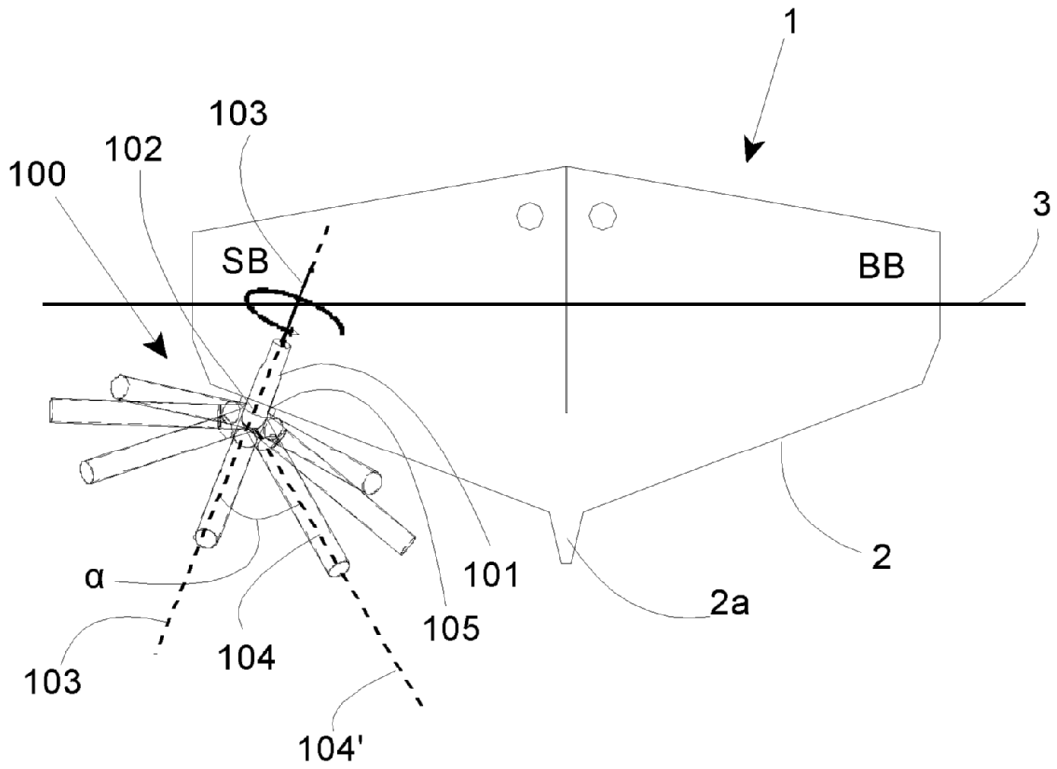


FIG. 5a

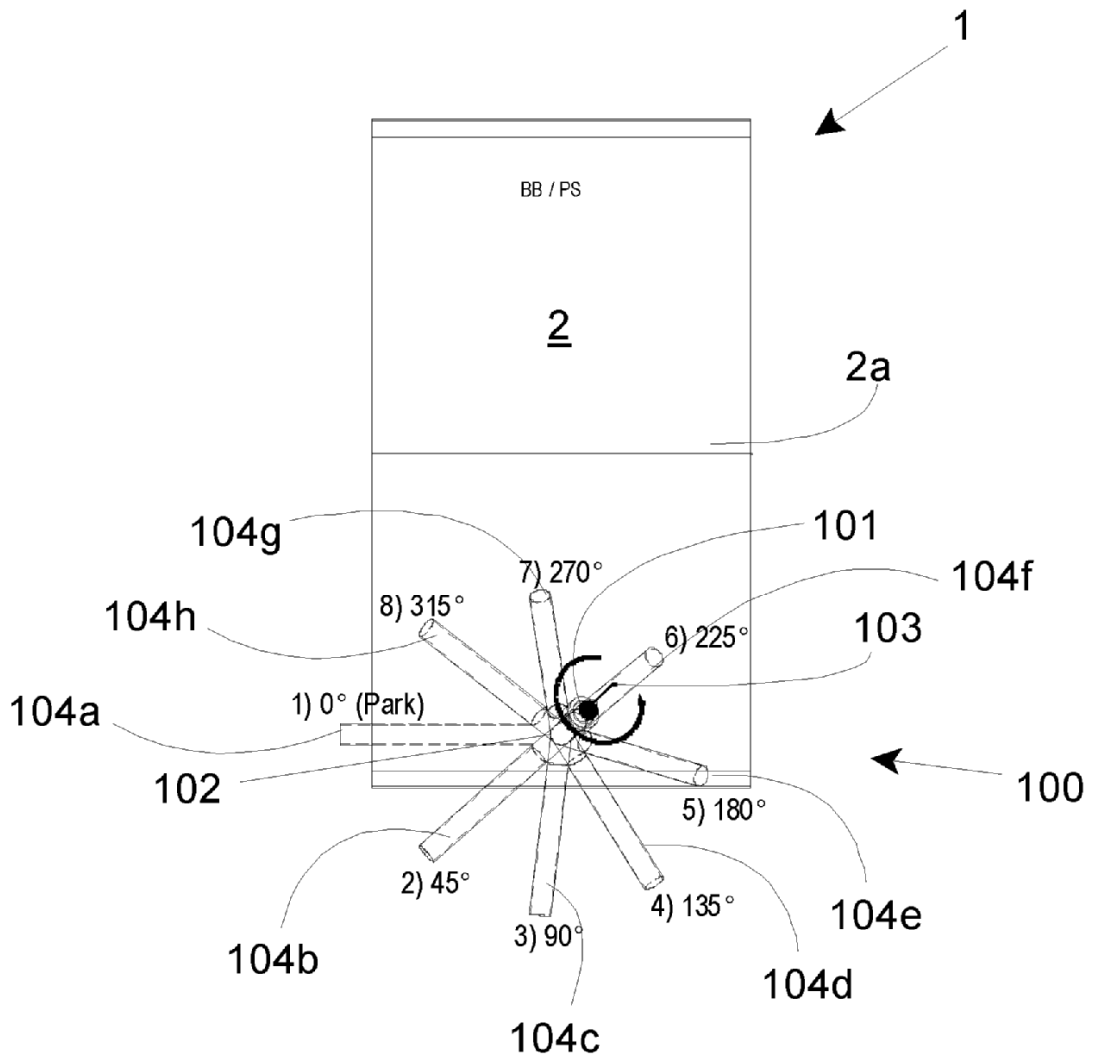


Fig. 5b

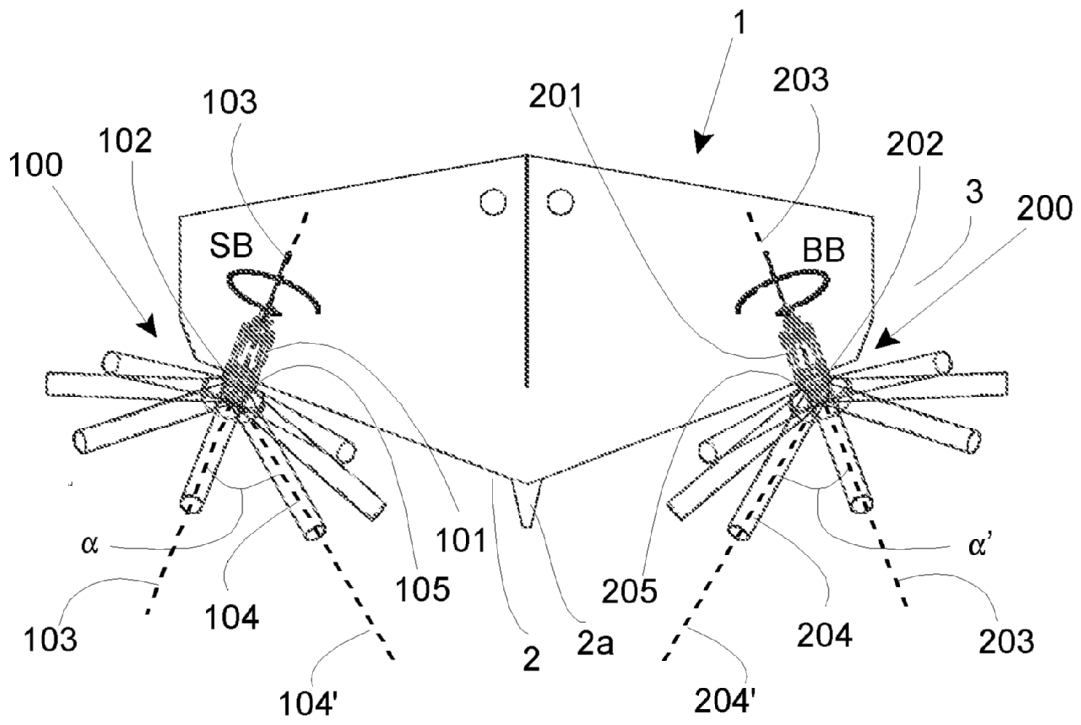


Fig. 5c

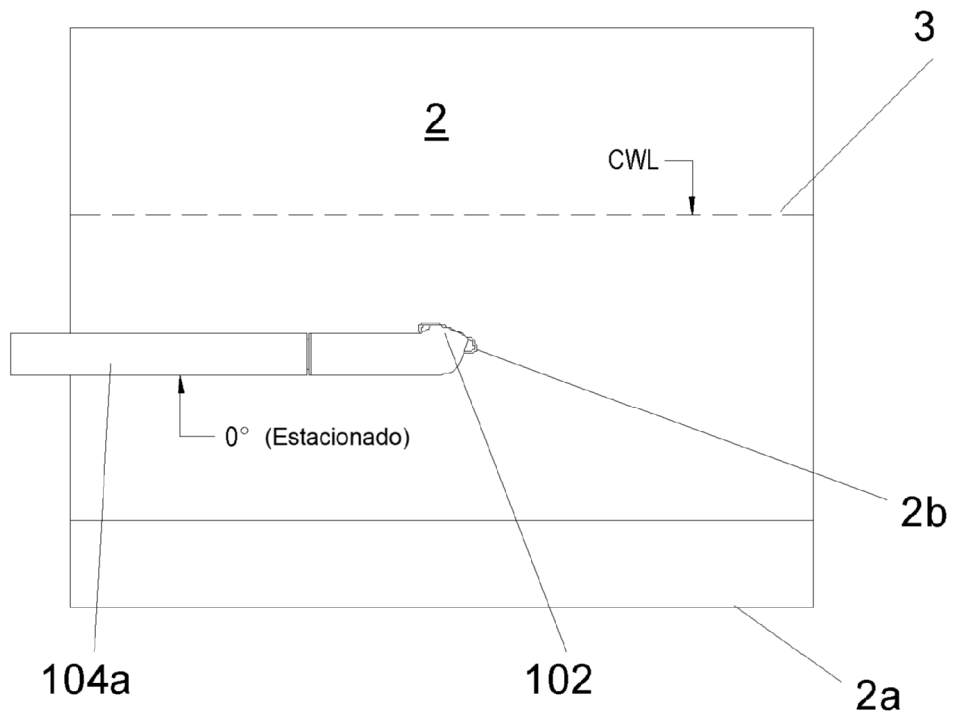


Fig. 6a

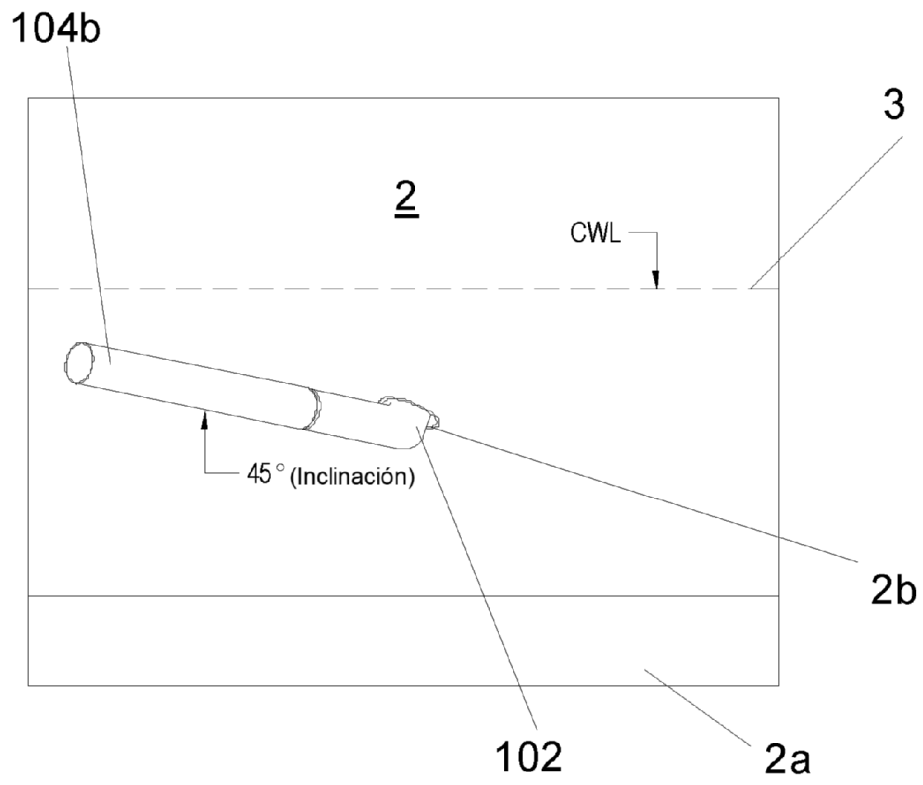


Fig. 6b



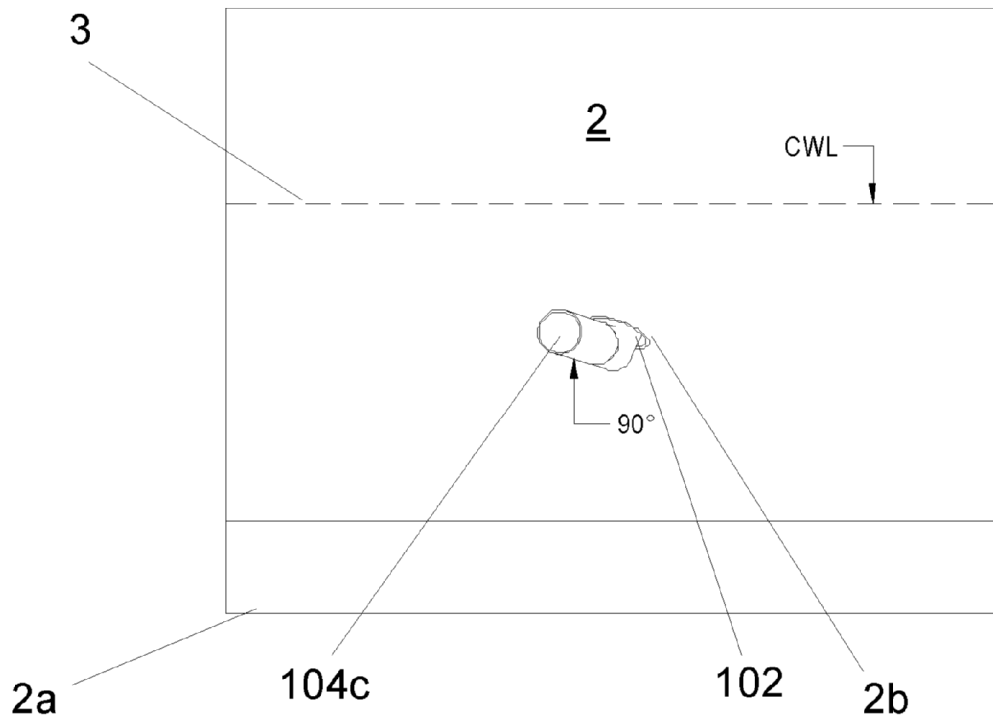


Fig. 6c

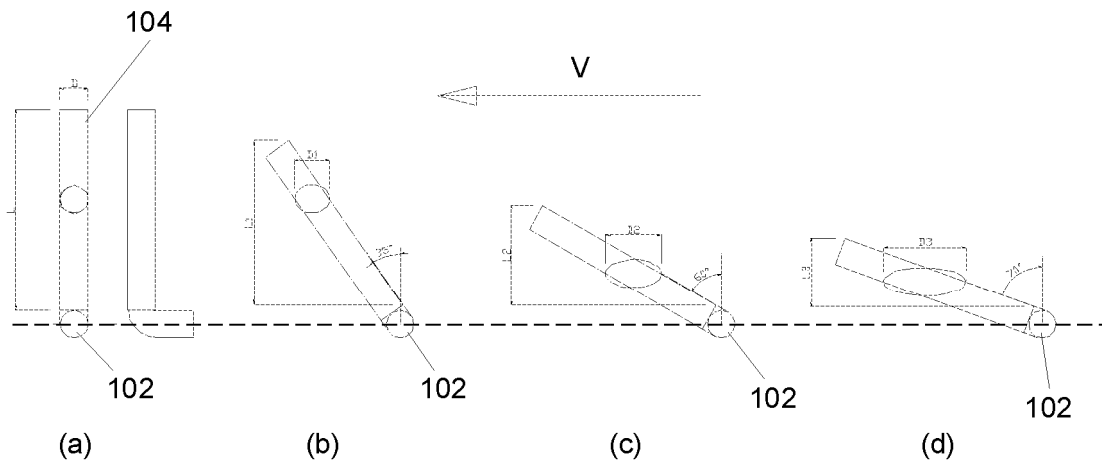
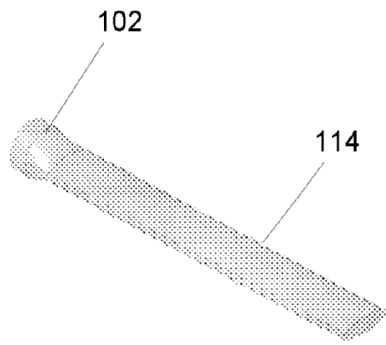
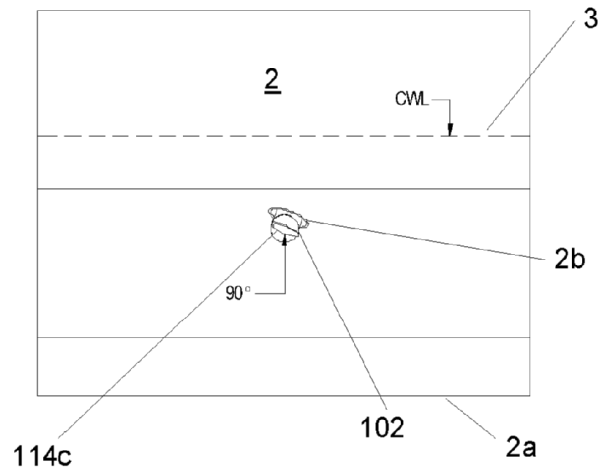


Fig. 7



(a)



(b)

Fig. 8

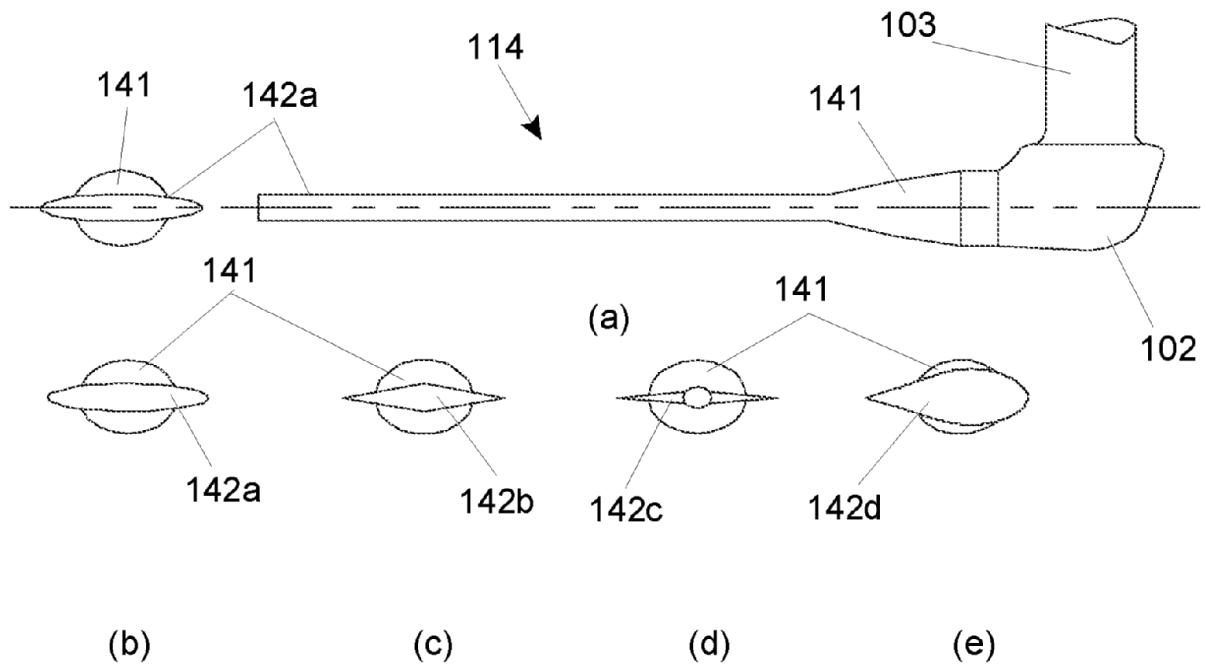


Fig. 9

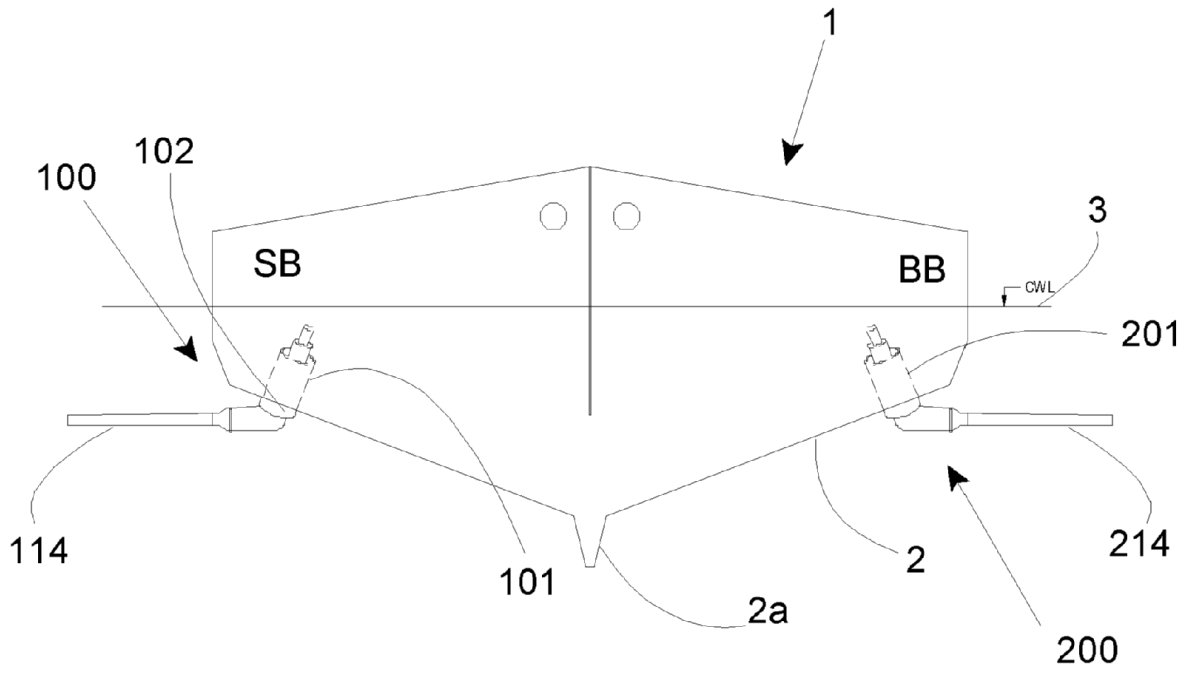


Fig. 10