

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 601**

51 Int. Cl.:

B63H 9/06 (2006.01)

B64C 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2013 PCT/ZA2013/000090**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.06.2014 WO14085835**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2013 E 13858980 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2019 EP 2925600**

54 Título: **Ala y su aplicación**

30 Prioridad:

28.11.2012 ZA 201208969

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

13.06.2019

73 Titular/es:

**BRAY, ROBERT REGINALD (100.0%)
210 Mimosa Road Northcliff Ext2
Johannesburg 2195, Gauteng, ZA**

72 Inventor/es:

BRAY, ROBERT REGINALD

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E
INVENCIONES, SLP**

ES 2 716 601 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

Ala y su aplicación

5 **Antecedentes**

La presente divulgación se refiere a un ala. Más específicamente, los aspectos de la invención se refieren a un ala de forma variable que se puede mover gradualmente entre una configuración neutra y una configuración deformada, en donde el ala adopta una forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura en la configuración deformada.

10 La curvatura de un perfil aerodinámico o ala puede definirse por una línea de curvatura media, que es la curva que está a medio camino entre las superficies superior e inferior del perfil aerodinámico y que pasa a través de los bordes de ataque y de salida del perfil aerodinámico, que son los puntos más delantero y más posterior respectivamente. Un perfil aerodinámico en el que la línea de curvatura revierte la dirección de curvatura cerca del borde de salida se denomina perfil aerodinámico de doble curvatura.

15 Los perfiles aerodinámicos de doble curvatura son el tipo de sección usado en aeronaves de ala volante debido a la tendencia inherente de la forma a inducir un movimiento de rotación al borde de salida del ala, para reemplazar la superficie de plano de cola más tradicional que se usa para mantener el ala en un ángulo de ataque positivo y estable. Esta sección de ala, cuando se usa en un ala volante o en una configuración de ala/fuselaje integrado, tiene ventajas considerables en el diseño de la aeronave en donde la omisión del estabilizador de cola y el plano de cola reduce la resistencia aerodinámica en un gran factor y mejora la eficacia, el consumo de combustible y el rendimiento.

20 En general, se conocen alas que tienen secciones de perfil aerodinámico de forma variable con el fin de variar las características de sustentación y, en el pasado, se han conseguido de muchas formas diferentes. Una forma es usando un tejido para conformar el revestimiento del perfil aerodinámico, por ejemplo, como divulga LATHAM en el documento US 4.530.301. Los tejidos son inherentemente estirables, acomodando el cambio en la longitud perimetral global a medida que se manipula el perfil aerodinámico entre las secciones de perfil aerodinámico de formas diferentes. El cambio en la longitud perimetral de la sección de perfil aerodinámico no permite desviar el perfil aerodinámico a una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura. La incapacidad del tejido para resistir y transmitir cargas de compresión impide, además, que este tipo de perfil aerodinámico se desvíe a una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura. El tejido de este tipo de perfil aerodinámico se tensa generalmente sobre formaciones del borde de ataque y/o de salida, tales como alambres guía del borde de ataque y/o de salida, impidiendo adicionalmente que el perfil aerodinámico adopte una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura.

35 ELMALI y col., documento US 4.895.091, divulga una vela con revestimiento de tejido que, de hecho, es capaz de adoptar una forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, a través de la incorporación de una estructura interna muy complicada, así como una junta deslizante en un borde de salida de esta. Una desventaja de esta vela es que requiere múltiples puntos de conexión entre la estructura interna y el revestimiento para manipularla a una forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura. Asimismo, y como es el caso con la mayoría de velas rígidas blandas, la vela se deforma por el viento y no de una manera controlada a través de actuadores, y debe atarse en el ángulo de ataque requerido, en vez de poder rotar libremente para hacerlo.

45 Otro tipo de perfil aerodinámico emplea una junta deslizante a lo largo de la sección de perfil aerodinámico que asume un cambio en la longitud perimetral global de la sección de perfil aerodinámico a medida que se mueve entre sus diversas formas de sección de perfil aerodinámico. GRANT, documento US 2.022.806, enseña un perfil aerodinámico que tiene una junta deslizante posicionada en un borde de ataque o en cualquier posición a lo largo de la cara inferior del perfil aerodinámico. Otro ejemplo es FERGUSON, documento US 4.624.203, que divulga una vela rígida que tiene una sección de perfil aerodinámico variable con una junta deslizante posicionada en un borde de salida de esta. Al permitir las juntas deslizantes cambios en longitud en el perímetro global de estos tipos de perfiles aerodinámicos, la capacidad de desviar el borde de salida a una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura no resulta posible.

50 MICHAEL, documento PCT/GB2009/001766 (publicado como WO 2010/007377), divulga una vela que incorpora un perfil aerodinámico articulado constituido por un elemento de mástil frontal conectado de manera pivotante a un elemento de mástil trasero de manera que el desplazamiento angular de uno con respecto a otro produce secciones de perfil aerodinámico de forma variable. Esta vela incorpora un par de juntas deslizantes distanciadas entre sí por su línea de curvatura neutra para acomodar la articulación de la vela, juntas deslizantes que impiden que los segmentos de perfil aerodinámico que discurren entre el borde de ataque y de salida sean cargados en compresión para desviar tal sección de perfil aerodinámico a una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura.

60 El documento EP 1.535.835 concedido a nombre de RAUTIO y col. también enseña un perfil aerodinámico de tipo de junta deslizante. La relevancia de este perfil aerodinámico de tipo de junta deslizante es que parece tener la capacidad de adoptar una forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura muy ligera. Sin embargo, los puntos de articulación sobre los que puede deformarse el morro de este perfil aerodinámico con respecto al resto del perfil aerodinámico conforma una hendidura a lo largo de la sección de perfil aerodinámico, que no conduce a la formación de una sección de perfil aerodinámico con forma lisa, continua y eficaz. Asimismo, al no estar cerrado este perfil aerodinámico, es posible que se acumule suciedad dentro de las articulaciones y de la junta deslizante, lo que resulta

perjudicial para el funcionamiento seguro y fiable del perfil aerodinámico, particularmente en aplicaciones de aviación.

5 BALLU, documento FR 2.715.124, divulga un ala que, a primera vista, parece ser capaz de mantener una forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura. En un análisis más profundo, parece que la forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura ilustrada en ese documento es simplemente una forma de transición a través de la cual es capaz de moverse el ala a medida que se deforma desde una primera forma de perfil aerodinámico de curvatura cóncavo-convexa hasta una segunda. En consecuencia, el ala no puede retenerse de manera controlable en tal forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, y se mueve típicamente entre las formas primera y segunda de perfil aerodinámico de curvatura cóncavo-convexa o bien manualmente o por el viento. Otras desventajas de esta ala son que no puede rotar libremente, requiere ser atada o sujeta en el ángulo de ataque requerido y tiene su eje de rotación demasiado cerca del borde de ataque, lo que hace que sea incapaz de "governarse" (es decir, rotar libremente) en el viento

15 Otros tipos de perfiles aerodinámicos variables que tienen la capacidad de producir una sección de perfil aerodinámico que tiene una línea de curvatura con forma de S asociada normalmente a secciones de perfil aerodinámico de doble curvatura se denominarán generalmente en esta descripción perfiles aerodinámicos curvos soportados por un dorso y perfiles aerodinámicos de leva giratoria.

20 Un ejemplo de perfil aerodinámico curvo soportado por un dorso es divulgado por BEAUCHCHAMP y col., documento US 5.367.970. Este documento de patente enseña una estructura de aleta de perfil aerodinámico que tiene segmentos de morro y de cola soportados en dorsos resilientes en voladizo desde extremos opuestos de un segmento central. Los cables que se extienden entre los segmentos de morro y de cola y el segmento central pueden tensionarse para hacer que los segmentos de morro y de cola se muevan hacia arriba y hacia abajo independientemente entre sí. Un revestimiento envuelve la estructura de aleta de perfil aerodinámico, y se manipula de ese modo para producir una forma de sección de perfil aerodinámico que tenga una línea de curvatura con forma de S.

30 MUELLER, documento CZ 300.728, divulga un ejemplo de un perfil aerodinámico de leva giratoria que comprende una estructura que tiene un segmento de morro y un segmento de cola montados de manera rotatoria en cualquier extremo de un segmento central de manera que los segmentos de morro y de cola puedan rotarse alrededor de un eje de línea de curvatura que pasa entre los bordes de ataque y de salida del perfil aerodinámico y con respecto al segmento central. De esta manera, el morro puede rotarse hacia arriba y la cola puede rotarse hacia abajo (o viceversa) independientemente el uno del otro. Un revestimiento que recubre las levas giratorias está montado sobre las levas y se acciona para formar una sección de perfil aerodinámico con una línea de curvatura con forma de S.

35 Se cree que los revestimientos de los perfiles aerodinámicos curvos soportados por un dorso y los perfiles aerodinámicos de leva giratoria mencionados anteriormente pueden tener que estar hechos, de hecho, de un material estirable o atado a la estructura interna de manera que el revestimiento se adapte a la forma de la estructura interna para adoptar las diversas formas de sección de perfil aerodinámico. Asimismo, se necesitan segmentos de morro, central y de cola separados junto con los mecanismos de accionamiento necesarios para crear los al menos dos puntos de inflexión requeridos para conformar la línea de curvatura con forma de S de estos perfiles aerodinámicos.

Se apreciará que los componentes requeridos para crear los puntos de inflexión necesarios hacen que estos perfiles aerodinámicos sean más pesados de lo requerido, complejos e innecesariamente caros de producir.

45 Otro tipo más de perfil aerodinámico variable es del tipo articulado, tal como divulga RINN y col., documento US 6.045.096. El perfil aerodinámico incluye un revestimiento tensado sobre una estructura articulada interna, estructura que permite que la cola "se menee" a través de la línea de curvatura neutra y, al hacerlo, varíe la sección de perfil aerodinámico del perfil aerodinámico.

50 Debido a que la porción de cola del revestimiento, o a una parte significativa de esta, está soportada directamente en la estructura articulada interna, la propia cola es incapaz de desviarse entre formas convexas y cóncavas, tal y como se requiere para conformar una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura. Muchos de estos tipos de perfiles aerodinámicos también tienen un borde de ataque no movable, fijo, que no conduce a la formación variable de secciones de perfil aerodinámico eficaces. De manera similar, como en el caso de los perfiles aerodinámicos curvos soportados por un dorso y de los perfiles aerodinámicos de leva giratoria, los perfiles aerodinámicos articulados también son más pesados de lo requerido, complejos e innecesariamente caros de producir.

60 CAMPANILE y col., documento US 6.010.098, divulga un perfil aerodinámico que tiene una carcasa de revestimiento exterior rígido autoportante y deformable, o un revestimiento rígido soportado sobre cinturones externos deformables. Aunque este perfil aerodinámico parece ser capaz de proporcionar una variedad de secciones de perfil aerodinámico lisos, el perfil aerodinámico es extremadamente complicado, al requerir múltiples riostras para deformar el revestimiento exterior. Asimismo, no se menciona si el revestimiento exterior es resiliente y si puede regresar inherentemente hasta una posición neutra.

65 Otros inconvenientes adicionales de esta invención incluyen el posicionamiento de la estructura de soporte, que fija al menos dos puntos en el lado inferior del perfil aerodinámico a una estructura externa tal como un aeroplano y la forma

neutra asimétrica de la sección de perfil aerodinámico. Las dos características anteriormente mencionadas conducen a la capacidad del perfil aerodinámico para adoptar una forma de sección de perfil aerodinámico que tenga una curvatura de tipo ondulada, pero no una forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura. Como resultado, el borde de salida del perfil aerodinámico es incapaz de adoptar una forma cóncava en el lado superior de este (es decir, siempre una forma convexa), forzando al flujo de aire fuera del lado superior para que se dirija siempre desde el borde de salida de manera operativa hacia abajo.

Sumario de las realizaciones divulgadas

De acuerdo con los aspectos de la invención, se proporciona un ala que incluye: un primer segmento de perfil aerodinámico y un segundo segmento de perfil aerodinámico que tienen extremos conectados o fijados entre sí en bordes de ataque y de salida neutros opuestos impidiendo de ese modo que los extremos de los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo se deslicen entre sí, en donde los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo están distanciados entre sí a lo largo de sus longitudes a través de una línea de curvatura media neutra que se extiende entre los bordes de ataque y de salida neutros para conformar una sección de perfil aerodinámico neutra a través de una envergadura alar del ala, y en donde, además, el borde de salida es libre de moverse a través de la línea de curvatura media neutra; extremos primero y segundo opuestos distanciados entre sí a través de la envergadura alar del ala; uno o más actuadores adaptados para deformar el ala entre la sección de perfil aerodinámico neutra y una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, en donde la deformación del ala desde la sección de perfil aerodinámico neutra hasta la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura genera una carga de compresión en los segmentos de perfil aerodinámico; siendo resilientes los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo, en donde la resiliencia inherente de tales segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo desvía el ala hacia una sección de perfil aerodinámico en reposo inicial; en donde la carga de pandeo crítica de los segmentos de perfil aerodinámico es mayor que la carga de compresión generada en los segmentos de perfil aerodinámico durante la deformación de los segmentos de perfil aerodinámico por uno o más actuadores, para impedir de ese modo el pandeo de los segmentos de perfil aerodinámico durante tal deformación; de manera que cuando el ala se deforme mediante los uno o más actuadores, el desplazamiento entre dos puntos en uno de los segmentos de perfil aerodinámico genere la carga de compresión en al menos tal segmento de perfil aerodinámico, y la capacidad de tal segmento de perfil aerodinámico para resistir la carga de compresión hace que tal segmento adopte la forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura que tiene una línea de doble curvatura con un punto de inflexión situado más cerca del borde de salida que del borde de ataque de este; en donde el ala es asimétrica alrededor de una línea que se extiende a través de la sección de perfil aerodinámico neutra perpendicularmente a la línea de curvatura media neutra, pudiendo el ala: (i) montarse en un objeto en al menos uno de los extremos primero y segundo del ala; y (ii) rotar libremente con respecto al objeto alrededor de un eje de rotación (18) que pasa a través de la envergadura alar del ala, dividiendo el eje de rotación el ala en: (a) una parte de borde de ataque definida entre el borde de ataque, el eje de rotación y los extremos primero y segundo opuestos del ala; y (b) una parte de borde de salida definida entre el borde de salida, el eje de rotación y los extremos primero y segundo opuestos del ala; (c) en donde un área superficial de la parte de borde de salida es mayor que el área superficial de la parte de borde de ataque, de manera que cuando el ala esté en la forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, en uso, el flujo de fluido que actúa sobre el borde de salida induce un momento en el ala que hace que el ala rote libremente alrededor del eje de rotación para ajustar automáticamente un ángulo de ataque con respecto a la dirección del flujo de fluido dominante.

La sección de perfil aerodinámico en reposo inicial es típicamente la sección en donde, en uso, todas las fuerzas del actuador se eliminan del ala. La sección de perfil aerodinámico en reposo inicial puede ser la sección de perfil aerodinámico neutra, la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura o cualquier otra sección de perfil aerodinámico entre las mismas.

Preferentemente, el ala puede deformarse entre la sección de perfil aerodinámico neutra y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura progresivamente, permitiendo de ese modo deformar el ala mediante los actuadores en una pluralidad de secciones de perfil aerodinámico diferentes gradualmente. Algunas de las secciones de perfil aerodinámico diferentes gradualmente del ala pueden tener además una dimensión aumentada o disminuida de espesor máximo, con o sin una doble curvatura. Generalmente, la deformación del ala provoca que se reduzca el desplazamiento entre los dos puntos en uno de los segmentos de perfil aerodinámico, generando el desplazamiento reducido la carga de compresión en tal segmento de perfil aerodinámico y la capacidad de tal segmento de perfil aerodinámico de resistir la carga de compresión hace que tal segmento adopte una forma con un punto de inflexión, haciendo, de ese modo, que el ala conforme la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura.

Se apreciará que la reducción en desplazamiento entre los dos puntos en uno de los segmentos de perfil aerodinámico provoca un aumento en desplazamiento entre dos puntos en el otro de los segmentos de perfil aerodinámico y, como tal, una plegadura en tal segmento de perfil aerodinámico. Además, se apreciará que las cargas de compresión y de tensión, junto con la plegadura contribuyen conjuntamente a hacer que el ala conforme la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura.

En una realización, cada uno de los segmentos de perfil aerodinámico primero y/o segundo puede estar conformado a partir de un único elemento de perfil aerodinámico que se extiende entre los bordes de ataque y de salida, o conformado a partir de una pluralidad de elementos de perfil aerodinámico conectados o fijados extremo con extremo

entre los bordes de ataque y de salida, formando conjuntamente una nervadura de perfil aerodinámico de bucle cerrado continuo. En una primera realización alternativa, los segmentos de perfil aerodinámico primero y/o segundo pueden ser un único elemento de perfil aerodinámico integral que conforme una nervadura de perfil aerodinámico de bucle cerrado continuo.

5 Generalmente, el ala puede conformarse a partir de una pluralidad de nervaduras distanciadas entre sí para definir un armazón de ala alargado para soportar un revestimiento sobre el que puede hacerse fluir fluido en uso, siendo el revestimiento un elemento de revestimiento de bucle cerrado continuo que tiene un borde de salida que coincide con el borde de salida del armazón de ala.

10 Típicamente, el elemento de revestimiento es semirrígido y resiliente para desviar, independiente de o conjuntamente con los segmentos de perfil aerodinámico, el ala hacia la sección en reposo inicial, teniendo el elemento de revestimiento, además, una carga de pandeo crítica similar a la de los segmentos de perfil aerodinámico.

15 Como alternativa, el elemento de revestimiento es tejido y el armazón de ala puede configurarse entre una posición erguida, en donde la pluralidad de nervaduras están retenidas en una relación distanciada para tensar el elemento de revestimiento sobre el armazón de ala, y una posición replegada, en donde las nervaduras pueden moverse hacia, contra o sustancialmente para encajar entre sí para replegar el ala en un tamaño compacto para su transporte y/o almacenamiento, con el revestimiento de tejido plegado sobre sí mismo a modo de acordeón.

20 Generalmente, la pluralidad de nervaduras se aseguran al elemento de revestimiento a intervalos distanciados entre los extremos opuestos primero y segundo de este, pudiendo conectarse, además, los extremos opuestos primero y segundo del elemento de revestimiento, en o cerca de los extremos respectivos, a extremos opuestos primero y segundo de un mástil replegable que puede moverse entre una posición extendida, en donde el elemento de revestimiento y, por consiguiente, las nervaduras aseguradas a este se empujan hacia la posición erguida, y una posición retraída, en donde el elemento de revestimiento y, por consiguiente, las nervaduras aseguradas a este, regresan a la posición replegada.

30 Cada una de las nervaduras está configurada típicamente de manera que, con el armazón de ala en la posición erguida, los respectivos bordes de ataque y bordes de salida de nervaduras adyacentes se apoyan entre sí para dotar al armazón de ala de bordes de ataque y de salida sustancialmente rígidos, lo que permite que el armazón de ala opere a altas velocidades. Para posibilitar la configuración mencionada anteriormente, cada nervadura comprende preferentemente respectivas formaciones de apoyo de borde de ataque y de salida, extendiéndose cada una de las formaciones de apoyo de borde de ataque y de salida hacia fuera en direcciones opuestas desde la nervadura, de manera que, en uso, se extienden hacia los extremos primero y segundo del armazón de ala erguido.

35 Generalmente, cada una de las nervaduras comprende una formación de refuerzo que sobresale hacia dentro desde los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo, típicamente en ubicaciones entre las formaciones de apoyo de borde de ataque y de salida, para proporcionar una nervadura reforzada y ligera.

40 En una realización preferente, una sección transversal de la nervadura en la ubicación reforzada tiene sustancialmente forma de L, siendo la pata vertical de esta el segmento de perfil aerodinámico primero o segundo y siendo la pata sustancialmente horizontal la formación de refuerzo, pudiendo usarse también la formación de refuerzo como una superficie de soporte en la que una nervadura de encaje suprayacente es capaz de reposar con el armazón de ala en la posición replegada.

Preferentemente, el mástil replegable es de un grupo de mástiles replegables que incluyen un mástil telescópico, un mástil de sustentación tipo tijera, un mástil de pistón u otro tipo de mástil replegable.

50 En una segunda realización alternativa, los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo pueden ser elementos primero y segundo opuestos de una carcasa de perfil aerodinámico alargada distanciados entre sí a través de la línea de curvatura neutra, siendo cada uno de los elementos primero y segundo elementos de perfil aerodinámico únicos, una pluralidad de elementos de perfil aerodinámico conectados o fijados extremo con extremo o solidarios entre sí para conformar una sección de perfil aerodinámico de bucle cerrado continuo, y en donde, además, la superficie exterior de la carcasa es un revestimiento sobre el que puede hacerse fluir fluido en uso. Preferentemente, la carcasa es autoportante y semirrígida.

60 Los materiales de los que la carcasa está hecha típicamente son un material laminar rígido, dependiendo el tipo ampliamente de la aplicación dada del ala. Un material laminar, anticorrosión, resistente y duro tal como acero inoxidable resulta adecuado, por ejemplo, en una quilla de un barco para resistir la acción de vuelco de la vela en el viento. Una aleta estabilizadora en una embarcación, por ejemplo, podría estar fabricada a partir de un acero similar o de un material laminar metálico o, como alternativa, a partir de un material de construcción compuesto para servicios pesados.

65 En las aeronaves, los materiales rígidos ligeros tales como una lámina compuesta de fibra de carbono o una lámina laminada de contrachapado son los más adecuados. En una vela rígida para propulsar un vehículo de vela o un barco

de vela, el material es generalmente espuma ligera y material laminar de fibra de vidrio compuesto, contrachapado y/o lámina de aluminio. Se pueden integrar múltiples combinaciones y capas de material laminar rígido con diferentes características, entre otras, curvatura, resistencia, durabilidad, acabado, estética y/o peso, en las superficies de la carcasa de ala para producir un ala adecuada para el uso práctico pretendido de esta.

5 Con independencia del material usado, el acabado superficial del exterior del ala es preferentemente liso para poner en práctica características de baja resistencia aerodinámica. El acabado superficial requerido puede ser inherente al material usado, o usarse acabados de pintura con alto brillo y recubrimientos de gel. Se apreciará que otras superficies exteriores del ala son perfectamente adecuadas para presentar signos en ella, por ejemplo, gráficos, marcas, publicidad, etc.

15 A lo largo del intervalo de deformaciones del ala entre la sección de perfil aerodinámico neutra y las formas de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, el borde de salida sigue siendo preferentemente común, mientras que la ubicación del borde de ataque en el ala puede ser variable. Asimismo, a lo largo del intervalo de deformaciones del ala entre la sección de perfil aerodinámico neutra y las formas de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, el perímetro global de la sección de perfil aerodinámico sigue siendo sustancialmente constante mientras que las longitudes individuales de los segmentos primero y segundo, medidas entre el borde de salida común y la ubicación variable del borde de ataque, pueden ser variables.

20 Preferentemente, el borde de ataque puede variar alrededor de una porción de morro de la sección de perfil aerodinámico del ala, pudiendo deformarse la porción de morro más fácilmente que las porciones restantes del ala. Típicamente, la porción de morro es más delgada en dimensión y/o está hecha de un material menos rígido que las porciones restantes de la sección de perfil aerodinámico para promover la deformación de la porción de morro.

25 Generalmente, una o varias otras áreas de las porciones restantes de la sección de perfil aerodinámico se hacen más delgadas en dimensión y/o se hacen de un material menos rígido para promover una deformación localizada en estas áreas, permitiendo deformar, de ese modo, el ala en uso de una manera más predeterminada.

30 Las puntas de las alas, distanciadas entre sí a través de una envergadura alar del ala, pueden conectarse, cada una, a un objeto y/o a placas de extremo, reduciendo el objeto o las placas de extremo, en uso, los efectos de vórtices de punta de ala generados por el flujo de fluido que fluye sobre el revestimiento del ala y/o permiten la deformación del ala mientras se sellan los extremos abiertos del ala hueca, reduciendo la resistencia aerodinámica de ese modo. Un hueco definido entre el objeto y/o las placas de extremo y el ala puede sellarse mediante una junta de estanqueidad o empaquetadura. La junta de estanqueidad o empaquetadura puede estar hecha de neopreno.

35 Para algunas aplicaciones del ala, es preferible que la sección de perfil aerodinámico neutra sea simétrica alrededor de la línea de curvatura neutra y deformable a cada lado de esta hacia las secciones de perfil aerodinámico de doble curvatura de manera que la sección de perfil aerodinámico neutra esté entre medias de las dos secciones de perfil aerodinámico de doble curvatura deformadas completamente, proporcionando de ese modo un ala de sección de perfil aerodinámico variable completamente reversible.

45 Como alternativa, la sección de perfil aerodinámico neutra es una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura a la que puede deformarse el ala es una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura más pronunciada. Asimismo, la sección de perfil aerodinámico neutra puede ser una sección de perfil aerodinámico de sustentación de curvatura cóncavo-convexa.

50 Preferentemente, la sección de perfil aerodinámico neutra y/o de doble curvatura es una sección de perfil aerodinámico de sustentación de curvatura cóncavo-convexa, adoptando el segmento de perfil aerodinámico en el que se conforma la curvatura cóncavo-convexa una forma cóncava cada vez más cerrada con la sección de perfil aerodinámico deformándose progresivamente desde la sección de perfil aerodinámico neutra. Más preferentemente, la forma cóncava adoptada se conforma en una ubicación de la sección de perfil aerodinámico dentro de o cerca de una zona de espesor máximo de esta.

55 Para otras aplicaciones, la sección de perfil aerodinámico neutra y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura son secciones de sustentación, siendo la sección de perfil aerodinámico neutra asimétrica con respecto a la línea de curvatura neutra. Típicamente, la sección de perfil aerodinámico neutra y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura son secciones de perfil aerodinámico de curvatura cóncavo-convexa. Esta ala resulta generalmente útil en medios fluidos de velocidad lenta, en los que se requieren características de sustentación alta. En aplicaciones de velocidad más alta, la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura es una sección de sustentación, pero no necesariamente una sección de curvatura cóncavo-convexa, que podría provocar una resistencia aerodinámica alta no deseada y una deslaminización del flujo laminar.

65 Generalmente, los actuadores pueden apoyarse en y/o conectarse a puntos de actuación en el ala o en otra estructura de anclaje distinta del ala. Donde hay conexiones con los puntos de actuación, las conexiones pueden ser rígidas, flexibles y/o articuladas.

Típicamente, los puntos de actuación y los actuadores, al menos parcial o totalmente, se sitúan dentro de un volumen del ala definido por el revestimiento y la envergadura alar del ala protegiendo de ese modo los puntos de actuación y las porciones de los actuadores alojadas dentro del volumen de ala de los elementos y escondiéndolos a la vista.

- 5 Los actuadores pueden ser brazos extensibles y/o retráctiles capaces de empujar y/o tirar de los puntos de actuación, para deformar el ala de ese modo. Como alternativa, los actuadores son cables capaces de tirar del punto de actuación, para deformar el ala de ese modo.
- 10 En una realización adicional, los actuadores pueden tener la forma de un larguero o mástil que se extiende completamente o al menos parcialmente por la envergadura alar del ala, estando dividido longitudinalmente el larguero o mástil en mitades separadas de larguero o mástil, teniendo las mitades divididas primeros lados que pueden deslizarse entre sí en un plano sustancialmente coplanario con la línea de curvatura neutra y teniendo los segundos lados formaciones para desplazar los puntos de actuación.
- 15 En otra realización, los actuadores pueden tener la forma de un larguero o mástil que se extiende completamente o al menos parcialmente por la envergadura alar del ala, con una o más placas deslizantes. Las placas deslizantes que tienen primeros lados pueden deslizarse con respecto a los lados exteriores del larguero o mástil en un plano sustancialmente paralelo con y espaciado transversalmente con respecto a la línea de curvatura neutra y los segundos lados tienen formaciones para desplazar los puntos de actuación.
- 20 En otra realización más, los actuadores pueden tener la forma de un larguero que se extiende completamente o al menos parcialmente por la envergadura alar del ala y que puede rotarse alrededor de un eje longitudinal que se extiende a través de la envergadura alar del ala, teniendo el larguero formaciones para desplazar los puntos de actuación. Preferentemente, esta realización incorpora, además, una o más riostras de sustentación transversales que se extienden transversalmente sobre la línea de curvatura neutra entre el punto de arriostamiento en el ala. Más preferentemente, el larguero rotatorio y el arriostamiento cruzado se sitúan, el uno con respecto al otro, de manera que la riostra rotatoria esté más cerca del borde de ataque y que el arriostamiento cruzado esté más cerca del borde de salida.
- 25 En otra realización alternativa más, pero particularmente preferente, los actuadores son uno o más largueros accionados que se extienden completamente o al menos parcialmente por la envergadura alar del ala, pudiendo apoyarse los bordes de los largueros en o conectarse a los puntos de actuación. Se apreciará que el número de actuadores para llevar a cabo toda la deformación del ala puede reducirse a uno, siendo tal método el más económico, más ligero y más fácil de mantener.
- 30 Los largueros accionados pueden soportarse por y/o entre el objeto y/o las placas de extremo, montándose los largueros sustancialmente en paralelo a y distanciados de la línea de curvatura neutra. Típicamente, los largueros accionados pueden desplazarse longitudinalmente y/o de manera rotatoria con respecto a la línea de curvatura neutra y/o entre sí.
- 35 Preferentemente, los largueros accionados se soportan por y/o entre el objeto y/o las placas de extremo, montándose los largueros sustancialmente transversalmente a través de la línea de curvatura neutra y pudiendo desplazarse transversalmente y/o de manera rotatoria con respecto a la línea de curvatura neutra y/o entre sí.
- 40 Más preferentemente, el ala comprende un larguero principal en o cerca de la zona de máximo espesor del ala, un larguero de borde de ataque situado entre el borde de ataque de la sección de perfil aerodinámico y el larguero principal, y un larguero de borde de salida situado entre el borde de salida de la sección de perfil aerodinámico y el larguero principal.
- 45 Generalmente, el larguero de borde de ataque se sitúa más cerca del borde de ataque que del larguero principal. Típicamente, el larguero de borde de salida se sitúa más cerca del borde de salida que del larguero principal. Preferentemente, el larguero de borde de salida se sitúa en un tercio de la distancia desde el borde de salida hacia el larguero principal a lo largo de la línea de curvatura neutra.
- 50 Los largueros principal, de borde de ataque o de salida pueden soportarse de manera rotatoria en el objeto o las placas de extremo y los otros de los largueros principal de borde de ataque o de salida pueden conectarse al objeto o las placas de extremo y al ala a través de o cerca de la zona de máximo espesor, pudiendo moverse el objeto y/o las placas de extremo mediante el actuador para hacer que los largueros se desplacen transversalmente a través de la línea de curvatura neutra y entre sí.
- 55 En una realización alternativa, cada uno de los uno o más largueros principal, de borde de ataque o de salida son un par de elementos de larguero que tienen bordes opuestos que pueden apoyarse en o conectarse a los puntos de actuación y bordes aproximados que pueden moverse conjuntamente o entre sí a través de la línea de curvatura neutra permitiendo deformar de ese modo la sección de perfil aerodinámico para variar el espesor máximo del ala deformando o no la sección de perfil aerodinámico a la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura.
- 60
- 65

En otra realización alternativa más, los pares de largueros se remplazan por porciones espesadas integrales que se extienden parcial o completamente por la longitud de la envergadura alar del ala que discurre por o cerca de las áreas en las que los pares de largueros se apoyarían normalmente en o se conectarían a los puntos de actuación, pudiendo acoplarse los uno o más actuadores con las porciones espesadas integrales, permitiendo la deformación del ala usando menos puntos de fijación de actuación. La ubicación del punto de inflexión creado a lo largo del segmento deformado de la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura puede variar con los grados de variación de deformación de la sección de perfil aerodinámico. El punto de inflexión en el segmento deformado de la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura pueden ser múltiples puntos de inflexión, pero, preferentemente, es un solo punto de inflexión definido en el mismo entre los bordes de ataque y de salida.

Preferentemente, el segmento deformado define una forma continuamente sinusoidal, definiéndose la forma continuamente sinusoidal en el último tercio de la longitud del segmento medida desde el borde de salida. Más preferentemente, el segmento deformado define una forma continuamente sinusoidal, definiéndose la forma continuamente sinusoidal en al menos dos tercios de la longitud del segmento medida desde el borde de salida. De manera más preferente, el segmento deformado define una forma continuamente sinusoidal a lo largo de toda su longitud entre el borde de ataque y el borde de salida.

Generalmente, la sección de perfil aerodinámico puede deformarse de tal manera que el borde de ataque se deforme hacia un lado de la línea de curvatura neutra y el borde de salida se deforme hacia un lado opuesto de la línea de curvatura neutra para conformar la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura.

En uso en un flujo de fluido dominante, que es aire tal como viento o líquido tal como agua, la deformación del ala hacia un primer lado de la línea de curvatura neutra genera una fuerza de sustentación en una dirección primaria, mientras que la deformación del ala hacia un segundo lado opuesto de la línea de curvatura neutra genera una fuerza de sustentación en una dirección secundaria que es sustancialmente opuesta a la dirección primaria, la reversibilidad del ala y las fuerzas de sustentación generadas de ese modo actúan como un medio de frenado y/o inversión en el ala.

El ala puede rotarse alrededor de un eje de rotación que se extiende a través de las puntas de ala opuestas de la misma. Preferentemente, el ala está inclinada con respecto al eje de rotación de manera que la distancia entre el eje de rotación y el borde de ataque sea menor en una punta de ala del ala y mayor en la punta de ala opuesta de la misma. Más preferentemente, el ala está inclinada con respecto al eje de rotación de manera que el eje de rotación está más cerca del borde de ataque en una punta de ala del ala y más cerca del borde de salida en la punta de ala opuesta de la misma.

Típicamente, el ala está dividida por el eje de rotación en una parte de borde de ataque, definida entre el borde de ataque, el eje de rotación y las puntas de ala opuestas, y una parte de borde de salida, definida entre el borde de salida, el eje de rotación y las puntas de ala opuestas.

Preferentemente, las partes de borde de ataque y borde de salida del ala tienen sustancialmente el mismo peso para equilibrar así el ala alrededor del eje de rotación y, por ejemplo, contrarrestar la rotación no deseada de esta provocada por la fuerza de la gravedad y bajo una acción de alabeo en la aplicación de una embarcación en el mar. Más preferentemente, la parte de borde de salida del ala es más pesada que la parte de borde de ataque de esta para actuar por lo tanto, con referencia al ejemplo de la embarcación anteriormente mencionada, como una característica de autoadrizamiento y reducir el riesgo de que la embarcación vuelque.

La compensación deseada del ala alrededor del eje de rotación puede obtenerse aplicando peso al ala en ubicaciones específicas con respecto al eje de rotación, mediante el posicionamiento estratégico de los actuadores, otros componentes pesados y/o pesos en o sobre el ala y/o las placas de extremo. De manera más preferente, la compensación está dentro del volumen del ala, deshaciéndose de la necesidad de estabilizadores de montaje sobresalientes para la colocación externa de pesos.

La inclinación del ala con respecto al eje de rotación coloca una mayor área superficial del ala operativamente por delante del eje de rotación, en comparación con la de las disposiciones de la técnica anterior existentes. Todavía con referencia al ejemplo de la embarcación, la oscilación del ala provocada, en uso, por el alabeo y la guiñada de la embarcación en el mar, que es máxima en el extremo libre operativamente más superior del ala, se contrarresta por el área superficial aumentada de la parte de borde de ataque del ala reduciendo el efecto de aleteo provocado por la oscilación en el ala.

Preferentemente, el área superficial de la parte de borde de salida del ala es mayor que el área superficial de la parte de borde de ataque de esta. Con referencia al ejemplo de la embarcación anteriormente mencionada, el área superficial mayor de la parte de borde de salida del ala en comparación con el área superficial menor de la parte de borde de ataque de esta permite que el ala se gobierne más fácilmente en el viento en una dirección de viento dominante.

El eje de rotación, en uso, puede ser perpendicular a la dirección de viento dominante, o estar inclinado hacia o desde

la dirección de viento dominante.

Típicamente, el ala tiene una forma de sección decreciente a lo largo de su envergadura alar entre las puntas de ala de manera que una línea de cuerda de la sección de perfil aerodinámico neutra medida entre el borde de ataque neutro y el borde de salida es más corta en una punta de ala y más larga en la punta de ala opuesta, produciendo la cuerda más larga de la sección de perfil aerodinámico una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura más pronunciada que ayuda al ala a gobernarse automáticamente alrededor del eje de rotación entre ángulos de ataque mayores. La forma de sección decreciente del ala puede ser variable por medio de un panel de extensión que es retráctil en y/o extensible desde o sobre el borde de salida del ala.

El funcionamiento del ala puede controlarse a través de uno o más sistemas de control, incluyendo el sistema de control:

una o más entradas para recibir entradas de uno o más anemómetros para medir la velocidad de un fluido y/o su dirección, una turbina accionada por fluido, giroscopios, acelerómetros, extensómetros, sensores de presión, sensores de posición y/o clinómetros.

una o más entradas para recibir entradas de usuario;

bases de datos, protocolos y/o programas en los que se pueden consultar las entradas de sensor y/o las entradas de usuario; y

una o más salidas para controlar el funcionamiento del ala basándose, en uso, en la consulta de las entradas de sensor y/o las entradas de usuario en las bases de datos, protocolos y/o programas.

Las entradas de usuario incluyen típicamente un control de encendido/apagado, un control de actuadores para deformar el ala entre la sección de perfil aerodinámico en reposo inicial y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, un control para mover el ala entre posiciones erguida y replegada y/o un interruptor de parada de emergencia.

Las salidas de control incluyen generalmente accionamientos de actuadores para deformar el ala, el accionamiento del ala entre la sección de perfil aerodinámico en reposo inicial y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura y uno o más sobreinterruptores de seguridad para poner el ala en una condición de seguridad.

Preferentemente, el ala comprende un protocolo para evitar la entrada en pérdida que incluye:

una base de datos que contiene al menos una pluralidad de velocidades de fluido dominantes y grados aceptables correspondientes de deformación de la sección de perfil aerodinámico que impedirán que la sección de perfil aerodinámico se deforme a un ala que ajustará automáticamente un ángulo de ataque que cause una entrada en pérdida;

un medio para medir las velocidades de fluido dominantes, siendo capaz el medio de medición, en uso, de generar un valor de entrada a partir de la velocidad de fluido dominante medida real;

un medio de entrada para introducir el valor de entrada en la base de datos y consultar la base de datos para emitir un valor de salida en forma del grado aceptable correspondiente de deformación; y

un medio de salida para emitir el valor de salida al actuador para deformar el ala en el grado aceptable de deformación.

Típicamente, el sistema para evitar la entrada en pérdida se basa en un microprocesador. El medio de medición puede adoptar muchas formas pero, en una realización preferente, el medio de medición es una turbina, capaz de generar también energía eléctrica para alimentar los actuadores, cargar baterías y/o alimentar otros dispositivos en el ala o en el objeto en el que puede montarse el ala. Preferentemente, la turbina se monta en o es solidaria con una de las placas de extremo del ala.

El ala puede rotar preferentemente alrededor de un soporte sobre el cual puede montarse el ala de manera rotatoria en el objeto. Sin embargo, para ciertas aplicaciones, el ala puede fijarse en un soporte sobre el que el ala puede montarse en el objeto.

El soporte puede asegurarse a y se extiende lateralmente desde un fuselaje de una aeronave, siendo el ala una o más alas, estabilizadores horizontales de cola, estabilizadores verticales, elevadores y/o timones. Como alternativa, el soporte se asegura a y se extiende desde un cubo o un mástil de rotor, siendo el ala una o más palas en una hélice, un rotor y/o una turbina accionada por o de accionamiento de fluido. En otra realización alternativa, el soporte está en un dispositivo generador de potencia, siendo las alas una o más palas de movimiento alternativo de palas rotatorias que son accionadas por la energía de un fluido.

5 El soporte puede asegurarse a un vehículo de tierra, siendo el ala: una o más alas para generar una fuerza de adrizamiento para resistir el alabeo; una o más alas para generar una fuerza hacia abajo para una tracción mejorada; y/o una o más velas rígidas para propulsar el vehículo de tierra, siendo el soporte para cada una de las velas rígidas un mástil que se extiende desde el vehículo de tierra.

10 Preferentemente, el soporte se asegura a una embarcación, siendo el ala: uno o más timones para virar la embarcación; una o más quillas para estabilizar la embarcación; uno o más perfiles hidrodinámicos para generar la sustentación de la embarcación; y/o una o más velas rígidas para propulsar la embarcación, siendo el soporte para cada una de las velas rígidas un mástil que se extiende desde la embarcación.

15 Para proporcionar un control de alabeo activo, la quilla es preferentemente una o más quillas activas que se extienden operativamente hacia fuera desde un casco de la embarcación, pudiendo deformarse las quillas para generar, en uso, una fuerza de adrizamiento que resiste el alabeo o la inclinación de la embarcación. Más particularmente, las quillas activas, en uso, generan una fuerza de sustentación que se opone sustancialmente a la fuerza de sustentación generada por la vela rígida. Generalmente, la deformación de las una o más quillas puede controlarse a través del sistema de control.

20 El mástil puede extenderse hacia fuera desde una de las puntas de ala del ala y puede alojarse dentro de una correspondiente formación de alojamiento de mástil en la embarcación o vehículo de tierra, o el mástil se extiende hacia fuera desde la embarcación o vehículo de tierra y puede alojarse dentro de una correspondiente formación de alojamiento de mástil definida en el ala en una de las puntas de ala. Preferentemente, el mástil es un mástil portador que comprende un amortiguador para reducir la oscilación de la vela rígida provocada, por ejemplo, por la acción de las olas.

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo generador de potencia que comprende una o más palas de movimiento alternativo o rotatorias cada una en forma de un ala tal y como se describe e ilustra en el presente documento.

30 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona una quilla en forma de un ala tal y como se describe e ilustra en el presente documento.

35 De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un perfil hidrodinámico en forma de un ala tal y como se describe e ilustra en el presente documento.

De acuerdo con un quinto aspecto de la invención, se proporciona un timón en forma de un ala tal y como se describe e ilustra en el presente documento.

40 De acuerdo con un sexto aspecto de la invención, se proporciona un elemento de propulsión en forma de un ala tal y como se describe e ilustra en el presente documento. Generalmente, el elemento de propulsión es una o más velas rígidas en una embarcación o vehículo de tierra. Se apreciará que el elemento de propulsión puede comprender una o más alas configuradas para conformar una hélice.

45 De acuerdo con un séptimo aspecto de la invención, se proporciona un elemento de generación de sustentación en forma de un ala tal y como se describe e ilustra en el presente documento. El elemento de generación de sustentación puede ser un ala de sustentación, un rotor, una hélice y/o un plano de cola de una aeronave.

50 De acuerdo con un octavo aspecto de la invención, se proporciona una aeronave, tripulada o controlada remotamente, que comprende un ala de sustentación, un rotor, una hélice y/o un plano de cola en forma de un ala tal y como se describe e ilustra en el presente documento.

55 Preferentemente, el ala de sustentación se monta de manera rotatoria en un fuselaje de la aeronave y puede rotarse con respecto al fuselaje alrededor de un eje de rotación que se extiende lateralmente hacia fuera desde el fuselaje y a través de las puntas de ala del ala de sustentación, permitiendo que el ala de sustentación deformada hacia la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura rote alrededor del eje de rotación para ajustar, en uso, un ángulo de ataque para proporcionar sustentación a la aeronave a la vez que se mantiene sustancialmente el fuselaje en una orientación nivelada a lo largo del despegue, el vuelo y el aterrizaje. Se apreciará que la aeronave también puede incluir un timón en forma de un ala tal y como se describe e ilustra en el presente documento.

60 De acuerdo con un noveno aspecto de la invención, se proporciona un vehículo, tripulado o controlado remotamente, que comprende un elemento de propulsión tal y como se describe e ilustra en el presente documento. El elemento de propulsión puede ser una vela rígida y/o palas en una hélice.

65 Cuando el elemento de propulsión es una vela rígida, la vela rígida puede incluir una vela de balón que es retráctil en y desplegable desde la vela rígida en el caso de que la dirección del flujo de fluido dominante vaya a favor del viento con respecto a la dirección de marcha del vehículo. Típicamente, la vela de balón puede desplegarse automáticamente

mediante un actuador de despliegue que puede dispararse mediante un sensor de dirección de fluido. Generalmente, la vela de balón es retráctil y puede desplegarse sobre una pista que discurre a lo largo del borde de salida de la vela rígida.

5 El vehículo puede comprender, además, una cabina encerrada por un parabrisas que puede moverse de manera deslizante longitudinalmente con respecto al vehículo entre una posición abierta, en la que la cabina está descubierta permitiendo a las personas entrar y salir de la cabina, y una posición cerrada, en la que la cabina está cubierta. Para aplicaciones específicas, la cabina encerrada en la posición cerrada es preferentemente impermeable.

10 Generalmente, el vehículo comprende un sensor, por ejemplo, un sensor de presión, situado al menos en o debajo de un asiento de la persona que pilota el vehículo con el fin de detectar la presencia del piloto por su peso y, en el caso de que el sensor de presión no detecte ninguna presencia del piloto, desacoplar los actuadores para que no deformen la vela rígida y permitir que la vela rígida regrese a la forma de sección de perfil aerodinámico neutra. Preferentemente, el sensor de presión está calibrado para permitir el funcionamiento del vehículo tras detectar una presión que surge del peso del piloto de una cantidad mínima predeterminada, impidiendo de ese modo, por ejemplo, que haya niños pilotando el vehículo.

Asimismo, el vehículo comprende un interruptor de parada de emergencia que puede accionar el piloto para detener el vehículo lo más deprisa y con la mayor seguridad posible.

20 El vehículo comprende controles simples que incluyen un control de dos sentidos y un control de orientación direccional. El control de dos sentidos acciona los actuadores para deformar la sección de perfil aerodinámico hacia un lado de la línea de curvatura neutra para proporcionar una propulsión hacia delante, o para deformar la sección de perfil aerodinámico hacia un lado opuesto de la línea de curvatura opuesta para proporcionar una propulsión inversa o un efecto de frenado. El control de orientación direccional acciona el timón para permitir dirigir el vehículo a la izquierda o a la derecha.

30 El control de dos sentidos puede invertirse típicamente de manera automática después de que el borde de salida de la vela rígida pase de manera rotatoria sobre una línea de quilla del vehículo. En el caso de que el borde de salida pase sobre la línea de quilla, la sección de perfil aerodinámico puede deformarse automáticamente al punto inverso exacto de la sección de perfil aerodinámico adoptado por la vela rígida inmediatamente antes de que el borde de salida pase sobre la línea de quilla, permitiendo, de ese modo, que el vehículo propulsado por el piloto en una dirección hacia delante siga propulsado en la dirección hacia delante con una sección de perfil aerodinámico invertida sin ninguna entrada o conocimiento del cambio en la sección de perfil aerodinámico por parte del piloto.

35 El control de dos sentidos incluye un medio de control primario en la vela rígida y un medio de control secundario en el vehículo que provoca el cambio de la polaridad de los actuadores a medida que la vela rígida cruza la línea de quilla. Para una banda específica de ángulo crítico de la vela rígida con respecto a la línea de quilla, la vela rígida puede accionarse hacia o por su propia desviación forzada hacia una sección de perfil aerodinámico simétrica para evitar que la resistencia aerodinámica en la vela rígida se vuelva sustancialmente igual o mayor que la sustentación generada de ese modo. Asimismo, la vela rígida puede accionarse hacia o por su propia desviación forzada hacia una sección de perfil aerodinámico simétrica para evitar que el momento de vuelco generado por la vela rígida se vuelva mayor que un valor de seguridad predeterminado.

45 El control de dos sentidos puede tener la forma de sensores magnéticos, sensores ópticos o un dispositivo de tipo de conmutador mecánico, como se describirá posteriormente.

50 Preferentemente, el control de dos sentidos incluye contactos primero y segundo configurados para montarse sobre pistas de contacto primera y segunda. Los contactos primero y segundo pueden situarse en la vela rígida o en el vehículo, situándose las pistas de contacto primera y segunda en el otro de la vela rígida o el vehículo. Generalmente, los contactos primero y segundo pueden configurarse con respecto a las pistas de contacto primera y segunda entre una primera configuración y una segunda configuración.

55 En la primera configuración, los contactos primero y segundo se montan sobre las pistas de contacto primera y segunda respectivamente para comunicar de ese modo a los actuadores una señal hacia delante o inversa desde el control de dos sentidos para deformar la sección de perfil aerodinámico a una forma que propulse el vehículo hacia delante o hacia atrás respectivamente y según lo que desee el piloto.

60 En la segunda configuración, los contactos primero y segundo se montan sobre las pistas de contacto primera y segunda respectivamente para comunicar de ese modo una señal inversa a los actuadores de manera que una señal hacia delante o inversa del control de dos sentidos deforme la sección de perfil aerodinámico a una sección de perfil aerodinámico que esté invertida exactamente con respecto a la sección de perfil aerodinámico conformada con los contactos y pistas de contacto en la primera configuración para continuar propulsando de ese modo el vehículo según lo que desee el piloto.

65 El vehículo puede ser un vehículo de tierra o una embarcación. Cuando el vehículo es una embarcación, esta puede comprender, además, una cualquiera o más de una quilla, un perfil hidrodinámico, un timón y/o una hélice en forma

de una o más alas tal y como se describe e ilustra en el presente documento.

Preferentemente, la embarcación comprende un casco central principal y un par de balancines cada uno flanqueando
5 lados opuestos del casco central principal, estando conectados los balancines al casco central principal mediante
elementos de conexión que se extienden lateralmente desde los lados opuestos del casco central principal. Los
balancines pueden fijarse al casco central principal mediante los elementos de conexión o conectarse a este de manera
separable mediante los elementos de conexión de manera que la embarcación pueda replegarse para su transporte
y/o almacenamiento. Asimismo, la vela rígida puede desprenderse de la embarcación, lo que la hace mucho más
compacta para su transporte y/o almacenamiento.

10 Cada uno de los balancines comprende uno o más talones de quilla que se extienden operativamente hacia abajo
desde estos y en ángulo hacia el casco central principal.

15 Generalmente, el casco central principal comprende un timón para el control de dirección de la embarcación. El timón
puede estar soportado de manera pivotante en el casco central principal operativamente por delante de su punto medio
para proporcionar una mejor estabilidad y control. Asimismo, el timón está protegido por un talón de quilla protector
posicionado operativamente delante del timón, protegiendo de ese modo el timón frente a daños por impacto y un
posible enmarañamiento con residuos o vida acuática.

20 Preferentemente, el casco principal, los balancines, los talones de quilla y el timón son de escaso calado para evitar
daños a arrecifes de coral y para permitir que la embarcación opere en aguas poco profundas. Más preferentemente,
la vela rígida comprende un medio de flotación para impedir que la embarcación se dé completamente la vuelta en el
caso de que vuelque. De manera más preferente, la embarcación es una embarcación de estilo trimarán para dos
personas dispuesta con un único asiento o en tándem.

25 **Breve descripción de los dibujos**

Estas y otras características y ventajas del presente dispositivo, sistema y método se apreciarán a medida que las
mismas se vayan entendiendo mejor con referencia a la memoria descriptiva, a las reivindicaciones y a los dibujos
adjuntos en los que:

- 30 **Figura 1** es una vista en perspectiva de un ala de conformidad con un aspecto de la presente invención en una aplicación como una vela rígida montada en una embarcación;
- Figura 2** es una vista en perspectiva de la vela rígida de la figura 1;
- Figura 3** es una vista superior en sección transversal de la vela rígida de la figura 2 tal y como se ve a lo largo de la línea A-A en una forma de sección de perfil aerodinámico en reposo inicial;
- Figura 4** es una vista superior en sección transversal de la vela rígida de la figura 3 en una forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura;
- Figura 5** es una vista superior en sección transversal de la vela rígida de la figura 3 en, y con respecto a la forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura de la vela rígida de la figura 4, una forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura;
- Figura 6** es una vista en perspectiva de la vela rígida, que muestra al menos algunos de los componentes internos de un ejemplo preferente de disposición de actuadores vista desde un extremo operativamente inferior;
- Figura 7** es una vista lateral de una realización alternativa de la vela rígida que incorpora una vela de balón retráctil y desplegable;
- Figura 8** es una vista superior de una realización alternativa de la vela rígida de la figura 7;
- Figura 9** es una vista superior ampliada del borde de salida de la vela rígida de la figura 8, que muestra una pista en el borde de salida de la vela rígida a lo largo de la cual se puede montar un amante de la vela de balón entre sus posiciones retraída y desplegada;
- Figura 10** es una vista lateral de la vela rígida y de la embarcación de la figura 1;
- Figura 11** es una vista frontal de la vela rígida y de la embarcación de la figura 1;
- Figura 12** es una vista superior en sección transversal de otra realización alternativa más de la vela rígida;
- Figura 13** es una vista esquemática de la vela rígida de la figura 2;

- Figura 14** es una vista esquemática de una placa de contacto de un medio de control de dos sentidos para invertir automáticamente la deformación de la vela rígida;
- Figuras 15-18** son vistas en sección transversal del ala, en forma de una vela rígida o de otra forma, que muestran ejemplos de actuador o variantes de la disposición de actuadores;
- Figura 19** es una vista en perspectiva de una vela rígida replegable de conformidad con un aspecto de la presente invención en una posición erguida;
- Figura 20** es una vista en perspectiva de una de una pluralidad de nervaduras que componen la vela rígida replegable de la figura 19;
- Figura 21** es una vista en perspectiva de la vela rígida replegable de la figura en una posición replegada;
- Figura 22** es una vista esquemática de un sistema de control para un ala, en forma de una vela rígida o de otra forma;
- Figuras 23-25** son vistas en sección transversal de un ala, en forma de una vela rígida o de otra forma, que muestran otro actuador alternativo o disposición de actuadores diferente, para permitir una deformación de la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura variable y una deformación del espesor del ala variable; y
- Figura 26** es una vista en sección transversal de un ala, en forma de una vela rígida o de otra forma, que muestra un actuador alternativo adicional más o una disposición de actuadores diferente, para permitir una deformación de la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura variable y una deformación del espesor del ala variable.

Descripción detallada de los dibujos

5 El ala de acuerdo con la presente divulgación, que incluye dispositivos, sistemas y métodos, puede aplicarse en muchas aplicaciones. Con el fin de proporcionar una descripción detallada de la invención, el ala se describirá con referencia a su aplicación como vela rígida, tal y como se aplica en una embarcación 200, estando designada en los dibujos adjuntos la vela rígida generalmente con el número de referencia 10.

10 Con referencia a la figura 1 y la figura 2, la vela rígida 10 está soportada entre una primera placa 12 de extremo y una segunda placa 14 de extremo, situadas típicamente en las puntas de ala operativamente superior e inferior de la vela rígida 10 respectivamente, que actúan para impedir el rebose de flujo de aire sobre las puntas de ala de la vela rígida 10, y/o hacia el interior de la vela rígida 10 hueca, de un lado de alta presión a uno de baja presión, impidiendo de ese modo, en la medida de lo posible, la creación de vórtices. Un hueco (no mostrado) está definido entre la vela rígida 10 y las placas 12, 14 de extremo típicamente cerradas por una junta de estanqueidad o empaquetadura que permite el movimiento entre la vela rígida 10 y las placas 12, 14 de extremo.

15 Un mástil 16 se extiende hacia abajo desde la segunda placa 14 de extremo sobre la que puede girar la vela rígida 10. Se apreciará que, en lugar de que el mástil 16 se extienda hacia abajo desde la segunda placa 14 de extremo, la segunda placa 14 de extremo puede definir una formación de alojamiento de mástil en la que puede alojarse de manera rotatoria un mástil que se extiende desde la embarcación 200.

20 En cualquiera de las diferentes realizaciones del mástil, la vela rígida 10 puede rotar libremente alrededor de un eje de rotación 18 permitiendo de ese modo que la vela rígida 10 ajuste automáticamente su propio ángulo de ataque con respecto a una dirección de viento dominante.

25 De este modo, se entiende que un aspecto de la presente vela rígida incluye un ángulo de ataque que se establece por sí mismo sin la ayuda externa de cables y/o cabos de orientación. En algunos ejemplos, pueden incorporarse cables y/o cabos de orientación para complementar la capacidad de autoajuste de la vela rígida, como se comentará adicionalmente a continuación.

30 Con referencia ahora también a la figura 13, la vela rígida 10, en una realización, está inclinada con respecto al eje de rotación 18 de manera que la distancia entre el eje de rotación 18 y el borde de ataque 20 en la punta de ala de la segunda placa 14 de extremo inferior de la vela rígida 10 es menor que la distancia entre el eje de rotación 18 y el borde de ataque 20 en la punta de ala de la primera placa 12 de extremo superior de esta.

35 Más particularmente, la vela rígida 10 está inclinada con respecto al eje de rotación 18 de manera que el eje de rotación 18 está más cerca del borde de ataque 20 en la punta de ala de la segunda placa 14 de extremo inferior de la vela rígida 10 y más cerca del borde de salida 22 en la punta de ala de la primera placa 12 de extremo superior de esta. En otro ejemplo, la vela rígida 10 está menos inclinada y un contrapeso (no mostrado) se usa para equilibrar la vela rígida con respecto al eje de rotación 18.

40 El efecto es dividir la vela rígida 10, por el eje de rotación 18, en una parte "A" de borde de ataque y una parte "B" de borde de salida. En la práctica, el poner un área superficial mayor de la vela rígida 10 operativamente por delante del

eje de rotación, en comparación con las disposiciones de la técnica anterior existentes, tiene el efecto de contrarrestar los altos grados de oscilación en la punta de vela de la primera placa 12 de extremo superior de la vela rígida 10 provocados por la guiñada y el alabeo de la embarcación 200 en el mar. Las oscilaciones no deseadas pueden contrarrestarse, además, mediante un amortiguador (no mostrado) que actúa sobre el mástil 16.

5 Se apreciará que las oscilaciones de la vela rígida 10, que surgen de la acción de guiñada y alabeo de la embarcación 200 en el mar, hace que la vela rígida 10 aletee alrededor del eje de rotación 18. Como contra a este efecto de aleteo, la parte "A" de borde de ataque y la parte "B" de borde de salida de la vela rígida 10 tienen sustancialmente el mismo peso para equilibrar de ese modo la vela rígida 10 alrededor del eje de rotación 18.

10 De hecho, es preferible que la parte "B" de borde de salida de la vela rígida 10 sea más pesada que la parte "A" de borde de ataque para impedir que la vela rígida 10, por la fuerza de gravedad que actúa sobre esta, rote alrededor del eje de rotación en el caso de que la embarcación 200 bascule durante el alabeo. Una ventaja adicional de tener una parte "B" de borde de salida más pesada es que actúa como una característica de autoadrizamiento reduciendo el riesgo de que vuelque la embarcación 200. Se apreciará que la compensación deseada de la vela rígida 10 alrededor del eje de rotación 18 puede obtenerse aplicando peso en el ala en ubicaciones específicas con respecto al eje de rotación 18 y/o mediante el posicionamiento estratégico de los actuadores, otros componentes pesados y/o pesos en la vela rígida 10.

15 20 El área superficial de la parte "B" de borde de salida de la vela rígida 10 es preferentemente mayor que el área superficial de la parte "A" de borde de ataque de esta, permitiendo que la vela rígida 10 se gobierne más fácilmente en el viento. Asimismo, es preferible que el eje de rotación 18 sea sustancialmente perpendicular a la embarcación 200.

25 30 La Figura 3 ilustra una sección transversal de la vela rígida 10 a lo largo de la línea A-A de la figura 1, sección transversal que es una sección 26 de perfil aerodinámico neutra de la vela rígida 10. Aunque se ha ilustrado que la sección 26 de perfil aerodinámico neutra es simétrica alrededor de una línea 28 de curvatura media neutra que se extiende a través del borde de ataque neutro 20 y el borde de salida 22 de la vela rígida 10, se apreciará que, para otras aplicaciones, tales como alas para aeronave, la sección 26 de perfil aerodinámico neutra puede ser asimétrica alrededor de la línea 28 de curvatura media neutra.

35 La vela rígida 10 incluye un primer segmento 30 de perfil aerodinámico y un segundo segmento 32 de perfil aerodinámico que se encuentran en el borde de ataque neutro 20 y el borde de salida 22 distanciados entre sí a lo largo de sus longitudes a través de la línea 28 de curvatura media neutra. A efectos de esta descripción, se entenderá que la referencia a la expresión "línea de curvatura media" es el lugar de los puntos a medio camino entre los segmentos de perfil aerodinámico primero 30 y segundo 32, que pueden ser variables cuando se deforma la vela rígida 10.

40 Cada uno de los segmentos de perfil aerodinámico primero 30 y segundo 32 puede estar conformado por uno o más elementos de perfil aerodinámico conectados o fijados entre sí extremo con extremo. Como alternativa, como es el caso de las realizaciones preferentes ilustradas en los dibujos adjuntos, los segmentos de perfil aerodinámico primero 30 y segundo 32 son integrales y están opuestos a elementos primero y segundo de una carcasa 34 de perfil aerodinámico alargado.

45 50 Con independencia de cómo se conforme la vela rígida 10, y/o los segmentos de perfil aerodinámico primero 30 y segundo 32, la sección 26 de perfil aerodinámico es preferentemente una sección de perfil aerodinámico de bucle cerrado continuo que impide que los extremos de los segmentos de perfil aerodinámico primero 30 y segundo 32 se deslicen entre sí. Previsiblemente, puede usarse una forma de borde de ataque (no mostrada) y una forma de borde de salida (no mostrada) y los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico unidos a las dos formas para formar la carcasa 34 de perfil aerodinámico.

55 La carcasa 34 de perfil aerodinámico es autoportante y semirrígida, siendo la superficie exterior de la misma un revestimiento 36 sobre el que puede fluir el aire, en uso, para crear las diferencias de presión o la sustentación requerida para propulsar la embarcación 200.

60 En otras aplicaciones y configuraciones de esta, el revestimiento 36 puede ser un elemento separado soportado sobre los segmentos de perfil aerodinámico primero 30 y segundo 32 conformando conjuntamente nervaduras de perfil aerodinámico distanciadas entre sí a lo largo de una envergadura alar de la vela rígida 10. Asimismo, el revestimiento 36 puede estar hecho de un material de tejido, permitiendo que la vela rígida 10 se repliegue moviendo las nervaduras de perfil aerodinámico la una contra otra o al menos la una hacia la otra.

65 Regresando ahora a la realización preferente de la invención, tal y como se ilustra en las figuras adjuntas, la carcasa 34 de perfil aerodinámico puede estar hecha a partir de un material laminar rígido, preferentemente, metal o acero (es decir, acero inoxidable), aluminio, madera, materiales compuestos, espuma y/o cualquier combinación de lo anteriormente mencionado. Con independencia del material, los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico que conforman la carcasa 34 de perfil aerodinámico deberían ser ligeros, resilientes para desviar la vela rígida 10 desde

cualquier forma de sección de perfil aerodinámico deformada hacia la sección 26 de perfil aerodinámico neutra, y tener una carga de pandeo crítica mayor que una carga de compresión generada en los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico por la actuación de un actuador sobre estos para deformar la vela rígida desde la sección 26 de perfil aerodinámico neutra.

5 A efectos de esta descripción, se entenderá que la carga de pandeo crítica es la carga máxima que un elemento puede aguantar antes de que se produzca un pandeo en este, como una función del módulo de Young y el momento de inercia del área de la sección transversal de tal elemento.

10 En uso, a medida que la vela rígida 10 es deformada por los actuadores, como se comentará adicionalmente más adelante, el desplazamiento entre dos puntos cualesquiera en al menos uno de los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico, tal como el lado que experimenta compresión, se reduce generando de ese modo la carga de compresión en tal segmento 30, 32 de perfil aerodinámico. La capacidad de tal segmento 30, 32 de perfil aerodinámico para resistir la carga de compresión, junto con la configuración de bucle cerrado de los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico y la incapacidad de sus extremos para deslizarse rebasándose entre sí, hace que tales segmentos 30, 15 32 de perfil aerodinámico adopten una forma con un punto de inflexión, haciendo de ese modo que el ala conforme una sección 26^l de perfil aerodinámico de doble curvatura, tal y como se ilustra en la figura 4 y la figura 5, que muestra la sección 26^l de perfil aerodinámico de doble curvatura deformada a cada lado de la línea 28 de curvatura media neutra respectivamente, y que tiene una curvatura 28^l media deformada sustancialmente sinusoidal.

20 La capacidad de la vela rígida 10 para deformarse a la sección 26^l de perfil aerodinámico de doble curvatura a cada lado de la línea 28 de curvatura media neutra proporciona una vela rígida 10 deformable y completamente reversible. La completa reversibilidad permite que la deformación de la vela rígida 10 hacia un lado de la línea 28 de curvatura media neutra actúe como propulsión hacia delante para la embarcación 200 y que la deformación hacia un lado 25 opuesto de la línea 28 de curvatura media neutra actúe como un freno y/o propulsión inversa, dotando a la embarcación 200 de un control significativamente aumentado en comparación con otra embarcación propulsada por el viento disponible actualmente.

30 Con referencia a las figuras 3 a 5, se apreciará que la capacidad de la vela rígida 10 para deformarse a la sección 26^l del perfil aerodinámico de doble curvatura es en gran medida el resultado de mantener el borde de salida 22 común a cada sección de perfil aerodinámico a lo largo del intervalo de deformación de estas, mientras se permite que el borde de ataque 20 se mueva o se desplace a lo largo de una porción 40 de morro de la sección 26 de perfil aerodinámico.

35 Haciendo referencia específicamente a la figura 4, a medida que la sección 26 de perfil aerodinámica de curvatura neutra se deforma a la sección 26^l del perfil aerodinámico de doble curvatura, es decir, al reducir dos puntos en el segundo segmento 32 de perfil aerodinámico, la porción 40 de morro se deforma a una porción 40^l de morro deformada con un borde de ataque 20^l deformado que descansa sobre una línea 28^l de doble curvatura media que se extiende entre el nuevo borde de ataque 20^l y el borde de salida 22. En la sección 26 de perfil aerodinámico de curvatura neutra, la longitud del primer segmento 30 de perfil aerodinámico medida entre el borde de ataque neutro 20 y el borde de 40 salida 22 es una primera longitud L_0 , mientras que, en la sección 26^l de perfil aerodinámico de doble curvatura, la longitud del primer segmento 30^l de perfil aerodinámico medida entre el borde de ataque 20^l deformado y el borde de salida 22 es una segunda longitud L_1 más larga.

45 Las características de la carga de pandeo crítica de los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico y su configuración en un bucle cerrado continuo para conformar la carcasa 34 de perfil aerodinámico significa que la sección de perfil aerodinámico en cualquier forma deformada mantendrá sustancialmente una longitud perimetral de sección de perfil aerodinámico constante. Como resultado, un aumento en la longitud del primer segmento 30 de perfil aerodinámico desde la primera longitud L_0 hasta la segunda longitud L_1 en una sección de perfil aerodinámico que tiene una longitud perimetral de sección de perfil aerodinámico sustancialmente constante debe dar como resultado un acortamiento en 50 longitud del segundo segmento 32 de perfil aerodinámico. El cambio de las longitudes individuales de los segmentos de perfil aerodinámico primero 30 y segundo 32 es resistido por el borde de salida 22, creando un efecto de empuje/tracción sobre este y haciendo que el borde de salida 22 y/o una porción 42, 42' de cola de la vela rígida 10, que es libre de moverse a través de la línea 28 de curvatura neutra, "golpee" la sección 26^l de perfil aerodinámico de doble curvatura.

55 En uso, en un viento que tiene una dirección dominante W, la cola 42' deformada (figura 4) de la sección 26^l de perfil aerodinámico de doble curvatura hace que la sección 26^l de perfil aerodinámico de doble curvatura pivote en la dirección P_1 alrededor del eje de rotación 18. El ángulo β^+ definido entre la dirección de viento dominante W y una cuerda 44 deformada que pasa a través del borde de ataque 20^l deformado y del borde de salida 22 representa el 60 ángulo de ataque de la vela rígida 10. Al poder rotar la vela rígida 10 libremente alrededor del eje de rotación 18, la vela rígida 10 es capaz de ajustar automáticamente su propio ángulo de ataque β^+ y generar una primera fuerza de sustentación T_1 dirigida en una primera dirección con respecto a la línea 28 de curvatura media neutra.

65 La Figura 5 ilustra la reversibilidad de la vela rígida 10. La deformación de la vela rígida 10 incrementando ahora la longitud L_1 de la segunda sección 32 de perfil aerodinámico en vez de la primera sección 30 de perfil aerodinámico hace que la vela rígida 10, de una manera sustancialmente igual a lo explicado con referencia a la figura 4, adopte la

sección 26' de perfil aerodinámico de doble curvatura, esta vez con la cola 42' deformada de la sección 26' de perfil aerodinámico de doble curvatura forzando la sección 26' de perfil aerodinámico de doble curvatura a pivotar en la dirección P₂ alrededor del eje de rotación 18 y ajustando automáticamente un ángulo de ataque β. Como resultado, la vela rígida 10 es capaz de generar una segunda fuerza de sustentación T₂ dirigida en una segunda dirección opuesta con respecto a la línea 28 de curvatura media neutra y a la primera fuerza de sustentación T₁.

Las fuerzas de sustentación opuestas primera T₁ y segunda T₂ permiten propulsar la embarcación 200 en una dirección, y frenarla y/o invertirla en una dirección opuesta, proporcionando mucho más control de la embarcación 200 en comparación con las embarcaciones homólogas existentes. Para promover la sustentación, el segmento 30, 32 de perfil aerodinámico de la vela rígida 10 opuesto al lado hacia el que se generan las fuerzas de sustentación T₁, T₂ se curva hacia dentro hacia la línea 28' de doble curvatura conformando una sección de perfil aerodinámico de sustentación de curvatura cóncavo-convexa. Aunque se ilustra que la curvatura cóncavo-convexa de vientre cóncavo se produce solo en el caso de que la vela rígida 10 se deforme a la sección 26' de perfil aerodinámico de doble curvatura, de hecho, puede ocurrir de otra forma distinta a la sección 26' de perfil aerodinámico de doble curvatura. Por ejemplo, en la aplicación de alas para aeronave, la sección de perfil aerodinámico podría definir una curvatura cóncavo-convexa en su forma neutra.

Para promover la sustentación adicionalmente, el espesor y/o las propiedades del material de determinadas porciones predefinidas de los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico (y/o de la carcasa 34 de perfil aerodinámico conformada a partir de estos) pueden variar con respecto a las porciones restantes de estos para promover un mayor o un menor grado de deformación en estas porciones predefinidas en comparación con las porciones restantes. Esto permite una deformación controlada o predefinida de la vela rígida 10. Preferentemente, al menos la porción 40, 40' de morro de la vela rígida 10 está hecha a partir de un material más delgado o menos rígido que las porciones restantes de la vela rígida 10 para promover un mayor grado de deformación en la porción 40, 40' de morro.

Se apreciará que la sección 26 de perfil aerodinámico neutra puede deformarse desde esta y hacia la sección 26' de perfil aerodinámico de doble curvatura tal y como se ha descrito anteriormente, es decir, variando el desplazamiento de puntos en la sección de perfil aerodinámico, de muchas formas diferentes y con muchas configuraciones de actuadores diferentes.

En un ejemplo, designando los números de referencia similares partes similares, la figura 15 ilustra la sección transversal de la sección 426 de perfil aerodinámico neutra que tiene actuadores en forma de cables 427 que discurren sobre poleas para desplazar puntos de actuación 429 entre sí para deformar la vela rígida desde la sección 426 de perfil aerodinámico neutra.

En un segundo ejemplo, la figura 16 ilustra la sección transversal de la sección 526 de perfil alar neutra que tiene actuadores en forma de largueros o un brazo 431 de palanca montados de manera rotatoria en un tubo 433 de mástil, junto con una o más riostras 435 de sustentación transversales que se extienden transversalmente a través de la línea 428 de curvatura neutra entre puntos de actuación 429A. El brazo 431 de palanca comprende formaciones para desplazar puntos de actuación 429B con respecto al punto de actuación 429A para deformar la vela rígida desde la sección 426 del perfil aerodinámico neutra.

En un tercer ejemplo, la figura 17 ilustra la sección transversal de la sección 626 de perfil aerodinámico neutra que tiene actuadores en forma de un larguero o mástil 637 con una o más placas deslizantes 639 que tienen primeros lados que pueden deslizarse con respecto a los lados exteriores del larguero o mástil 637 y segundos lados que tienen formaciones para desplazar los puntos de actuación 629 para deformar la vela rígida desde la sección 426 de perfil aerodinámico neutra.

En un cuarto ejemplo, la figura 18 ilustra la sección transversal de la sección 726 de perfil aerodinámico neutra que tiene actuadores en forma de un larguero o mástil dividido longitudinalmente en mitades divididas 737A, 737B de larguero o mástil, teniendo las mitades divididas primeros lados que pueden deslizarse entre sí en un plano sustancialmente coplanario con la línea de curvatura neutra y segundos lados que tienen formaciones para desplazar los puntos de actuación para deformar la vela rígida desde la sección 726 de perfil aerodinámico neutra.

En un ejemplo, la vela rígida 10 incluye un larguero principal 46, un larguero 48 de borde de ataque y un larguero 50 de borde de salida (figura 6). El larguero principal 46 puede apoyarse en, pero preferentemente está conectado a lo largo de lados opuestos a los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico y a través de la línea 28 de curvatura media neutra para situarse interiormente dentro de la carcasa 34 de perfil aerodinámico y en o cerca de una ubicación de máximo espesor de la sección 26 de perfil aerodinámico neutra.

El larguero 48 de borde de ataque también puede apoyarse en, pero preferentemente está conectado a lo largo de lados opuestos a los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico y a través de la línea 28 de curvatura media neutra para situarse interiormente dentro de la carcasa 34 de perfil aerodinámico y entre el borde de ataque 20 y el larguero principal 46.

El larguero 50 de borde de salida puede apoyarse adicionalmente en, pero preferiblemente está conectado a lo largo

ES 2 716 601 T3

de lados opuestos a los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico y a través de la línea 28 de curvatura media neutra para situarse interiormente dentro de la carcasa 34 de perfil aerodinámico y entre el borde de salida 22 y el larguero principal 46. Cada uno de los largueros 46, 48, 50 se extiende sustancialmente por la longitud de la envergadura alar de la vela rígida 10 y están conectados flexiblemente o de manera articulada con los segmentos 30, 32 de perfil aerodinámico.

Los largueros 48, 50 de borde de ataque y borde de salida están soportados de manera rotatoria en sus respectivos extremos sobre pasadores 52 que pueden alojarse dentro de aberturas de ubicación 54 correspondientes en las placas de extremo primera 12 y segunda 14. Como tal, los largueros 48, 50 de borde de ataque y borde de salida están restringidos, con respecto a las placas de extremo primera 12 y segunda 14, para no realizar un movimiento longitudinal y/o lateral, pero son libres de rotar alrededor de ejes centrales que pasan a través de cada larguero 48, 50 de borde de ataque y borde de salida respectivamente.

El larguero principal 46 está soportado por y dentro de la carcasa 34 de perfil aerodinámico de la vela rígida 10 de manera que el larguero principal se mantiene no fijado y flota eficazmente con respecto a las placas de extremo primera 12 y segunda 14. Hay un actuador 53 conectado a cada extremo del larguero principal 46. Cada actuador comprende un brazo 55 de actuador con un extremo libre 56 que puede alojarse dentro de una conformación de guía de actuación en forma de una ranura de guía 58 definida en cada una de las placas de extremo primera 12 y segunda 14.

En uso, el brazo 55 de actuador puede controlarlo el actuador 53 para pivotar a cada lado de la línea de curvatura neutra 28, haciendo que el extremo libre 56 del brazo 55 de actuador se apoye y se monte a lo largo de la ranura de guía 58 definida en cada una de las placas de extremo primera 12 y segunda 14. Con el actuador 53 conectado al larguero principal 46, la fuerza generada por el apoyo del extremo libre 56 el actuador en la ranura de guía 58 se traduce en un movimiento sustancialmente lateral del larguero principal 46 con respecto a las placas de extremo primera 12 y segunda 14. Se apreciará que el movimiento del larguero principal 46 también puede describirse como sustancialmente transversal a la línea 28 de curvatura neutra.

El movimiento transversal del larguero principal 46 con respecto a la línea 28 de curvatura neutra mueve la línea de contacto entre el larguero principal 46 y la carcasa 34 de perfil aerodinámico en una primera dirección sustancialmente transversal con respecto a la línea 28 de curvatura neutra. Los largueros 48, 50 de borde de ataque y de salida, que están sujetos mediante pernos a las placas de extremo primera 12 y segunda 14 y que solo pueden rotar con respecto a estas, resisten el movimiento transversal del larguero principal 46 en una segunda dirección transversal sustancialmente opuesta a la primera dirección transversal a lo largo de las líneas de contacto entre la carcasa 34 de perfil aerodinámico y los largueros 48, 50 de borde de ataque y de salida respectivamente.

Se apreciará que como resultado del movimiento de los largueros 46, 48, 50 entre sí, al menos los puntos/líneas de contacto entre los largueros 46, 48, 50 y la carcasa 34 de perfil aerodinámico pueden desplazarse entre sí para deformar de ese modo la sección 26 de perfil aerodinámico neutra a la sección 26^l del perfil aerodinámico de doble curvatura. Al desactivar el actuador 53, el extremo libre 56 del actuador regresa a una posición neutra central en la ranura de guía 58, permitiendo de ese modo que la vela rígida 10 regrese de manera resiliente a su sección 26 de perfil aerodinámico neutra.

En un ejemplo, el actuador o los actuadores, tales como uno de los largueros, reciben energía para desviar la carcasa 34 de perfil aerodinámico, que transforma la línea 28 de curvatura neutra en una línea 28^l de doble curvatura. La carcasa de perfil aerodinámico de doble curvatura, con la configuración de doble curvatura particular provocada por los uno o más largueros, rota automáticamente alrededor del eje de rotación 18 para ajustar su propio ángulo de ataque.

Además, se apreciará que la manera de deformar la vela rígida 10 descrita en detalle anteriormente en el presente documento simplemente requiere, como máximo, solo 8 componentes principales, en concreto: la carcasa 34 de perfil aerodinámico; los tres largueros 46, 48, 50; las dos placas 12, 14 de extremo; y los dos actuadores 53. Se prevé que el número de componentes principales pueda reducirse adicionalmente, eliminando al menos uno de los largueros y uno de los actuadores.

Las ubicaciones de los largueros 48, 50 de borde de ataque y de salida con respecto a los bordes 20, 22 de ataque y de salida de la vela rígida 10 pueden influir en la forma de la forma deformada de las secciones de perfil aerodinámico. Preferentemente, el larguero 48 de borde de ataque se sitúa significativamente más cerca del borde de ataque 20 que del larguero principal 46. La parte 50 de borde de salida también se sitúa preferentemente más cerca del borde de salida 22 que del larguero principal 46, pero no tan cerca como el larguero 48 de borde de ataque con el borde de ataque 20. De manera más preferente, el larguero 50 de borde de salida se sitúa en un tercio de la distancia desde el borde de salida 22 hacia el larguero principal 46 a lo largo de la línea 28 de curvatura neutra.

Con referencia ahora específicamente a la figura 2, la vela rígida 10 incluye un panel de extensión 60 de sección decreciente desde el extremo de la segunda placa 14 de extremo operativamente inferior de la vela rígida 10 hacia el extremo de la primera placa 12 de extremo operativamente superior de esta. En otras palabras, la longitud de cuerda

entre los bordes de ataque 20 y de salida 22 de la sección 26 de perfil aerodinámico neutra es menor en el extremo de la primera placa 12 de extremo operativamente superior de la vela rígida 10 en comparación con la longitud de cuerda en el extremo de la segunda placa 14 de extremo operativamente inferior de esta.

5 El panel 60 de extensión es un medio para otorgar a la vela rígida 10 una sección 26' de perfil aerodinámico de doble curvatura más pronunciada, ayudando de ese modo a que la vela rígida 10 se gobierne alrededor del eje de rotación 18 entre ángulos de ataque β más grandes. Asimismo, el panel de extensión 60 o bien se fija a, o bien puede extenderse de manera movable y/o puede retraerse con respecto a la vela rígida 10 de manera que el área superficial de la vela rígida 10 sea variable.

10 Los actuadores 53 y la medida en que son capaces de deformar la vela rígida 10 se controlan por alguna forma de sistemas de control, ilustrándose un esquema de un sistema de control de este tipo en la figura 22. El sistema de control puede incluir una pluralidad de entradas de sensor y de usuario, *software* y una pluralidad de salidas.

15 Las entradas de sensor se consiguen desde uno o más anemómetros (para medir la dirección y/o la velocidad de un fluido), una turbina accionada por fluido, giroscopios, acelerómetros, extensómetros, sensores de presión, sensores de posición y/o clinómetros.

20 Las entradas de usuario son entradas de regulador (es decir, control de la deformación de la vela rígida a través de los actuadores), entradas de extensión y/o retraimiento (es decir, en el caso de la vela rígida replegable), entradas de orientación (típicamente a través del control del timón) y/o entradas de interruptor de parada de emergencia.

25 El *software* es una o más bases de datos, protocolos y/o programas en los que se pueden consultar las entradas de sensor y de usuario, emitiendo entonces el sistema de control una salida correspondiente para controlar la vela rígida de la manera apropiada (es decir, accionando los actuadores para deformar la vela rígida a una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura particular).

30 Integrado en el sistema de control (o como una unidad individual), la vela rígida 10 puede controlarse además mediante un protocolo que evita la entrada en pérdida. Se prevé que el sistema para evitar la entrada en pérdida incluya una base de datos cargada con información obtenida a través de estudios concernientes a las velocidades de viento dominantes y grados aceptables correspondientes de deformación de la sección de perfil aerodinámico que impedirán que la sección de perfil aerodinámico se deforme a una sección de perfil aerodinámico que ajustará automáticamente un ángulo de ataque que cause una entrada en pérdida a esa velocidad de viento particular.

35 En uso, la velocidad de viento dominante es medida por un medio de medición, por ejemplo, en forma de una turbina eólica en miniatura, y se introduce en la base de datos. La base de datos se consulta entonces en cuanto al valor de velocidad de viento para identificar el grado aceptable correspondiente de deformación de la sección de perfil aerodinámico. El grado aceptable de deformación de la sección de perfil aerodinámico, en forma de alguna señal, se emite al actuador para la vela rígida 10 en no más del grado aceptable de deformación de la sección de perfil aerodinámico. La turbina eólica de medición de viento puede usarse también como un dispositivo de generación de potencia para alimentar sistemas eléctricos a bordo de la embarcación 200 y/o cargar baterías para un uso posterior.

45 Para navegar directamente a favor del viento, resulta útil que la vela rígida 10 incluya una vela de balón 62 desplegable (figura 7). La vela de balón 62 puede alojarse en una porción hueca del larguero principal 46 y desplegarse desde este mediante un amante 64 conectado por un extremo 64A a la vela de balón 62 y recogerse por un extremo opuesto 64B en una pista 66 que discurre a lo largo del borde de salida 22 de la vela rígida 10 (figura 9). El amante 64 puede moverse operativamente hacia arriba a lo largo de la pista 66 desde el extremo de la segunda placa 14 de extremo operativamente inferior de la vela rígida 10 hacia el extremo de la primera placa 12 de extremo operativamente superior de esta para tirar de la vela de balón desde su posición alojada dentro del larguero principal 46 hasta su posición completamente desplegada. Se apreciará que, cuando no se requiera, la vela de balón 62 puede hacerse regresar a la posición alojada dentro del larguero principal 46 invirtiendo la operación de despliegue.

50 Puede usarse un sistema de cables para tirar de la vela de balón 62 hasta las posiciones alojada y/o desplegada. Asimismo, se prevé que la vela de balón 62 pueda desplegarse automáticamente por un actuador de despliegue (no mostrado) que puede dispararse por un sensor de dirección del viento (no mostrado).

60 Con referencia ahora a la figura 1, a la figura 10 y a la figura 11, se muestra una embarcación 200 materializada en una embarcación de estilo trimarán para un único ocupante que tiene un casco principal 202 flanqueado en cada lado por balancines 204, 206. Los balancines 204, 206 están conectados al casco principal mediante elementos de conexión 204A, 206A, elementos de conexión 204A, 206A que pueden conectarse de manera liberable al casco principal 202 permitiendo replegar la embarcación 200 en una forma compacta para su almacenamiento y/o transporte. Para potenciar adicionalmente la compactibilidad de la embarcación, se apreciará que la vela rígida 10 también está montada de forma desprendible en la embarcación 200.

65 El casco principal 202 incluye un timón 208 para el control de dirección de la embarcación 200. El timón 208, para una estabilidad y un control mejorados, puede pivotar con respecto al casco principal 202 alrededor de un eje situado

operativamente por delante de su punto medio y puede protegerse frente a daños por impacto y un posible enmarañamiento con residuos o vida acuática mediante un talón de quilla protector 210. Unos talones 204B, 206B de quilla (figura 11) también se extienden operativamente hacia abajo desde cada uno de los balancines, en ángulo hacia el casco principal 202 para una estabilidad y control mejorados adicionalmente, y para permitir un viraje a alta velocidad. Se apreciará que la embarcación 200 y todos sus apéndices son de escaso calado, lo que permite que la embarcación 200 opere en aguas poco profundas, particularmente sobre arrecifes de coral que son susceptibles a daños.

Por motivos de seguridad, se han incorporado diversas características de seguridad en la embarcación 200. La primera es un medio de flotación (no mostrado) situado en la vela rígida 10 para impedir que la embarcación 200 se dé la vuelta completamente en el caso de volcar. La segunda es una cabina cubierta por un parabrisas 212, que proporciona la capacidad de impermeabilizar la cabina e impedir que un piloto se ahogue en el caso de que la embarcación 200 vuelque. En la práctica, al estar restringido en movimiento en la dirección vertical por la placa 14 de extremo voladiza, el parabrisas 212 puede deslizarse de manera operativa hacia delante y hacia atrás para otorgar al piloto un acceso a la cabina.

La tercera característica de seguridad es un sensor de presión (no mostrado) situado por debajo del asiento del piloto. Sin que el sensor de presión detecte el peso del piloto, o al menos un peso mínimo predeterminado, los actuadores 53 no pueden operarse para deformar la vela rígida 10. La cuarta característica de seguridad es la inclusión de un interruptor de parada de emergencia (no mostrado) que puede disparar el piloto en cualquier momento para desactivar inmediatamente los actuadores 53, permitiendo que la vela rígida 10 se invierta de manera resiliente a la sección 26 de perfil aerodinámico neutra y detenga la embarcación 200 de manera rápida y segura.

Es importante que el control de la embarcación 200 siga siendo lo más fácil posible, permitiendo de ese modo que personas sin o con poca experiencia en la navegación manejen la embarcación 200 con confianza. Como tal, se prevé que la embarcación 200 comprenda dos controles principales, en concreto un control de dos sentidos y un control de orientación direccional.

El control de dos sentidos controla el grado en que los actuadores 53 deforman la vela rígida 10 para generar una fuerza de sustentación para propulsar la embarcación 200 hacia delante. Como alternativa, el control de dos sentidos puede deformar la vela rígida 10 para generar una fuerza de sustentación en una dirección opuesta a la fuerza de sustentación generada para propulsar la embarcación 200 hacia delante, actuando de ese modo como un freno e invirtiendo finalmente la embarcación 200. El control de orientación direccional simplemente maneja el timón 208, lo que permite que el piloto dirija la embarcación 200 hacia la izquierda o hacia la derecha.

Durante la navegación, la vela rígida 10 puede rotar libremente alrededor del eje de rotación 18 con respecto a la embarcación 200. A medida que la embarcación 200 cambia de dirección durante la navegación, la vela rígida 10 puede balancearse libremente a través de una línea de quilla de la embarcación 200 de manera que el borde de salida 22 se mueva de un lado de la línea de quilla al otro. Se entenderá que la referencia a la expresión línea de quilla se refiere a la línea central longitudinal del casco principal 202 que va de proa a popa. La vela rígida 10 también puede rotar alrededor del eje de rotación cambiando los actuadores para aumentar o disminuir la desviación de la línea de curvatura a la vez que se mantiene la dirección de la embarcación.

Como resultado, la sección 26^l de perfil aerodinámico de doble curvatura que propulsaba anteriormente la embarcación 200 en una dirección hacia delante actuaría inmediatamente, sin incluir un medio para invertir automáticamente el control de dos sentidos, para frenar y/o invertir la embarcación 200 a medida que el borde de salida 22 se mueve de un lado de la línea de quilla al otro, incluso cuando el piloto mantiene el control de dos sentidos en la dirección hacia delante.

La inclusión en la embarcación 200 del medio (no mostrado) para invertir automáticamente el control de dos sentidos, en el caso de que el borde de salida 22 cruce la línea de quilla, deforma la vela rígida 10 a la sección 26^l del perfil aerodinámico de doble curvatura inversa exacta que propulsaba anteriormente la embarcación 200 en la dirección hacia delante, continuando de ese modo la propulsión de la embarcación 200 hacia delante sin ninguna entrada, o conocimiento del cambio en la sección del perfil aerodinámico, por parte del usuario.

El medio (no mostrado) para invertir automáticamente el control de dos sentidos puede conseguirse de muchas formas diferentes, por ejemplo, mediante sensores magnéticos, sensores ópticos o dispositivos de tipo de conmutador mecánico (como se describirá más adelante en el presente documento), que tienen generalmente la capacidad de conmutar la polaridad del control de dos sentidos.

En la realización de tipo de conmutador mecánico del control de dos sentidos, y con referencia ahora a la figura 14, se prevé que el control de dos sentidos incluya una placa de contacto 68 que tiene primeras pistas arqueadas positiva 70 y negativa 72 en un primer lado de una línea 74 de quilla representativa y segundas pistas arqueadas positiva 76 y negativa 78 en un segundo lado opuesto de la línea 74 de quilla representativa dispuestas concéntricamente alrededor de una pista terrestre circular 80. En el primer lado de una línea 74 de quilla representativa, la pista terrestre circular 80 está flanqueada directamente por la primera pista arqueada positiva 70, mientras que, en el segundo lado

de una línea 74 de quilla representativa, la pista terrestre circular 80 está flanqueada directamente por la segunda pista arqueada negativa 78.

5 De esta manera, contactos (no mostrados) configurados para montarse sobre las pistas 70, 72; 76, 78 en una trayectoria circular predeterminada alrededor del eje de rotación 18 pasan entre las pistas positivas y negativas 70, 72; 76, 78, lo que tiene el efecto de conmutar la polaridad de los actuadores 53, dando como resultado una inversión de la deformación aplicada a la vela rígida 10. Los contactos pueden situarse en la vela rígida 10 o en la embarcación 200, situándose la placa de contacto 68 en la otra de la vela rígida 10 o la embarcación 200. En la práctica, la posición óptima para los contactos y la placa de contacto 68 es alrededor del mástil 16.

10 De esta manera, un control hacia delante por parte del piloto continuará propulsando la embarcación 200 en una dirección hacia delante con independencia de la posición "P" de la vela rígida 10 alrededor del eje de rotación 18. Existe una banda de ángulos críticos θ de la vela rígida 10 con respecto a la línea 74 de quilla representativa donde la sección de perfil aerodinámico de la vela rígida 10 se acciona o se hace regresar de manera resiliente a la sección de perfil aerodinámico neutra simétrica para evitar que la resistencia aerodinámica en la vela rígida 10 se vuelva sustancialmente igual o mayor que la fuerza de sustentación generada por la vela rígida 10.

15 Los largueros 48, 50 de borde de ataque y de salida pueden soportarse mediante la carcasa 34 de perfil aerodinámico y flotar con respecto a las placas 12, 14 de extremo de manera que los largueros 48, 50 de borde de ataque y de salida puedan moverse transversalmente mediante los actuadores 53 a través de la línea 28 de curvatura neutra estando sujeto mediante pernos el larguero principal 46 de manera rotatoria a las placas 12, 14 de extremo.

20 Otro ejemplo es que la vela rígida 10 tenga una sección del perfil aerodinámico en reposo inicial que sea la sección hacia la que se desvía inherentemente la vela rígida 10 al eliminar las fuerzas de los actuadores. La sección de perfil aerodinámico en reposo inicial puede ser la sección de perfil aerodinámico neutra, la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura o cualquier sección de perfil aerodinámico progresiva entre estas.

25 Otro ejemplo más es usar cables o cilindros telescópicos conectados entre puntos clave en la carcasa 34 de perfil aerodinámico y/o las placas 12, 14 de extremo para desplazar los puntos clave entre sí con el fin de deformar la vela rígida 10. Con referencia a la figura 12, la carcasa 134 de perfil aerodinámico incluye porciones espesadas 300 que se extienden parcial o completamente por la longitud de la envergadura alar de la vela rígida 10 a la que pueden conectarse los mecanismos de deformación accionados. Las porciones espesadas permiten la deformación de longitudes largas de la carcasa 134 de perfil aerodinámico por medio de menos puntos de fijación de actuación.

30 Otro ejemplo es la realización de la vela rígida de tejido replegable y los diversos métodos diferentes en los que esta puede conseguirse. Solo uno de estos métodos aparece ilustrado en la figura 19, mostrándose la vela rígida 810 en la posición erguida, con fines ilustrativos, con el revestimiento de tejido retirado de la misma.

35 Con referencia ahora también a la figura 20, el armazón de ala está compuesto por una pluralidad de nervaduras 813, que, cuando se empujan hacia la posición erguida, se apoyan entre sí en los bordes de ataque 820 y de salida 822 para dotar a la vela rígida 810 de bordes de ataque y de salida sustancialmente rígidos, lo que permite que esta opere a altas velocidades. Preferentemente, cada nervadura comprende formaciones 815, 817 de apoyo de borde de ataque y de salida respectivas, cada una de las cuales se extiende hacia fuera en direcciones opuestas hacia las placas de extremo primera 812 y segunda 814.

40 La pluralidad de nervaduras 813 se asegura al elemento de revestimiento de tejido (no mostrado) a intervalos distanciados entre las placas de extremo primera 812 y segunda 814, anclándose los extremos opuestos del elemento de revestimiento en o cerca de las placas de extremo primera 812 y segunda 814. En la posición erguida, las placas de extremo primera 812 y segunda 814 se empujan alejándose la una de la otra por un mástil replegable 819 que se extiende hacia la posición erguida ilustrada en la figura 19.

45 Aunque el mástil replegable 819 aparece ilustrado como un mástil telescópico, se apreciará que este puede ser cualquier tipo de mástil replegable, incluido un mástil de sustentación tipo tijera o un mástil de pistón. Asimismo, la nervadura puede incluir una formación de refuerzo 821 para reforzar la nervadura, y/o para proporcionar una superficie en la que puede descansar una nervadura suprayacente con el ala en la posición replegada.

50 Para replegar la vela rígida a una posición replegada tal y como se ilustra en la figura 21, el mástil telescópico 819 se retrae para mover las placas de extremo primera 812 y segunda 814 la una hacia la otra, haciendo por consiguiente que las nervaduras 813 se muevan hacia fuera de la disposición apoyada entre sí y hacia una disposición de encaje una dentro de la otra para proporcionar una vela rígida 810 replegada muy compacta, que, preferentemente, puede extraerse de la embarcación y almacenarse en una cubierta protectora.

55 Otra modificación o variación posible de la invención es que la sección de perfil aerodinámico neutra ya sea una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura y que la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura a la que puede deformarse el ala 10 sea una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura más pronunciada.

60 Otro ejemplo de una posible modificación o variación de la invención es una configuración alternativa adicional de los

actuadores para permitir una sección del perfil aerodinámico de doble curvatura variable y la capacidad de aumentar o disminuir el espesor del ala 910, lo que resulta de particular relevancia para la industria aeronáutica.

5 La figura 23 ilustra una sección de perfil aerodinámico simétrica de un ala 910 que tiene un elemento accionado 931 que puede moverse de manera pivotante entre dos puntos de actuación 929, de manera que el desplazamiento angular de este en una dirección provoque una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura y una disminución en el espesor del ala 910 (figura 24), particularmente adecuada para un crucero a alta velocidad a una altitud elevada. El desplazamiento angular del elemento accionado 931 en una dirección opuesta (figura 25) provoca otra sección de perfil aerodinámico de doble curvatura y un aumento en el espesor del ala 910, particularmente adecuado para un crucero a baja velocidad a una altura baja, por ejemplo, cuando una aeronave se está aproximando para un aterrizaje.

10 Se apreciará que pueden emplearse muchas configuraciones de actuadores diferentes para obtener una doble curvatura variable, aumentando y disminuyendo la sección de perfil aerodinámico (figura 26). Por ejemplo, dos elementos accionados 931A, 931B pueden usarse para potenciar el control de la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura y el espesor de tal sección de perfil aerodinámico.

15 Se prevé que la capacidad para variar el espesor del ala no solo reducirá significativamente la guiñada perjudicial y la entrada en pérdida de la punta, las cuales se encuentran entre las causas fundamentales de las catástrofes causadas por el piloto, sino que eliminará la necesidad de un estabilizador de cola y un timón, y dará como resultado un ahorro de combustible enormemente mejorado y costes de fabricación aeronáuticos reducidos.

20 Otro ejemplo más de una posible modificación o variación de la invención es la aplicación del ala como una o más quillas activas que se extienden operativamente hacia fuera desde un casco de una embarcación, para dotar de ese modo a la embarcación de un control de alabeo activo, a la vez que se elimina la necesidad de engorrosas quillas pesadas. En uso, y por medio del control a través del sistema de control, las quillas activas pueden deformarse para generar una fuerza de adrizamiento opuesta que resista la inclinación de la embarcación (típicamente, una fuerza de sustentación sustancialmente opuesta a la fuerza de sustentación generada por la vela rígida). De esta manera, puede controlarse la inclinación a la que se desplaza la embarcación, eliminándose prácticamente la posibilidad de volcar.

25 Se apreciará que las quillas activas pueden adoptar muchas configuraciones, por ejemplo, una o más quillas configuradas para extenderse operativamente hacia abajo del casco: sustancialmente coplanarias con el mástil; sustancialmente de manera perpendicular al mástil; o en ángulo para definir un ángulo obtuso entre la quilla activa y el mástil.

REIVINDICACIONES

1. Un ala (10) que incluye:

5 un primer segmento (30) de perfil aerodinámico y un segundo segmento (32) de perfil aerodinámico que tienen extremos conectados o fijados entre sí en bordes (20, 22) de ataque y de salida neutros opuestos impidiendo de ese modo que los extremos de los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo se deslicen entre sí, en donde los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo están distanciados entre sí a lo largo de sus longitudes a través de una línea (28) de curvatura media neutra que se extiende entre los bordes de ataque y de salida neutros para formar una sección (26) de perfil aerodinámico neutra a través de una envergadura alar del ala, y en donde, además, el borde de salida puede moverse libremente a través de la línea de curvatura media neutra;

10 extremos opuestos primero (12) y segundo (14) distanciados entre sí a través de la envergadura alar del ala; uno o más actuadores (53) adaptados para deformar el ala entre la sección de perfil aerodinámico neutra y una sección (26) de perfil aerodinámico de doble curvatura, en donde la deformación del ala desde la sección de perfil aerodinámico neutra hasta la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura genera una carga de compresión en los segmentos de perfil aerodinámico;

15 siendo resilientes los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo, en donde la resiliencia inherente de tales segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo desvía el ala hacia una sección de perfil aerodinámico en reposo inicial;

20 en donde la carga de pandeo crítica de los segmentos de perfil aerodinámico es mayor que la carga de compresión generada en los segmentos de perfil aerodinámico durante la deformación de los segmentos de perfil aerodinámico por los uno o más actuadores, para impedir de ese modo el pandeo de los segmentos de perfil aerodinámico durante tal deformación; de manera que cuando el ala se deforme mediante los uno o más actuadores, el desplazamiento entre dos puntos en uno de los segmentos de perfil aerodinámico genere la carga de compresión en al menos tal segmento de perfil aerodinámico, y la capacidad de tal segmento de perfil aerodinámico para resistir la carga de compresión hace que tal segmento adopte la forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura que tiene una línea de doble curvatura con un punto de inflexión situado más cerca del borde de salida que del borde de ataque de este;

25 en donde el ala es asimétrica alrededor de una línea que se extiende a través de la sección de perfil aerodinámico neutra perpendicularmente a la línea de curvatura media neutra, pudiendo el ala:

30 (i) montarse en un objeto en al menos uno de los extremos primero y segundo del ala; y
 (ii) rotar libremente con respecto al objeto alrededor de un eje de rotación (18) que pasa a través de la envergadura alar del ala, dividiendo el eje de rotación el ala en:

35 a. una parte ("A") de borde de ataque definida entre el borde de ataque, el eje de rotación y los extremos primero y segundo opuestos del ala; y
 b. una parte ("B") de borde de salida definida entre el borde de salida, el eje de rotación y los extremos primero y segundo opuestos del ala;

40 c. en donde un área superficial de la parte de borde de salida es mayor que el área superficial de la parte de borde de ataque,

45 de manera que cuando el ala esté en la forma de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, en uso, el flujo de fluido que actúa sobre el borde de salida induce un momento en el ala que hace que el ala rote libremente alrededor del eje de rotación para ajustar automáticamente un ángulo de ataque con respecto a la dirección del flujo de fluido dominante.

50 2. Un ala de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la sección de perfil aerodinámico en reposo inicial es la sección que adopta el ala con todas las fuerzas del actuador eliminadas operativamente de esta, siendo la sección de perfil aerodinámico en reposo inicial la sección de perfil aerodinámico neutra, la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura o cualquier otra sección de perfil aerodinámico entre estas, y en donde, además, el ala puede deformarse entre la sección de perfil aerodinámico neutra y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura progresivamente, permitiendo de ese modo deformar el ala mediante los actuadores en una pluralidad de secciones de perfil aerodinámico diferentes gradualmente, teniendo algunas de las cuales una dimensión aumentada o disminuida de espesor máximo.

3. Un ala de acuerdo con la reivindicación 2, en donde los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo:

60 (i) son conjuntamente un único elemento de perfil aerodinámico integral que forma una nervadura (813) de bucle cerrado continuo;

(ii) están conformados cada uno respectivamente a partir de un único elemento de perfil aerodinámico que se extiende entre los bordes de ataque y de salida, conjuntamente para formar una nervadura de perfil aerodinámico de bucle cerrado continuo; o

65 (iii) están conformados cada uno respectivamente a partir de una pluralidad de elementos de perfil aerodinámico conectados o fijados extremo con extremo entre los bordes de ataque y de salida, conjuntamente para formar una

nervadura de perfil aerodinámico de bucle cerrado continuo.

4. Un ala de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el ala:

5 está formada a partir de una pluralidad de nervaduras distanciadas entre sí para definir un armazón (810) de ala alargado; e incluye un revestimiento (36) soportado en el armazón de ala, siendo el revestimiento un elemento de revestimiento de bucle cerrado continuo que tiene un borde de salida que coincide con el borde de salida del armazón de ala, revestimiento sobre el que puede fluir un fluido de manera operativa.

10 5. Un ala de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el elemento de revestimiento es semirrígido y resiliente para, de ese modo, desviar de manera resiliente, independiente de o conjuntamente con los segmentos de perfil aerodinámico, el ala hacia la sección en reposo inicial, y en donde, además, el elemento de revestimiento comprende, además, una carga de pandeo crítica similar a la de los segmentos de perfil aerodinámico.

15 6. Un ala de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el elemento de revestimiento es tejido y el armazón de ala puede configurarse entre una posición erguida, en donde la pluralidad de nervaduras están retenidas en una relación distanciada para tensar el elemento de revestimiento sobre el armazón de ala, y una posición replegada, en donde las nervaduras pueden moverse hacia, contra o sustancialmente para encajar entre sí para replegar el ala en un tamaño compacto para su transporte y/o almacenamiento.

20 7. Un ala de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el elemento de revestimiento comprende extremos opuestos primero y segundo y la pluralidad de nervaduras se aseguran al elemento de revestimiento a intervalos distanciados entre los extremos opuestos primero y segundo del elemento de revestimiento, pudiendo conectarse respectivamente los extremos opuestos primero y segundos del elemento de revestimiento, además, en o cerca de tales extremos, a extremos opuestos primero y segundo de un mástil replegable (819), pudiendo moverse el mástil replegable entre una posición extendida, en donde el elemento de revestimiento y, por consiguiente, las nervaduras aseguradas a este se empujan hacia la posición erguida, y una posición retraída, en donde el elemento de revestimiento y, por consiguiente, las nervaduras aseguradas a este, regresan a la posición replegada.

25 8. Un ala de acuerdo con la reivindicación 7, en donde cada una de las nervaduras está configurada de manera que, con el armazón de ala en la posición erguida, los respectivos bordes de ataque y bordes de salida de nervaduras adyacentes se apoyan entre sí para dotar al armazón de ala de bordes de ataque y de salida sustancialmente rígidos, lo que permite que el armazón de ala opere a altas velocidades, pudiendo apoyarse las nervaduras sobre formaciones de apoyo (815, 817) de borde de ataque y de salida correspondientes, extendiéndose cada una de las formaciones de apoyo hacia fuera en direcciones opuestas desde la nervadura, de manera que, en uso, las formaciones de apoyo se extienden hacia los extremos primero y/o segundos del armazón de ala erigido.

30 9. Un ala de acuerdo con la reivindicación 2, en donde los segmentos de perfil aerodinámico primero y segundo son elementos opuestos primero y segundo de una carcasa (34) de perfil aerodinámico semirrígida y autoportante alargada, y están distanciados entre sí a través de la línea de curvatura neutra, siendo cada uno de los elementos primero y segundo elementos de perfil aerodinámico únicos, una pluralidad de elementos de perfil aerodinámico conectados o fijados extremo con extremo o solidarios entre sí para conformar una sección de perfil aerodinámico de bucle cerrado continuo, y en donde, además, la superficie exterior de la carcasa es un revestimiento sobre el que puede hacerse fluir fluido en uso.

35 10. Un ala de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en donde a lo largo del intervalo de deformaciones del ala entre la sección de perfil aerodinámico neutra y las formas de sección de perfil aerodinámico de doble curvatura:

40 (i) el borde de salida permanece situado en la misma ubicación a lo largo del perímetro de las diversas formas de sección de perfil aerodinámico y, como tal, común a cada una de las formas de sección de perfil aerodinámico a lo largo del intervalo de deformación de estas, mientras que la ubicación del borde de ataque puede variarse a lo largo del perímetro de las diversas formas de sección de perfil aerodinámico a medida que se deforman de una a otra; y

45 (ii) el perímetro global de la sección de perfil aerodinámico sigue siendo sustancialmente constante mientras que las longitudes individuales de los segmentos primero y segundo, medidas entre el borde de salida común y la ubicación variable del borde de ataque, puede variar; pudiendo variar el borde de ataque alrededor de una porción de morro de la sección de perfil aerodinámico del ala;

50 de manera que, en uso en un flujo de fluido dominante, la deformación del ala hacia un primer lado de la línea de curvatura neutra genera una fuerza de sustentación en una dirección primaria, mientras que la deformación del ala hacia un segundo lado opuesto de la línea de curvatura neutra genera una fuerza de sustentación en una dirección secundaria que es sustancialmente opuesta a la dirección primaria, la reversibilidad del ala y las fuerzas de sustentación generadas actúan de ese modo como un medio de frenado y/o de inversión.

55 11. Un ala de acuerdo con la reivindicación 10, en donde los extremos primero y segundo del ala que no están conectados directamente al objeto forman las puntas de ala, puntas de ala que pueden conectarse a unas placas (12,

14) de extremo para, en uso: (i) reducir los efectos de los vórtices de punta de ala generados por el flujo de fluido que fluye sobre el revestimiento del ala; y/o (ii) permitir la deformación del ala a la vez que se sellan tales extremos del ala hueca, reduciendo de ese modo la resistencia aerodinámica.

5 12. Un ala de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la sección de perfil aerodinámico neutra es:

10 simétrica alrededor de la línea de curvatura neutra y puede deformarse a cada lado de esta hacia las secciones de perfil aerodinámico de doble curvatura, secciones que son secciones de perfil aerodinámico de sustentación, de manera que la sección de perfil aerodinámico neutra está entre medias de las dos secciones de perfil aerodinámico de doble curvatura completamente deformadas proporcionando de ese modo un ala de sección de perfil aerodinámico variable completamente reversible; o

15 una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura a la que puede deformarse el ala es una sección de perfil aerodinámico de doble curvatura más pronunciada, en donde las secciones de perfil aerodinámico neutra y de perfil aerodinámico de doble curvatura son secciones de perfil aerodinámico de sustentación, siendo la sección de perfil aerodinámico neutra asimétrica con respecto a la línea de curvatura neutra.

20 13. Un ala de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la sección de perfil aerodinámico neutra y/o la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura son secciones de perfil aerodinámico de curvatura cóncavo-convexa, cerrándose cada vez más una forma cóncava del segmento de perfil aerodinámico en la que se adopta la curvatura cóncavo-convexa a medida que la sección de perfil aerodinámico se deforma progresivamente desde la sección de perfil aerodinámico de curvatura neutra a la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, conformándose la forma cóncava dentro de o cerca de una zona de máximo espesor de la sección de perfil aerodinámico.

25 14. Un ala de acuerdo con la reivindicación 13, en donde los actuadores pueden apoyarse en y/o conectarse a puntos de actuación rígidos, flexibles y/o articulados en el ala, o en una estructura de anclaje distinta del ala, de manera que los puntos de actuación (429) y los actuadores, al menos parcial o totalmente, se sitúan dentro de un volumen del ala definido por el revestimiento y la envergadura alar del ala protegiendo de ese modo los puntos de actuación y las porciones de los actuadores alojadas dentro del volumen de ala de los elementos.

30 15. Un ala de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la sección de perfil aerodinámico puede deformarse de tal manera que el borde de ataque se deforme hacia un lado de la línea de curvatura neutra y el borde de salida se deforme hacia un lado opuesto de la línea de curvatura neutra para conformar la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, línea de doble curvatura que es de forma sinusoidal.

35 16. Un ala de acuerdo con la reivindicación 15, en donde el borde de ataque del ala está inclinado con respecto al eje de rotación de manera que el eje de rotación divide la envergadura alar del ala en una parte de borde de ataque, definida entre el borde de ataque y el eje de rotación, y una parte de borde de salida, definida entre el borde de salida y el eje de rotación, en donde la parte de borde de salida es más pesada que la parte de borde de ataque para actuar de ese modo como una característica de autoadrizamiento en determinadas aplicaciones del ala.

40 17. Un ala de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el funcionamiento del ala puede controlarse a través de uno o más sistemas de control, incluyendo el sistema de control:

45 una o más entradas para recibir entradas de uno o más anemómetros para medir la velocidad de un fluido y/o su dirección, una turbina accionada por fluido, giroscopios, acelerómetros, extensómetros, sensores de presión, sensores de posición, clinómetros y/o una o más entradas de usuario, siendo las entradas de usuario al menos un control de actuadores para deformar el ala entre la sección de perfil aerodinámico en reposo inicial y la sección de perfil aerodinámico de doble curvatura, siendo el control de actuadores un regulador en forma de un control de dos sentidos para accionar los actuadores para deformar la sección de perfil aerodinámico hacia un lado de la línea de curvatura neutra para proporcionar una propulsión hacia delante, o para deformar la sección de perfil aerodinámico hacia un lado opuesto de la línea de curvatura neutra para proporcionar una propulsión inversa o un efecto de frenado; bases de datos, protocolos y/o programas en los que se pueden consultar las entradas de sensor y/o las entradas de usuario; y

50 una o más salidas para controlar el funcionamiento del ala basándose, en uso, en la consulta de las entradas de sensor y/o las entradas de usuario en las bases de datos, protocolos y/o programas.

55 18. Un ala de acuerdo con la reivindicación 2 que incluye un soporte para montar el ala en el objeto, soporte sobre el que el ala puede: (i) montarse de manera rotatoria en el objeto; o (ii) fijarse al objeto.

60 19. Una aeronave que incluye al menos un ala de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las una o más alas son las alas que producen la sustentación principal, estabilizadores horizontales de cola, estabilizadores verticales, elevadores, palas de hélice y/o timones.

65 20. Un vehículo de tierra o embarcación (200) que incluye al menos un ala de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la una o más alas son alas antibasculamiento continuo para generar una fuerza de adrizamiento para resistirse

a darse la vuelta, alas de fuerza descendente para generar una fuerza descendente para una tracción aumentada, velas rígidas de propulsión para propulsar el vehículo, timones para orientar el vehículo, quillas para estabilizar el vehículo, palas propulsoras y/o perfiles hidrodinámicos para generar la sustentación del vehículo.

- 5 21. Un dispositivo accionado por fluido o de accionamiento de fluido que incluye al menos un ala de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las una o más alas son palas: (i) en un cubo rotatorio, rotor o hélice; y/o (ii) en una estructura de movimiento alternativo.

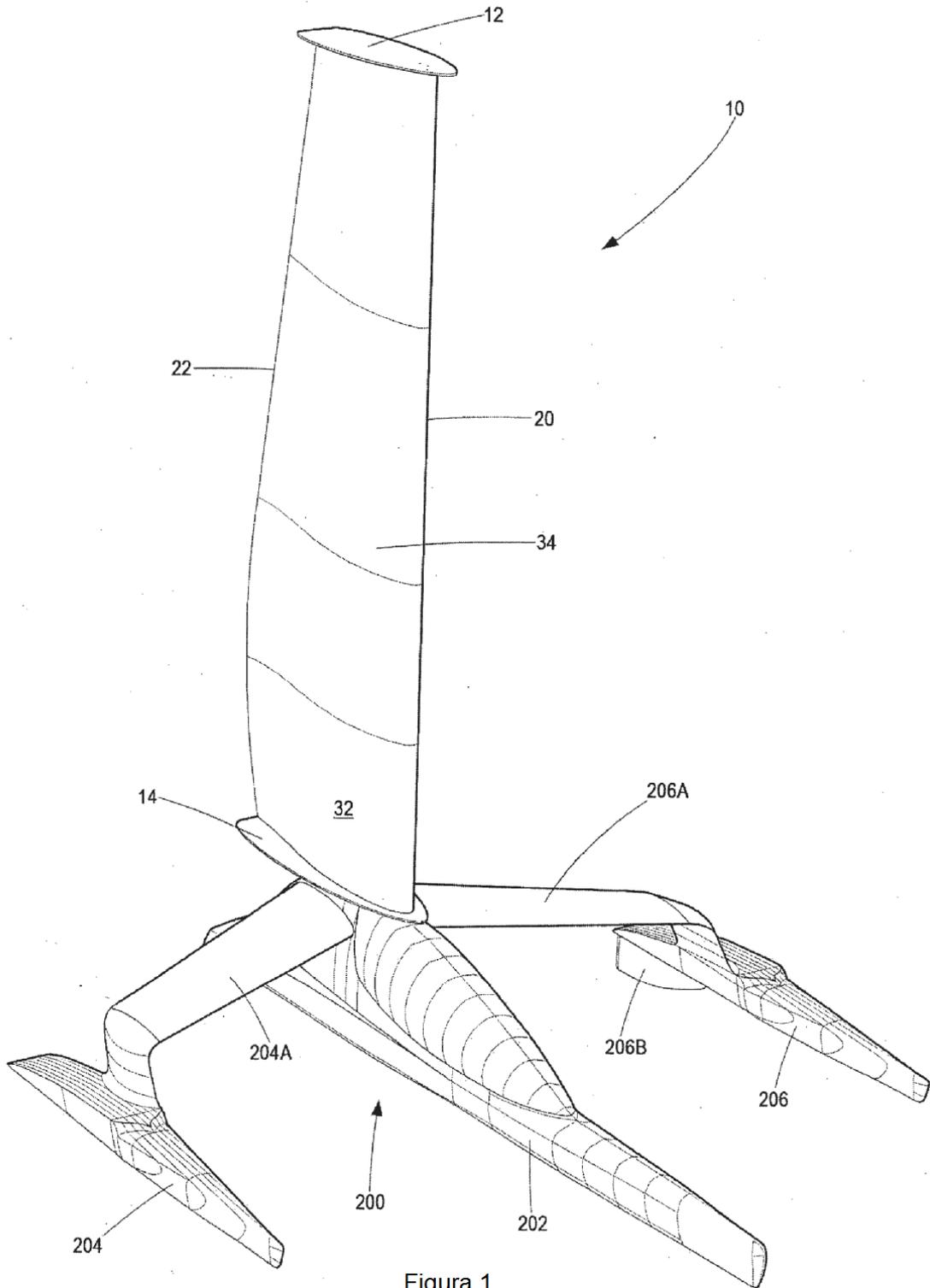


Figura 1

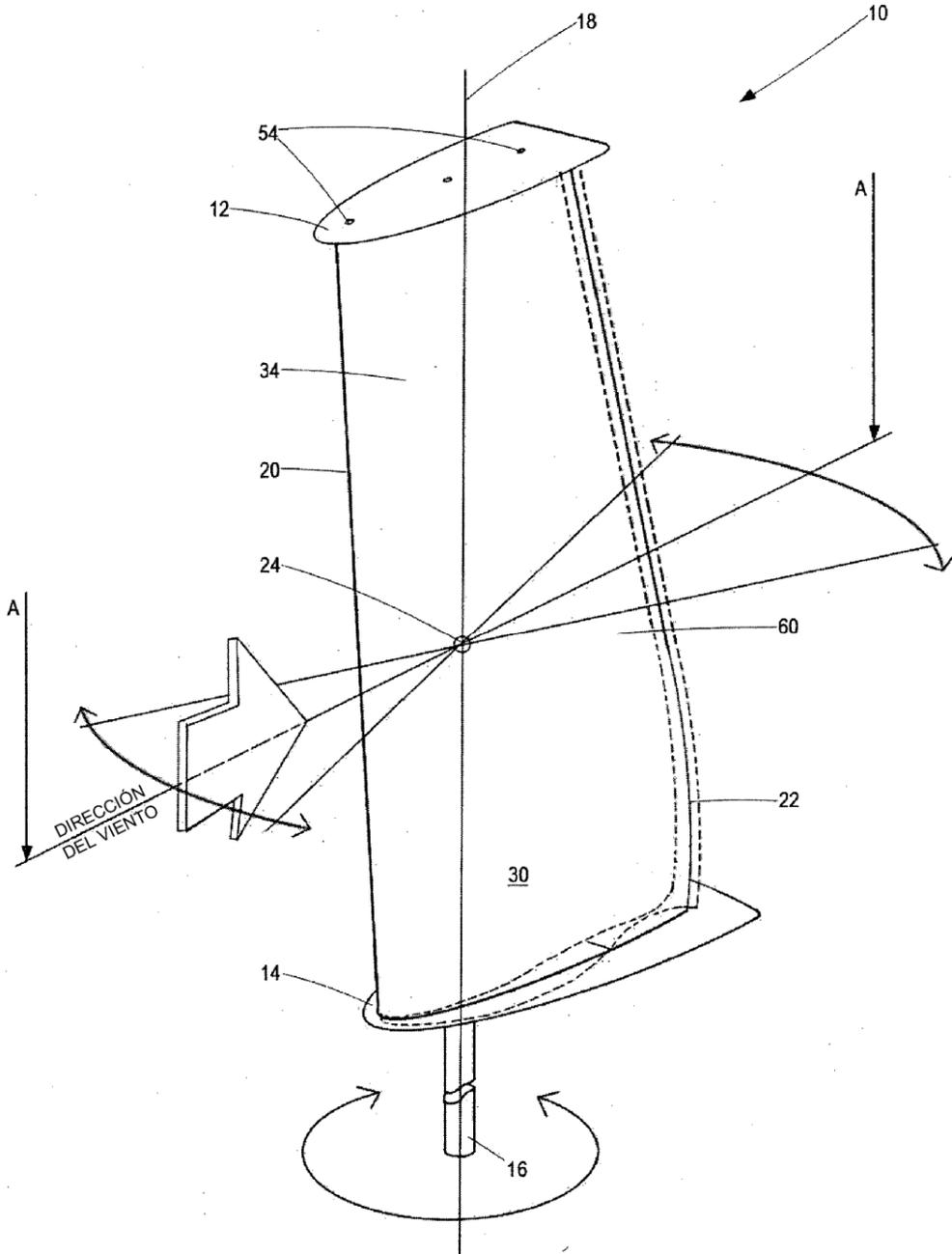


Figura 2

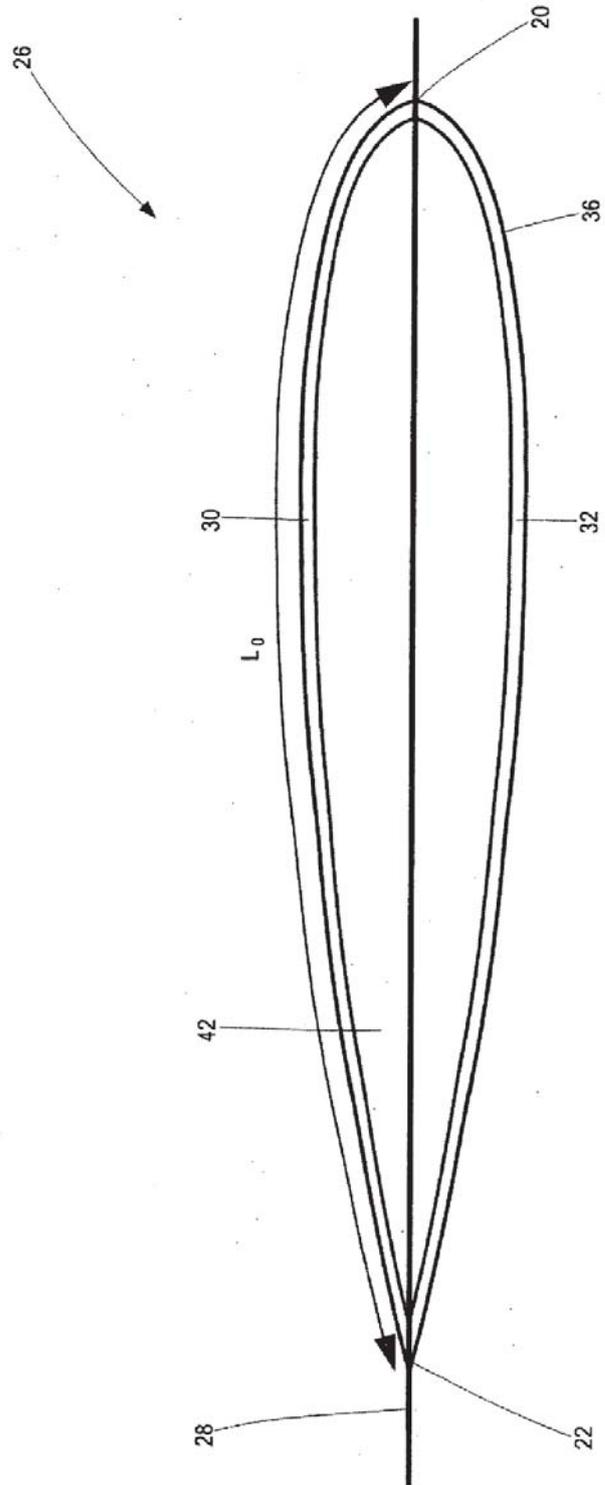


Figura 3

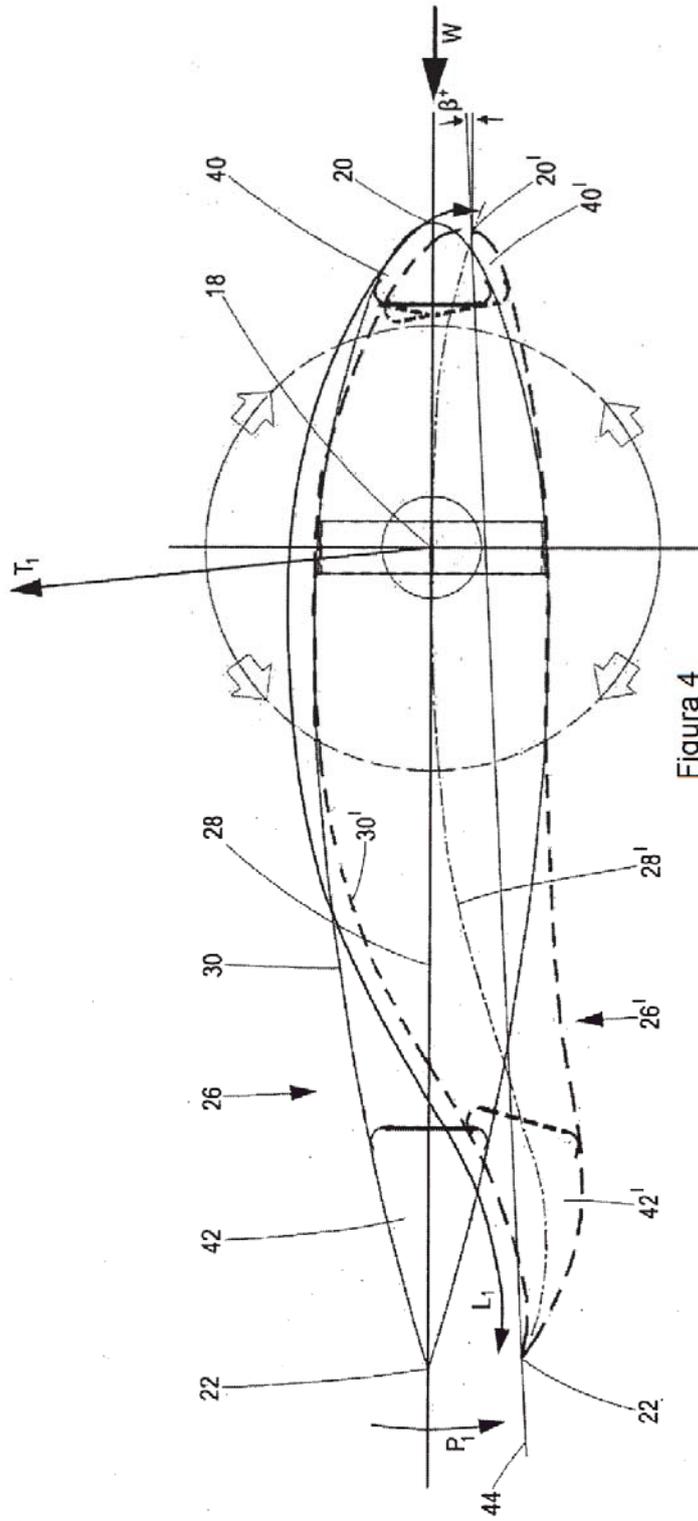


Figura 4

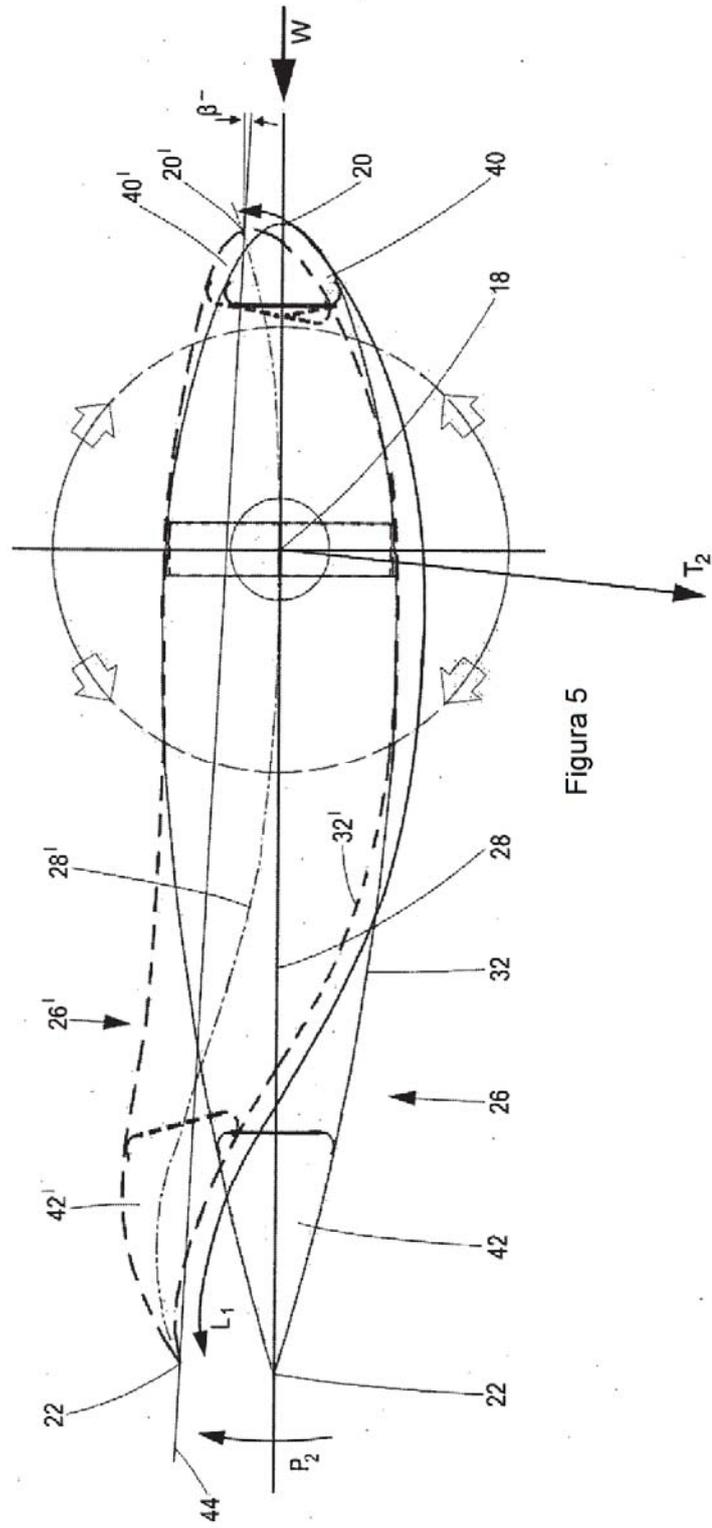


Figure 5

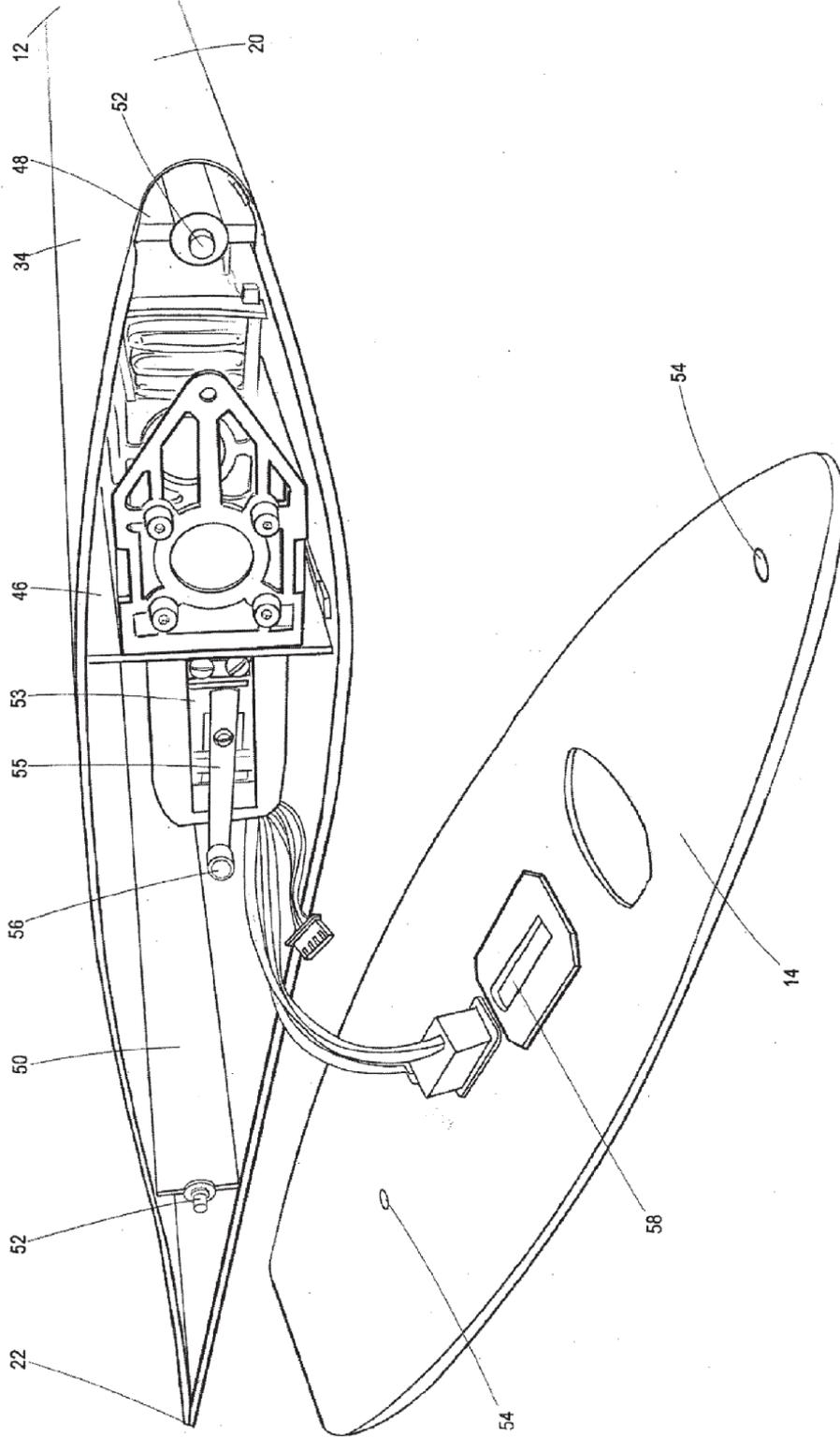


Figura 6

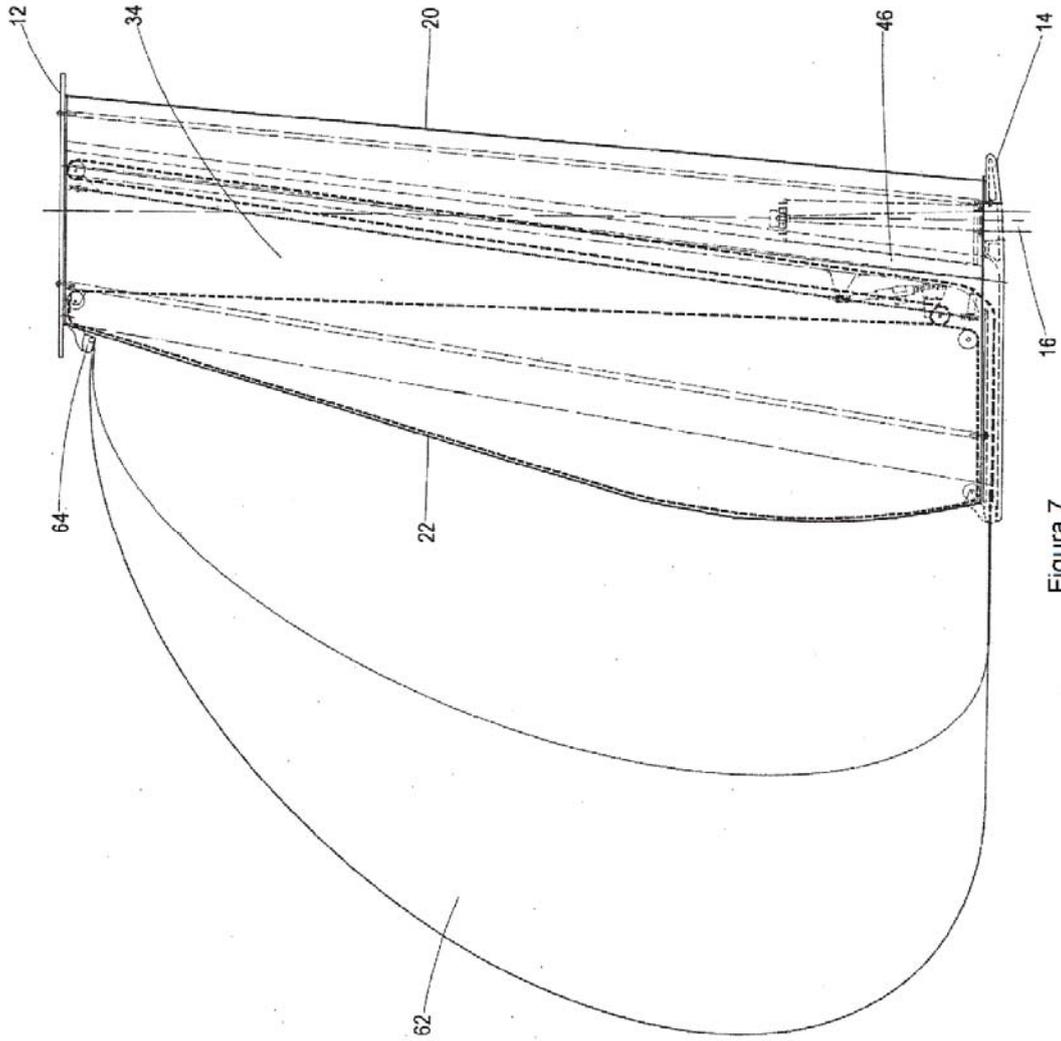


Figura 7

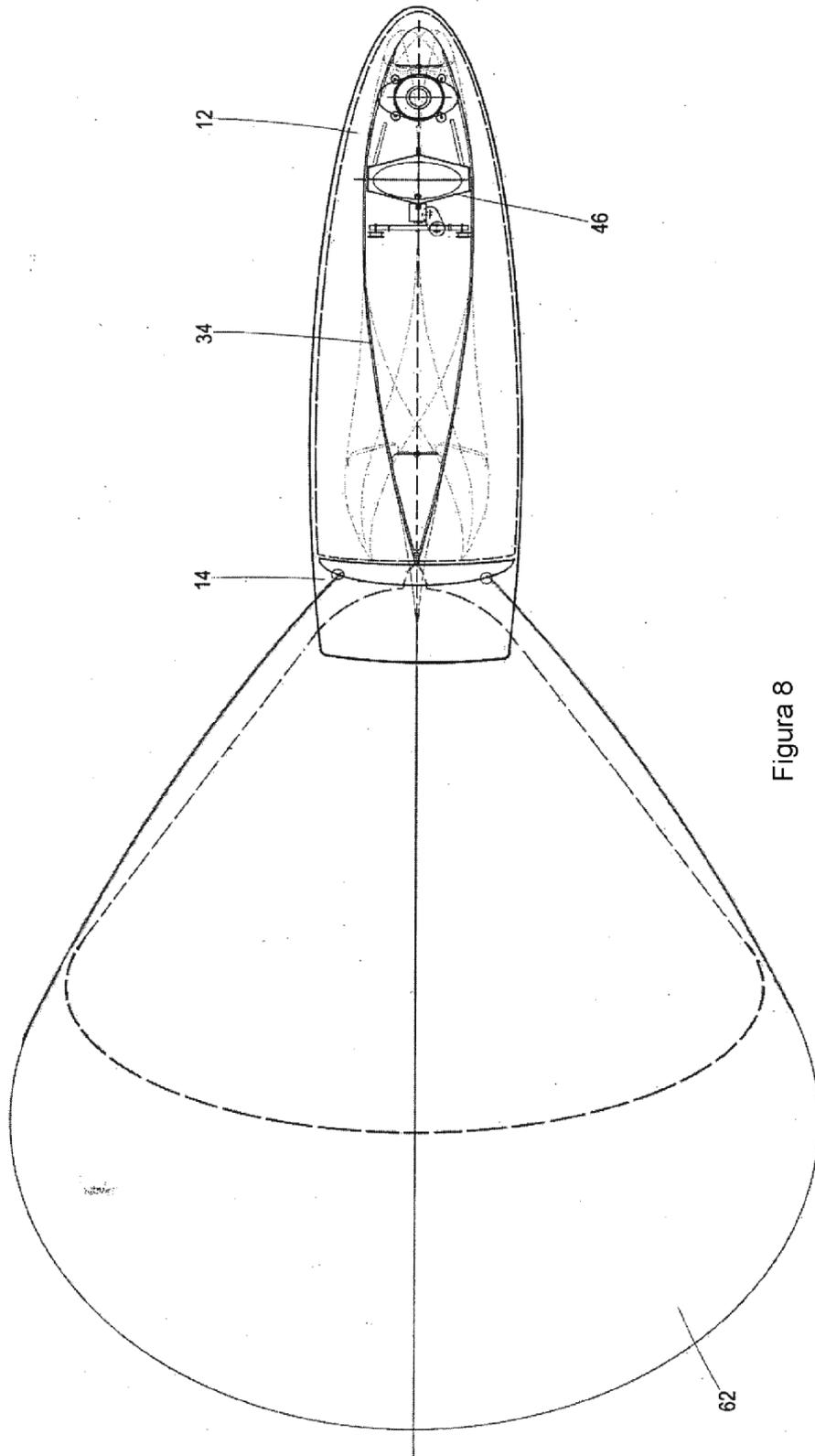


Figura 8

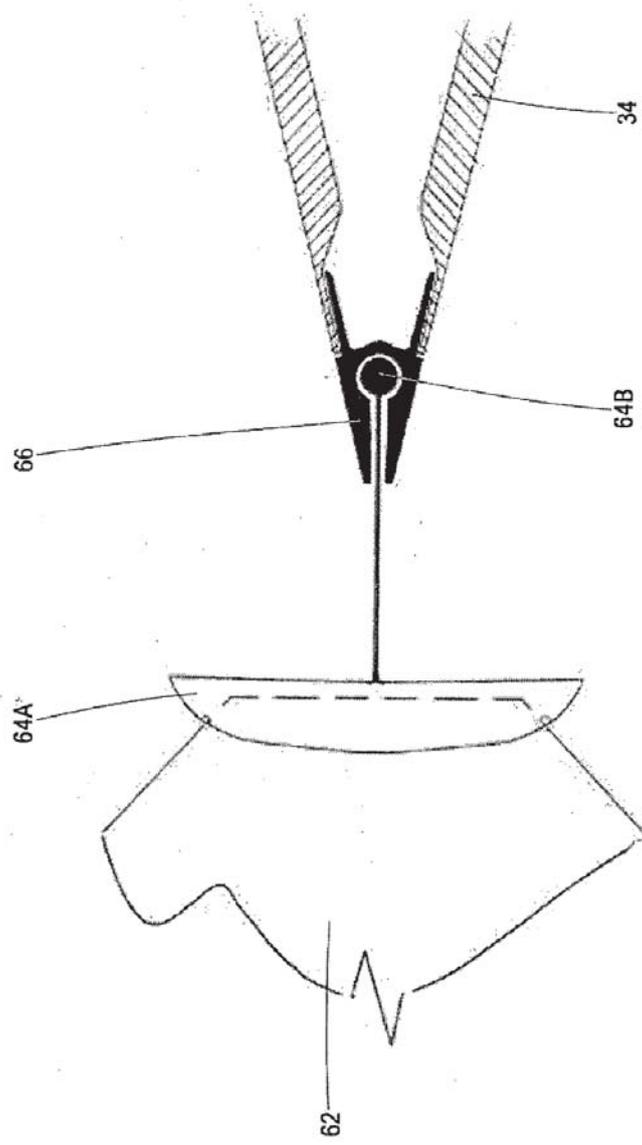


Figura 9

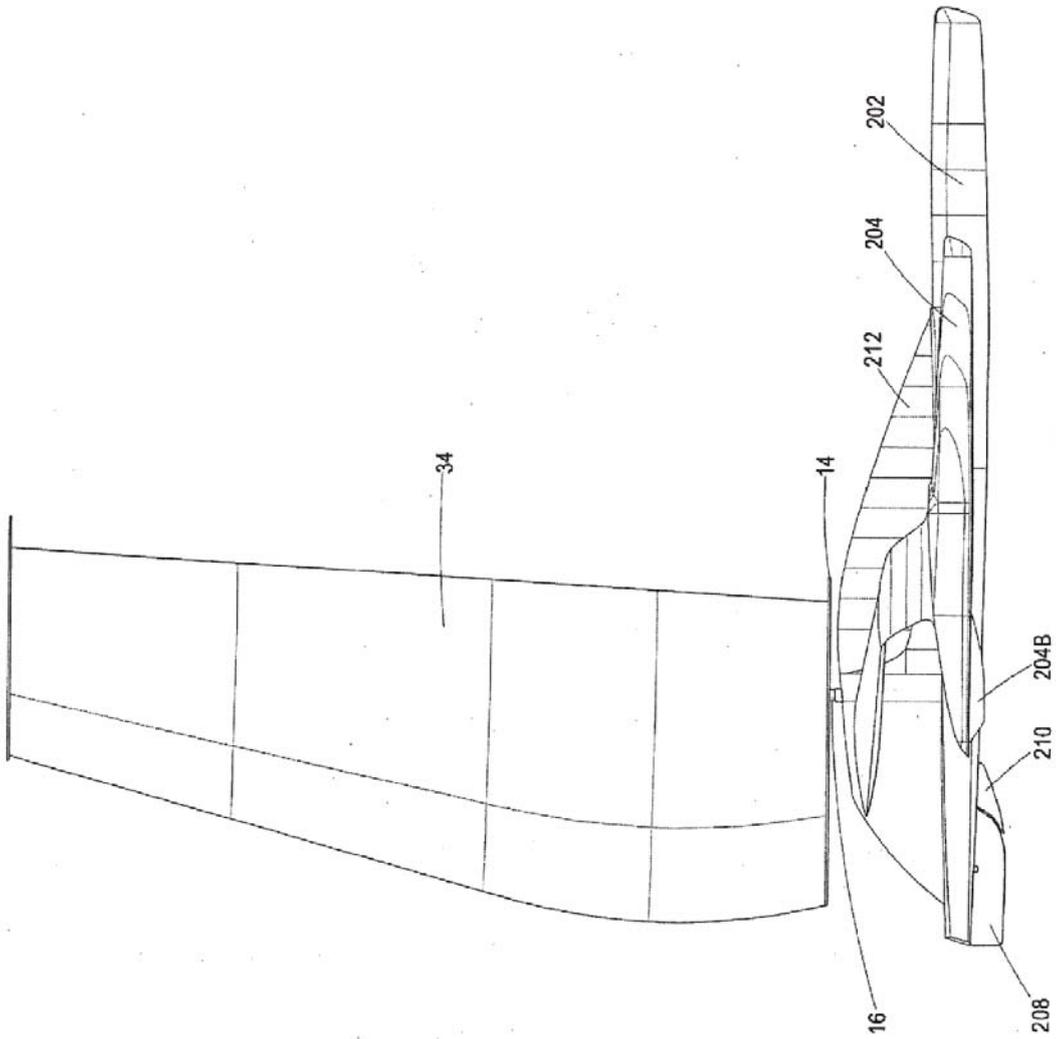


Figura 10

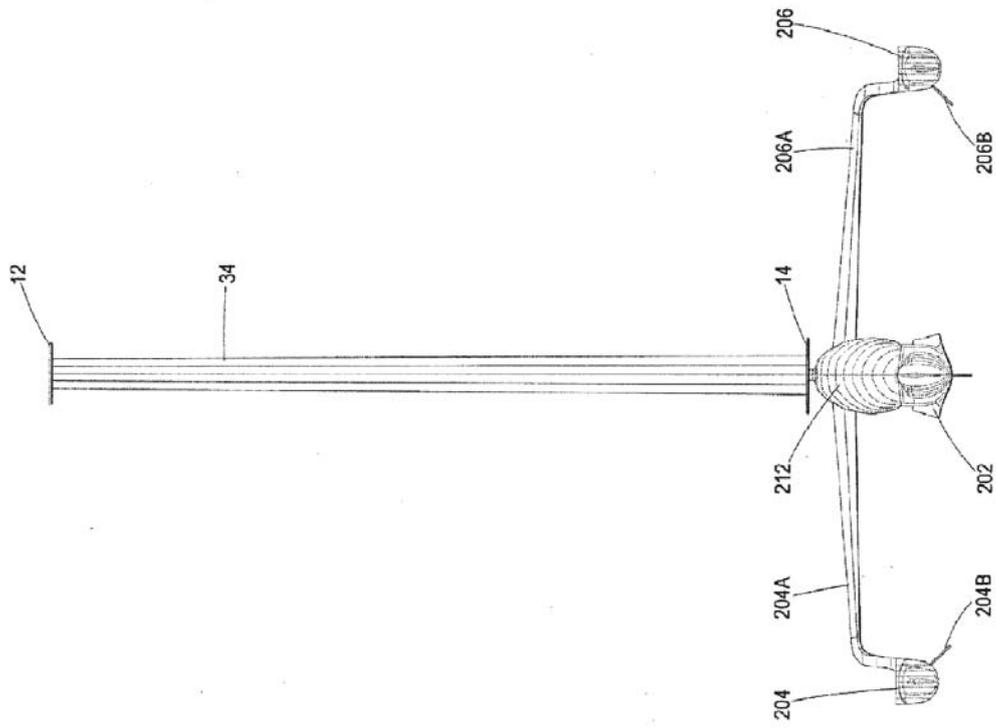


Figure 11

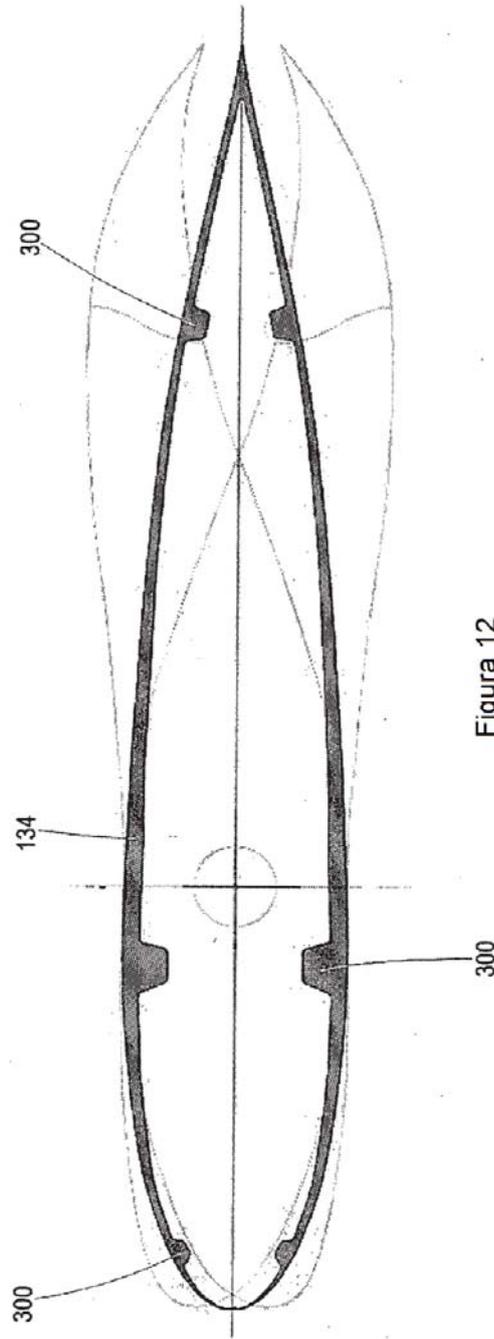


Figure 12

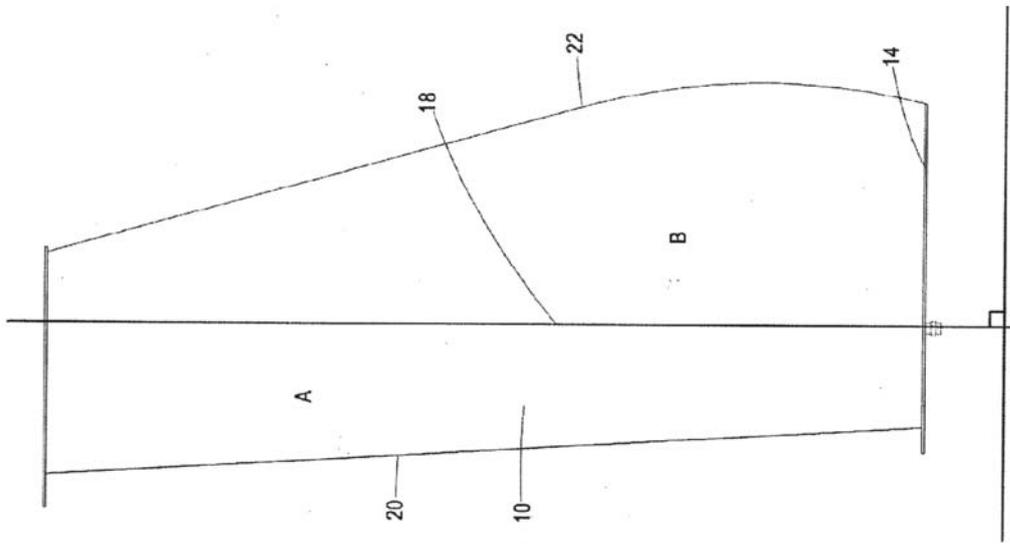


Figure 13

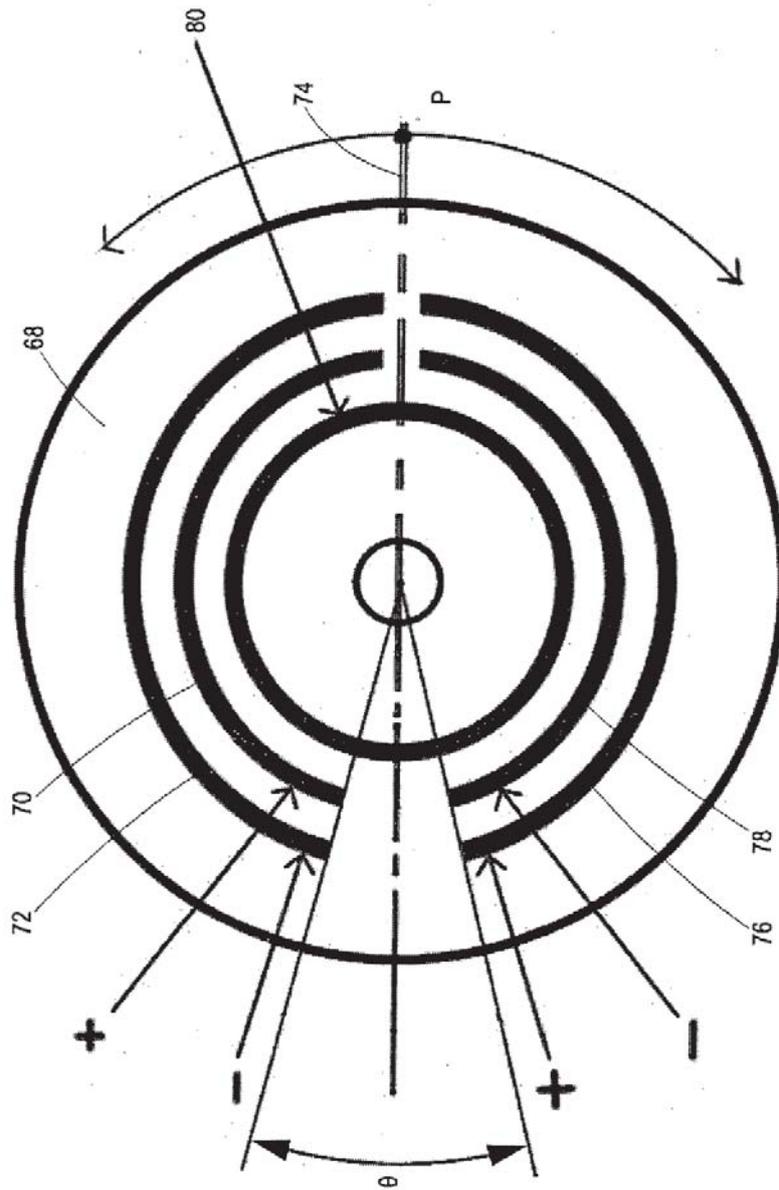
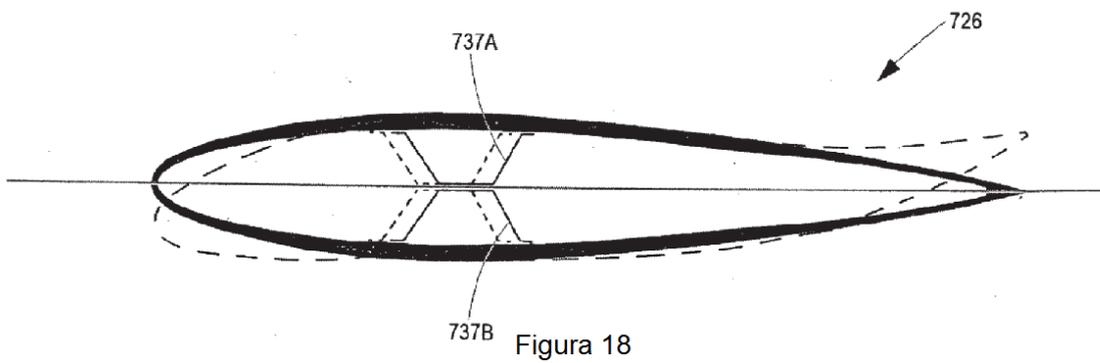
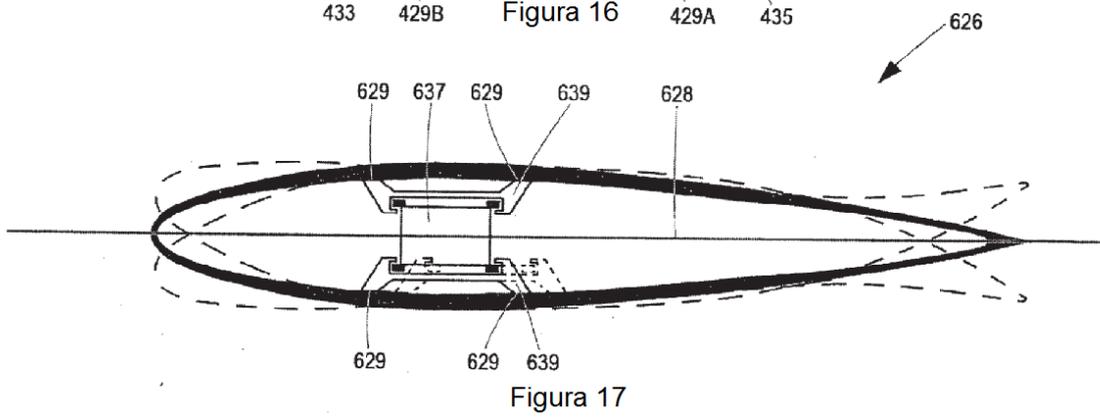
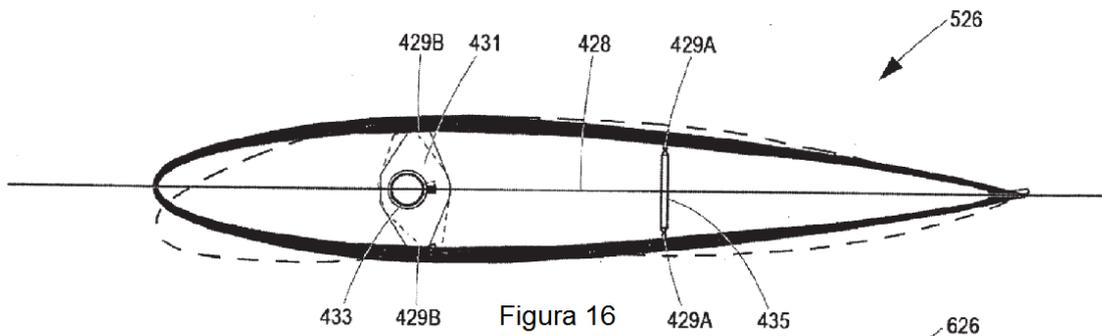
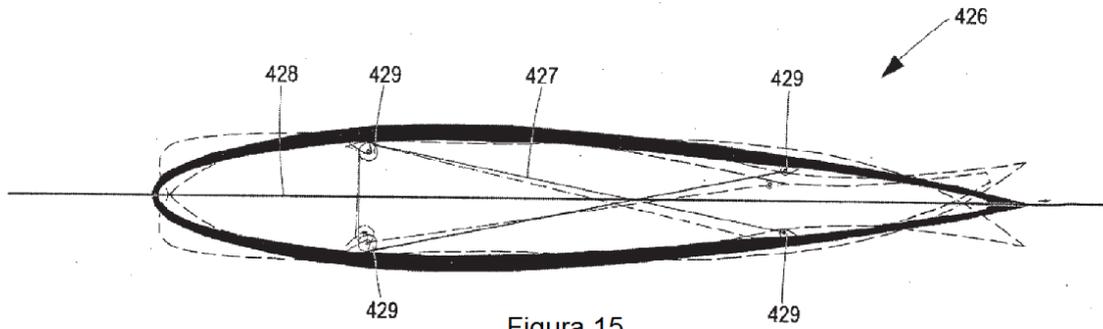


Figura 14



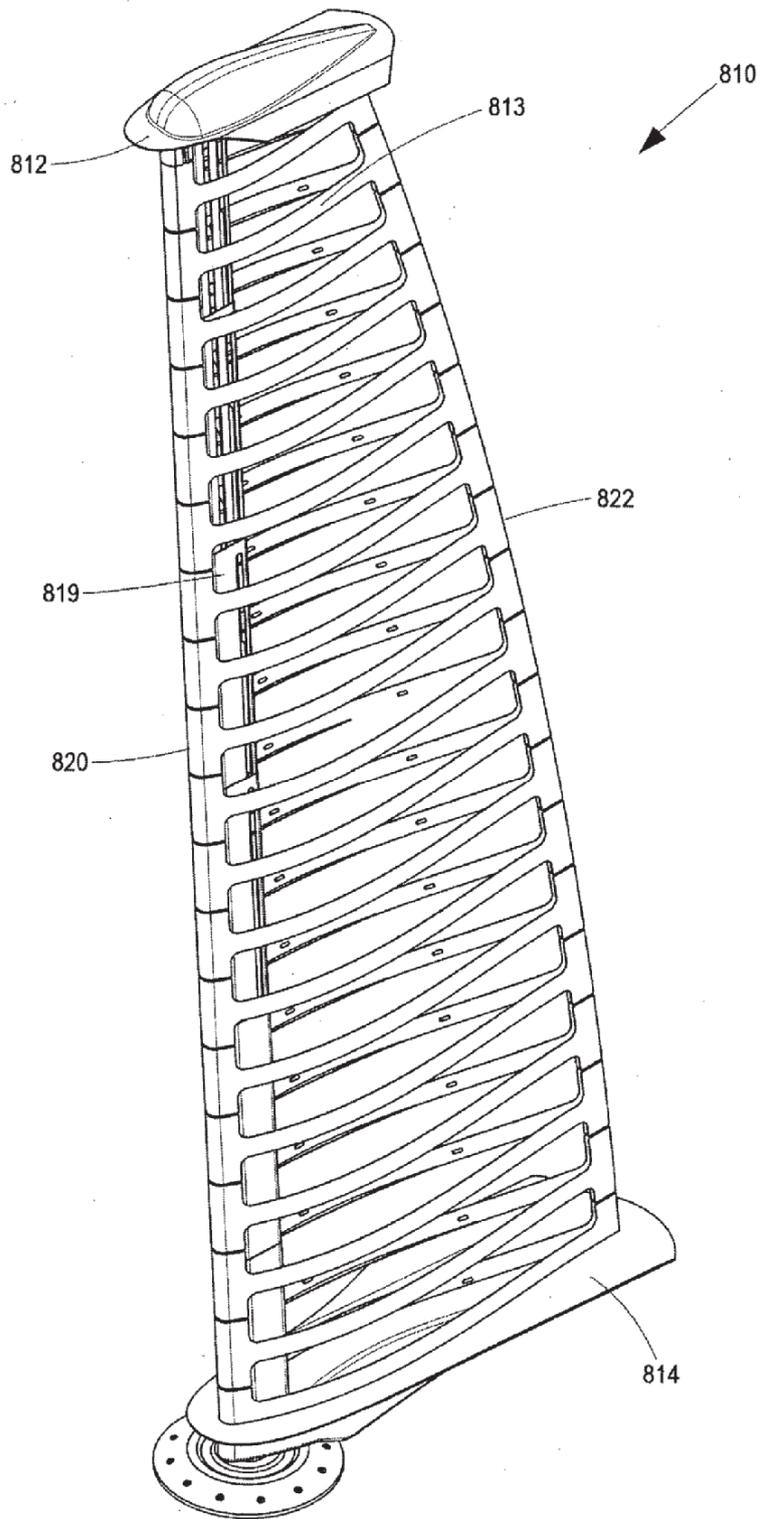


Figura 19

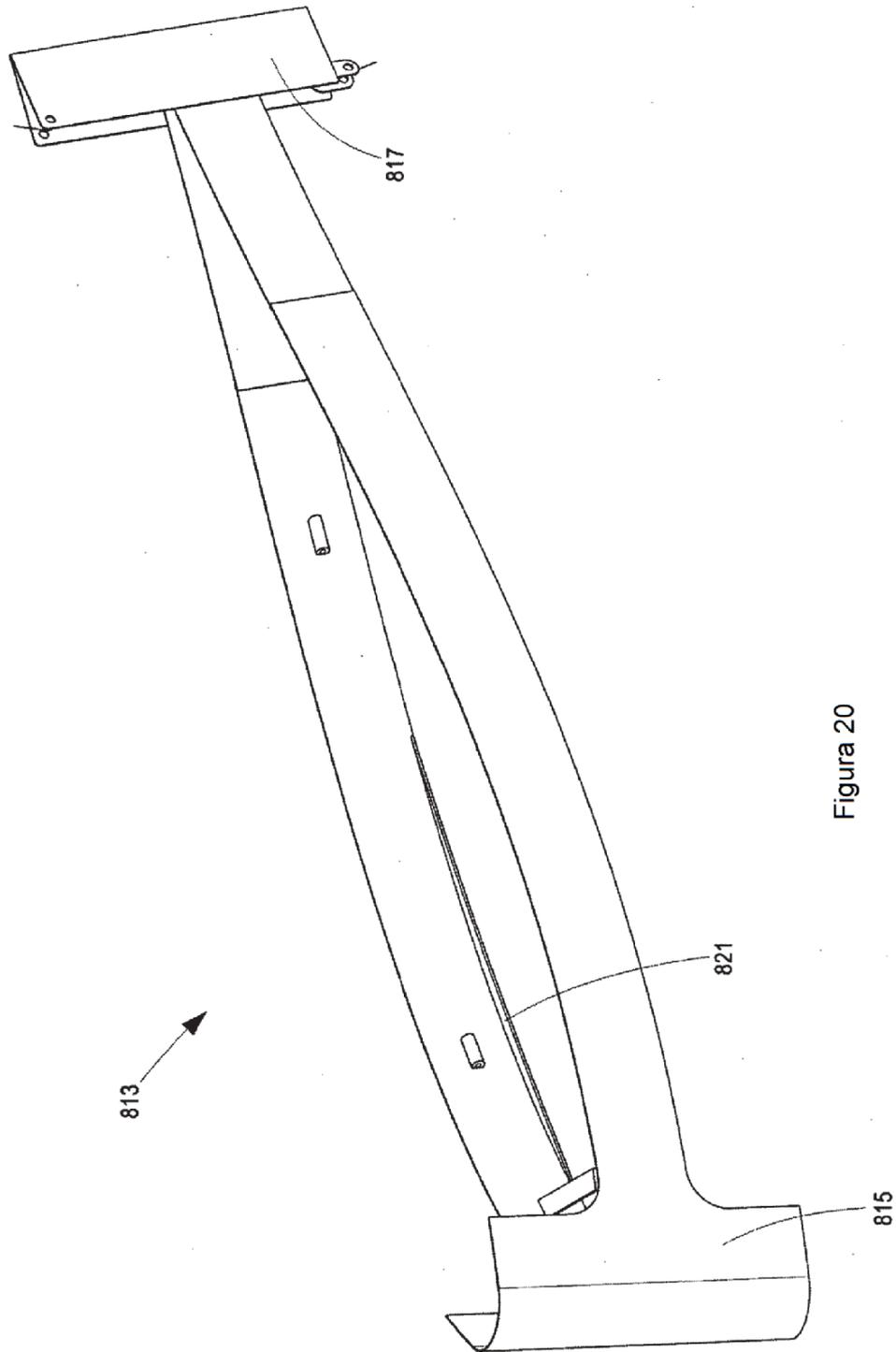


Figura 20

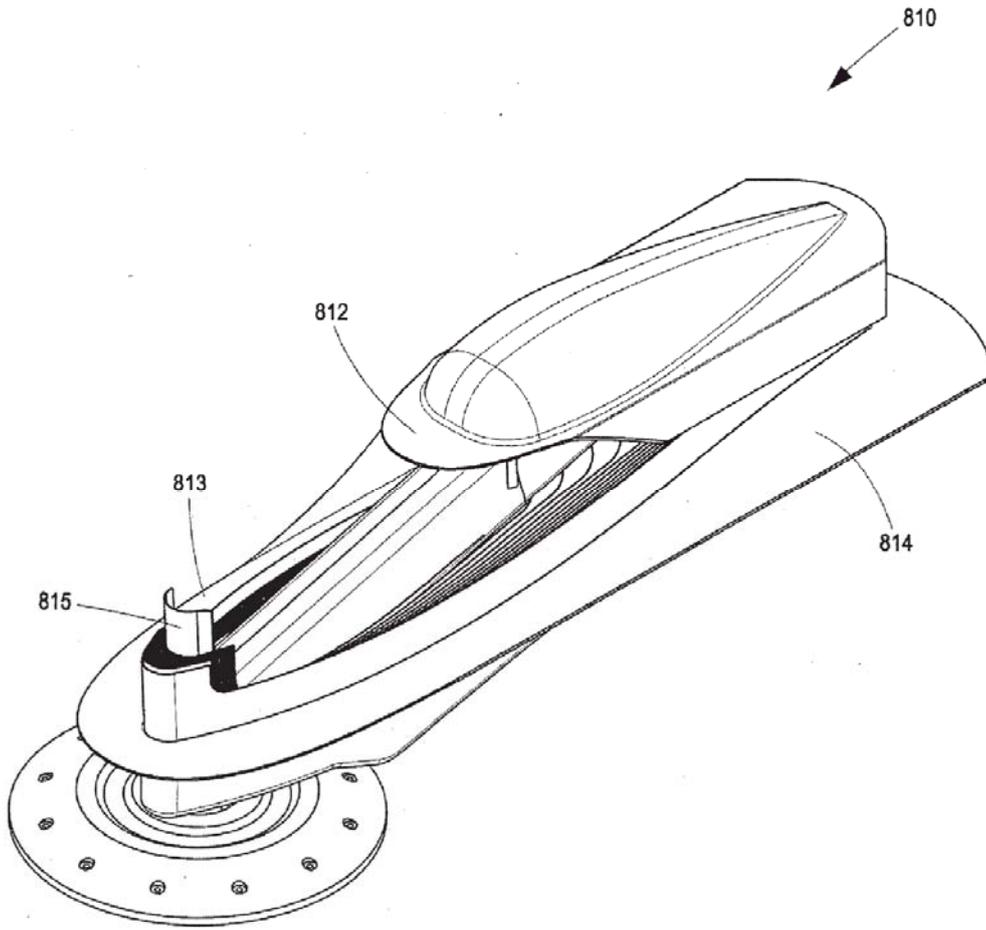


Figura 21

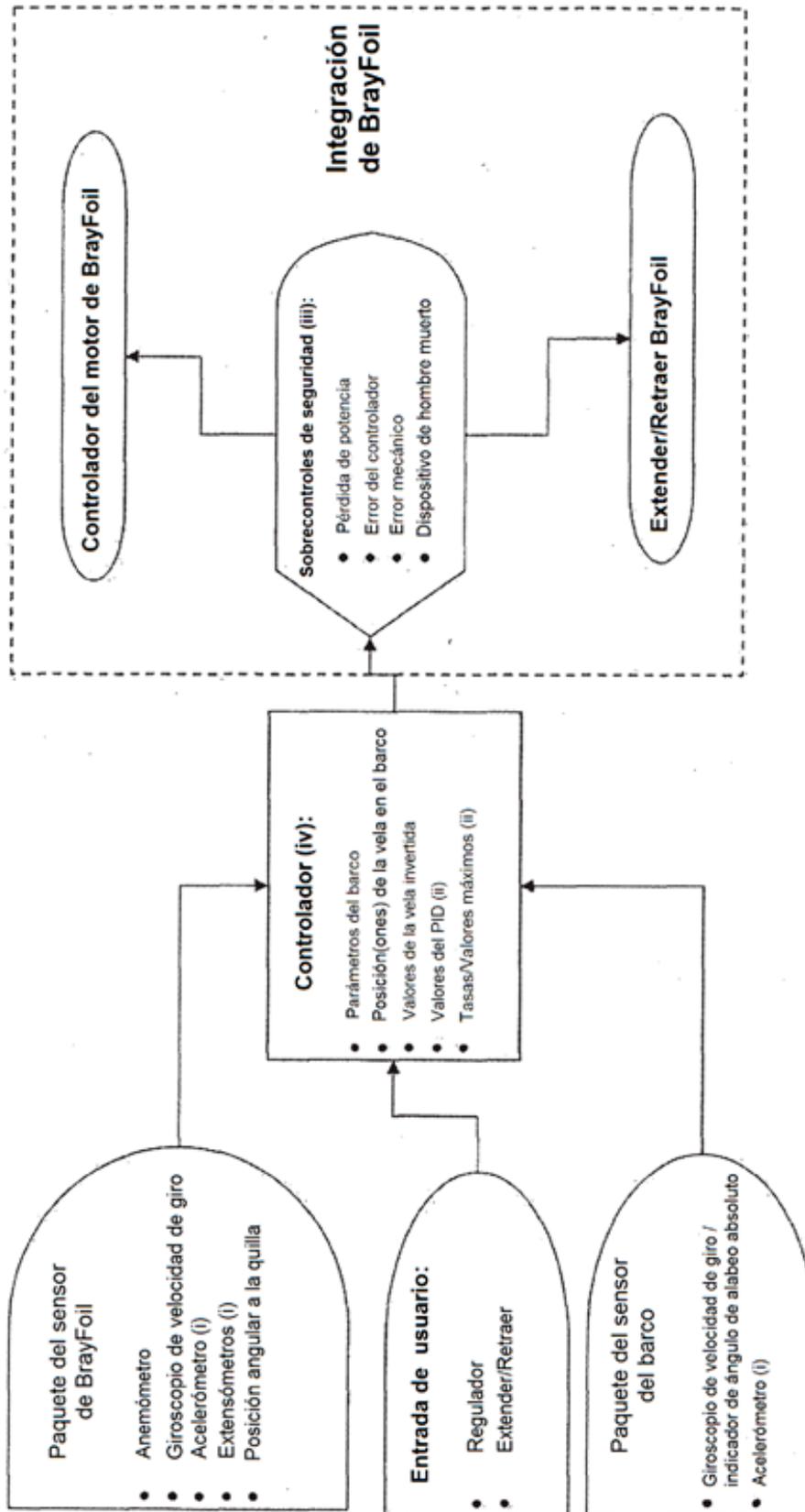


Figura 22

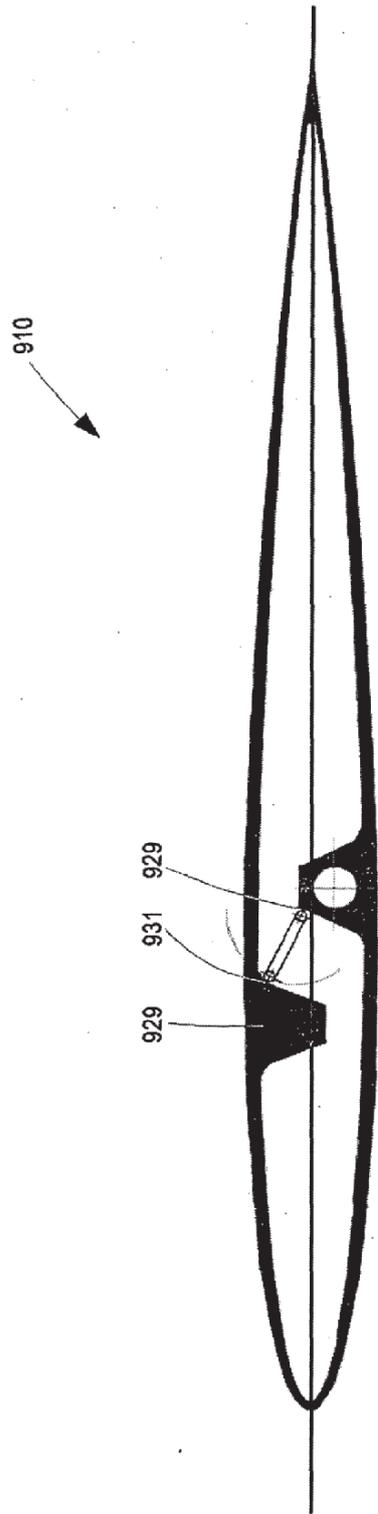


Figura 23

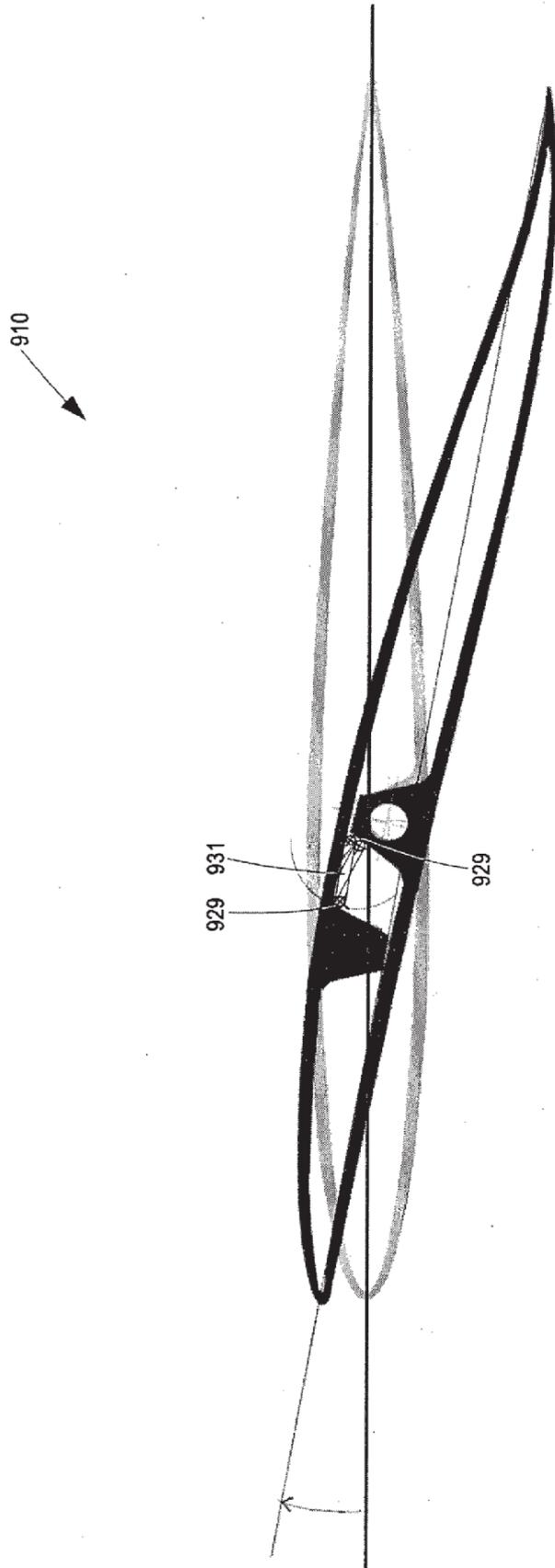


Figura 24

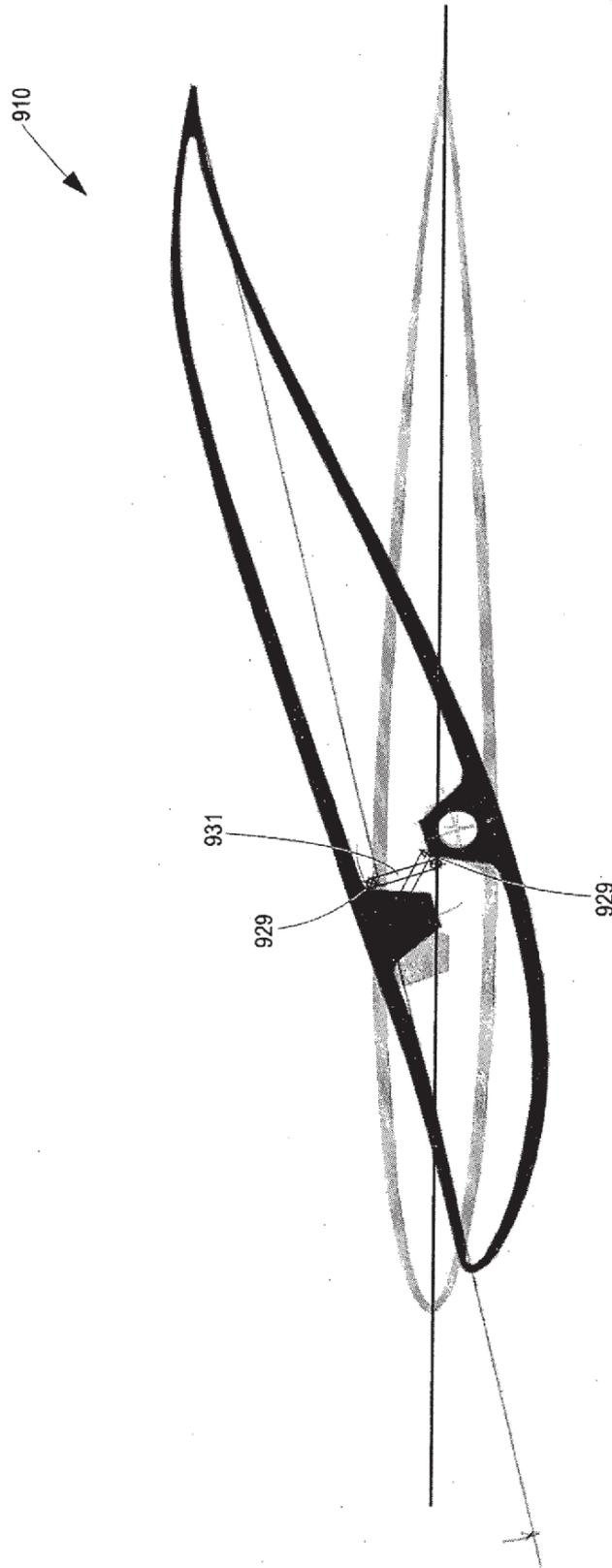


Figura 25

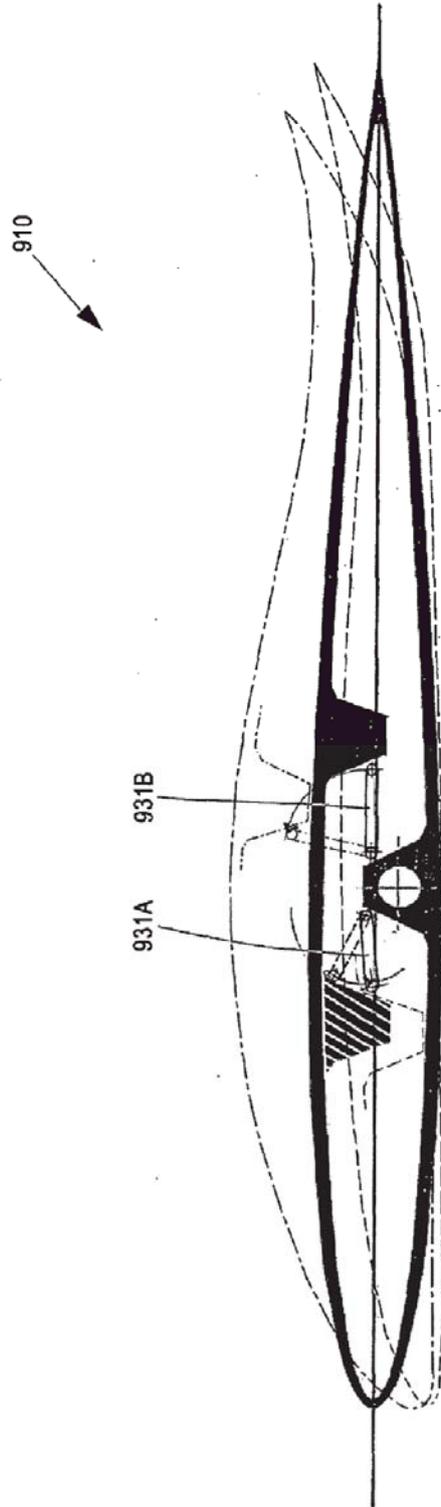


Figura 26