

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 242**

51 Int. Cl.:

B63H 25/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2014 PCT/US2014/030829**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14153299**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2014 E 14770476 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2976257**

54 Título: **Velero autónomo para monitorización oceanográfica**

30 Prioridad:

18.03.2013 US 201313845488

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

21.02.2019

73 Titular/es:

**AUTONOMOUS MARINE SYSTEMS, INC. (100.0%)
2303 Kansas Ave
Silver Spring, MD 20910, US**

72 Inventor/es:

HOLEMANS, WALTER

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 701 242 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

Velero autónomo para monitorización oceanográfica

Antecedentes y compendio de la invención

5 Esta invención se refiere al sector técnico de las embarcaciones de vela autónomas, y en particular, a veleros muy robustos, muy eficientes y de bajo coste, que incluyen equipos de monitorización y comunicación para monitorizar y informar de condiciones medioambientales y otras.

10 Los océanos del mundo son, entre otras cosas, las zonas más difíciles y costosas de monitorizar, debido en parte al tamaño del área abarcada por los océanos, y a el tiempo y los recursos necesarios para llegar a áreas remotas. Se estima que costaría aproximadamente de 10 a 100.000 dolores al día disponer una embarcación de monitorización tripulada en un área remota, tal como el Pacífico Sur. Por consiguiente, actualmente se realiza muy poca monitorización oceanográfica. De manera análoga, el reconocimiento aéreo puede ser muy costoso, y muy limitado en términos del alcance y del área que puede ser monitorizada durante cada vuelo. Las embarcaciones o aeronaves de monitorización tripulada están asimismo sometidas a condiciones meteorológicas adversas, que puede limitar los tiempos durante los que se puede realizar la monitorización, o pueden poner en un mayor riesgo al personal de la monitorización. La obtención de imágenes por satélite proporciona información relacionada con la situación en la superficie del océano y sobre el mismo, pero es sustancialmente limitada con respecto a las condiciones bajo la superficie oceánica.

20 Existe una necesidad creciente de proporcionar una monitorización oceanográfica más detallada. Son abundantes las preocupaciones, por ejemplo, en relación con los niveles crecientes de hidrocarburos y otros materiales que son dañinos para la vida marina. En áreas costeras, preocupa especialmente la escorrentía de nitrógeno desde las tierras fertilizadas. La monitorización de los peces en hábitats particulares puede proporcionar una alerta precoz de una mortalidad creciente o de una tasa de natalidad decreciente. De manera análoga, en caso de un desastre medioambiental, tal como el derrame de petróleo del Golfo, una monitorización precisa de la magnitud de los efectos del desastre puede ayudar a las operaciones de rescate y reparación.

25 Más allá de las preocupaciones medioambientales, preocupa el incremento de las actividades de piratería en determinadas áreas del mundo, así como el aumento en el tráfico de drogas a través de los mares. La vigilancia tripulada está limitada en alcance y área, y en algunos casos, es peligrosa para la tripulación de vigilancia.

30 Además de tratar preocupaciones concretas, la monitorización de las condiciones oceanográficas puede mejorar nuestra capacidad de pronosticar tormentas y tsunamis, y puede mejorar la seguridad marina mediante avisar a las embarcaciones de condiciones particularmente peligrosas. En algunos casos, la disponibilidad de monitores remotos en los mares en una zona puede mejorar las operaciones de búsqueda y rescate en dicha zona.

En la patente U.S.A. número US 4 610 212 se presenta un velero tripulado que tiene una serie de cascós, una vela de tipo ala delta y un sistema de adrizamiento asistido.

35 Sería ventajoso dar a conocer un medio asequible para incrementar la monitorización oceanográfica. Sería ventajoso asimismo poder proporcionar esta mayor monitorización oceanográfica sin requerir personal en los sitios que se está monitorizando. Sería ventajoso asimismo dar a conocer una capacidad de monitorización fiable y robusta con una alta probabilidad de supervivencia en situaciones peligrosas.

40 Estas ventajas, y otras, se pueden conseguir mediante una flota de embarcaciones de vela autónomas que están equipadas con equipo de monitorización y comunicación para informar de condiciones medioambientales y otras. Para una estabilidad y una velocidad óptimas, las embarcaciones de vela autónomas son embarcaciones multicasco (catamaranes) con capacidades de auto-adrizamiento. Cada embarcación de vela envía y recibe información por medio de una o varias conexiones por satélite, utilizando potencia solar para energizar el equipo de comunicaciones así como el equipo de monitorización. Cada embarcación de vela incluye un sistema de ajuste automático de las velas para mantener un ángulo de ataque deseado con el viento ('ángulo de ataque'), y propulsión eléctrica para utilizar según se requiera, cuando haya suficiente potencia eléctrica disponible. Se utiliza un diseño modular para soportar cargas útiles específicas por misión.

50 En una realización de ejemplo, el velero comprende una serie de cascós dispuestos en paralelo entre sí y acoplados conjuntamente mediante una disposición de celosía, una estructura de vela rígida que es giratoria en torno a un primer eje de rotación que es ortogonal a un plano de los cascós, y un segundo eje de rotación que es paralelo a los cascós, y un sistema de auto-adrizamiento que está configurado para hacer girar la estructura de vela rígida en torno al segundo eje de rotación cuando se detecta un vuelco del velero.

El adrizamiento del velero volcado se puede llevar a cabo haciendo girar una estructura de mástil flotante en torno a un eje que es paralelo a una superficie de la masa de agua, para mover el centro de flotabilidad del velero volcado más allá del centro de gravedad del velero volcado.

En otra realización de ejemplo, el velero comprende una serie de cascos dispuestos en paralelo entre sí y acoplados conjuntamente mediante una disposición de celosía, una estructura de vela rígida que es giratoria en torno a un primer eje de rotación que es ortogonal a un plano de los cascos, y un sistema de ajuste automático que controla la rotación de la estructura de vela rígida en torno al primer eje de rotación. La estructura de vela rígida incluye una vela rígida que proporciona sustentación para impulsar el velero hacia delante, una veleta que pivota sobre la estructura de vela rígida para estar sistemáticamente alineada con la dirección actual del viento, y una varilla de acoplamiento que controla la diferencia entre la orientación de la estructura de vela rígida y la orientación de la veleta. El sistema de ajuste automático incluye una leva que está fijada a la disposición de celosía y acoplada a la varilla de acoplamiento para controlar la diferencia entre la orientación de la estructura de vela rígida y la orientación de la veleta en base a la orientación de la estructura de celosía.

El ajuste automático se puede realizar acoplando la estructura de vela rígida y la estructura de veleta por medio de una leva que controla el ángulo de ataque de la vela rígida en base a la dirección del viento indicada por la estructura de veleta.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explica en mayor detalle, y a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra un esquema conceptual de ejemplo de una flota de embarcaciones de vela autónomas que comunican con un usuario por medio de conexiones de satélite y de internet.

Las figuras 2A a 2B muestran un velero autónomo de ejemplo, de acuerdo con aspectos de esta invención.

Las figuras 3A a 3I muestran un velero autónomo de ejemplo con capacidad de auto-adrizamiento.

Las figuras 4A a 4E muestran un velero autónomo de ejemplo con capacidad de auto-ajuste.

La figura 5 muestra un diagrama de bloques de ejemplo de los sistemas de comunicaciones y de control de un velero autónomo de ejemplo.

En todos los dibujos, los mismos numerales de referencia indican características o funciones similares o correspondientes. Los dibujos se incluyen con propósitos ilustrativos y no están destinados a limitar el alcance de la invención.

Descripción detallada

En la siguiente descripción, con fines explicativos y no limitativos, se exponen detalles específicos, tales como la arquitectura particular, interfaces, técnicas, etc., para proporcionar una comprensión exhaustiva de los conceptos de la invención. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la materia que la presente invención se puede practicar en otras realizaciones, que se apartan de estos detalles específicos. De manera análoga, el texto de esta descripción está dirigido a las realizaciones de ejemplo mostradas en las figuras, y no está destinado a limitar la invención reivindicada más allá de los límites expresamente incluidos en las reivindicaciones. Para mayor simplicidad y claridad, se omiten las descripciones detalladas de dispositivos bien conocidos, circuitos y procedimientos, con el fin de no oscurecer la descripción de la presente invención con detalles innecesarios.

La figura 1 muestra un esquema conceptual de ejemplo de una flota de embarcaciones de vela autónomas que comunican con un usuario por medio de conexiones de satélite y de internet. En una típica realización, el proveedor de la flota configurará las embarcaciones en base a los requisitos del cliente concreto para tareas de monitorización específicas de la misión. Los movimientos de la flota están controlados por el proveedor de la flota, en base a directrices del cliente, y la recogida de información específica de la misión puede ser controlada, por lo menos en parte, por el cliente.

La flota de embarcaciones 110 se despliega en una zona que tiene que ser monitorizada, y está en comunicación con un monitor y una estación de control 150 para recibir información de control y transmitir información de monitorización y otra. Habitualmente, la comunicación con cada embarcación será por medio de un sistema 120-130 de comunicación por satélite, aunque se pueden utilizar otras clases de comunicación. Por ejemplo, en misiones que están próximas a la costa, las comunicaciones se pueden proporcionar por medio de redes celulares, utilizando torres celulares 170 en tierra.

Opcionalmente, se pueden utilizar diferentes sistemas de comunicación para diferentes aplicaciones. Por ejemplo, la información de navegación puede ser comunicada por medio de un sistema, y la información de comunicación puede ser comunicada por medio de otro sistema.

Un sistema de monitorización y control 150 comunica información de control a la flota de embarcaciones y recibe información de retroalimentación de las embarcaciones, por ejemplo, por medio de la red de internet 140. Otros sistemas de monitorización 160 pueden recibir información monitorizada de las embarcaciones, y pueden opcionalmente estar configurados para controlar equipos de monitorización.

Dependiendo del sistema de comunicación utilizado, los mensajes proporcionarán información de destino. Por ejemplo, si se utiliza la red de internet 140, los mensajes comunicarán una dirección destino URL, o un conjunto de direcciones, para suministrar el mensaje a una interfaz de internet 135 entre el sistema 120-130 de comunicación por satélite e internet 140. Si se utiliza una red celular, los mensajes serán mensajes de texto que están dirigidos a uno o varios destinos.

En una realización de ejemplo del sistema de comunicación de comandos, cada embarcación puede tener una dirección de comunicación individual, y la flota puede tener una dirección de comunicación de la flota, lo que permite controlar la flota como un todo, así como controlar embarcaciones individuales de la flota. El control será generalmente en forma de comandos de navegación y comandos de monitorización. La estructura de los comandos dependerá de las capacidades proporcionadas en las embarcaciones 110. Por ejemplo, si las embarcaciones 110 incluyen software de navegación, la estación de control 150 puede requerir solamente comunicar con una posición objetivo (por ejemplo, latitud, longitud) y las embarcaciones 110 pueden determinar la dirección de desplazamiento y los comandos de las embarcaciones (por ejemplo, control del timón) para avanzar en dicha dirección. En otras realizaciones, la estación de control 150 puede comunicar la dirección de desplazamiento, y las embarcaciones 110 determinan los comandos de embarcación; o la estación de control 150 puede comunicar los comandos de embarcación a cada embarcación 110. La estructura de comandos puede abarcar desde comandos de embarcación básicos hasta los comandos de navegación de mayor nivel soportados, permitiendo al operador de la estación de control 150 ejercitar un control dependiente de la situación sobre la flota y las embarcaciones individuales dentro de la flota.

Cada embarcación incluye preferentemente un monitor de navegación para proporcionar información de localización y seguimiento, tal como un sistema GPS que proporciona la localización actual de la embarcación y la velocidad y dirección de desplazamiento. Esta información será comunicada generalmente a la estación de control 150, siendo asimismo utilizada por un sistema de control dentro de la embarcación para facilitar el control de la embarcación. Por ejemplo, se puede utilizar la información de seguimiento para controlar la trayectoria de la embarcación con el fin de conseguir una "velocidad resultante real" (VMG, "velocity made good") hacia el área objetivo en base a las condiciones del viento actuales, incluyendo desplazamiento en diferentes "derrotas" (direcciones relativas al viento) para conseguir una velocidad global óptima en la dirección del objetivo ("derrotar" hacia el objetivo).

Cada embarcación incluye asimismo diverso equipo de monitorización; en algunas aplicaciones, diferentes embarcaciones pueden estar equipadas con diferente equipo de monitorización. El equipo de monitorización de las embarcaciones incluirá generalmente, por ejemplo, el mencionado GPS (Global Positioning System, sistema de posicionamiento global), unidades de medición inercial (IMU, inertial measurement units), sensores de temperatura y sensores de la velocidad y de la dirección del viento, y pueden incluir cámaras y sensores de la velocidad del casco.

El equipo de monitorización específico por misión puede incluir cámaras de video y de infrarrojos, escáneres, sensores acústicos e hidrófonos, sensores de conductividad, sensores de oxígeno y de otros gases, barómetros, sensores opto-fluídicos de la calidad del agua, detectores de hidrocarburos, contadores Geiger, sensores de salinidad y de ph, sensores de presión, y similares. La información monitorizada puede ser comunicada a los sistemas de monitorización 150, 160 de manera continua, periódica, bajo demanda o activada por un evento. La activación por evento se puede basar en cambios de valores monitorizados, cambios de localización, y similares. Tal como se ha señalado, la información monitorizada específica por misión se puede proporcionar a uno o varios sistemas de monitorización 160, y estos sistemas pueden controlar parte o la totalidad del equipo de monitorización.

Es significativo observar que cuando las embarcaciones se despliegan como una flota, se pueden obtener mediciones dentro de un área desde embarcaciones en diferentes localizaciones dentro del área. Dichas múltiples mediciones pueden permitir determinar una posición de un objeto detectado, por medio de técnicas comunes de determinación de la localización, tales como triangulación basada en una determinada distancia, dirección u orientación del objeto detectado desde las diferentes embarcaciones.

Es significativo asimismo señalar que, aunque se puede utilizar un posicionamiento relativamente aleatorio de las embarcaciones dentro de un área objetivo determinada, se pueden utilizar otros esquemas de despliegue, tal como un posicionamiento controlado de cada embarcación para garantizar que cada punto dentro del área objetivo está dentro del alcance de monitorización de por lo menos una embarcación, o un posicionamiento de todas las embarcaciones en un patrón determinado, tal como una línea de piquete, para garantizar que se detectan todos los objetos que se aproximan a la línea de piquete o la cruzan. Un experto en la materia reconocerá que la localización de una embarcación se puede controlar para que esté dentro de un área definida mediante desplazarse (derrotar) de un lado a otro dentro del área, permitiendo de ese modo, por ejemplo, el establecimiento de una línea de piquete a través de la entrada a una vía navegable particular, teniendo cada embarcación un área asignada a lo largo de la línea de piquete.

Las figuras 2A a 2B muestran un velero autónomo 200 de ejemplo, de acuerdo con aspectos de esta invención. Preferentemente, el velero 200 es relativamente pequeño y ligero, para no suponer una amenaza para otra embarcación en caso de colisión. El velero 200 de ejemplo tiene una longitud de aproximadamente 2,44 m (8 pies), una manga de aproximadamente 1,83 m (6 pies) y un peso de aproximadamente 90,72 kg (200 libras), y está

equipado con luces de navegación rojas, verdes y blancas (no mostradas) para su uso opcional por la noche, en particular en áreas de tráfico elevado.

5 El velero 200 es un catamarán que incluye dos cascos 210 perforadores de olas, acoplados juntos por medio de una estructura de celosía 240, sobre la que está montado un mástil (no visible) con una estructura de vela rígida giratoria 220. La estructura de celosía 240 soporta asimismo una quilla 230, con un dispositivo de propulsión auxiliar 235. Por lo menos uno de los cascos 210 incluye un timón 215.

10 La estructura 220 de vela rígida incluye una vela rígida 222, una veleta 225 y un contrapeso 228 que permite que la estructura 220 de vela rígida se haga girar alrededor del mástil con un mínimo esfuerzo. En una realización de ejemplo, el contrapeso 228 hace que el centro de masas de las partes giratorias sea coincidente con la línea central de los cojinetes giratorios y el centro de sustentación de la vela rígida.

15 El velero 200 incluye equipos 250 de comunicación y otros equipos de monitorización en la parte superior del mástil, y compartimentos impermeables 260 en cuyo interior se pueden configurar equipos adicionales. Unos paneles solares 223, 245 están montados en las estructuras de vela rígida 220 y de celosía 240 y proporcionan la energía necesaria para alimentar el dispositivo de propulsión 235 así como los sistemas de a bordo de comunicación, control y monitorización. Opcionalmente, el dispositivo de propulsión 235 puede estar configurado para generar electricidad mientras el velero 200 se desplaza bajo la vela.

20 El velero 200 de ejemplo incluye cuatro compartimentos 260; en una configuración típica, uno de los compartimentos incluye los sistemas de control de navegación y comunicación, y el almacenamiento de baterías, y los tres compartimentos restantes están disponibles para sistemas de carga útil específicos de misión. La quilla 230 está configurada asimismo para contener dispositivos de monitorización (no mostrados) para monitorización en superficie y bajo el agua. Los cascos 210 y la estructura de celosía 240 pueden asimismo estar configurados para contener otros dispositivos de monitorización, dependiendo de la misión particular.

25 Tal como se muestra en la figura 2B, la estructura 220 de vela rígida y la quilla 230 son giratorias en torno a un eje 242 en la estructura de celosía 240 que discurre en paralelo a los cascos 210. En contraste con la rotación de la estructura de vela rígida alrededor del mástil que se extiende sobre la estructura de celosía, la rotación de la estructura de vela rígida 220 en el eje 242 tiene como resultado una rotación alrededor de un eje de rotación que es paralelo a los cascos 210, mientras que la rotación de la estructura de vela rígida 220 alrededor del mástil tiene como resultado una rotación en torno a un eje que es ortogonal a un plano de los cascos 210.

30 En esta realización de ejemplo, la estructura 220 de vela rígida y la quilla 230 están rígidamente acopladas entre sí, de tal modo que se puede utilizar un único accionador (no mostrado) para hacer girar la combinación alrededor del eje 242. Opcionalmente, se pueden utilizar accionadores dobles para controlar independientemente la rotación de la estructura de vela rígida 220 y la quilla 230.

35 En la realización de ejemplo, el centro de masas de la estructura 220 de vela rígida y la disposición de quilla 230 está claramente por encima del centro de rotación, eje 242. Por consiguiente, la quilla giratoria 230 se puede posicionar para estabilizar el velero en condiciones de viento elevado girando la estructura 220 de vela rígida hacia el viento, desplazando de ese modo el centro de gravedad del velero hacia el casco de barlovento, reduciendo la probabilidad de que el casco de barlovento se eleve fuera del agua ('vuelo de un casco').

40 En una realización con un centro de masas más bajo de la estructura giratoria 220-230, la estructura 220 de vela rígida se puede hacer girar alejándose del viento para reducir el área eficaz que la vela presenta al viento, reduciendo de manera similar la probabilidad de que el casco de barlovento se eleve fuera del agua.

45 La quilla giratoria permite asimismo que se reduzca el calado del velero 200, permitiendo que el velero 200 se desplace en aguas poco profundas. La estructura 220 de vela rígida giratoria permite que el velero 200 incline opcionalmente la vela rígida para apuntar sus paneles solares 223 hacia el sol, o para evitar poner en sombra los paneles solares 245 en la estructura de celosía 240. Inclinar la estructura 220 de vela rígida reduce asimismo la capacidad de observar el velero 200, lo que puede ser ventajoso en misiones clandestinas. La estructura 220 de vela rígida giratoria permite asimismo el adrizamiento del velero 200 después de un vuelco, tal como se detalla en mayor medida a continuación.

50 Las figuras 3A a 3I muestran la capacidad de auto-adrizamiento del velero 200 de ejemplo, utilizando la estructura 220 de vela rígida giratoria. En este ejemplo, la estructura 220 de vela rígida está acoplada rígidamente a la quilla 230, de tal modo que un único accionador hace girar ambos elementos 220, 230 alrededor del eje 242. Tal como se ha indicado anteriormente, se puede proporcionar una notación independiente de la estructura de vela rígida 220 y de la quilla 230.

55 La figura 3A muestra una orientación estable del velero 200; en esta orientación, el centro de gravedad y el centro de flotabilidad del velero 200 están situados aproximadamente en el centro del velero 200. En la figura 3B, la fuerza del viento 301 sobre la vela rígida introduce un par de fuerzas 305 que hace que el velero se incline (se escore) alejándose del viento, levantando del agua el casco izquierdo y desplazando el centro de gravedad 350 ligeramente a la derecha, mientras que el centro de flotabilidad 360 se desplaza al casco derecho 220, provocando un par de

fuerzas resultante 365 en sentido antihorario que sirve para oponerse a la fuerza del viento 301 y tiende a restablecer la posición estable del velero, de la figura 3A.

Si la fuerza del viento 301 es excesiva, el velero seguirá inclinándose, desplazando el centro de gravedad 350 más a la derecha, reduciendo el par de fuerzas 365. Cuando el par de fuerzas 305 provocado por el viento supere el par de fuerzas 365, el par de fuerzas resultante será en sentido horario, haciendo que el velero vuelque, tal como se muestra en la figura 3C. Dado que la vela rígida 222 flota, siendo habitualmente una estructura de espuma o hueca sellada de manera estanca, el velero 200 volcado no está completamente invertido. Opcionalmente, una burbuja de flotación (no mostrada) puede estar fijada a la parte superior de la vela rígida 222, con lo que se incrementa adicionalmente la flotabilidad de la vela rígida 222. Esta burbuja de flotación puede servir asimismo para proporcionar un entorno impermeable para el equipo 250 de la figura 2A en la parte superior del mástil.

Desafortunadamente, aunque el velero no esté completamente invertido, el velero volcado de la figura 3C está en una posición estable, dado que el centro de gravedad 350 es de nuevo coincidente con el centro de flotabilidad 360 (entre el casco derecho y la parte superior de la vela rígida 222). El velero permanecerá indefinidamente en esa posición, salvo que se aplique un par de fuerzas/fuerza de adrizamiento antihorario suficiente para sacar el velero de la posición estable de la figura 3C y llevarlo a la posición estable de la figura 3A.

Tal como se ha indicado anteriormente, el velero 200 incluye una vela rígida giratoria 222 y una quilla 230. Al detectar un vuelco, se activa un motor para hacer rotar la vela rígida; en este caso, la rotación deseada 310 es en sentido horario, tal como se muestra en la figura 3D. Cuando la vela rígida 222 se hace girar en torno al eje 242 en sentido horario, la rotación intenta hundir más la vela rígida 222 en el agua. Debido a la flotabilidad de la vela rígida 222, este intento de hundir más la vela rígida 222 en el agua inicia un desplazamiento del centro de gravedad 360 hacia la derecha, introduciendo un par de adrizamiento 370, tal como se muestra en la figura 3E. Esta rotación de la vela rígida 222 inicia asimismo un movimiento del centro de gravedad 350 hacia la izquierda, aumentando más el par de fuerzas de adrizamiento.

Dependiendo de la disposición estructural de la vela rígida 222 y de los otros elementos del velero, la vela rígida 222 puede asimismo hacerse girar alrededor de un eje de rotación coincidente con el mástil del velero hasta una posición 'neutral', para evitar daños a medida que la vela rígida 222 se hace girar alrededor del eje 242.

Cuando la vela rígida 222 y la quilla 230 se giran más 310 en sentido horario alrededor del eje 242, el velero se gira más en sentido antihorario, desplazando el centro de flotabilidad 360 más hacia la derecha, y el centro de gravedad 350 hacia la izquierda, aumentando el par de fuerzas 370, tal como se muestra en las figuras 3F a 3G.

En algún momento, tal como se muestra en la figura 3G, una rotación mantenida en sentido antihorario 310 hace que el centro de gravedad 350 del velero se desplace más a la izquierda del centro de flotabilidad 360, aumentando adicionalmente el par de fuerzas en sentido antihorario 370. Cuando este par de fuerzas 370 es suficiente para superar la fuerza del viento 301 sobre el lado inferior del velero, el velero seguirá rotando en sentido antihorario hasta que el casco izquierdo llegue a la superficie, tal como se muestra en la figura 3H. En esta posición, los centros de gravedad y flotabilidad del velero están aproximadamente alineados, y la inclinación de la vela rígida 222 presenta un área superficial efectiva al viento 301 reducida, reduciendo la probabilidad de otro vuelco.

Cuando el viento amaina, la estructura 220 de vela rígida y la quilla 230 se pueden girar en sentido antihorario 315, devolviendo el velero a la orientación estable de la figura 3I, que es asimismo la orientación de la orientación estable original de la figura 3A. Por lo tanto, haciendo girar la estructura 220 de vela rígida alrededor del eje 242 después de un vuelco, el velero 200 puede auto-adrizarse.

El sistema de control mencionado anteriormente del velero 200 está configurado para monitorizar la orientación vertical (ángulo de escora) del velero 200, y para iniciar la rotación de la estructura de vela rígida 220 y la quilla 230 cuando se detecta un vuelco. Opcionalmente, la rotación de la estructura de vela rígida 220 y de la quilla 230 se puede iniciar cuando el ángulo de escora excede un ángulo umbral determinado, para reducir el área superficial efectiva que la vela rígida presenta al viento y para desplazar el centro de gravedad hacia el casco de barlovento (suponiendo que el CG de los componentes giratorios está por encima del centro de rotación (242), reduciendo de ese modo los efectos de escora del viento, y reduciendo la probabilidad de un vuelco.

El velero autónomo 200 de ejemplo incluye asimismo la capacidad de ajustar autónomamente el ajuste de la vela en base a la dirección del viento con respecto a la dirección de desplazamiento del velero. Tal como es sabido en el arte de navegar, para conseguir una velocidad óptima, una vela se ajusta/adapta para presentar al viento un ángulo de ataque preferido para maximizar la sustentación (la fuerza de avance ejercida sobre la vela por el viento). Cuando la dirección del viento cambia con respecto a la dirección de desplazamiento del velero, la vela se deberá ajustar para acomodar este cambio en la dirección del viento. De manera similar, cuando el velero cambia su rumbo, se modifica la dirección del viento con respecto a la nueva dirección de desplazamiento, y se deberá ajustar la vela para acomodar este cambio en el rumbo.

Aunque el velero puede estar configurado para permitir un ajuste de la vela manual/remoto, una capacidad de auto-ajuste reduce sustancialmente la complejidad del control y, si la capacidad de auto-ajuste es puramente mecánica, reduce sustancialmente la cantidad de energía necesaria para proporcionar el ajuste apropiado de la vela. En una

realización preferida del velero autónomo 200, la dirección de desplazamiento se controla controlando el timón para orientar el velero en la dirección deseada, y se controla automáticamente el ajuste de la vela requerido para impulsar el velero en la dirección deseada. Si la vela no puede conseguir la suficiente sustentación con la dirección del rumbo actual y las condiciones del viento actuales, se puede activar el sistema de propulsión auxiliar 235, o se puede modificar la dirección del rumbo para proporcionar una más eficiente dirección relativa del viento (denominada habitualmente 'deriva' siguiendo direcciones del rumbo alternas para conseguir la dirección de desplazamiento deseada).

Las figuras 4A a 4E muestran una configuración de auto-ajuste de la vela a modo de ejemplo, para el velero 200 de ejemplo, utilizando una vista del velero 200 anterior. La estructura 220 de vela rígida incluye la vela rígida 222, la veleta 225 y el brazo de equilibrio 228. La estructura 220 de vela rígida rota libremente en torno al mástil 410, que está acoplado rígidamente a la celosía 440 entre los cascos 210. En este ejemplo, la celosía 440 se muestra como una simple barra entre los cascos 210, para facilitar la ilustración. Tal como se muestra en la figura 2A, la propia estructura de celosía 240 puede incluir múltiples celosías que soportan elementos tales como paneles solares 245.

En esta descripción, para facilitar la referencia, las expresiones "dirección de desplazamiento" del velero y "orientación" del velero (es decir, la dirección en la que apunta el velero) se utilizan de manera intercambiable, debido a que, excepto por una desviación potencial, la dirección de desplazamiento del velero está determinada generalmente por la orientación del velero cuando el velero se está desplazando hacia delante.

Asimismo para facilitar la referencia y la comprensión, no se realiza en la presente memoria una distinción explícita entre "viento real" y "viento aparente". Tal como es sabido en la técnica, para un observador en un velero en movimiento, o para un objeto en el velero, tal como una vela rígida, el viento aparente es una combinación del viento real y de la velocidad del velero. Por ejemplo, si un velero se está desplazando a 7,4 km/h (4 nudos) directamente contra un viento de 9,3 km/h (5 nudos), el viento aparente es de 16,7 km/h (9 nudos) hacia delante del velero. Si el velero se está desplazando a 7,4 km/h (4 nudos) con un viento de 9,3 km/h (5 nudos) desde detrás del barco, el viento aparente es de 1,9 km/h (1 nudo) desde detrás del barco. Si el velero se está desplazando en un ángulo distinto de cero con respecto al viento, el viento aparente será a la diferencia vectorial entre la velocidad del viento y la velocidad del barco. Las fuerzas producidas por el viento desplazándose sobre las superficies de la vela rígida dependen del viento aparente; en esta descripción, se puede considerar que la expresión dirección relativa del viento, o la dirección del viento con respecto a la orientación o la dirección de desplazamiento del velero, son la dirección del viento aparente.

En el ejemplo de la figura 4A, la dirección de desplazamiento 450 del velero 200 está directamente en (enfrentada a) la dirección del viento 460, tal como puede ocurrir cuando el velero 200 es impulsado hacia delante mediante los medios de propulsión auxiliares (235 en la figura 2A). En esta situación, con un ángulo de ataque del viento de cero, el viento fluirá uniformemente alrededor de ambos lados de la vela rígida 222 y la veleta 225, teniendo como resultado un estado 'neutral' o de 'cero sustentación' de la vela rígida 222, que no proporciona sustentación al velero 200.

Si la estructura 220 de vela rígida está ligeramente descentrada respecto del viento, se produce un gradiente de presión sobre la vela rígida 222 que produce una fuerza hacia el lado 'a favor del viento', o sotavento, de la vela rígida, tal como se detalla en mayor medida a continuación. Si la dirección de desplazamiento 450 del velero 200 es contra la dirección del viento 460, tal como se muestra en la figura 4A, la fuerza introducida al desplazar la vela rígida 222 respecto de la dirección del viento 460 se ejercerá empujando hacia atrás el velero 200, teniendo como resultado una resistencia que se opone al movimiento del barco en la dirección de desplazamiento prevista 450.

Para generar una sustentación que impulse hacia delante el velero 200, el velero 200 debe ser dirigido en una dirección que no esté en ángulo con el viento, y la vela se debe ajustar para generar esta sustentación a partir del movimiento del viento a través de su superficie. Habitualmente, los veleros se pueden desplazar hacia delante cuando la dirección relativa del viento es mayor que el ángulo de deriva mínimo, lo que varía en base al diseño del velero, y generalmente es de aproximadamente 40 a 50°. En ángulos por debajo del ángulo de deriva mínimo, contra el viento, el gradiente de presión producido es contrario a la dirección de desplazamiento del barco, produciendo un componente de fuerza en la dirección hacia atrás del velero, tal como se ha mencionado anteriormente. En ángulos mayores que el ángulo de deriva mínimo, la diferencia en el flujo del viento a izquierda y derecha de la vela rígida 222 produce una fuerza con un componente en la dirección de avance del velero, tal como se detalla mejor a continuación.

La figura 4B muestra un velero 200 que se está desplazando en una dirección 455 que está en un ángulo con respecto a la dirección del viento 460. Tal como se muestra mediante las líneas de trazos 462, 464, cuando el viento se aproxima al borde delantero de la vela rígida 222, es desviado a izquierda y derecha de la vela rígida 222. En este ejemplo, el viento 464 a la derecha (sotavento) de la vela rígida 222 se curva alrededor del borde delantero de la vela rígida 222 y se desplaza a lo largo de la superficie de sotavento de la vela rígida 222 hacia la parte posterior de la vela rígida 222. El viento 462 a la izquierda (barlovento) de la vela rígida 222 se desplaza a lo largo de la superficie de barlovento de la vela rígida 222 hacia la parte posterior de la vela rígida. La presión producida sobre la superficie de barlovento es mayor que la presión producida sobre la superficie de sotavento, con el resultado de una fuerza que está en dirección desde la superficie de barlovento hacia la superficie de sotavento.

En el ejemplo de la figura 4B, la fuerza en la dirección desde la superficie de barlovento hacia la superficie de sotavento de la vela rígida 222 se aproxima mediante la flecha 480. En relación con el velero 200, esta fuerza 480 tiene un componente 480a que empuja el velero 200 hacia el lateral, y un componente 480b que empuja el velero 200 hacia delante. La quilla 230, estando en el agua, resiste el movimiento del velero 200 hacia el lateral, y está conformada para transformar por lo menos parte de esta fuerza 480a en una proporción hacia delante. El resultado global del paso del viento sobre la vela rígida 222 es una propulsión hacia delante del velero 200 en la dirección de desplazamiento 455, a partir del componente de avance 480b de la fuerza del viento 480 y la desviación de la propulsión lateral mediante el componente lateral 480a por medio de los cascos 210, y el resto de la propulsión lateral del velero en la dirección de sotavento ('abatimiento'). Este abatimiento es corregido generalmente por un cambio menor en el ángulo del timón para orientar el velero 200 ligeramente más contra el viento.

Tal como se ha indicado anteriormente, el ángulo en el que la vela rígida 222 está orientada con respecto a la dirección del viento 460 (ángulo de ataque) determina la cantidad de sustentación que se puede producir a partir de una dirección y una velocidad del viento determinadas. Por ejemplo, en la figura 4B, si se gira la vela rígida 222 alrededor del mástil 410 en sentido antihorario, disminuyendo el ángulo de ataque y orientando la vela rígida 222 más directamente en línea con la dirección del viento 460, la desviación del viento a cada lado de la vela rígida 222 será más uniforme, reduciendo el gradiente de presión entre las superficies de sotavento y barlovento de la vela rígida 222. En cambio, si se gira la vela rígida 222 de la figura 4B alrededor del mástil 210 más en sentido horario, aumentando el ángulo de ataque, el viento de sotavento 464 puede no ser capaz de seguir la curvatura del borde de ataque de la vela rígida 222 alrededor de la superficie de sotavento, provocando una parada, y no se conseguirá un flujo sobre la superficie de sotavento, reduciendo el gradiente de presión entre las superficies de sotavento y barlovento.

El ángulo de ataque ideal varía asimismo en función de la dirección de desplazamiento 455 del velero 220 con respecto a la dirección del viento 460. En "ceñida", con la dirección de desplazamiento 455 cerca del ángulo de deriva mínimo ("próximo al viento"), un ángulo de ataque estrecho proporciona una mejor sustentación; en "orzada", con una dirección de desplazamiento 455 cerca de la ortogonal a la dirección del viento ("a través"), se puede soportar un ángulo de ataque más amplio manteniendo al mismo tiempo un flujo suave sobre la superficie de sotavento; y "en largo", con una dirección de desplazamiento 455 de aproximadamente 135° con respecto a la dirección del viento 460, se puede soportar un ángulo de ataque incluso más amplio. Un ángulo de ataque más amplio tiene generalmente el efecto de aumentar la componente de avance 480a de la fuerza producida por el flujo del viento sobre la superficie de sotavento de la vela rígida 222; habitualmente, el velero consigue una velocidad máxima cuando se desplaza en orzada o en largo, dependiendo del diseño particular del velero.

El ángulo de ataque ideal para una determinada dirección del viento con respecto a la dirección de desplazamiento, o la orientación del barco con respecto a la dirección del viento (la "dirección relativa del viento"), está determinada principalmente por la forma del borde delantero y la forma de la superficie de sotavento de la vela rígida 222. Por consiguiente, dada una forma particular de la vela rígida 222, si se puede determinar la dirección relativa del viento, se puede ajustar la vela rígida 222 al correspondiente ángulo de ataque ideal para dicha dirección relativa del viento.

La veleta 225 del velero 200 de ejemplo facilita la determinación de la dirección del viento 460 con respecto a la dirección de desplazamiento 455 del velero. La veleta 225 está dispuesta sobre la estructura 220 de vela rígida con la mínima fricción de rotación. Por consiguiente, la propia veleta 225 se alineará sistemáticamente con la dirección del viento 460, independientemente de la orientación de la estructura 220 de vela rígida. A medida que aumenta y disminuye el ángulo 430 entre la veleta 225 y la estructura 220 de vela rígida, una varilla de acoplamiento 435 transformará esta rotación en un movimiento sustancialmente lateral con respecto a la celosía 440, y en consecuencia proporcionará un desplazamiento lateral con respecto a la orientación del velero 200 en base al ángulo 430 de la estructura 220 de vela rígida con respecto a la dirección del viento 460.

Dicho de otro modo, desde el punto de vista del control: un desplazamiento lateral de la varilla de acoplamiento 435 con respecto a la celosía 440 controlará la rotación de la veleta 225 con respecto a la estructura 220 de vela rígida. Debido a que la veleta 225 está alineada constantemente con la dirección del viento 460, el control de la rotación de la veleta 225 con respecto a la estructura 220 de vela rígida es de manera efectiva un control de la estructura 220 de vela rígida con respecto a la dirección del viento 460. Es decir, el control lateral de la varilla de acoplamiento 435 efectúa un control del ángulo de ataque de la vela rígida 222 en la dirección del viento 460.

En un control manual/remoto del ángulo de ataque, se puede ajustar un accionador eléctrico, tal como un pistón electromagnético, para controlar el ángulo de ataque desplazando lateralmente la varilla de acoplamiento 235. Habitualmente, el ángulo de ataque se ajustará mientras se monitoriza la velocidad del velero 220, y el ángulo de ataque preferido se fija en el ángulo que proporciona la velocidad máxima.

De acuerdo con un aspecto de esta invención, el velero 200 está configurado para controlar automáticamente el ángulo de ataque para una determinada dirección relativa del viento. Por ejemplo, el accionador eléctrico mencionado anteriormente puede estar controlado por ordenador para conseguir la velocidad máxima, como en el control manual/remoto, o bien se puede ajustar al mencionado ángulo de ataque "ideal" en base a una dirección relativa del viento determinada, utilizando, por ejemplo, una tabla de ajustes del accionador para diversas direcciones relativas del viento.

Sin embargo, tal como se ha indicado anteriormente, el control eléctrico del ajuste de la vela para conseguir un ángulo de ataque deseado consume energía eléctrica, mientras que un control mecánico del ajuste de la vela no lo hace. Además, el control mecánico puede ser el más sensible a cambios instantáneos en el viento, debido a que el bucle de retroalimentación es, por sí misma, la varilla de control 435. De acuerdo con otro aspecto de esta invención, el acoplamiento de la varilla de acoplamiento 435 a la celosía 440 varía mecánicamente la posición lateral de la varilla de acoplamiento 435 con respecto a la celosía 440 a medida que cambia la dirección de desplazamiento 455 (y correspondientemente, la orientación relativa del velero 200) con respecto a la dirección del viento 460.

La figura 4C muestra una leva 470 que está acoplada de manera fija a la celosía 440, y por lo tanto acoplada de manera fija al velero 200. La varilla de acoplamiento 435 incluye un poste que recorre la ranura 471 de la leva, y la ranura 471 de la leva está conformada para efectuar un movimiento lateral de la varilla de acoplamiento 435 cuando la celosía 440 y la leva acoplada 470 rotan con respecto a la estructura 220 de vela rígida; o, dicho de otro modo, efectúa un movimiento lateral de la varilla de acoplamiento 435 cuando la estructura 220 de vela rígida rota con respecto a la orientación del velero 200. Es decir, si la orientación del velero 200 cambia debido a un cambio de rumbo, o si un cambio en la dirección del viento 460 provoca un cambio en la orientación de la estructura 220 de vela rígida con respecto a la orientación del velero 200, la leva 470 efectuará un correspondiente cambio lateral en la varilla de acoplamiento 435, cambiando de ese modo el ángulo de ataque de la vela rígida 222 (no mostrado en las figuras 4C a 4E, para mayor claridad) en base a este cambio de la dirección del viento 460 con respecto a la dirección de desplazamiento del velero 200.

Tal como se ha indicado anteriormente, se puede determinar el ángulo de ataque ideal para una dirección relativa del viento determinada y una forma determinada de la vela rígida 222. Por consiguiente, se puede crear la ranura 471 de la leva para efectuar el cambio lateral con el fin de conseguir el ángulo de ataque ideal para todas las direcciones relativas del viento. Es decir, la forma de la leva es una realización mecánica de un algoritmo de control.

La figura 4C muestra una leva de ejemplo 470 con la ranura 471 de la leva, cuando el velero 200 y la estructura 220 de vela rígida están en la posición 'neutral' con respecto a la dirección del viento, en la que la vela rígida 222 y la veleta 225 están alineadas con la dirección del viento 460. Tal como se puede ver, la ranura 471 de la leva introducirá un movimiento lateral sustancialmente lineal de la varilla de acoplamiento 435 a medida que la leva 470 se gira en sentido horario o antihorario por medio de una rotación de la celosía acoplada rígidamente 440 (es decir, un cambio en la orientación del velero con respecto a la posición neutral, contra el viento 460).

Tal como se muestra en la figura 4D, una rotación en sentido horario de la leva 470 forzará el desplazamiento de la varilla de acoplamiento 435 hacia el centro de la leva 470, tal como se indica mediante la flecha 478, provocando que la veleta 225 rote en el sentido antihorario en torno a su pivote 425 en la estructura 220 de vela rígida. Debido a que, con una resistencia de rotación mínima, la propia veleta 225 se alineará continuamente con la dirección del viento, esta rotación en sentido antihorario de la veleta 225 con respecto a la estructura 220 de vela rígida desplazará la vela rígida 222 con respecto a la dirección del viento 462 en una rotación en sentido horario, introduciendo un ángulo de ataque que pone la superficie derecha de la vela rígida 222 en el lado de sotavento del viento 462, de manera similar a la orientación de la estructura 220 de vela rígida con respecto al velero 200, que se muestra en la figura 4B. La orientación de la superficie derecha de la vela rígida 222 en el lado de sotavento del viento 462 introduce una fuerza de sustentación con un componente de avance con respecto al velero 200 y un componente de abatimiento a la derecha.

Tal como se muestra en la figura 4E, una rotación en sentido antihorario de la leva 470 forzará la varilla de acoplamiento 435 a desplazarse alejándose del centro de la leva 470, tal como se indica mediante la flecha 479, introduciendo una rotación en sentido horario de la veleta 225 en torno a su pivote 425 en la estructura 220 de vela rígida. Esta rotación horaria introduce una rotación antihoraria de la vela rígida 222 con respecto a la dirección del viento 464, introduciendo un ángulo de ataque de la vela rígida 222 que pone la superficie izquierda de la vela rígida 222 en el lado de sotavento del viento. Esta orientación de la superficie izquierda de la vela rígida 222 en el lado de sotavento del viento introduce una fuerza de sustentación con un componente de avance con respecto al velero 200 y un componente de abatimiento a la izquierda.

El gradiente lateral proporcionado por la ranura 471 de la leva determina el ángulo de ataque que se proporciona cuando la leva 470 (o el velero 200) se gira en relación con la dirección del viento. Tal como se muestra en las figuras 4D y 4E, debido a que la rotación antihoraria de la leva 470 en la figura 4E es mayor que la rotación horaria de la leva 470 de la figura 4D, el ángulo de ataque de la figura 4E es mayor que el ángulo de ataque de la figura 4D. Es decir, el ángulo de ataque en base a la rotación de la leva 470 varía dependiendo del grado de rotación, permitiendo que el ángulo de ataque esté controlado por la ranura 471 de la leva para conseguir el ángulo de ataque ideal para todas las direcciones relativas del viento.

Tal como se muestra asimismo mediante la forma de la ranura 471 de la leva en la figura 4E, una mayor rotación antihoraria de la leva 470 más allá del orientación mostrada producirá un cambio muy leve en la posición lateral de la varilla de acoplamiento 435, coherente con un ángulo de ataque ideal que se extiende a través de un amplio intervalo de direcciones relativas del viento. En algún momento, una mayor rotación antihoraria de la leva 470 hará que la varilla de acoplamiento 435 sea atraída hacia el centro de la leva 470, reduciendo el ángulo de ataque.

Cuando la dirección relativa del viento sigue aumentando, estando la dirección de desplazamiento con la dirección del viento (navegar "a favor del viento"), la estructura 220 de vela rígida sigue girando, poniendo la vela rígida 222 delante de la celosía 440. Finalmente, la estructura 220 de vela rígida se puede alinear con la dirección del viento procedente de la parte posterior del velero 200. Dicho alineamiento no producirá un diferencial de presión, y en consecuencia no producirá sustentación. Tal como es sabido en el arte de navegar, navegar directamente a favor del viento es un punto de navegación eficiente, incluso si la superficie de la vela está orientada ortogonal al viento, y navegar en rutas alternas (derrotas) en direcciones que no son directamente a favor del viento proporcionará generalmente una ruta más rápida a un objetivo a favor del viento. Por consiguiente, en una realización de esta invención, el sistema de control de navegación puede estar configurado para evitar una navegación a favor del viento extrema, evitando de ese modo una orientación de la vela rígida 222 en línea con la dirección del viento desde la parte posterior del velero 200.

Alternativamente, la ranura 471 de la leva puede estar conformada para proporcionar una 'discontinuidad', de tal modo que la estructura 220 de vela rígida esta restringida a un ángulo de ataque mínimo (positivo o negativo) cuando se navega a favor del viento. En direcciones del viento que normalmente proporcionarían un ángulo de ataque entre los ángulos positivo y negativo mínimos, el estado de la leva es 'inestable', provocando que la varilla de acoplamiento 235 adopte una posición que produce el ángulo de ataque mínimo, ya sea positivo o negativo ('trasluchando' a una u otra derrotas). De este modo, la vela rígida presentará siempre alguna resistencia al viento desde detrás del velero 200, provocando propulsión hacia delante.

Aunque la utilización del sistema de auto-ajuste mecánico descrito anteriormente es preferible para reducir el consumo de energía, se puede disponer asimismo un motor para permitir un control directo de la rotación de la estructura de vela rígida 220 cuando se requiera. Tal como se ha indicado anteriormente, por ejemplo, antes de la iniciación del proceso de auto-adrizamiento, puede ser necesario poner la estructura 220 de vela rígida en una posición 'neutral' con respecto a una rotación en torno al mástil 410, para evitar la interferencia con otros elementos del velero cuando la estructura 220 de vela rígida se gira alrededor del eje 242, y se puede utilizar un motor para proporcionar esta rotación controlada en torno al mástil 410.

Opcionalmente, si está dispuesto un motor para hacer girar la estructura 220 de vela rígida en torno al mástil 410, el motor puede ser utilizado para proporcionar otras características. Por ejemplo, el motor se puede configurar para servir asimismo como generador. Estando en el modo de auto-ajuste mecánico, las variaciones en el viento, o las variaciones en el ángulo de ataque a medida que el velero se desplaza sobre las olas, provocarán fluctuaciones aleatorias de la estructura 220 de vela rígida en torno al mástil 410. Si el motor está configurado como generador, estas fluctuaciones en torno al mástil 410 producirán energía eléctrica que puede ser utilizada o almacenada. Adicionalmente, dado que el generador introduce una resistencia inercial que es proporcional a su carga, la carga se puede controlar para introducir una cantidad deseada de amortiguación sobre las fluctuaciones, con el fin de proporcionar un desplazamiento más estabilizado y de reducir el desgaste provocado por fluctuaciones excesivas.

En cualquier caso, independientemente de la dirección relativa del viento y del ángulo de ataque proporcionado, el sistema de control de navegación del velero 200 está configurado preferentemente para activar el sistema de propulsión auxiliar 235 si se determina que el velero 200 no está realizando el suficiente progreso hacia el área objetivo, o está avanzando más allá de su zona de vigilancia designada. Durante estos periodos, el uso mencionado de un generador que genera electricidad a medida que la estructura 220 de vela rígida fluctúa en torno al mástil 410 se puede utilizar para reponer parte de la energía consumida por el sistema de propulsión auxiliar 235 y amortiguar las fluctuaciones, en particular si los vientos son variables, o si la mar está picada.

La figura 5 muestra un diagrama de bloques de ejemplo de los sistemas de comunicaciones, control y monitorización de un velero autónomo de ejemplo.

Un ordenador de control 510 coordina principalmente el funcionamiento del equipo del velero, aunque parte del equipo puede funcionar de manera autónoma o semi-autónoma. Por ejemplo, en algunas realizaciones, todas las comunicaciones externas están controladas por el ordenador 510, mientras que en otras realizaciones, los dispositivos envían y reciben mensajes directamente, hacia y desde los dispositivos de comunicación individuales. De manera análoga, el grado de interacción y control de la monitorización específica por misión de la carga útil, ejercida por el ordenador de control 510, puede variar en función de la misión particular y/o del tipo particular de monitorización.

Aunque se muestra como un único bloque, el ordenador de control 510 puede incluir múltiples sistemas de procesamiento incluyendo, por ejemplo, sistemas redundantes para funcionamiento a prueba de fallos y/o sistemas incorporados personalizados para tareas particulares, tales como navegación. El funcionamiento del ordenador de control 510 se puede comprender mejor como sigue, en el contexto del equipo de a bordo con el que el ordenador 510 interactúa.

Un elemento fundamental del equipo para el velero autónomo es un receptor GPS 515 que recibe mensajes de una serie de satélites, desde los que se determina la latitud y la longitud del receptor 515 (y, por lo tanto, la localización del velero). Dependiendo de las capacidades del receptor GPS 515, se puede proporcionar asimismo otra información, tal como la velocidad y la dirección de desplazamiento; u otro elemento, tal como el ordenador de

control 510, puede determinar la velocidad y la dirección de desplazamiento a partir de las localizaciones notificadas durante el tiempo. Esta información se proporciona sobre el bus de comunicaciones 501 para su utilización por cualquiera de los dispositivos en este bus 501. Tal como se ha indicado anteriormente, el ordenador de control 510 puede utilizar la posición actual del velero para determinar una ruta a un área objetivo, puede utilizar la información de velocidad y de dirección de desplazamiento para ajustar el timón para compensar la desviación, y similares. La información de localización se puede incluir asimismo en cada uno de los mensajes de monitorización que se transmiten desde el velero.

Otro elemento fundamental del equipo para el velero autónomo es un dispositivo de comunicación para notificar la información monitorizada. En el ejemplo de la figura 5, están dispuestos una serie de dispositivos 520, 525 de comunicación por satélite, aunque se pueden disponer asimismo menos o más dispositivos de comunicación. El transceptor 520 de comunicación por satélite (Satcom) de ejemplo es un sistema de mensajería por satélite convencional, tal como un transceptor Iridium. El transceptor 520 recibe mensajes que se dirigen al velero, y proporciona estos mensajes al bus 501. Un velero concreto puede tener múltiples direcciones, tal como una dirección para recibir mensajes relacionados con el velero (por ejemplo, mensajes de navegación) y otra dirección para recibir mensajes relacionados con la carga útil (por ejemplo, mensajes de control de monitorización); alternativamente, todos los mensajes se pueden dirigir a una única dirección y se puede establecer un protocolo de mensajes para distinguir los mensajes recibidos. En algunas configuraciones, se asignan grupos de veleros a una dirección común para recibir comunicaciones relacionadas con la 'flota' o la 'flota secundaria'. El ordenador de control 510 puede estar configurado para recibir y procesar los mensajes para comunicar información específica a dispositivos particulares, y/o algunos de los dispositivos pueden estar configurados para recibir y procesar directamente mensajes particulares.

De manera análoga, se pueden transmitir mensajes desde el velero por medio del transceptor 520. Estos mensajes pueden ser formateados por el ordenador de control 510 en base a información recibida desde dispositivos en el velero, o algunos dispositivos pueden estar configurados para proporcionar mensajes directamente al transceptor 520. Los mensajes se pueden dirigir a una dirección común, en base al receptor en dicha dirección para encaminar los mensajes a los destinatarios apropiados, y/o se pueden utilizar direcciones diferentes para comunicar directamente mensajes particulares a destinatarios particulares.

La capacidad de utilizar un sistema comercial de comunicación por satélite para transmitir y recibir mensajes proporciona una flexibilidad sustancial en la forma y el contenido de los mensajes. Se pueden definir formatos personalizados para estas comunicaciones utilizando, por ejemplo, modelos HTML. En algunas realizaciones, se puede utilizar una mezcla de formatos personalizados y estándar. Por ejemplo, la National Marine Electronics Association (NMEA) proporciona un protocolo estándar, NMEA 2000, que se utiliza para comunicar información de navegación, control, monitorización y otra, entre dispositivos marítimos. El ordenador de control 510 se puede configurar, por ejemplo, para enviar y recibir mensajes NMEA formateados, hacia y desde el monitor a bordo y la estación de control (150 de la figura 1) por medio del transceptor 520.

Sin embargo, la flexibilidad proporcionada por la utilización de un sistema convencional de mensajería puede requerir una utilización sustancial de recursos en el velero, y puede incurrir en un significativo coste económico para acceder a este servicio. Cabe destacar que, antes de que sea enviado o recibido cada mensaje, se tiene que establecer un enlace síncrono con el satélite, y este enlace se debe mantener mientras dure el mensaje. Además, cada velero en la flota está 'compitiendo' con los otros veleros por un canal de satélite para establecer el enlace síncrono. La creación, transmisión, recepción y descodificación de estos mensajes consume energía eléctrica y, después del sistema de propulsión eléctrica, puede ser el mayor consumidor de energía eléctrica en el velero.

Opcionalmente, se puede utilizar un sistema de comunicación por satélite de baja potencia y capacidad limitada, para comunicar información rutinaria. Por ejemplo, el sistema de notificación habilitado por sensores (SENS, Sensor Enabled Notification System) está diseñado específicamente para comunicar de manera eficiente información monitorizada. En el ejemplo de la figura 5 se utiliza un transmisor SENS (o un transceptor SENS) 525 para comunicar parte de la información monitorizada, descargando de ese modo la tarea de comunicar esta información por medio del transceptor 520 de mayor consumo energético.

El transmisor SENS 525 transmite mensajes relativamente cortos (aproximadamente 80 octetos) periódicamente y/o cuando se desencadena un evento de notificación. Estos mensajes incluyen habitualmente un identificador del transmisor 525, la actual posición GPS y valores paramétricos notificados desde uno o varios sensores/monitores. El transmisor SENS 525 difunde de manera autónoma cada mensaje, sin requerir el establecimiento de un enlace síncrono con el sistema de satélite, ahorrando de ese modo una cantidad sustancial del tiempo y la energía requeridos habitualmente para comunicaciones por satélite. Dado que los mensajes SENS utilizan un formato fijo, la creación de estos mensajes se puede optimizar, reduciendo adicionalmente el tiempo y los recursos consumidos para cada mensaje.

En una realización de ejemplo, el transmisor SENS 525 puede ser utilizado como la fuente principal de datos de localización y de sensores, y el transceptor satcom 520 utilizase solamente cuando se requiera según lo exija la situación. Por ejemplo, el transceptor satcom 520 se puede utilizar para recibir un comando para desplazarse a un área objetivo, y todos los mensajes enviados por el velero en el trayecto al área objetivo son enviados por medio del

transmisor SENS 525. De manera análoga, estando en el área objetivo, se envían mensajes periódicos de localización y de sensores por medio del transmisor SENS 525, y la información de otros monitores puede ser comunicada por medio del transceptor satcom 520 cuando se produce un evento particular.

5 Se pueden utilizar asimismo otros sistemas de comunicación en lugar del transceptor satcom 520. Por ejemplo, desplazándose a lo largo de la costa o en vías navegables interiores, se puede utilizar un transceptor de teléfono celular o un transceptor Wi-Fi 530. En algunas realizaciones, el transceptor Wi-Fi 530 se utiliza para acoplar el ordenador 510 a una red para recibir información de configuración y otra, antes de ser desplegado, y/o para verificar el equipo en el velero antes de cada despliegue. En vista de esta descripción, resultarán evidentes para un experto en la materia otros medios para comunicar con los equipos en el velero.

10 La figura 5 muestra equipos comunes 535 a 555 utilizados para controlar el velero. Para un experto en la materia resultará evidente equipamiento adicional o alternativo.

15 El equipo de propulsión auxiliar 535 proporciona propulsión directa e inversa a petición, principalmente cuando la vela rígida no puede conseguir un avance suficiente hacia el área objetivo, no puede mantener la localización en el área asignada, o cuando se requiere un control 'independiente de la meteorología', tal como en áreas de mucho tráfico.

Las luces de navegación 540 están dispuestas principalmente para utilizar en áreas de mucho tráfico, e incluyen un conjunto de luces de navegación rojas, verdes y blancas.

20 Están dispuestos diversos monitores 545 relacionados con la embarcación, para determinar el estado del velero y su entorno. Estos monitores 545 pueden incluir, por ejemplo, un monitor de la velocidad y la dirección del viento, un transductor de la velocidad a través del agua, monitores de la tensión y la corriente, monitores inerciales, un monitor de la orientación de la vela rígida, un monitor de la orientación del timón, un monitor del ángulo de escora, un monitor de la dirección de la brújula y similares.

Un sistema 550 de control del timón controla la orientación del timón para mantener un rumbo determinado, cambiar el rumbo, corregir la desviación y similares.

25 El sistema 555 de accionamiento de adrizamiento incluye el o los accionadores requeridos para implementar la capacidad de auto-adrizamiento descrita anteriormente. El accionador se puede controlar mediante comandos procedentes del ordenador de control 510, o el sistema 555 puede incluir la electrónica necesaria para ejecutar de manera autónoma las operaciones de adrizamiento y de corrección de la escora descritas anteriormente, en base a un ángulo de escora notificado o determinado.

30 Opcionalmente, se puede proporcionar una interfaz externa 560, principalmente para configurar y verificar el equipo durante el despliegue, y antes y después de cada despliegue.

35 Tal como se ha indicado anteriormente, el velero está destinado a transportar equipo de carga útil 570 específico por misión hasta un área objetivo; este equipo de carga útil 570 incluye habitualmente un conjunto de dispositivos de monitorización, tales como cámaras, transductores y similares, aunque se pueden desplegar otros tipos de dispositivos. Por ejemplo, se puede proporcionar un sistema de altavoz para realizar avisos bajo determinadas situaciones, tal como cuando se detecta una embarcación cerca de un área restringida; se puede disponer asimismo un sistema de micrófono para comunicaciones vocales bidireccionales.

40 Para integrar el sistema de carga útil en el sistema de control del velero, se dispone una interfaz 565 de carga útil. Esta interfaz puede ser utilizada para comunicar cualesquiera comandos de monitorización recibidos desde el transceptor 520, comunicar información monitorizada al ordenador de control 510, o directamente a los transceptores 520, 525.

45 Para proporcionar potencia a los diversos equipos en el velero, un sistema 560 de control y regulación de potencia recibe potencia desde una serie de fuentes, y proporciona la potencia requerida a cada uno de los componentes del velero. Sin que se muestre, cada uno de los compartimentos 260 del velero 200 de la figura 2A están previamente cableados para proporcionar acceso a potencia desde el sistema 560, así como acceso al bus de datos 501 u otras redes de a bordo. En alguna realización, se utiliza un esquema de prioridades para asegurar que los equipos críticos reciben potencia cuando la necesitan. Por ejemplo, si disminuye la potencia disponible, se puede inhabilitar algún equipo, mientras permanecen habilitados los equipos críticos, tales como el control del timón y los sistemas de accionamiento de adrizamiento.

50 El sistema 560 de control de la potencia recibe energía de los paneles solares 585 que están montados en el velero, y un sistema de baterías 590 almacena parte de esta energía para proporcionar potencia cuando los paneles solares 585 no están generando electricidad. Opcionalmente, el equipo de propulsión eléctrica (235 de la figura 2A) puede estar configurado para incluir un generador que genera electricidad cuando la vela rígida impulsa el velero. Preferentemente, el sistema de propulsión eléctrica proporciona una mínima resistencia mientras el velero está navegando a baja velocidad, y proporciona la carga del generador solamente cuando la sustentación producida es suficiente para soportar esta carga manteniendo al mismo tiempo una determinada velocidad mínima.

5 Lo anterior se limita a mostrar los principios de la invención. Por lo tanto, se apreciará que los expertos en la materia podrán contemplar diversas disposiciones que, aunque no se describan o muestren explícitamente en la presente memoria, realizan los principios de la invención y, por lo tanto, están dentro de su alcance. Por ejemplo, aunque el velero está diseñado para sobrevivir a colisiones con embarcaciones mayores, el velero puede estar configurado para incluir un receptor AIS (Automatic Identification System, sistema de identificación automática) que recibe información de localización transmitida por embarcaciones comerciales y otras embarcaciones equipadas con un transceptor AIS. Para evitar colisiones, el ordenador de control 510 puede estar configurado para ajustar temporalmente la dirección de desplazamiento en base a información AIS recibida. Estas y otras características de configuración y optimización del sistema serán evidentes para un experto en la materia a la luz de esta descripción, y se incluyen dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

10 En la interpretación de estas reivindicaciones, se debe entender que:

- a) la expresión "comprende" no excluye la presencia de otros elementos o acciones aparte de las enumeradas en una determinada reivindicación;
- b) la expresión "un" o "una" precediendo a un elemento no excluye la presencia de una serie de dichos elementos.
- 15 c) cualesquiera signos de referencia en las reivindicaciones no limitan su alcance;
- d) diversos "medios" pueden estar representados por el mismo elemento, o estructura o función implementada por hardware o software;
- e) cada uno de los elementos dados a conocer se puede componer de una combinación de partes de hardware (por ejemplo, incluyendo circuitos electrónicos integrados y discretos) y partes de software (por ejemplo, programación informática);
- 20 f) las partes de hardware pueden incluir un procesador, y las partes de software pueden estar almacenadas en un medio no transitorio legible por ordenador, y pueden estar configuradas para hacer que el procesador realice parte o la totalidad de las funciones de uno o varios de los elementos dados a conocer;
- g) las partes de hardware se pueden componer de una o ambas de partes analógicas y digitales;
- 25 h) cualquiera de los dispositivos dados a conocer o parte de los mismos, se pueden combinar o separar en otras partes, salvo que se indique específicamente lo contrario;
- i) no se prevé que sea necesaria ninguna secuencia específica de acciones salvo que se indique específicamente lo contrario; y
- 30 j) la expresión una "serie de" elementos incluye dos o más del elemento reivindicado, y no implica ningún intervalo particular de números de elementos; es decir, una serie de elementos pueden ser tan sólo dos elementos, y puede incluir un número inconmensurable de elementos.

REIVINDICACIONES

1. Un velero (200), que comprende:
 - una serie de cascos (210) dispuestos en paralelo entre sí y acoplados juntos mediante una disposición de celosía (240),
- 5 - una estructura (220) de vela rígida que es giratoria alrededor de un primer eje de rotación que es ortogonal a un plano de los cascos (210) y un segundo eje de rotación que es paralelo a los cascos (210), y
 - un sistema de auto-adrizamiento que está configurado para hacer girar la estructura (220) de vela rígida alrededor del segundo eje de rotación cuando se detecta un vuelco del velero (200).
- 10 2. El velero según la reivindicación 1, en el que la estructura de vela rígida incluye un elemento de flotabilidad que sirve para facilitar el adrizamiento del velero cuando el sistema de auto-adrizamiento hace girar la estructura de vela rígida.
3. El velero según la reivindicación 2, en el que el elemento de flotabilidad incluye una vela rígida (222).
4. El velero según la reivindicación 3, en el que el elemento de flotabilidad incluye una burbuja de flotación sobre la vela rígida.
- 15 5. El velero según la reivindicación 1, que incluye una quilla (230) que es giratoria alrededor de un eje de rotación (242) de la quilla, que es paralelo a los cascos.
6. El velero según la reivindicación 5, en el que la quilla está acoplada de manera fija la estructura de vela rígida, y el eje de rotación de la quilla corresponde al segundo eje de rotación.
- 20 7. El velero según la reivindicación 1, que incluye un sistema de control (150) que detecta si se ha producido un vuelco, y activa el sistema de auto-adrizamiento cuando se detecta el vuelco.
8. El velero según la reivindicación 7, en el que el sistema de control detecta un ángulo de escora y activa el sistema de auto-adrizamiento antes de que se detecte el vuelco, en base al ángulo de escora detectado.
9. El velero según la reivindicación 1, que incluye uno o varios paneles solares (245) que proporcionan la energía requerida para activar el sistema de auto-adrizamiento.
- 25 10. El velero según la reivindicación 1, que incluye un timón (215), y un sistema de control de navegación que controla la orientación del timón para crear una dirección de desplazamiento del velero hacia un área objetivo.
11. El velero según la reivindicación 1, en el que la estructura de vela rígida incluye una vela rígida (222) que proporciona sustentación para impulsar hacia delante el velero.
- 30 12. El velero según la reivindicación 11, en el que la estructura de vela rígida incluye una veleta (225) que pivota sobre la estructura de vela rígida para estar alineada constantemente con la dirección actual del viento.
13. El velero según la reivindicación 12, en el que la estructura de vela rígida incluye un elemento de equilibrio (228) que facilita la rotación de la estructura de vela rígida en torno al primer eje de rotación.
14. El velero según la reivindicación 12, que incluye una varilla de acoplamiento (435) que controla la diferencia entre la orientación de la estructura de vela rígida y la orientación de la veleta.
- 35 15. El velero según la reivindicación 14, en el que la estructura de celosía incluye una leva (470) acoplada a la varilla de acoplamiento para controlar la diferencia entre la orientación de la estructura de vela rígida y la orientación de la veleta en base al orientación de la estructura de celosía.

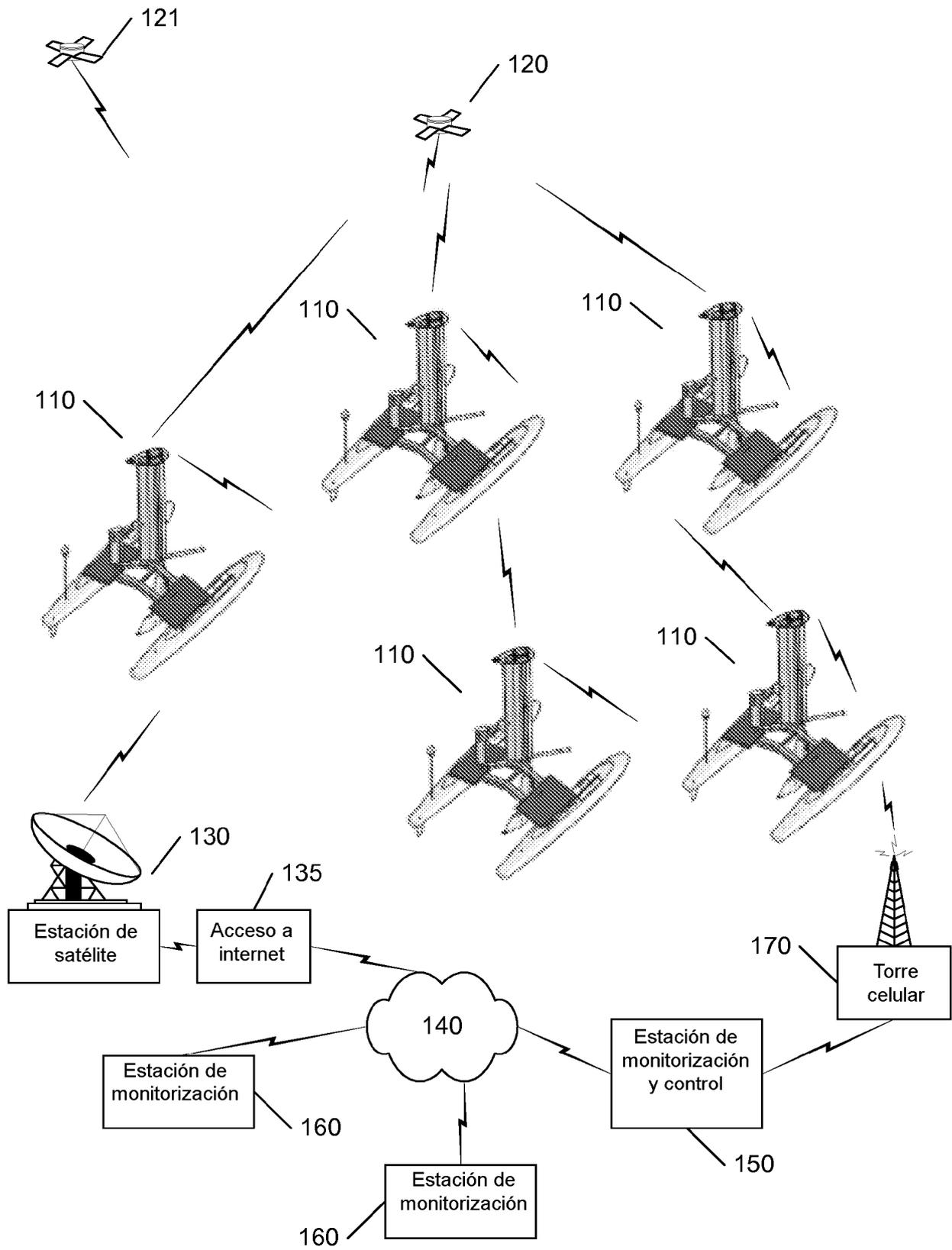


FIG. 1

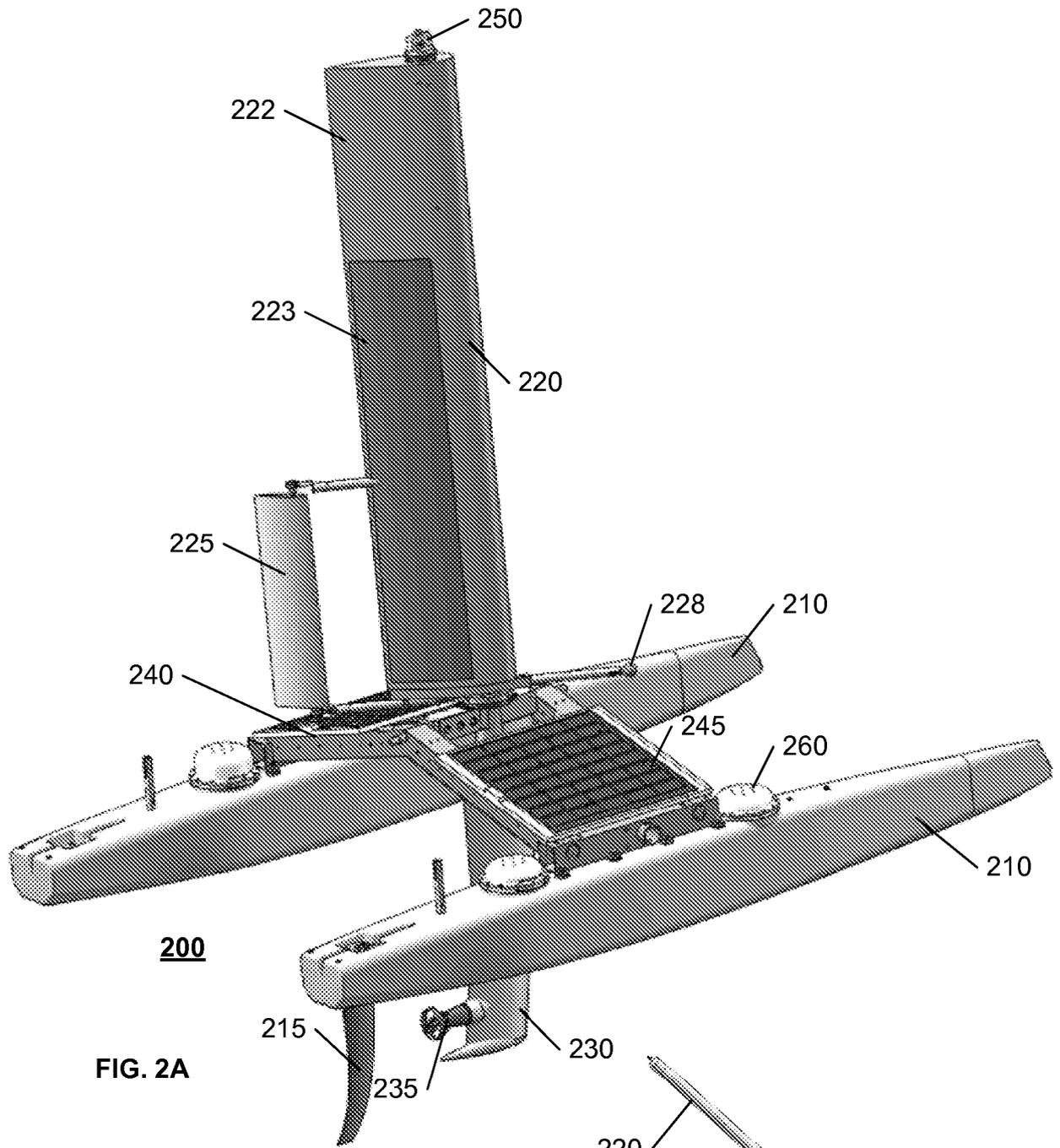


FIG. 2A

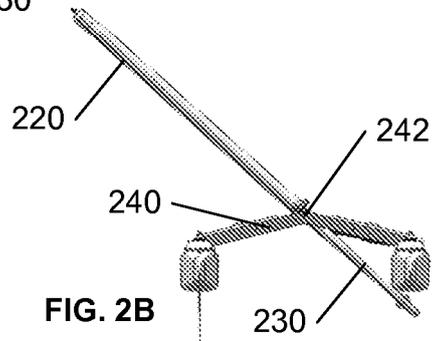
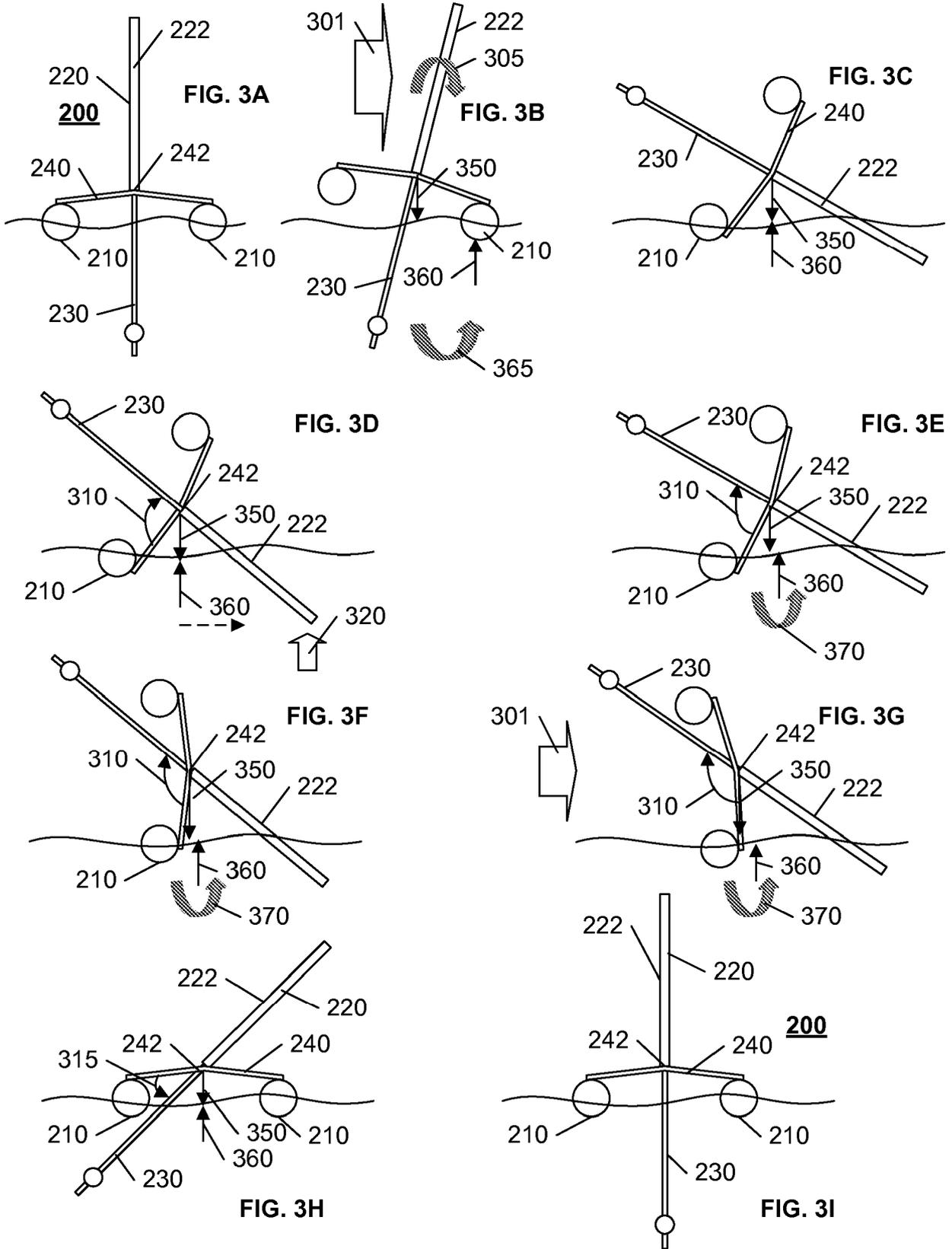
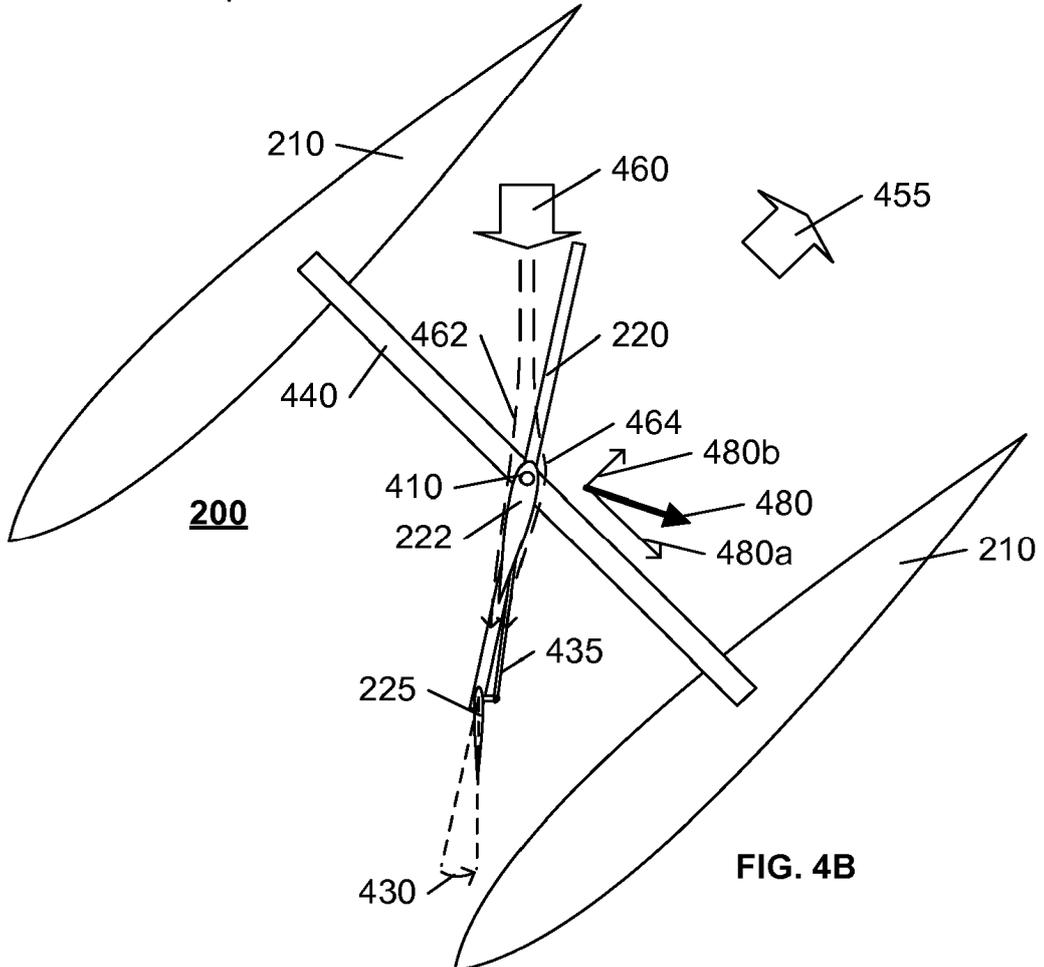
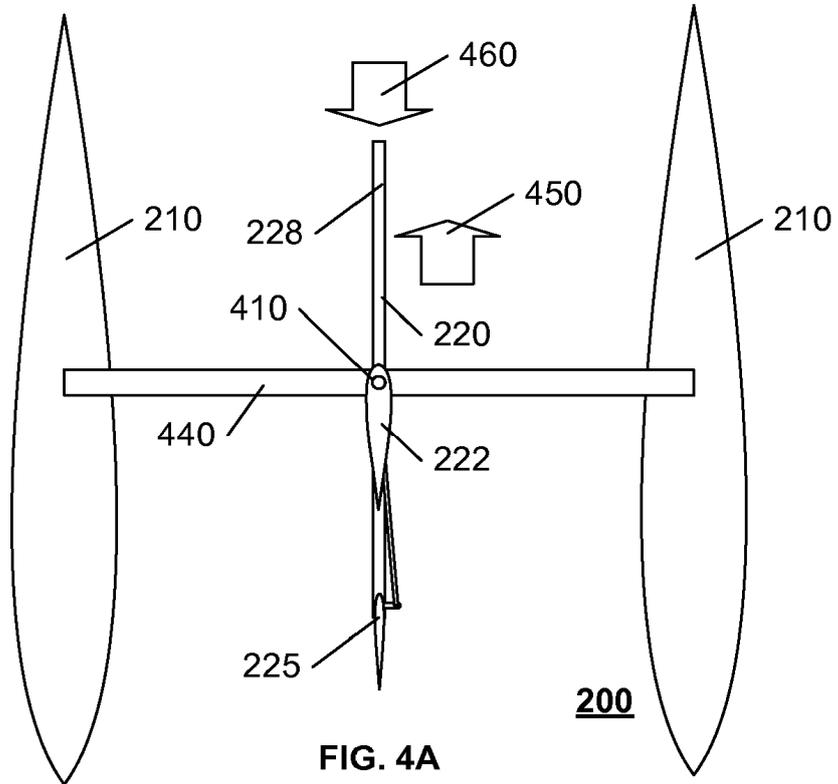
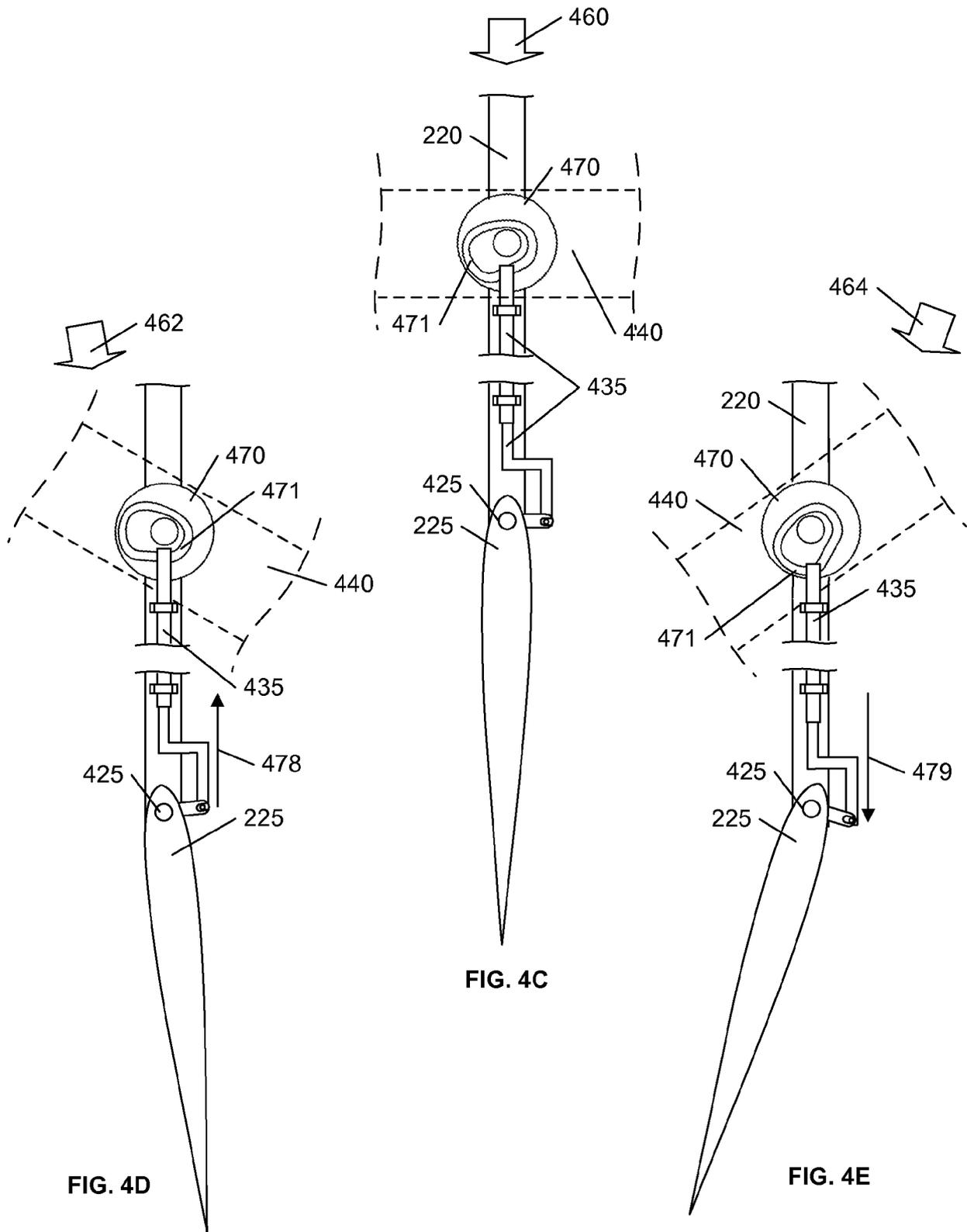


FIG. 2B







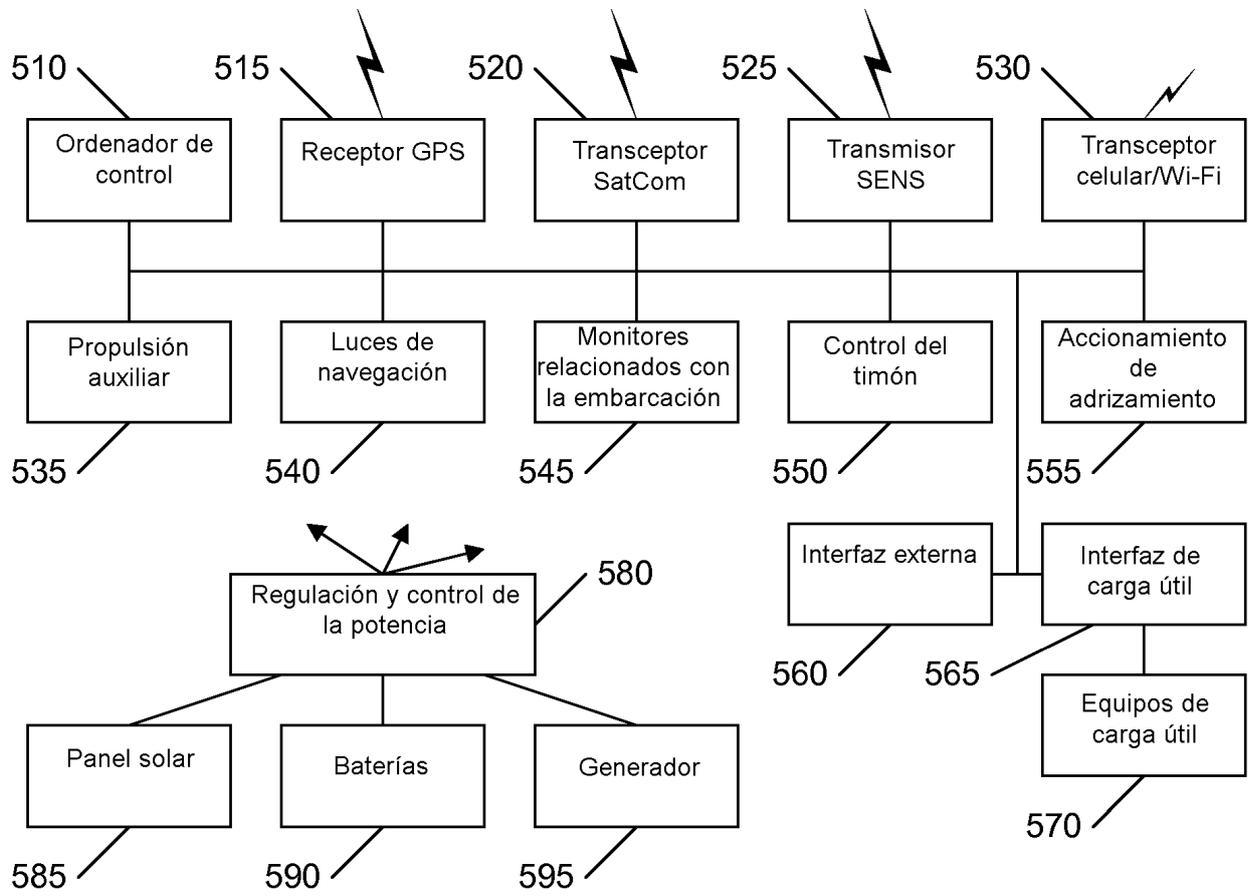


FIG. 5