

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 915**

51 Int. Cl.:

B63H 1/36 (2006.01)

B63H 19/02 (2006.01)

B63H 25/04 (2006.01)

B63H 25/02 (2006.01)

B63B 35/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2007 E 07716687 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.06.2014 EP 1973775**

54 Título: **Energía undimotriz**

30 Prioridad:

20.01.2006 US 760893 P

18.05.2006 US 436447

01.09.2006 US 841834 P

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

01.09.2014

73 Titular/es:

LIQUID ROBOTICS, INC. (100.0%)

1329 Moffett Park Drive

Sunnyvale, CA 94089-1134, US

72 Inventor/es:

HINE, ROGER G.;

HINE, DEREK L.;

RIZZI, JOSEPH D.;

KIESOW, KURT A. F.;

BURCHAM, ROBERT y

STUTZ, WILLIAM A.

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 488 915 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

Energía undimotriz

5 Referencia a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica prioridad de la solicitud provisional de patente estadounidense nº 60/760,893, depositada el 20 de enero de 2006 (Docket JUP 001), la solicitud de patente estadounidense nº 11/430 6447, depositada el 18 de mayo de 2006 (Docket JUP 001-1), y la solicitud provisional de patente estadounidense nº 60/841,834, depositada el 1 de septiembre de 2006 (Docket JUP 001-2).

Antecedentes de la invención

Esta invención se refiere a dispositivos y métodos que utilizan la energía de las olas en el agua (en lo que sigue denominada como "energía undimotriz").

A medida que una ola se desplaza a lo largo de la superficie del agua, produce un movimiento vertical del agua, pero ningún movimiento neto horizontal. La amplitud del movimiento vertical disminuye logarítmicamente con la profundidad; a una profundidad de aproximadamente la mitad de la longitud de onda, hay poco movimiento vertical. La velocidad de las corrientes inducidas por el viento disminuye asimismo acusadamente con la profundidad. Se han realizado un número de propuestas para utilizar la energía undimotriz para realizar trabajo útil. Se puede hacer referencia, por ejemplo, a las patentes estadounidenses nº 986.627, 1.315.267, 3.312.186, 3.453.981, 3.508.516, 3.845.733, 3.872.819, 3.928.967, 4.332.571, 4.371.347, 4.389.843, 4.598.547, 4.684.350, 4.842.560, 4.968.273, 5.084.630 y 6.561.856. El documento US 3.872.819 se considera como el estado de la técnica más próximo y da a conocer un flotador, un nadador con aletas pivotantes y un actuador de guiado, y un amarre que conecta el flotador y el nadador.

Sumario de la invención

De acuerdo con la presente invención, hemos descubierto dispositivos novedosos propulsados por olas, y métodos novedosos de utilizar dispositivos propulsados por olas. La invención se describirá principalmente con referencia a vehículos acuáticos que se desplazan sobre la superficie del agua cuando se sitúan en agua con olas que se mueven a lo largo de la superficie del agua (en lo que sigue denominada como "agua con olas"). En tales vehículos, al menos parte de la energía undimotriz mueve el flotador sobre la superficie del agua (siendo convertida el resto de la energía undimotriz, si queda alguna, en otras formas útiles, o desechada). Sin embargo, la invención es útil igualmente cuando el flotador se mantiene en una posición fija, por ejemplo mediante un ancla u otro accesorio. En modos de realización preferidos, la invención hace posible que vehículos acuáticos sin conductor lleven a cabo tareas que serían tediosas, costosas o peligrosas de llevar a cabo utilizando vehículos operados por seres humanos.

En un primer aspecto preferido, esta invención proporciona un vehículo acuático propulsado por olas que comprende

(1) un flotador que comprende un sensor de posición por satélite,

(2) un nadador que comprende (a) un sensor horizontal que detecta una dirección en un plano horizontal, y (b) un actuador de guiado,

(3) un amarre que conecta el flotador y el nadador, y

(4) un sistema de ordenador que (a) está vinculado al sensor de posición, al sensor horizontal y al actuador de guiado, y (b) contiene, o se puede programar para contener, instrucciones para controlar el actuador de guiado como respuesta a señales recibidas desde el sensor de posición y el sensor horizontal, o en respuesta a señales recibidas desde un sensor en el vehículo;

siendo el flotador, nadador y amarre tales que, cuando el vehículo todavía se encuentra en agua en calma,

(i) el flotador está sobre o cerca de la superficie del agua,

(ii) el nadador está sumergida por debajo de flotador, y

(iii) el amarre está bajo tensión; y

comprendiendo el nadador

(2a) un cuerpo del nadador que tiene un eje longitudinal y

(2b) un sistema de aletas que

(a) está fijado al cuerpo del nadador,

5 (b) comprende una aleta, y

(c) cuando el dispositivo está en agua con olas,

(i) tiene una configuración que cambia como resultado del movimiento de las olas, e

10 (ii) interactúa con el agua para generar fuerzas que tienden a mover el nadador en una dirección que tiene una componente horizontal (en lo que sigue denominada simplemente como “en dirección horizontal”).

15 El término “aleta” se utiliza aquí para denotar un componente que comprende una superficie generalmente laminar contra la cual, cuando el dispositivo propulsado por olas está en agua con olas, el agua ejerce una presión suficiente para influir sustancialmente en el movimiento del nadador. En muchos casos, el vehículo acuático incluye dos o más aletas, que pueden ser la misma o distintas, fijadas a distintos puntos en el cuerpo del nadador. El “eje longitudinal” del cuerpo del nadador se encuentra en el plano generalmente vertical a lo largo del cual se mueve el nadador cuando el dispositivo está en agua con olas.

20 El sistema de aletas tiene preferiblemente al menos una (es decir una o más) de las siguientes características:

(A) Comprende una aleta, por ejemplo una aleta generalmente laminar, que gira alrededor de un eje de giro (por ejemplo, un eje de giro generalmente transversal al eje longitudinal del cuerpo del nadador), eje de giro que tiene una relación espacial con el cuerpo del nadador que cambia cuando el dispositivo está en agua con olas.

(B) Comprende (i) una aleta, por ejemplo una aleta generalmente laminar, que gira alrededor de un eje de giro (por ejemplo, un eje de giro generalmente transversal al eje longitudinal del cuerpo del nadador), y (ii) un componente elástico (por ejemplo, un muelle helicoidal metálico, un muelle de láminas metálico, una barra metálica de torsión, o un componente de elastómero tal como una banda de goma natural o artificial) que no es parte de la aleta, y que se deforma elásticamente, y por tanto influye en los cambios en la configuración del sistema de aletas cuando el dispositivo está en agua con olas.

(C) Comprende una aleta, por ejemplo una aleta generalmente laminar y elásticamente deformable, que tiene un borde de ataque que comprende (i) una sección central relativamente rígida que tiene una relación espacial fija con el cuerpo del nadador (incluyendo la posibilidad de que la sección central gire alrededor de un eje de giro que tiene una relación espacial fija con el cuerpo del nadador), y (ii) secciones de fuera de borda relativamente deformables.

(D) Comprende dos aletas generalmente laminares, por ejemplo dos aletas generalmente laminares y deformables elásticamente que son imágenes especulares una de otra, y cada una de las cuales gira alrededor de un eje de giro alineado generalmente con el eje longitudinal del cuerpo del nadador (tales aletas funcionan de un modo similar a las aletas pectorales de un pez o las alas de un pájaro, y se denominan en lo que sigue como aletas “pectorales”).

El amarre comprende preferiblemente una o ambas de las siguientes características:

(E) Comprende un elemento deformable elásticamente.

(F) Comprende un componente que transmite datos y/o potencia eléctrica.

50 El cuerpo del nadador comprende preferiblemente una o más de las siguientes características:

(G) Comprende una sección anterior sustancialmente rígida, una sección intermedia que es relativamente flexible en el plano vertical, y una sección posterior sustancialmente rígida, estando unido el amarre, por ejemplo, a la sección anterior, y estando unido el sistema de aletas, por ejemplo, a la sección anterior.

(H) Comprende uno o más componentes seleccionados entre equipo eléctrico, equipo de comunicaciones, equipo de grabación, electrónica de control, equipo de guiado, y sensores.

(I) Comprende una o más aletas sustancialmente verticales que influyen en la orientación del cuerpo del nadador en el plano horizontal. Tales aletas pueden ayudar a equilibrar las fuerzas de resistencia y a limitar el giro del nadador cuando el amarre tira lateralmente del mismo. En un modo de realización, el cuerpo del nadador comprende una aleta delantera fija y una aleta trasera que pueden ser accionadas para dirigir al nadador. En un modo de realización similar, una parte del cuerpo del nadador tiene una dimensión horizontal relativamente pequeña y una dimensión vertical relativamente grande; por ejemplo, tal parte, si es el extremo trasero del cuerpo del nadador, podría ser accionada para dirigir al nadador.

(J) Comprende un alojamiento generalmente tubular, con aletas pectorales que se extienden a ambos lados del cuerpo.

5 Cuando se hace referencia en lo que sigue a una aleta u otro componente que gira alrededor de un eje de giro, o a un componente que está montado de modo giratorio o fijado de modo giratorio, esto incluye no solo la posibilidad de que el giro sea alrededor de un único eje, sino asimismo la posibilidad de que el giro resulte de girar alrededor de dos o más ejes (que pueden ser, aunque no necesariamente, paralelos entre sí), y la posibilidad de que el giro implique un movimiento continuo relativo de partes contiguas de la aleta u otro componente, como por ejemplo cuando una parte de una aleta flexible está fija y el resto de la aleta flexible se mueve con relación a (esto es, "gira alrededor de") la parte fija.

15 En un segundo aspecto preferido, esta invención proporciona un vehículo acuático propulsado por olas que comprende (1) un flotador, (2) un nadador, (3) un amarre que conecta el flotador y el nadador, y (4) un sistema de ordenador; siendo el flotador, nadador y amarre tales que, cuando el vehículo está en agua en calma, (i) el flotador está sobre o cerca de la superficie del agua, (ii) el nadador está sumergido por debajo del flotador, y (iii) el amarre está bajo tensión; el nadador, cuando el vehículo está en agua con olas, interacciona con el agua para generar fuerzas que mueven el vehículo en una dirección horizontal;

20 el flotador comprende un sensor de posición por satélite;

el nadador comprende (a) un sensor que detecta una dirección en un plano horizontal, y (b) un actuador de guiado; y

25 el sistema de ordenador (a) está vinculado al sensor de posición, al sensor horizontal y al timón, y (b) contiene, o se puede programar para contener, instrucciones para controlar el actuador de guiado como respuesta a señales recibidas desde el sensor de posición y el sensor horizontal, o en respuesta a señales recibidas de un sensor en el vehículo. En vehículos acuáticos del segundo aspecto de la invención, el nadador comprende preferiblemente un cuerpo y un sistema de aletas de acuerdo con el primer aspecto de la invención, aunque puede comprender diferentes medios para generar fuerzas que mueven el vehículo en una dirección horizontal.

30 Los vehículos acuáticos de la invención comprenden a menudo un único flotador y un único nadador, y la invención se describirá principalmente con referencia a tales vehículos acuáticos. Sin embargo, la invención incluye la posibilidad de que haya más de un flotador, y/o más de un nadador, por ejemplo un único flotador unido a una pluralidad de nadadores, estando los nadadores preferiblemente alineados, mediante una pluralidad de amarres.

35 En un tercer aspecto preferido, esta invención proporciona un método para utilizar energía undimotriz que comprende situar un dispositivo de acuerdo con el primer o el segundo aspecto preferido de la invención en un cuerpo de agua que tiene o que se espera que tenga olas acuáticas desplazándose a lo largo de su superficie.

40 En un cuarto aspecto preferido, esta invención proporciona un método de obtención de información que comprende recibir señales de un dispositivo de acuerdo con el primer o el segundo aspecto preferido de la invención, por ejemplo señales de alguno o de todos de una pluralidad de tales dispositivos, por ejemplo 2-10.000 o 10-1000 dispositivos.

45 En un quinto aspecto preferido, esta invención proporciona un método de obtener información que comprende examinar señales recogidas por un dispositivo de acuerdo con el primer o el segundo aspecto preferido de la invención, por ejemplo señales recogidas por alguno o todos de una pluralidad de tales dispositivos, por ejemplo, 2-10.000 o 10-1000 dispositivos.

50 En un sexto aspecto preferido, esta invención proporciona un método de control de una función de un dispositivo de acuerdo con el primer o el segundo aspecto preferido de la invención, comprendiendo el método enviar señales al dispositivo.

55 En un séptimo aspecto preferido, esta invención proporciona flotadores novedosos adecuados para su uso en el primer o el segundo aspecto preferido de la invención y para otros propósitos; nadadores novedosos adecuados para su uso en el primer o el segundo aspecto preferido de la invención y para otros propósitos; sistemas de aletas novedosos adecuados para su uso en el primer o el segundo aspecto preferido de la invención y para otros propósitos; y aletas novedosas adecuadas para su uso en el primer y el segundo aspecto preferido de la invención y para otros propósitos.

60 En un octavo aspecto preferido, esta invención proporciona conjuntos de partes que comprenden dos o más de los componentes necesarios para montar un dispositivo de acuerdo con el primer o el segundo aspecto preferido de la invención.

Breve descripción de los dibujos

65 Esta invención se ilustra mediante los dibujos adjuntos, que son esquemáticos y no están a escala.

La figura 1 es un diagrama de un vehículo acuático.

Las figuras 2 y 3 son secciones transversales de aletas para su uso en ciertos modos de realización.

5

La figura 4 es una sección transversal de un amarre.

La figura 5 es un diagrama de bloques de un sistema de control.

10

La figura 6 muestra una trayectoria para un vehículo acuático de mantenimiento en posición.

La figura 7 es una vista en perspectiva de un vehículo acuático.

La figura 8 muestra diferentes configuraciones de una aleta de la figura 7.

15

La figura 9 es una vista en perspectiva de un vehículo acuático.

La figura 10 es una vista en perspectiva ampliada de parte de la figura 9.

20

Las figuras 11A a 11D muestran diferentes configuraciones de las aletas de la figura 9.

Las figuras 12-19 y 21 son vistas laterales de vehículos acuáticos.

La figura 20 es una vista en planta del vehículo acuático de la figura 21.

25

Las figuras 22A a 22C muestran diferentes configuraciones de un vehículo acuático que tiene un cuerpo flexible.

Las figuras 23-25 son vistas en perspectiva de vehículos acuáticos.

30

Las figuras 26A a 26D muestran diferentes vistas de un nadador.

Las figuras 27A a 27D muestran diferentes vistas de un vehículo acuático.

35

En algunas figuras, el sistema de aletas se numera como 0, 1, 2, 3 o 4. Si la configuración se numera como 0, es la configuración más probablemente adoptada cuando el vehículo está en agua en calma. Si la configuración se numera como 1, es la configuración más probablemente adoptada cuando el flotador está cayendo por detrás de la cresta de la ola, y la tensión en el amarre está cayendo (y puede ser nula). Si la configuración se numera como 2, es la configuración más probablemente adoptada cuando el flotador ha caído en el seno de la ola, y la tensión en el amarre comienza a aumentar. Si la configuración se numera como 3, es la configuración más probablemente adoptada cuando el flotador está subiendo hacia la parte superior de la ola y el amarre está en su máxima tensión o cerca de la misma para este ciclo concreto. Si la configuración se numera como 4, es la configuración más probablemente adoptada cuando el flotador está cerca de la parte superior de una cresta de la ola y la tensión en el amarre ha disminuido. Se debe entender, sin embargo, que la configuración del sistema de aletas en la práctica no será necesariamente la mostrada en las figuras.

45

Descripción detallada de la invención

50

En el resumen anterior de la invención, la descripción detallada que sigue, y los dibujos adjuntos, se hace referencia a características concretas de la invención. Se entenderá que la divulgación de la invención en esta descripción incluye todas las posibles combinaciones de tales características concretas. Por ejemplo, cuando se divulga una característica concreta en el contexto de un aspecto concreto, un modo de realización concreto o una figura concreta, esa característica se puede utilizar, en la medida de lo adecuado, en el contexto de otros aspectos, modos de realización y figuras concretos, y en la invención en general. Se entiende asimismo que esta invención incluye todas las características novedosas divulgadas en ella y no está limitada a los aspectos preferidos de la invención establecidos anteriormente.

55

60

El término “comprende” y equivalentes gramaticales del mismo se utilizan en lo que sigue con el significado de que otros elementos (esto es, componentes, ingredientes, etapas, etc.) están presentes opcionalmente. Por ejemplo, un vehículo acuático “comprendiendo” (o “que comprende”) los componentes A, B y C puede contener solo los componentes A, B y C, o puede contener no solo los componentes A, B y C sino asimismo uno o más de otros componentes. El término “al menos” seguido por un número se utiliza en lo que sigue para denotar el comienzo de un intervalo que comienza con ese número (que puede ser un intervalo que tiene un límite superior o sin límite superior, dependiendo de la variable que se está definiendo). Por ejemplo “al menos 1” significa 1 o más de 1, y “al menos un 80%” significa un 80% o más de un 80%. El término “como máximo” seguido por un número se utiliza en lo que sigue para denotar el final de un intervalo que acaba con ese número (que puede ser un intervalo que tiene 1 o 0 como su límite inferior, o un intervalo sin límite inferior, dependiendo de la variable que se está definiendo). Por

65

ejemplo, “como mucho 4” significa 4 o menos de 4, y “como mucho un 40%” significa un 40% o menos de un 40%. En esta descripción, cuando se da un intervalo como “(un primer número) a (un segundo número)” o “(un primer número)-(un segundo número)”, esto significa un intervalo cuyo límite inferior es el primer número y cuyo límite superior es el segundo número. Por ejemplo, “de 5 a 15 pies” o “5-15 pies” significa un intervalo cuyo límite inferior es 5 pies y cuyo límite superior es 15 pies. Los términos “plural”, “múltiple”, “pluralidad” y “multiplicidad” se utilizan en lo que sigue para denotar dos o más de dos elementos.

Cuando se hace referencia en lo que sigue a un método que comprende dos o más etapas definidas, las etapas definidas pueden ser llevadas a cabo en cualquier orden o simultáneamente (excepto cuando el contexto excluya tal posibilidad), y el método puede incluir opcionalmente una o más otras etapas que se llevan a cabo antes de cualquiera de las etapas definidas, entre dos de las etapas definidas, o tras todas las etapas definidas (excepto cuando el contexto excluye tal posibilidad). Cuando se hace referencia en lo que sigue a elementos “primero” y “segundo”, esto se hace generalmente a efectos identificativos; a menos que el contexto lo requiera de otro modo, los elementos primero y segundo pueden ser el mismo o diferentes, y una referencia a un primer elemento no significa que un segundo elemento esté necesariamente presente (aunque puede estar presente). Cuando se hace referencia a “un” elemento, esto no excluye la posibilidad de que haya dos o más de tales elementos (excepto cuando el contexto excluye tal posibilidad). Por ejemplo, cuando se hace referencia en lo que sigue a una aleta, o a un sistema de aletas, el nadador puede comprender (y frecuentemente lo hace) dos o más aletas o sistemas de aletas, que pueden ser el mismo o distintos. Cuando se hace referencia en lo que sigue a dos o más elementos, esto no excluye la posibilidad de que los dos o más elementos se sustituyan por un número menor o mayor de elementos que proporcionen la misma función (excepto cuando el contexto excluya tal posibilidad). Por ejemplo, el cuerpo del nadador y el sistema de aletas pueden formar conjuntamente un único cuerpo unitario. Los números dados aquí deben considerarse con la latitud apropiada a su contexto y expresión; por ejemplo, cada número está sometido a variación que depende de la precisión con la cual pueda ser medido mediante métodos utilizados convencionalmente por los expertos en la técnica.

A menos que se indique de otro modo, las referencias a la posición y forma de un componente del vehículo se refieren a esa posición y forma cuando el vehículo está en agua en calma. Diversos términos se utilizan en esta descripción de acuerdo con las definiciones ofrecidas anteriormente y las definiciones adicionales ofrecidas a continuación.

“Borde de ataque” (o extremo de ataque) y “borde de fuga” (o extremo de fuga) denotan las superficies delantera y trasera respectivamente de una aleta u otro componente cuando la energía undimotriz provoca que el vehículo se desplace hacia delante.

“Anterior” y “posterior” denotan posiciones relativamente cerca de los bordes (o extremos) de ataque y fuga, respectivamente.

“Alineado” denota una dirección que se encuentra generalmente en un plano vertical que es paralelo al plano vertical que incluye el eje longitudinal del nadador. “Alineado axialmente” denota una dirección que se encuentra generalmente en el plano vertical que incluye el eje longitudinal del nadador.

“Transversal” denota una dirección que se encuentra generalmente en un plano vertical perpendicular al plano vertical que incluye la línea central axial del nadador.

Cuando se hace referencia en lo que sigue a una característica que cumple “generalmente” con una definición concreta, por ejemplo “generalmente en un plano vertical”, “generalmente laminar”, o “generalmente horizontal”, se debe entender que la característica no necesita cumplir estrictamente con esa definición concreta, sino antes bien puede alejarse de tal definición estricta en una cantidad que permita un funcionamiento efectivo de acuerdo con los principios de la invención.

Todos los componentes del vehículo, en particular cualquier conexión eléctrica, están contruidos preferiblemente de materiales que son resistentes al agua salada, y/o encerrados en una vaina estanca de tal material. Preferiblemente, los materiales que se exponen al agua son resistentes a las incrustaciones biológicas, y son poco atractivos, o incluso repelentes, para animales marinos, por ejemplo tiburones. Materiales adecuados pueden ser seleccionados, por ejemplo, de metales y compuestos poliméricos, incluyendo pinturas con contenido en cobre y polímeros de baja energía superficial tales como politetrafluoretileno. Cuando el vehículo incluye baterías y paneles solares (u otros medios de generación de electricidad), se pueden prevenir las incrustaciones biológicas utilizando la energía de las baterías o los paneles solares para electrificar brevemente materiales conductores del vehículo, y/o alimentar un vibrador que desprenda materiales de incrustaciones biológicas. Los bordes de ataque que pueden enredarse en algas pueden tener opcionalmente bordes afilados o serrados.

El vehículo está diseñado preferiblemente para minimizar la resistencia cuando el movimiento del nadador tira de él hacia delante, y para minimizar el efecto de vientos y corrientes de agua que mueven el vehículo lateralmente. El flotador o el nadador o ambos pueden tener alerones que se recogen y tienen poco efecto en la resistencia cuando el flotador o el nadador se mueven hacia delante, pero que se pueden desplegar y aumentar la resistencia cuando el

flotador o el nadador se mueven hacia atrás. Tales alerones se sitúan preferiblemente de modo que mantengan el flotador y/o el nadador en una orientación deseada si se mueve hacia atrás.

5 Un dispositivo preferido que tiene la característica (B) anterior puede incluir, por ejemplo, un sistema de aletas que comprende (1) una pluralidad de aletas, por ejemplo 3-10 o 4-6 aletas, por ejemplo 5 aletas, (2) una barra rígida que se monta en el cuerpo del nadador, y a la cual se montan de modo giratorio cada una de las aletas, y (3) un componente elástico como se define en (B). La barra rígida está alineada preferiblemente con el eje longitudinal del cuerpo del nadador. Las aletas, que pueden ser iguales o diferentes, se encuentran preferiblemente una detrás de otra (opcionalmente en el mismo plano horizontal), y cada una de las aletas gira preferiblemente alrededor de un eje transversal que es transversal generalmente al eje longitudinal del cuerpo del nadador. Cada uno de los componentes elásticos influye en la velocidad y/o la extensión del giro de la aleta a la cual está vinculado. El componente elástico puede extenderse, por ejemplo, desde un punto fijo en la barra rígida, por ejemplo por detrás del eje transversal de la aleta, hasta un punto fijo en la aleta, por ejemplo por detrás del eje transversal de la aleta.

15 Un dispositivo preferido que tiene las características (A) y (B) anteriores puede incluir, por ejemplo, (i) una aleta generalmente laminar que se monta, opcionalmente de modo giratorio, directa o indirectamente en una barra rígida que está montada, opcionalmente de modo giratorio, en el cuerpo del nadador, y (ii) un muelle y/o una barra de torsión que está conectada directa o indirectamente a la aleta y/o a la barra rígida y que influye (a) en la velocidad y/o la extensión de giro de la aleta y/o de la barra rígida, y/o (b) la relación espacial entre el cuerpo del nadador y el eje de giro, durante parte o todos los cambios de configuración del sistema.

25 Un dispositivo preferido que tiene las características (C) anteriores puede tener, por ejemplo, un sistema de aletas que comprende una aleta generalmente laminar y elásticamente deformable (siendo tal aleta opcionalmente el único componente elástico, o uno de una pluralidad de componentes elásticos, del sistema de aletas), teniendo la aleta un borde de ataque que comprende (i) una sección central relativamente rígida que gira alrededor de un eje de giro generalmente transversal al eje longitudinal del cuerpo del nadador, y (ii) secciones de fuera de borda relativamente deformables (por ejemplo, una aleta que tiene un borde de ataque vuelto hacia atrás, por ejemplo en forma generalmente de V).

30 El cuerpo del nadador

El cuerpo del nadador tiene a menudo una forma generalmente cilíndrica, u otra forma seleccionada para minimizar la resistencia cuando el sistema de aletas tira del nadador a través del agua. A menudo hay un único cuerpo del nadador, pero puede haber una pluralidad de cuerpos fijados entre sí, preferiblemente de modo rígido, con sus ejes alineados, o con sus ejes paralelos y separados entre sí. Preferiblemente, el cuerpo tiene un eje longitudinal que es generalmente horizontal cuando el vehículo está en agua en calma.

40 Usualmente, aunque no necesariamente, el cuerpo del nadador tiene una longitud (es decir, la dimensión medida a lo largo del eje longitudinal) sustancialmente mayor que su anchura (es decir, la dimensión del cuerpo del nadador medida transversalmente al eje longitudinal). La longitud del cuerpo del nadador puede ser, por ejemplo, de al menos 0,3 m (1 pie), por ejemplo de 0,9 a 3 m (3 a 10 pies) o de 1,2 a 1,9 m (4 a 6 pies), aunque puede ser sustancialmente mayor, por ejemplo hasta 300 m (1000 pies) o más. El diámetro (o, para cuerpos no cilíndricos, cada una de las dimensiones transversales mínima y máxima) del nadador puede ser, por ejemplo, de al menos 30 mm (0,1 pies), o al menos 90 mm (0,3 pies), hasta, por ejemplo, 0,1 veces la longitud del nadador.

45 En algunos modos de realización todo el cuerpo del nadador será rígido. Sin embargo, es posible igualmente que parte del cuerpo del nadador sea deformable elásticamente. Por ejemplo, el cuerpo del nadador puede tener una sección central que es flexible, preferiblemente sustancialmente solo en el plano vertical, con el timón montado en una sección rígida por detrás de la sección central flexible y el sistema de aletas montado en una sección rígida por delante de la sección central flexible. Opcionalmente, el nadador tiene un centro de flotación que está por encima del centro de gravedad.

50 Como se discutirá posteriormente en lo que sigue, se puede incorporar una amplia variedad de componentes adicionales al cuerpo del nadador. Los componentes pesados se fijan preferiblemente al nadador en lugar de al flotador. El peso húmedo del nadador, incluyendo los componentes unidos al mismo, puede ser, por ejemplo, de 2-9000 kg (5-20.000 libras), por ejemplo 2-225 kg (5-500 libras), por ejemplo 9-30 kg (20-60 libras). Muchos componentes se sitúan preferiblemente en un recinto estanco proporcionado por el cuerpo del nadador (por ejemplo, equipo eléctrico incluyendo baterías, equipo electrónico, servomecanismos, pasajes estancos y equipo de orientación). Otros se sitúan preferible o necesariamente fuera del cuerpo del nadador, por ejemplo aletas de estabilización, lastre de estabilización, timones, algunos tipos de sensores, y recogedores de muestras. Las aletas de estabilización, que pueden situarse, por ejemplo, cerca de la parte delantera y/o cerca de la parte trasera del cuerpo del nadador, pueden ser aletas fijadas y alineadas generalmente en vertical que resistan la resistencia transversal en el nadador, o ser aletas fijadas y alineadas generalmente en horizontal que resistan la resistencia en vertical en el nadador. Los lastres de estabilización pueden ser, por ejemplo, barras y/o discos, alineados habitualmente con el cuerpo del nadador, fijados a soportes que descienden verticalmente desde el cuerpo del nadador, aumentando así el peso y cambiando el centro de gravedad del nadador, o pueden ser parte de una aleta

de estabilización vertical similar a una quilla.

En un modo de realización, se fija un hidrófono al cuerpo del nadador. Preferiblemente, con el fin de separar el hidrófono del ruido generado por el nadador, el hidrófono se sitúa al final de un cable arrastrado por detrás del cuerpo del nadador, o en una barra de extensión que se proyecta, por ejemplo, desde la parte delantera del cuerpo del nadador.

El flotador

El flotador puede ser de cualquier tamaño y forma conveniente, teniendo en cuenta los componentes que transporta, el modo en el que se utilizará, y el deseo de minimizar la resistencia en el agua y contra el viento. La longitud del flotador puede ser menor de, por ejemplo, entre 0,5 y 0,9 veces, sustancialmente igual a, por ejemplo, 0,9 a 1,1 veces, o superior a, por ejemplo, 1,1 a 4 veces, la longitud del nadador. La longitud del flotador puede ser, por ejemplo, de al menos 0,3 m (1 pie), por ejemplo de 1 a 3 m (3-10 pies) o de 1,2 a 1,9 m (4 a 6 pies), aunque puede ser sustancialmente mayor, por ejemplo de hasta 300 m (1000 pies) o más, en tanto en cuanto no sea demasiado grande para ser movido sustancialmente por las olas. La anchura del flotador puede ser, por ejemplo, de al menos 1 m (0,3 pies), o al menos 1,9 m (2 pies), hasta, por ejemplo, 0,3 veces la longitud del flotador. Opcionalmente, el flotador tiene un centro de flotación que está por encima del centro de gravedad. El flotador puede tener, por ejemplo, de 9 a 225 kg (20-500 libras), por ejemplo aproximadamente 36 kg (80 libras) de flotación, y/o una flotación que es de 2 a 4 veces el peso húmedo del nadador.

Para reducir el peligro de que el viento, olas o fuerzas de corriente empujen lateralmente el flotador, preferiblemente tanto el centro de resistencia del agua como el centro de resistencia del viento se encuentran por detrás del punto de unión de la línea, ya que esto ayuda a mantener el flotador con una orientación frontal en la cual tiene la menor resistencia global. Las fuerzas del viento y el agua que actúan sobre las partes del flotador por delante del punto de unión del amarre tienden a girar el flotador alejándolo de la orientación deseada, mientras que aquellas por detrás del punto de unión tienden a producir la orientación deseada. Por lo tanto, el morro del flotador es preferiblemente relativamente romo y truncado, mientras que la porción de cola del flotador tiene preferiblemente una porción de cola extendida con una mayor área superficial vertical.

El flotador puede incluir un timón. El timón puede estar fijo durante parte o todo el funcionamiento del vehículo, con el fin de mantener el centro de resistencia por detrás del punto de unión del amarre. El timón puede ser asimismo ajustable, con el fin de contribuir al guiado del vehículo; en este caso, el amarre está unido preferiblemente al nadador por delante de centro de resistencia del nadador. Especialmente, cuando el amarre está unido ligeramente por delante del centro de flotación del flotador, las superficies sumergidas del flotador pueden estar conformadas de modo que produzca un empuje hacia delante.

El flotador comprende opcionalmente una carcasa exterior que comprende un compuesto polimérico, por ejemplo una fibra de vidrio o un compuesto polimérico reforzado con fibras de carbono, y/o un material laminar de elastómero de pared gruesa. La carcasa puede rodear opcionalmente un núcleo de espuma de polímero de célula cerrada, por ejemplo una espuma de célula cerrada conforme, y/o una pluralidad de cavidades huecas. En algunos modos de realización, tales cavidades pueden ser opcionalmente inflables (por ejemplo, estando compuestas de un material de elastómero), de modo que puedan ser total o parcialmente rellenas con agua y/o aire para controlar la flotabilidad.

El amarre

El amarre conecta mecánicamente el flotador y el nadador, y a este efecto comprende un elemento tensor con una resistencia a la rotura adecuada, por ejemplo, de al menos 225 kg (500 libras) o al menos 675 kg (1500 libras). El elemento tensor puede estar compuesto, por ejemplo, de un metal, por ejemplo acero inoxidable, y/o un compuesto polimérico, por ejemplo Kevlar o Spectra. El amarre comprende además uno o más elementos que no transportan ninguna carga y que transmiten energía eléctrica y/o datos, por ejemplo una o más parejas retorcidas de conductores eléctricos aislados, fibras ópticas o cables acústicos. Generalmente, el amarre soportará tan solo cargas de tracción, aunque la invención incluye la posibilidad de que el amarre resista asimismo compresión, por ejemplo, sea una barra.

Para reducir la resistencia, los componentes del amarre se disponen preferiblemente para minimizar el área del borde de ataque del amarre, con el elemento tensor principal en la parte delantera. Así pues, el amarre incluirá opcionalmente una vaina, preferiblemente de sección transversal aerodinámica, compuesta por ejemplo de un compuesto polimérico, por ejemplo un compuesto basado en silicona o polímero de cloruro de vinilo, que rodea a los otros componentes. Retorcer el amarre aumenta la resistencia, y se pueden adoptar medidas opcionales para reducir el retorcimiento. Por ejemplo, un segundo elemento tensor puede estar presente en el borde trasero del amarre, y/o el vehículo puede incluir un dispositivo para detectar y corregir un retorcimiento del amarre, y/o el vehículo puede estar dirigido a lo largo de una trayectoria en la cual se equilibran vueltas en sentido horario y contrahorario (en particular cuando el vehículo se dirige a lo largo de una trayectoria que rodea un punto fijo).

El amarre puede tener, por ejemplo, una dimensión alineada de 13 a 25 mm (0,5-1,0 pulgadas), por ejemplo

alrededor de 16 mm (0,625 pulgadas) una dimensión transversal de 3 a 13 m (0,125 a 0,5 pulgadas), por ejemplo alrededor de 5 mm (0,19 pulgadas) y una longitud de, por ejemplo, 3 a 25 m (10 a 80 pies), por ejemplo 5 a 7 m (17 a 23 pies). Cualquiera del flotador o el nadador puede incluir un carrete u otro equipo que haga posible cambiar la longitud del amarre, bien para adaptarlo a condiciones de olas y/o profundidad del agua particulares, y/o para hacer que el vehículo se almacene, transporte y despliegue más fácilmente.

El amarre puede incluir, por ejemplo, un elemento de elastómero, por ejemplo un muelle, que cambia de longitud de modo reversible cuando las posiciones relativas del flotador y el nadador cambian. Por ejemplo, una pata de un amarre generalmente en forma de Y invertida puede comprender tal elemento de elastómero.

En algunos modos de realización, existe un único amarre. El amarre puede tener, por ejemplo, una sección central que es una única línea, y una sección inferior (unida al nadador) y/o una sección superior (unida al flotador) que tiene dos o más patas, fijadas a posiciones delantera y trasera, o a posiciones transversales, en el nadador o el flotador. En un modo de realización, el amarre tiene la forma de una Y invertida, estando las patas inferiores de la Y (a) alineadas con, y fijadas a, posiciones delantera y trasera en el nadador, o (b) transversalmente al nadador y fijadas a componentes que se extienden transversalmente desde el eje del nadador.

Cuando existe un único amarre entre el nadador y el flotador, su configuración y punto de unión (o puntos de unión, si el amarre tiene dos o más patas inferiores) al nadador son preferiblemente tales que la fuerza ascendente ejercida sobre el nadador, cuando se tira el amarre hacia arriba, pasa a través del nadador en, o cerca de, el centro de gravedad del nadador. El nadador está entonces sustancialmente horizontal cuando el vehículo está en agua en calma. Esto ayuda a que nadador mantenga una orientación de nivel.

Cuando existe un único amarre entre el nadador y el flotador, su configuración y punto de unión (o puntos de unión, si el amarre tiene dos o más patas inferiores) al flotador son preferiblemente tales que la fuerza descendente ejercida sobre el flotador, cuando se tira del amarre hacia arriba, pasa a través del flotador cerca de, o ligeramente por delante de, el centro de flotación del flotador.

En otros modos de realización, existen múltiples amarres, por ejemplo amarres primero y segundo unidos respectivamente a posiciones delantera y trasera en el flotador y el nadador. Amarres múltiples aumentan la resistencia, aunque reducen el retorcimiento.

La fuerza de tensión del amarre estabiliza tanto el nadador como el flotador. Aunque cada elemento puede ser estabilizado independientemente situando el centro de flotación por encima del centro de gravedad, esto no es necesario. El hecho de que la tensión de línea estabiliza tanto el nadador como el flotador simplifica el control del vehículo. En algunos modos de realización, el vehículo solo necesita ser dirigido en un grado de libertad, y otro control de actitud se estabiliza pasivamente, haciendo innecesario que el vehículo incluya propulsores de control de actitud o alerones (aunque tales propulsores y alerones pueden estar presentes).

40 El sistema de aletas

Cuando el nadador se mueve mediante la energía undimotriz, la configuración del sistema de aletas cambia en ciclos que corresponden a las olas en la superficie del agua. Generalmente, aunque no necesariamente, los cambios de configuración en cada ciclo son sustancialmente iguales. Los cambios de configuración en cada ciclo son generalmente continuos sustancialmente, aunque pueden ser discontinuos (es decir, puede haber uno o más periodos en cada ciclo durante los cuales la configuración permanezca igual). Durante al menos parte del ciclo, el sistema de aletas interacciona con el agua para generar fuerzas que empujan al nadador en una dirección horizontal. En algunos modos de realización, el sistema de aletas comprende una aleta que gira alrededor de un eje transversal. En otros modos de realización, el sistema de aletas comprende una pareja de aletas que giran alrededor de un eje longitudinal. En cualquier caso, a medida que el nadador asciende y cae, la aleta o aletas pueden sufrir opcionalmente una distorsión elástica que mejora el empuje hacia delante del nadador.

Diferentes tamaños de ola producirán diferentes respuestas de diferentes sistemas de aletas. Por ejemplo, con olas relativamente grandes, la mayoría del empuje tiende a menudo a producirse durante las fases ascendente y descendente del movimiento de aletas, mientras que con olas relativamente pequeñas, la mayoría del empuje tiende a ser el resultado del giro de las aletas. Aletas flexibles tienden a producir empuje tanto de olas grandes como pequeñas.

Para cualquier vehículo acuático concreto de la invención, la influencia del nadador en el movimiento del flotador dependerá en parte del tamaño y frecuencia de las olas. El movimiento del flotador dependerá asimismo, por ejemplo, de condiciones medioambientales tales como corrientes de agua y viento, y cualquier otro sistema de propulsión o guiado que actúe sobre el flotador. En condiciones adecuadas, el nadador moverá el vehículo hacia delante a una velocidad satisfactoria para muchos propósitos, sin ningún otro sistema de propulsión (aunque puede ser deseable utilizar otra fuente de energía para accionar un sistema de guiado).

El movimiento horizontal del nadador y el flotador será a menudo cíclico, alternando entre una fase de planeo y una

fase de cometa, siendo la velocidad horizontal pico del flotador durante la fase de cometa, y siendo la velocidad horizontal pico del nadador durante la fase de planeo. En la fase de planeo, la tensión de línea es baja y el nadador puede planear hacia delante rápidamente. El flotador se puede mover hacia delante lentamente o no moverse hacia delante. Durante la fase de cometa, la tensión de línea es elevada y, si el nadador tuvo éxito planeando hacia delante durante la fase de planeo, la línea estará en un ángulo tal que la tensión aumentada ralentiza el movimiento hacia delante del nadador. El ángulo de línea pronunciado y la alta tensión tirarán del flotador hacia delante rápidamente, alcanzando parcialmente el avance que el nadador realizó durante la fase de planeo. La resistencia es proporcional al cuadrado de la velocidad. Como la velocidad del nadador es máxima durante la fase de planeo se prefiere minimizar la resistencia en esta fase. En lo que sigue y en las figuras 27A-D adjuntas se describe un ejemplo de un vehículo acuático que consigue una baja resistencia durante la fase de planeo y es capaz de pasar rápida y calmadamente de la fase de cometa a la de planeo. En este ejemplo, el cuerpo del nadador tiene una estructura central del cuerpo de longitud máxima a lo largo de un eje longitudinal. De cada lado del cuerpo se extienden aletas y pueden girar con relación al cuerpo alrededor de un eje que es sustancialmente perpendicular al eje longitudinal del cuerpo, y asimismo preferiblemente al eje del amarre. Puede haber una pareja de alas con un único eje, o múltiples parejas de alas. Preferiblemente, el giro de las aletas está controlado en parte por un muelle que resistirá el giro en cualquier dirección desde una posición de reposo. Una ventaja de utilizar tal muelle es que proporciona una resistencia al giro que aumenta suavemente sin producir el ruido que resulta de paradas bruscas y que puede perjudicar el funcionamiento de instrumentos acústicos sensibles.

Mientras el vehículo está en reposo en agua en calma, el amarre está preferiblemente vertical en general y está unido al cuerpo de modo que el eje del cuerpo esté en un ángulo entre 0° y 30°, preferiblemente entre 3° y 10° con respecto a la horizontal. El eje de cuerda de la aleta en la posición de reposo es preferiblemente horizontal en general.

Cuando la tensión de línea se libera por desplazamiento hacia abajo del flotador, el nadador se moverá hacia abajo y la presión de fluido sobre el ala provocará que esta gire a una posición de planeo, mientras que el muelle se opone a este giro. La fuerza del muelle y la fuerza de sustentación están equilibradas de tal modo que el ángulo del ala en la posición de planeo es similar al eje longitudinal del cuerpo y proporciona así una resistencia mínima. Cuando la tensión de línea aumenta por el movimiento ascendente del flotador, el nadador se moverá hacia arriba y la presión de fluido sobre el ala provocará que esta gire hasta una posición de cometa, mientras que el muelle se opone a este giro. La fuerza del muelle y la fuerza de sustentación están equilibradas de tal modo que el ala funcione en un ángulo de ataque eficiente durante el movimiento de cometa para producir un empuje hacia delante.

Un ejemplo de una forma eficiente de ala para planeo tiene una razón de aspecto elevada (envergadura/cuerda), una forma en planta elíptica, y una forma aerodinámica esbelta. Una aleta con una cuerda relativamente corta permite giros rápidos entre un ángulo de planeo y un ángulo de cometa, de modo que la aleta pueda conseguir un ángulo de ataque óptimo para cada fase con pérdidas de movimiento mínimas.

En la figura 27 se muestra una única aleta. Similarmente son posibles múltiples aletas, cada una de las cuales se comportará de modo similar. Además del ala o alas que producen empuje primario, se pueden proporcionar alas de cola o alas de mando delanteras más pequeñas para estabilidad.

Control del ángulo de planeo:

El ángulo de planeo óptimo variará dependiendo del estado del mar. Si el viento o las corrientes superficiales tiran hacia atrás del flotador, entonces puede ser necesario un ángulo de planeo pronunciado para conseguir un movimiento hacia delante. A la inversa, si los vientos y corrientes son favorables, entonces un ángulo de planeo superficial puede aumentar la distancia recorrida en cada ciclo de planeo.

Se puede aplicar un control activo al ángulo de un ala de cola o ala de mando para controlar el ángulo de planeo. Alternativamente, o adicionalmente, el centro de gravedad puede ajustarse a lo largo del eje del cuerpo mediante el movimiento de una masa interna. Por ejemplo, un accionamiento de husillo puede mover el paquete de baterías hacia delante o hacia atrás para ajustar el centro de gravedad. Alternativamente, o adicionalmente, la unión del amarre puede ajustarse para afectar al ángulo del cuerpo.

En modos de realización preferidos, el vehículo está equipado con sistemas de control y guiado que permiten controlarlo a distancia de un modo deseado, por ejemplo de modo que se mueva en un patrón cerrado alrededor de una ubicación fija deseada, y/o para que siga una trayectoria deseada entre dos ubicaciones, que pueden estar separadas por muchos kilómetros, y/o para desplazarse lentamente hacia delante y hacia atrás a lo largo de un área del océano con el fin de recoger una amplia variedad de datos.

Si el flotador se mueve igualmente por otras fuerzas (por ejemplo por el viento, corrientes de agua o un sistema de propulsión convencional), el movimiento del nadador modifica (por ejemplo, acelera o desacelera y/o cambia la dirección de) el movimiento del flotador.

Diferentes sistemas de aletas que interaccionan con el agua del modo deseado incluyen, aunque sin limitarse a, los

diversos tipos descritos aquí. Un sistema de aletas concreto puede hacer uso de combinaciones de dos o más de estos tipos, excepto cuando sean incompatibles entre sí; y un vehículo acuático puede comprender dos o más sistemas de aletas del mismo o de diferente tipo o combinaciones de tipos. Cuando se hace referencia en lo que sigue a "aleta generalmente laminar" esto incluye la posibilidad de que el grosor de la aleta cambie, de modo regular o irregular, en la dirección transversal o en la dirección alineada, o en ambas, y la posibilidad de que partes de la aleta se extiendan hacia fuera desde su forma generalmente laminar. Por ejemplo, al menos parte de una aleta puede tener una sección transversal aerodinámica, es decir, una sección transversal tal que la aleta produce sustentación y resistencia cuando interacciona con el agua con olas. Cuando se hace referencia en lo que sigue a una aleta generalmente laminar que "se encuentra generalmente en un plano horizontal", esto incluye la posibilidad de que el plano principal de la aleta se encuentra en un plano que está inclinado con respecto a la horizontal en un ángulo que permita un funcionamiento efectivo de la aleta, por ejemplo un ángulo no superior a 45°, preferiblemente de no más de 20°, con respecto a la horizontal.

En algunos modos de realización de la invención, parte o todo el sistema de aletas tiene una primera configuración cuando el vehículo está en agua en calma; pasa de la primera configuración a una segunda configuración cuando el amarre tira hacia arriba del nadador como resultado de una cresta de ola que eleva el flotador hacia arriba; y pasa de la segunda configuración a una tercera configuración cuando el nadador se hunde hacia abajo como resultado de un seno de ola que permite que el flotador descienda. La tercera configuración será diferente generalmente de la primera configuración, aunque la invención incluye la posibilidad de que sea la misma que la primera configuración. Cuando el sistema de aletas pasa de la segunda configuración a la tercera configuración, puede pasar a través de la primera configuración como estado transitorio, aunque no es necesario. El sistema de aletas puede comprender, por ejemplo, una o más aletas que comprenden porciones generalmente laminares que se deforman elásticamente entre las diferentes configuraciones. Alternativa o adicionalmente, el sistema de aletas puede comprender, por ejemplo, uno o más componentes elásticamente deformables, que pueden cambiar de forma entre las diferentes configuraciones, y controlar así, o contribuir al control de, el movimiento de la aleta o aletas que comprenden porciones generalmente laminares. El componente elásticamente deformable puede controlar, o contribuir a controlar, el movimiento de una aleta tan solo en una dirección (por ejemplo, un muelle), o en dos o más direcciones, por ejemplo tanto en la dirección hacia arriba como hacia abajo (por ejemplo, una barra de torsión).

Se pueden incluir topes limitantes para evitar un movimiento indeseado de una aleta, por ejemplo para evitar una flexión excesiva de una aleta flexible. El tope puede ser un tope rígido, un tope elástico, por ejemplo un muelle, incluyendo un muelle de constante creciente.

El sistema de aletas comprende al menos una aleta, teniendo la aleta preferiblemente una o más de las siguientes características:

- (a) Es deformable elásticamente al menos en parte.
- (b) Es sustancialmente rígida al menos en parte.
- (c) Comprende una porción de ataque que es relativamente rígida y una porción central y/o una porción de fuga que es relativamente y elásticamente deformable.
- (d) Comprende una porción de ataque que es relativa y elásticamente deformable, una porción central que es relativamente rígida, y una porción de fuga que es relativa y elásticamente deformable.
- (e) Tiene una forma similar a la forma de la cola de un pez o una ballena.
- (f) En la primera configuración, es generalmente plana en un plano generalmente horizontal.
- (g) En la segunda configuración, es generalmente laminar y curvada hacia abajo, siendo la segunda configuración el resultado de flexionar y/o girar la aleta alrededor de un eje que se encuentra en un plano que es generalmente perpendicular al del amarre y generalmente a ángulos rectos con el eje longitudinal del nadador.
- (h) Cuando el nadador se hunde hacia abajo como resultado de un seno de ola que provoca que el flotador caiga, el sistema de aletas cambia de la segunda configuración a la tercera configuración, siendo la tercera configuración generalmente laminar y con un curvado hacia arriba.

Otras características funcionales opcionales del sistema de aletas incluyen que:

- (1) Comprende una pluralidad de aletas, que pueden ser iguales o diferentes, y que pueden estar alineadas en el mismo plano horizontal, o que pueden estar en dos o más planos diferentes.
- (2) Comprende una pluralidad de aletas que están montadas a un bastidor, por ejemplo una pluralidad de aletas montadas a ambos lados de una espina alineada axialmente, o una pluralidad de aletas montadas entre carriles laterales alineados.

(3) Comprende una pareja de aletas, las aletas

(i) alejándose de lados opuestos del cuerpo del nadador,

5 (ii) estando fijadas al cuerpo del nadador de modo que puedan moverse entre las configuraciones primera y segunda, extendiéndose la posición de las aletas en la segunda configuración hacia arriba con relación a la posición de las aletas en la primera configuración, y

10 (iv) siendo empujadas por un muelle u otros medios de recuperación elásticos a la primera configuración y alejándose de la segunda configuración.

(4) El sistema de aletas comprende una pareja de aletas y el amarre comprende una sección en forma de V invertida que tiene dos patas, estando cada pata fijada a una de las aletas; y

15 (5) Comprende una aleta caudal.

En el primer aspecto de la invención, el sistema de aletas comprende opcionalmente al menos un elemento adicional cuya forma es fija y tal que el elemento adicional genera directa o indirectamente fuerzas horizontales deseadas cuando el nadador se mueve por el movimiento del flotador. En un modo de realización del segundo aspecto de la invención, tales elementos son los únicos medios para generar las fuerzas deseadas.

20 La cantidad óptima de flexibilidad para una aleta flexible dependerá de muchas características del diseño y de las características de la ola anticipada. Si la aleta es demasiado flexible, entonces la curvatura durante el movimiento de gran amplitud puede ser tan grande que la porción de fuga de la aleta se pueda flexionar para quedar en paralelo a la dirección de movimiento y generar así poco empuje. Si la aleta es demasiado rígida, entonces la aleta no se flexionará con ninguna inflexión, y entradas de amplitud pequeña no generarán empuje eficientemente. Los expertos en la técnica no tendrán dificultad, en relación a su propio conocimiento y a la información contenida en esta descripción, para determinar una cantidad adecuada de flexibilidad.

30 El sistema de aletas incluye a menudo un componente rígido que se fija a, preferiblemente se sitúa por encima de, el cuerpo del nadador. El componente rígido puede tener, por ejemplo, una o más de las siguientes características:

(i) Está fijado de modo rígido a la porción de cuerpo.

35 (ii) Está situado por encima de la porción de cuerpo y un amarre unitario, o una pata de un amarre que tiene una configuración de Y invertida, se fija al mismo.

(iii) Al menos un sistema de aletas se fija al mismo. Cuando existe más de un sistema de aletas, los sistemas pueden montarse uno encima del otro y/o uno junto al otro.

40 (iv) Es el primer componente de un sistema de soporte que comprende asimismo un segundo componente rígido. El primer componente se sitúa por encima de, y se fija directamente a, la porción de cuerpo en un plano generalmente vertical y el segundo componente se fija directamente al primer componente y tiene uno o más sistemas de aletas fijados al mismo. El segundo componente se fija opcionalmente al primer componente, de modo que pueda girar con relación al primer componente en un plano generalmente vertical, y el giro puede estar influido opcionalmente por un elemento recuperable elásticamente, por ejemplo un muelle o barra de torsión. Al menos parte del amarre se fija opcionalmente al segundo componente de modo que tirar hacia arriba del amarre distorsiona el elemento recuperable elásticamente. La extensión del giro se limita opcional y adicionalmente mediante un elemento inextensible.

Vehículos acuáticos con aletas pectorales

55 En algunos modos de realización, una aleta generalmente plana o una pareja de aletas generalmente planas sufren una deformación elástica en la dirección transversal (y pueden sufrir asimismo una deformación elástica en la dirección de alineamiento). En algunos casos, tales aletas pueden moverse verticalmente sin un movimiento sustancialmente vertical del cuerpo del nadador. Se agitan de un modo similar a las aletas pectorales de un pez, o a las alas de un pájaro. Preferiblemente, la aleta o aletas pectorales giran alrededor de un eje longitudinal alineado axialmente. Opcionalmente, las superficies de las aletas pectorales pueden girar igualmente y/o flexionarse con relación al plano horizontal o con relación a un plano que interseca el eje longitudinal y un eje a través del larguero del ala.

60 Aletas pectorales de este tipo están directamente accionadas preferiblemente por el amarre, reduciendo así el movimiento del cuerpo del nadador. En algunos casos, esto las hace bien adaptadas para nadadores grandes o para aplicaciones en las cuales el cuerpo del nadador deba mantenerse relativamente estacionario.

65

Al unir las patas del amarre a diferentes puntos a lo largo de las aletas pectorales, puede ajustarse la cantidad de movimiento de la aleta con relación a la cantidad de movimiento de línea.

5 Las aletas pectorales pueden tener, por ejemplo, una estructura esquelética interna fabricada de un material menos flexible, opcionalmente sustancialmente rígido, con una elevada resistencia de fatiga, tal como acero templado o un compuesto de fibras de carbono. La estructura esquelética puede incluir un larguero delantero que hace relativamente rígido el borde de ataque. La flexión principal de la estructura esquelética tiene lugar curvando verticalmente el larguero delantero cerca de la unión al cuerpo. La rigidez del larguero delantero puede aumentar hacia las partes externas para evitar que las puntas de las alas caigan. El borde trasero del ala puede comprender, por ejemplo, solo el material de vaina de elastómero y ser relativamente flexible.

15 El amarre está unido preferiblemente a las alas pectorales en dos puntos, uno en cada ala. La estructura del ala es preferiblemente tal que, cuando el amarre no está bajo tensión, la aleta se flexiona hacia abajo; y cuando el vehículo está en agua en calma, las aletas se flexionan hasta una posición relativamente plana. Aumentar la tensión de línea provocará que las alas se flexionen hacia arriba. Los puntos de unión de la línea están preferiblemente hacia el borde de ataque de las alas pectorales. El centro de gravedad (COG) está preferiblemente bajo el punto de unión de línea de modo que el cuerpo del nadador está en horizontal en agua en calma. Si hay más área de aleta por detrás de la unión de la línea, un movimiento hacia arriba provocará que el nadador levante el morro hacia arriba. Si hay más área de aleta detrás del COG, un movimiento hacia abajo provocará que el nadador hunda el morro hacia abajo. Opcionalmente, un timón dirige el nadador. Características opcionales del dispositivo con alas pectorales pueden incluir:

- (a) Un cuerpo externo liso que no tiene ningún mecanismo expuesto y es resistente a las incrustaciones.
- 25 (b) Una flexión distribuida a lo largo de una gran área de modo que se pueda minimizar la fatiga en puntos específicos para una vida prolongada.
- (c) Una forma global aerodinámica que permite una velocidad aumentada.
- 30 (d) Bruscos aumentos en la tensión del amarre se transmiten inmediatamente a las aletas de modo que la inercia del vehículo no impida su conversión en empuje.
- (e) Las puntas de las aletas se extienden más allá de los puntos de unión de la línea y el larguero del ala es relativamente rígido en esta región, de modo que las puntas de las aletas se muevan a través de una amplitud mayor que el amarre. Esto contribuye a generar grandes cantidades de empuje a partir de pequeñas cantidades de movimiento del amarre.
- 35

Componentes adicionales

40 Componentes adicionales que pueden ser parte del vehículo acuático incluyen, aunque sin limitarse a, aquellos descritos en los párrafos 1-14 anteriores. Algunos componentes, por ejemplo equipo de control electrónico, pueden ser parte tanto del flotador como del nadador o de ambos. Elementos voluminosos o masivos, por ejemplo baterías, y equipo que funciona mejor con un movimiento limitado y/o cuando se protegen del viento y el ruido, tales como equipo de imagen o de mapeo, hidrófonos y equipo de sonar, son preferiblemente parte del nadador. Otros componentes, por ejemplo medios de recolección solar, antenas de radio y navegación, balizas y sensores meteorológicos son preferiblemente parte del flotador.

(1) Equipo de comunicaciones para enviar y/o recibir datos, por ejemplo señales de radio digitales o analógicas, por ejemplo equipo de comunicaciones para

50 (i) enviar señales que reflejan datos recogidos mediante un dispositivo de monitorización o detección que es parte del vehículo;

(ii) recibir señales, por ejemplo comandos, de una estación de base (por ejemplo, un barco o una estación de tierra) o de dispositivos de navegación, por ejemplo equipo de navegación por satélite tal como un satélite de posicionamiento global (GPS), o boyas de sonar o radio,

(iii) enviar señales a una estación de recepción, por ejemplo vía satélite,

60 (iv) enviar señales que están influidas por la posición del vehículo.

(2) Equipo de registro para registrar señales, por ejemplo señales digitales o analógicas, por ejemplo señales que son

65 (i) influidas por señales procedentes de un sistema de navegación por satélite, por ejemplo, GPS;

(ii) enviadas desde el vehículo a una estación de recepción, por ejemplo vía satélite;

(iii) influidas por la posición del vehículo; o

5 (iv) influidas por un sensor que es parte del vehículo, por ejemplo un hidrófono incorporado al nadador;

(3) Electrónica de control para controlar equipo que forma parte del vehículo.

10 (4) Medios de guiado, por ejemplo un timón que forma parte del flotador y/o un timón que forma parte del nadador, siendo los mecanismos de guiado, por ejemplo, un timón fijo en el flotador (por ejemplo para mantener el centro de resistencia por detrás del punto en el cual el amarre se une al flotador), y/o un timón u otros medios de guiado que se unen al nadador y que incluyen un actuador del timón que responde a señales generadas en el vehículo, por ejemplo de una brújula magnética o un giróscopo, y/o recibidas por equipo de comunicaciones que forma parte del vehículo.

15 (5) Fuentes de energía eléctrica, por ejemplo baterías o células de combustible, preferiblemente fuentes de energía que puedan ser recargadas, por ejemplo mediante la salida de células solares montadas en el flotador. Las baterías, debido a que son pesadas, se sitúan preferiblemente en el cuerpo del contenedor del nadador. Puede haber, por ejemplo, de cuatro a diez baterías de ácido de plomo de 6 V.

20 (6) Medios para utilizar energía solar, por ejemplo paneles solares o células solares, montados en el flotador.

25 (7) Un sensor, utilizándose este término para denotar cualquier dispositivo que informe de, o responda a un cambio en, cualquier condición observable. Así pues, el sensor puede ser cualquiera de una gran variedad de dispositivos científicos o de vigilancia, por ejemplo una brújula, un giróscopo, un sensor de temperatura, un sensor de presión, un sensor de cualquier tipo de radiación electromagnética, por ejemplo luz visible, ultravioleta o infrarroja, un sensor químico, por ejemplo un sensor de salinidad, un magnetómetro, un sensor biológico, un sensor geológico, un sensor de corriente de agua, un sensor de profundidad, un velocímetro, equipo para imágenes del lecho marino, un sensor meteorológico o de otros cambios climáticos, por ejemplo velocidad del viento, precipitación, o presión barométrica, o un hidrófono (por ejemplo, un hidrófono para monitorizar los sonidos realizados por ballenas u otra vida acuática).

30 En algunos modos de realización, debido a que los vehículos de la invención no necesitan incluir componentes de propulsión convencionales, u otros componentes ruidosos, estos proporcionan plataformas excelentes para dispositivos sensibles al ruido y no tienen ningún efecto adverso sobre dispositivos sensibles al ruido transportados por otro equipo, por ejemplo por otros vehículos acuáticos.

35 (8) Medios de propulsión auxiliares, por ejemplo un propulsor motorizado.

40 (9) Medios de control de actitud, por ejemplo alerones.

45 (10) Medios para alterar reversiblemente la flotabilidad del flotador. Tales medios incluyen, por ejemplo, cámaras que pueden ser infladas con aire para aumentar la flotabilidad y desinfladas para reducir la flotabilidad, y/o cámaras que pueden ser rellenadas con agua para disminuir la flotabilidad y vaciadas para aumentar la flotabilidad. De este modo, el flotador puede ser mantenido a un nivel deseado en el agua (incluso sumergido). Reducir la flotabilidad es valioso, por ejemplo, cuando condiciones meteorológicas adversas pueden poner en peligro el vehículo, en particular si el vehículo es relativamente pequeño. Tales cámaras pueden comprender, por ejemplo, válvulas, por ejemplo válvulas unidireccionales, que están controladas por ordenadores que responden a entradas de sensores del propio vehículo o a señales de radio. La energía necesaria para inflar y/o vaciar tales cámaras puede derivarse directamente de olas que golpean el flotador, y/o de la energía undimotriz generada por el movimiento relativo del flotador y el nadador, y/o de energía eléctrica almacenada. Por ejemplo, una cámara puede comprender una porción flexible que actúa como una bomba cuando es golpeada por olas, y que o bien llena o vacía la cámara, dependiendo de la posición de las válvulas. Alternativa o adicionalmente, el flotador puede comprender una o más cámaras con una o más entradas a través de las cuales puede entrar agua cuando las olas son altas, pero no cuando las olas son bajas, y una o más salidas por las cuales se puede drenar el agua cuando las olas son bajas.

55 (11) Equipo para recoger muestras, por ejemplo muestras de agua, aire, organismos acuáticos, animales marinos, vegetales o minerales.

60 (12) Equipo para utilizar energía eólica, por ejemplo para recargar baterías.

(13) Equipo eléctrico auxiliar, por ejemplo luces, balizas, o un motor que acciona una hélice.

(14) Medios para convertir parte o todo el movimiento del nadador en energía eléctrica.

65 En algunos modos de realización, es posible operar simultáneamente componentes superficiales, por ejemplo células solares y/o radio, y un componente sumergido, de modo que la transmisión de datos pueda ser "en tiempo

real". Es posible igualmente planear fases alternadas de recogida de datos y transmisión.

Dirigiendo el vehículo lo largo de una trayectoria deseada

5 En algunos usos de la invención, el vehículo se dirige a lo largo de una trayectoria geográfica deseada con la ayuda de un ordenador sujeto al flotador o al nadador. El ordenador se utiliza por ejemplo

(a) para procesar (i) entradas de una brújula magnética o un giróscopo (preferiblemente sujeto al nadador), (ii) 10 entradas de un sistema de navegación por satélite, por ejemplo GPS (unido preferiblemente al flotador), y (iii) coordenadas geográficas preprogramadas en el ordenador y/o introducidas en el ordenador mediante comandos de radio; y

(b) para enviar comandos a (i) un sistema de control del timón que controla un timón o timones en uno o ambos del 15 flotador y el nadador, preferiblemente en el nadador, y (ii), si el vehículo tiene unos medios de propulsión o control auxiliares, a esos medios. La entrada al ordenador puede incluir datos disponibles de otras fuentes, por ejemplo para tener en cuenta vientos y corrientes.

En otros usos de la invención, el vehículo se dirige a lo largo de una trayectoria que se determina utilizando un 20 ordenador incorporado al flotador o al nadador, o a ambos, utilizándose el ordenador para

(a) procesar una entrada de un sensor unido al propio vehículo, o de una red de vehículos, uno o más de los cuales 25 son vehículos de la invención, y

(b) enviar comandos a (i) un sistema de control del timón que controla un timón o timones en uno o ambos del 30 flotador y el nadador, preferiblemente en el nadador, y (ii), si el vehículo tiene unos medios de propulsión o control auxiliares, a esos medios.

De este modo, por ejemplo, un hidrófono, magnetómetro, u otro sensor en el vehículo podría identificar la presencia 35 de un objeto en o sobre el agua o sobre el lecho marino, por ejemplo un barco u otro objeto flotante o sumergido, una ballena u otra criatura marina, y el vehículo podría ser dirigido para seguir una trayectoria relacionada con ese objeto, por ejemplo para seguir el movimiento o presencia de ese objeto.

El funcionamiento del vehículo puede ser controlado mediante señales enviadas al mismo desde una estación de 40 control remoto y/o mediante señales generadas por el propio vehículo, opcionalmente en conjunción con una o más estructuras de comando preprogramadas que forman parte del propio vehículo.

Un modo de mantener el vehículo cerca de un punto fijo ("mantenimiento de posición") es dirigir el vehículo hacia el 45 punto fijo a intervalos regulares, por ejemplo de 1-10 minutos. Si el vehículo ha sobrepasado el punto fijo, vuelve al final del intervalo. Los giros sucesivos son preferiblemente en dirección horaria y contrahoraria, para reducir el riesgo de retorcimiento del amarre, y cada uno de los giros es preferiblemente tan pequeño como sea consistente con el evitar el retorcimiento del amarre. Otro modo es dirigir el vehículo a lo largo de una trayectoria generalmente en 50 forma de ocho, con el centro de la trayectoria siendo el punto fijo, y con el eje vertical de la trayectoria alineado con cualquier corriente del océano. El vehículo sigue una línea recta entre cada uno de los giros, y de nuevo giros sucesivos son en dirección horaria y contrahoraria; y, si el tiempo pasado fuera de una zona definida por las 55 secciones rectas de la trayectoria es importante, cada uno de los giros es preferiblemente tan pequeño como sea consistente con evitar el retorcimiento del amarre.

En muchas aplicaciones, es innecesario controlar la velocidad del vehículo. Sin embargo, si se desea tal control, 60 este se puede proporcionar, por ejemplo, mediante medidas tales como controlar el ángulo de ataque de las aletas, permitir que las aletas se pongan en bandera, y sostener las aletas rígidamente, para disminuir su eficiencia cuando se desea menos empuje. Si hay aletas a cada lado del cuerpo del nadador, estas medidas pueden ser utilizadas igualmente para guiar el nadador.

Almacenamiento y despliegue

55 Con el fin de facilitar el almacenamiento y transporte del nadador, el punto de unión entre la aleta y el cuerpo del nadador puede incluir una articulación pivotante que permite que el nadador se almacene con el eje de las aletas paralelo al eje del cuerpo, por ejemplo en un depósito, aunque permite que la aleta sea girada 90° a su posición de 60 funcionamiento. Esta articulación puede ser elástica y equipada con un fiador o similar, de modo que la aleta pueda ser bloqueada en la posición de funcionamiento.

Los dibujos

65 La figura 1 muestra un flotador 11 que está conectado a un nadador 21 mediante un amarre 31. El flotador comprende un cuerpo 111 sobre el cual se montan paneles solares 112, un receptor GPS 113, una antena 114, y una caja electrónica 115. Un timón 116 se fija a la parte trasera del flotador. El amarre 31, que tiene una forma de Y

invertida con patas inferiores 311 y 312, conecta el flotador y el nadador. El nadador comprende un cuerpo 211 que tiene un morro cónico 212. Montado en el exterior del cuerpo 211 se encuentran sistemas de aletas 213 y 214. Encerrado por el cuerpo 211 se encuentran pasajes eléctricos 215 para la pata 311 del amarre, baterías 216, electrónica de control 217, servomecanismos del timón 218 y un pasaje de la barra del timón 219. Un timón 222 se monta en la parte trasera del cuerpo del nadador y está controlado mediante una barra de accionamiento del timón 221.

Las figuras 2 y 3 son secciones transversales de aletas que pueden ser utilizadas en la presente invención. Cada una comprende un larguero delantero rígido 2131, que puede estar compuesto, por ejemplo, de un compuesto estratificado de lámina metálica y/o tiene un núcleo de acero, una sección de lámina central 2134 relativamente inflexible, que puede estar compuesta, por ejemplo, de metal y/o fibra de vidrio, y una sección de lámina trasera 2135 relativamente flexible. En la figura 3, existe además una sección de lámina delantera 2133 relativamente flexible, y la lámina trasera flexible es integral con una vaina externa flexible 2136. Las diversas secciones pueden estar unidas o sostenidas entre sí con fijaciones tales como remaches 2132.

La figura 4 es una sección transversal de un amarre 31 que comprende un elemento tensor 311, seis parejas retorcidas de conductores eléctricos aislados 314, y una vaina polimérica aerodinámica 315.

La figura 5 es un diagrama de bloques de un sistema de control para dirigir el vehículo a lo largo de una trayectoria deseada. Se pueden utilizar otros sistemas de control.

La figura 6 muestra una trayectoria generalmente en forma de ocho seguida repetitivamente por un vehículo para mantenerlo dentro de una zona objetivo alrededor de un punto fijo 2 (excepto cuando está girando fuera de la zona). El eje de la trayectoria está alineado con la corriente oceánica. El vehículo sigue una trayectoria recta entre los puntos 1 y 3, pasando a través del punto 2. En el punto 3, sistemas de control en el vehículo notan que el vehículo ha alcanzado el perímetro de la zona objetivo, y accionan un timón de modo que el vehículo gira en dirección contrahoraria entre los puntos 3 y 4. El vehículo sigue a continuación una trayectoria recta entre los puntos 4 y 5, pasando de nuevo a través del punto 2. En el punto 5, el sistema de control acciona el timón de modo que el vehículo gira en dirección horaria entre los puntos 5 y 1. Si el vehículo es movido por el viento y/o corrientes además de la energía undimotriz, pueden ser necesarios medios de propulsión auxiliares para mantener el vehículo dentro de la zona objetivo.

La figura 7 es una vista en perspectiva de un nadador 21 y un amarre 31. Dos sistemas de aletas sustancialmente idénticos, cada uno de los cuales comprende un poste vertical rígido 226 y una aleta 213, se fijan al cuerpo del nadador 211. Las patas 311 y 312 del amarre se unen a las partes superiores de los postes 226. Cada aleta comprende un larguero delantero 2131 relativamente rígido y una sección trasera 2135 relativamente flexible conformada de modo que la aleta pueda funcionar sin golpear el cuerpo del nadador; la aleta incluye opcionalmente una o más secciones intermedias (no mostradas) que tienen una flexibilidad relativamente mayor o menor. Una estructura de bisagra 2262 está atornillada a cada larguero delantero 2131 y gira alrededor de ejes de pivote fijados a los postes 226. Cada una de cuatro barras de torsión 2263 se fija en un extremo a uno de los postes verticales y en el otro extremo a un larguero delantero como una posición seleccionada para proporcionar un grado deseado de control sobre el giro del larguero delantero. Cada aleta puede tener, por ejemplo, una sección transversal generalmente como se muestra en la figura 2 o en la figura 3. Aletas verticales rígidas 222 y 223 se fijan a los extremos de fuga y de ataque respectivamente del cuerpo del nadador. La aleta 223 está fija. La aleta 222 puede ser controlada para girar alrededor de un eje vertical.

La figura 8 muestra cómo cambia la forma de las aletas en la figura 7 cuando el nadador es empujado hacia arriba y hacia abajo por el movimiento de las olas.

La figura 9 es una vista en perspectiva de un nadador 21 y un amarre 31, y la figura 10 es una vista en perspectiva ampliada de parte de la figura 9. Dos sistemas de aletas sustancialmente idénticos, cada uno de los cuales comprende un poste vertical rígido 226 y una aleta 213, se fijan al cuerpo del nadador 211. Cada aleta comprende un larguero delantero 2131 relativamente rígido y una sección posterior 2135 relativamente flexible, conformada de modo que la aleta pueda funcionar sin golpear el cuerpo del nadador; la aleta incluye opcionalmente una o más secciones intermedias (no mostradas) que tienen una flexibilidad relativamente mayor o menor. Una bisagra 2262 se atornilla a cada larguero delantero 2131. Barras 2265 se fijan a las bisagras 2262. Un extremo de cada barra 2265 se fija de modo giratorio a un eje de pivote en la parte superior de uno de los postes 226, y el otro extremo se fija de modo giratorio a la barra longitudinal 2266 que une las barras 2265 unidas a los postes respectivos. Unos muelles 2267 se fijan al cuerpo del nadador y a la barra 2266. El amarre 31 se fija a la barra longitudinal 2266. Aletas verticales rígidas 222 y 223 se fijan a los extremos de fuga y de ataque respectivamente del cuerpo del nadador. La aleta 223 está fija. La aleta 222 puede ser controlada para girar alrededor de un eje vertical. En un modo de realización similar (no mostrado), los muelles se unen de modo giratorio a las barras 2265 en lugar de a la barra 2266.

Las figuras 11A a 11D muestran cómo cambia la forma de las aletas en la figura 9 cuando el nadador es empujado hacia arriba y hacia abajo por el movimiento de las olas. En la figura 11A, el nadador está siendo empujado hacia

arriba; la tensión del amarre aumenta y tira de la barra 2266 hacia arriba, estirando los muelles 2267; los bordes de ataque de las aletas giran hacia abajo y las secciones de fuga de las aletas se curvan hacia arriba, produciendo un empuje desde las superficies inferiores de las aletas; y el nadador se mueve hacia arriba. En la figura 11B, la tensión del amarre permanece alta; tras el giro del borde de ataque de la aleta alcanza su límite mecánico, y las secciones de fuga de las aletas se curvan hacia abajo, produciendo empuje desde la superficie superior de la aleta, el nadador continúa moviéndose hacia arriba. En la figura 11C, la tensión del amarre ha disminuido; y las secciones de fuga de las aletas se curvan hacia abajo, generando un empuje desde las superficies superiores de las aletas, y el nadador se mueve hacia abajo. En la figura 11D, la tensión del amarre permanece baja; las secciones de ataque de las aletas permanecen giradas hacia arriba y las secciones de fuga de las aletas se curvan hacia arriba, produciendo empuje desde las superficies inferiores de las aletas; y el nadador continúa su movimiento descendente.

Las figuras 12-21 muestran el nadador de diferentes tipos de vehículos acuáticos de la invención. En cada uno, un nadador 21 tiene un centro de gravedad 230 y comprende un cuerpo del nadador 211, un morro cónico 212 y un timón 222. Fijado al cuerpo del nadador se encuentra un sistema de aletas que comprende un (unos) poste(s) vertical(es) 226 y una o más aletas, comprendiendo cada aleta dos o más secciones internas flexibles 2133, una sección rígida 2134 y una sección externa flexible 2135.

En las figuras 12-16, hay un único poste, y un amarre 31 se fija a la parte superior del poste. En las figuras 12-14, el borde de ataque de una única aleta se fija en una posición intermedia en el poste. En las figuras 15 y 16, el borde de ataque de una única aleta está fijado de modo giratorio alrededor del punto de pivote 2261 en una posición intermedia en el poste. En la figura 16, un tope 2268 limita el giro del borde de ataque de la aleta.

En la figura 17, hay un único poste que tiene una barra 2265 fijada de modo giratorio a su parte superior. El borde de ataque de la aleta se fija a un extremo de la barra 2265, y el amarre 31 se fija al otro extremo de la barra 2265. El giro de la barra 2265 se controla mediante el muelle 2267 fijado al poste y a la barra. La figura 18 es similar a la figura 17, excepto en que hay tres barras 2265 con aletas unidas, el amarre 31 se fija a la barra superior, y una línea fijada a las partes superiores de las tres barras y al cuerpo del nadador incluye el muelle 2267. La figura 19 es algo similar a la figura 18, excepto en que las tres barras 2265 con aletas incorporadas se disponen horizontalmente cada una tiene un extremo fijado de modo giratorio a una barra horizontal inferior unida a dos postes verticales 226 y el otro extremo fijado de modo giratorio a una barra horizontal superior 2266. El giro de las barras 2265 está controlado por el muelle 2267 que se fija a la barra horizontal superior y al cuerpo del nadador.

En las figuras 20 y 21, hay un único poste que tiene una barra 2265 fijada de modo giratorio a su parte superior. El borde de ataque de la aleta se fija a un extremo de la barra 2265. Las patas inferiores 311 y 312 del amarre 31 se fijan a los extremos de la barra 2265, y la pata 312 incluye el muelle 2267. El giro de la barra 2265 está limitado por una línea flexible 2268. Una aleta de estabilización horizontal fija 225 se fija al extremo de fuga del cuerpo del nadador.

Las figuras 22A-22C muestran la diferentes configuraciones de un nadador que comprende un cuerpo del nadador 21 que tiene una sección posterior rígida 214 que tiene un estabilizador fijo horizontal 225 fijado a la misma; una sección central 228 que puede ser deformada elásticamente en el plano vertical pero no deformada sustancialmente en el plano horizontal; y una sección anterior rígida 212 a la cual se fija una aleta rígida 213. Un amarre 31 se fija a la sección anterior 212. En la figura 22A, el nadador está en agua en calma. En la figura 22B el nadador está siendo empujada hacia arriba. En la figura 22C, la tensión del amarre ha caído, y el peso del nadador está por delante del centro de sustentación, causando que la sección anterior se incline hacia abajo.

La figura 23 muestra un nadador que funciona de modo similar a nadador mostrado en la figura 22. La aleta rígida 213 gira con relación al cuerpo rígido del nadador 211, y el amarre está unido a la parte superior de un poste 226 que gira con relación a la aleta y al cuerpo del nadador, y que transporta un lastre de estabilización 226 en su extremo inferior.

Las figuras 24 y 25 muestran nadadores en los cuales el sistema de aletas comprende dos aletas 233 que giran alrededor de un eje alineado y que están conectadas, en puntos de fuera de borda del cuerpo del nadador, a patas inferiores transversales 315 y 316 del amarre 31. El nadador mostrado en la figura 24 comprende asimismo aletas verticales fijas rígidas 223 en el extremo de ataque del cuerpo del nadador.

Las figuras 26A, 26B y 26C son vistas superior, lateral y frontal del nadador de un vehículo acuático, y la figura 26D es una vista ampliada de la parte delantera de la figura 26B. Las figuras muestran un amarre 31; un cuerpo del nadador 211 que tiene un morro cónico 212, un timón 222 y un COG 230; y un sistema de aletas que comprende postes verticales 226, una barra horizontal 2265, y una pluralidad de aletas idénticas. Cada aleta está unida de modo giratorio a la barra 2265 en un punto de pivote 2261 y fijada asimismo a la barra 2265 mediante muelles 2267 que controlan el giro de la aleta. Cada aleta comprende borde de ataque 2131 sustancialmente rígido, una sección central 2134 relativamente inflexible, y una sección de fuga 2135 relativamente flexible. En modos de realización similares, el número de aletas podría ser, por ejemplo, de 3 a 8, por ejemplo 5, la barra 2265 y los muelles 2267 podrían estar configurados de modo que el movimiento de cada aleta se controla mediante un único muelle.

5 Las figuras 27A-D muestran diferentes actitudes del nadador cuando se mueve a través de diferentes fases en su interacción con el agua. El vehículo comprende un flotador 11, un amarre 31, y un nadador 21 que comprende un cuerpo 211 y una aleta que se extiende a ambos lados del cuerpo 211. La aleta gira alrededor de un eje de aleta 2137 que se encuentra a ángulos rectos con el eje del amarre y a ángulos rectos con el eje del cuerpo del nadador 2117. La aleta tiene un eje de cuerda 2138 que es paralelo al eje del cuerpo 2117 cuando el vehículo está en reposo (figura 27A) y durante la fase de planeo (figura 27C), y está a un ángulo con respecto al eje del cuerpo 2117 durante la fase de cometa (figura 27D).

REIVINDICACIONES

1. Un vehículo acuático propulsado por olas, que comprende:

5 (1) un flotador (11) que comprende un sensor (113) de posición por satélite ,

(2) un nadador (21) que comprende (a) un sensor horizontal que detecta la dirección en un plano horizontal, y (b) un actuador de guiado (222),

10 (3) un amarre (31) que conecta el flotador (11) y el nadador (21), y

(4) un sistema de ordenador (115, 217) que (a) está vinculado al sensor de posición, al sensor horizontal y al actuador de guiado (116, 222), y (b) contiene, o se puede programar para contener, instrucciones para controlar el actuador de guiado como respuesta a señales recibidas desde el sensor de posición y desde el sensor horizontal, o

15 en respuesta a señales recibidas desde un sensor en el vehículo;

siendo el flotador, nadador y amarre tales que, cuando el vehículo se encuentra en agua en calma,

(i) el flotador (11) está sobre o cerca de la superficie del agua,

20

(ii) el nadador (21) está sumergida por debajo de flotador (11), y

(iii) el amarre (31) está bajo tensión;

25 comprendiendo el nadador (21)

(2a) un cuerpo (211) del nadador que tiene un eje longitudinal y

(2b) un sistema de aletas (213, 214) que

30

(a) está fijado al cuerpo (211) del nadador ,

(b) comprende una aleta, y

35 (c) cuando el vehículo está en agua con olas,

(i) tiene una configuración que cambia como resultado del movimiento de las olas, e

(ii) interacciona con el agua para generar fuerzas que tienden a mover al nadador en una dirección horizontal.

40

2. Un vehículo acuático de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende (1) paneles solares o células solares (112) montados en el flotador, (2) baterías o células de combustible (216) que pueden ser recargadas mediante la salida de los paneles solares o células solares, y (3) equipo de comunicaciones (114) para enviar y recibir datos.

45 3. Un vehículo acuático de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que incluye un sensor que es una brújula, un giróscopo, un sensor de temperatura, un sensor de presión, un sensor de radiación electromagnética, un sensor químico, un magnetómetro, un sensor biológico, un sensor geológico, un sensor de corrientes acuáticas, un sensor de profundidad, un velocímetro, equipo para imágenes del lecho marino o un sensor de cambios climáticos.

50 4. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un hidrófono.

5. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el sistema de aletas tiene una o ambas de las siguientes características:

55 (A) la aleta comprendida en el sistema de aletas gira alrededor de un eje de giro, y el sistema de aletas comprende un componente elástico (2267) que (i) no es parte de la aleta comprendida en el sistema de aletas, y (ii) se deforma elásticamente e influye así en cambios en la configuración del sistema de aletas cuando el vehículo está en agua con olas; y

60 (B) la aleta comprendida en el sistema de aletas comprende una aleta que tiene un borde de ataque (2131) que comprende (i) una sección central relativamente rígida que tiene una relación espacial fija con el cuerpo del nadador, y (ii) secciones de fuera de borda (2135) relativamente deformables.

65 6. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que (1) la aleta comprendida en el sistema de aletas comprende una pluralidad de aletas (2131), (2) el sistema de aletas comprende una barra rígida (2265) que se monta en el cuerpo del nadador, (3) cada una de la pluralidad de aletas se monta de

modo giratorio en la barra rígida (2265), y (4) el sistema de aletas comprende un componente elástico (2267) que (i) no es parte de la pluralidad de aletas y (ii) se deforma elásticamente e influye así en cambios en la configuración del sistema cuando el vehículo está en agua con olas.

5 7. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el amarre comprende un elemento elásticamente deformable.

10 8. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el amarre comprende un elemento tensor (313) y uno o más elementos (314) que no transportan ninguna carga y que transmiten energía eléctrica y/o datos.

15 9. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el amarre comprende primeros y segundos amarres unidos respectivamente a posiciones anterior y posterior del flotador y el nadador.

10 10. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cuerpo del nadador tiene una o ambas de las siguientes características

20 (1) comprende una segunda aleta (212) que (i) no está comprendida en el sistema de aletas, e (ii) influye en la orientación del cuerpo del nadador en el plano horizontal cuando el vehículo está en agua con olas; y

25 (2) comprende un alojamiento generalmente tubular y terceras aletas (222, 223) que (i) no están comprendidas en el sistema de aletas y (ii) proporcionan superficies de aleta verticales contiguas respectivamente al extremo delantero y al extremo trasero del cuerpo del nadador.

30 11. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el nadador tiene un centro de gravedad, y el amarre está unido al nadador de modo sustancialmente vertical por encima del centro de gravedad; el flotador tiene un centro de flotación, y el amarre está unido al flotador sustancialmente en vertical por encima del centro de flotación; y el flotador tiene un centro de resistencia, y el amarre está unido al flotador delante del centro de la resistencia.

12. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un propulsor motorizado.

35 13. Un vehículo acuático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el flotador comprende cámaras que puedan ser infladas con aire para aumentar la flotabilidad y desinfladas para reducir la flotabilidad, y/o cámaras que pueden ser rellenadas con agua para disminuir la flotabilidad y vaciadas para aumentar la flotabilidad.

40 14. Un método para utilizar energía undimotriz que comprende situar un vehículo acuático como el definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 en un cuerpo de agua que tiene o que se espera que tenga olas de agua que se desplazan a través de su superficie.

45 15. Un método para utilizar energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el vehículo acuático comprende equipo de comunicaciones para enviar y recibir datos, y el método comprende enviar señales al equipo de comunicaciones desde una estación de control a distancia.

Fig 1

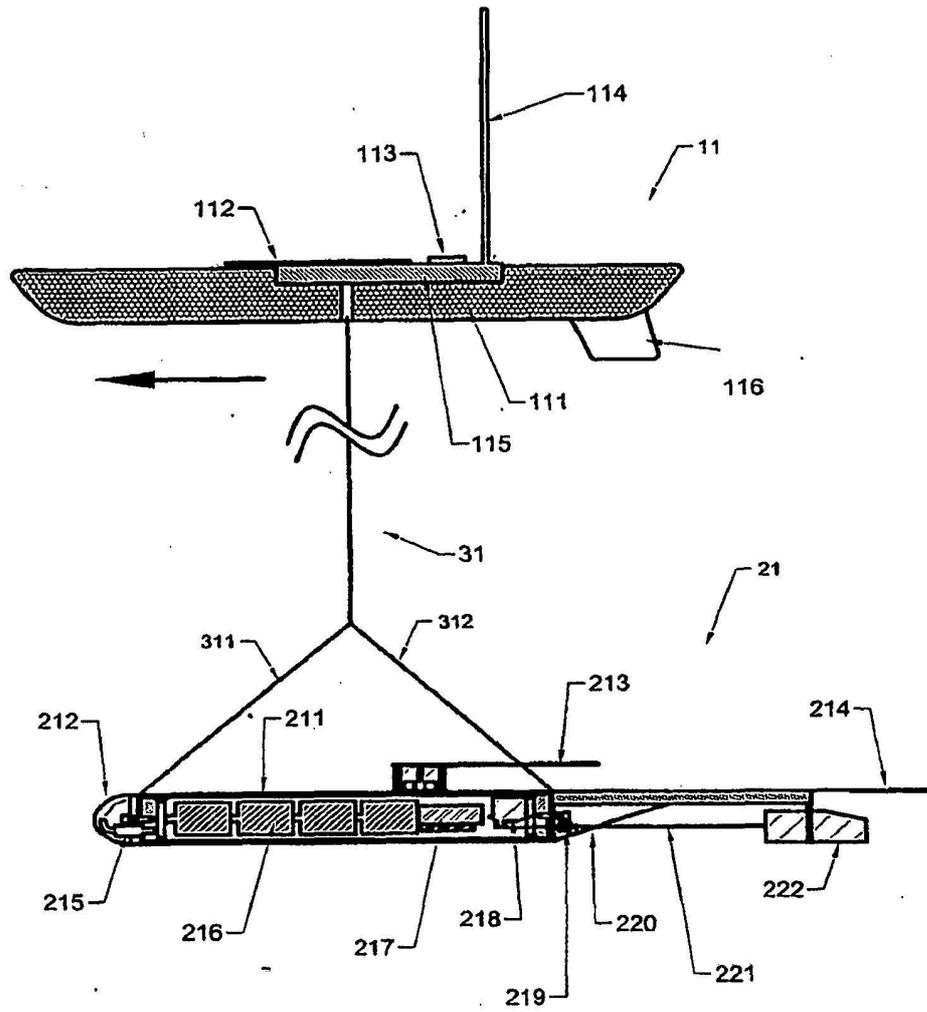


Fig 2

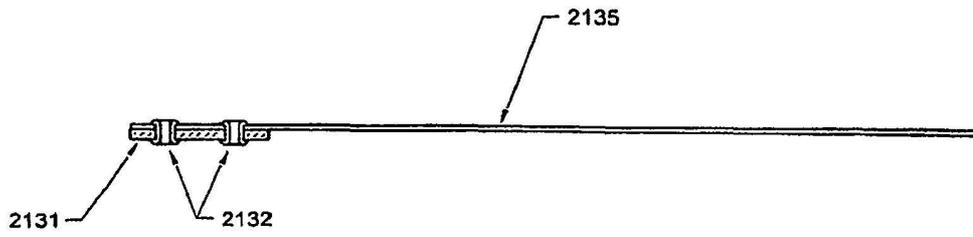


Fig 3

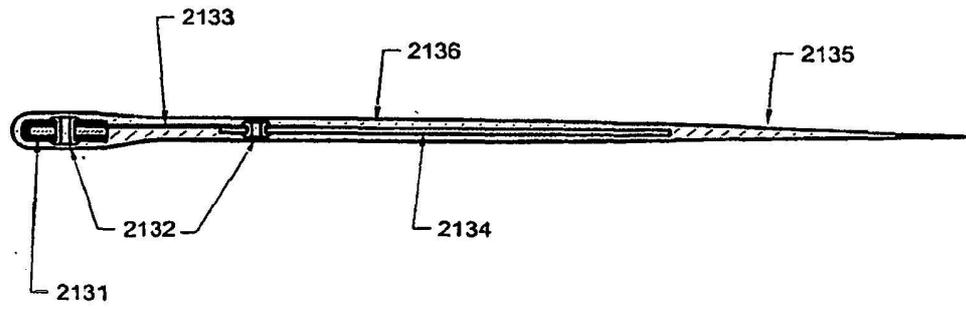


Fig 4

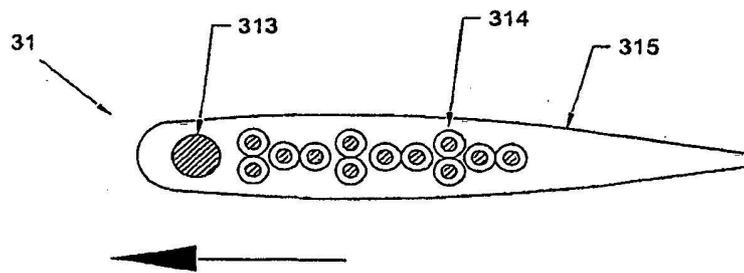


Fig 5

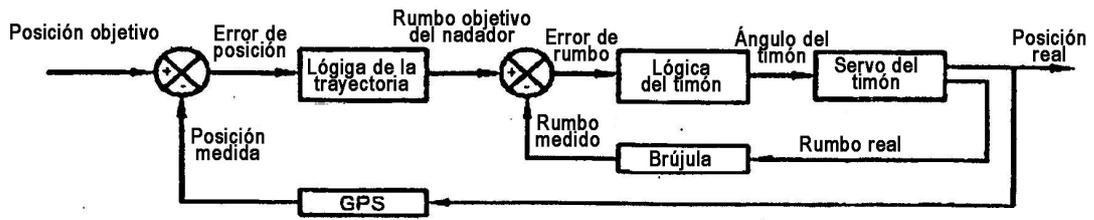


Fig 6

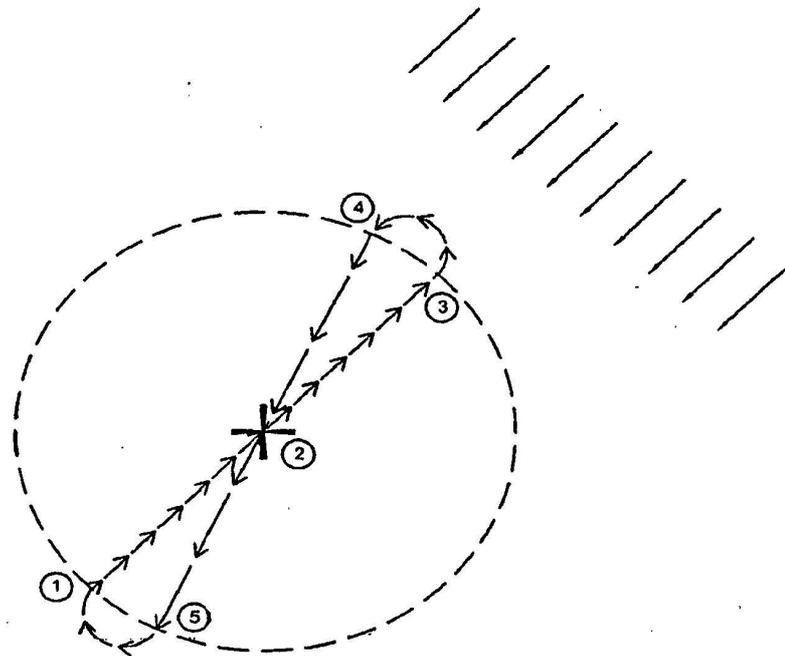


Fig 7

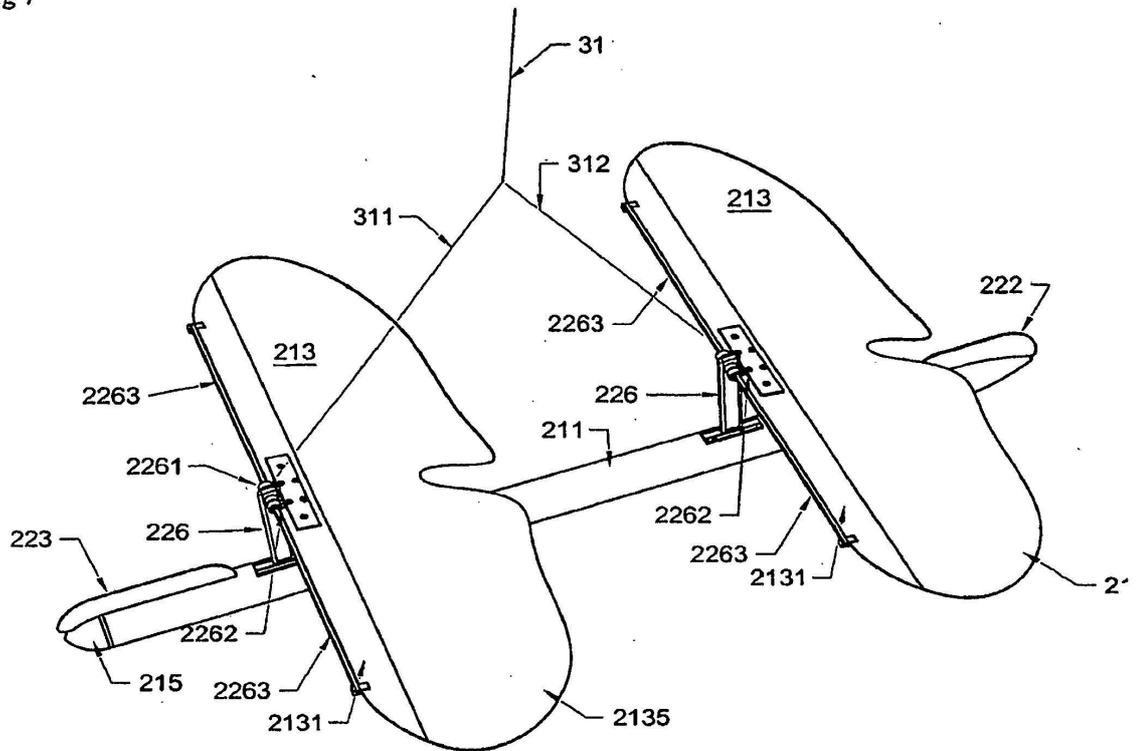


Fig 8

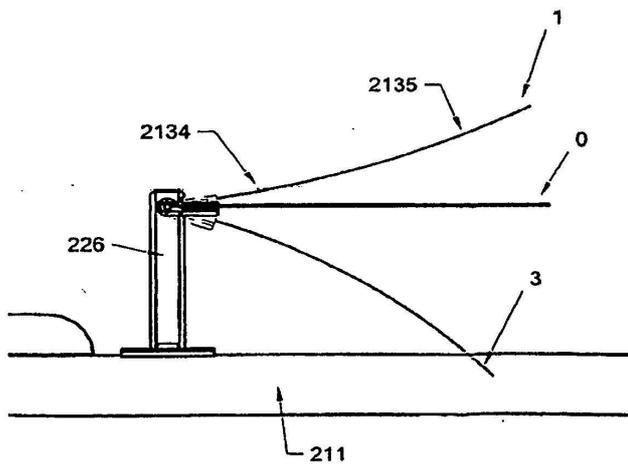


Fig 9

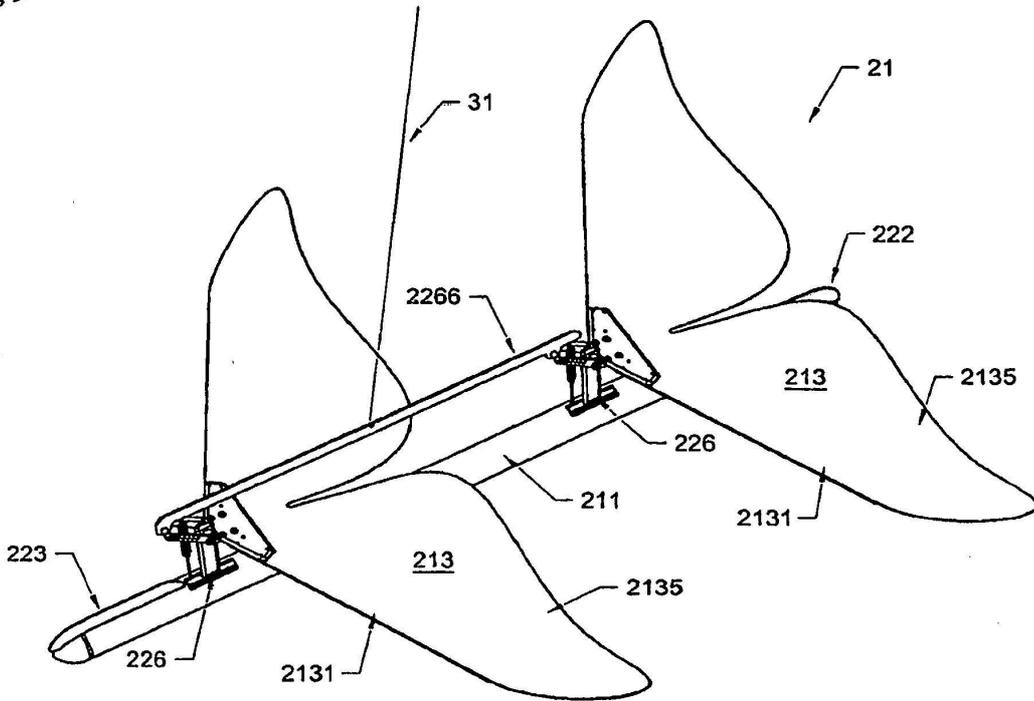


Fig 10

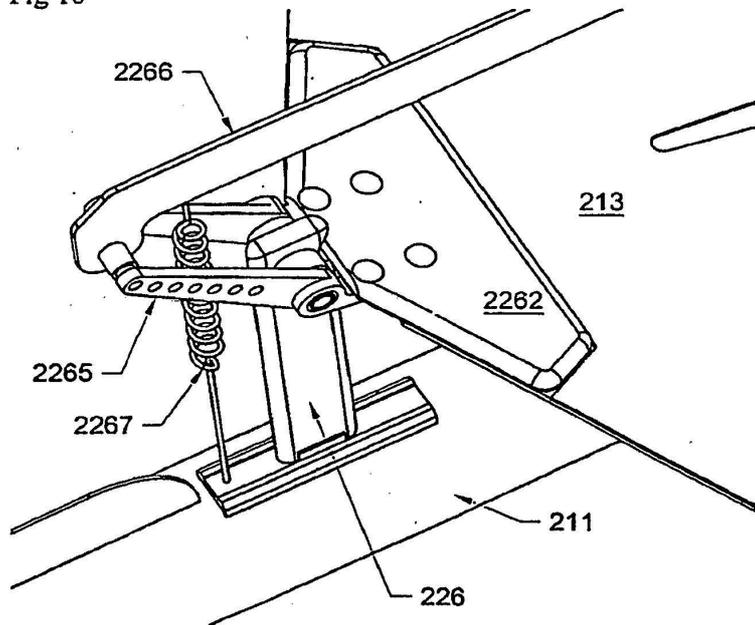


Fig 11a

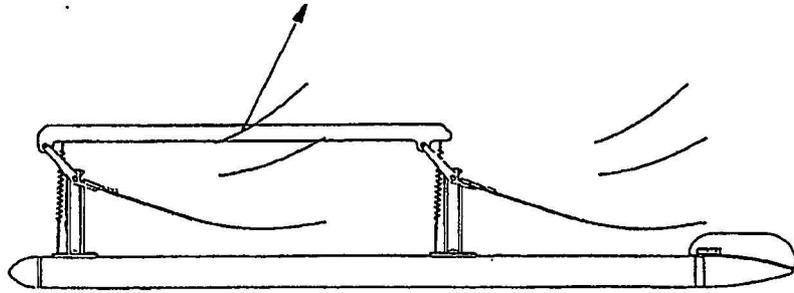


Fig 11b

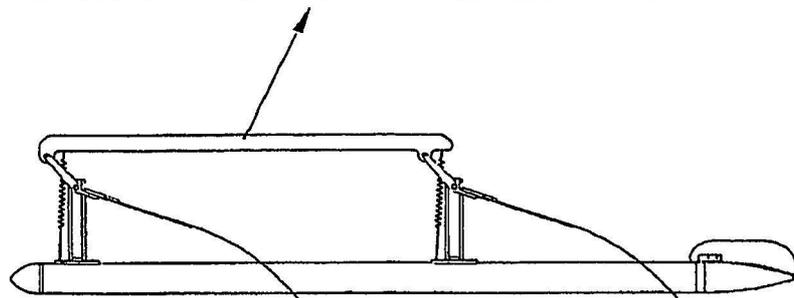


Fig 11c

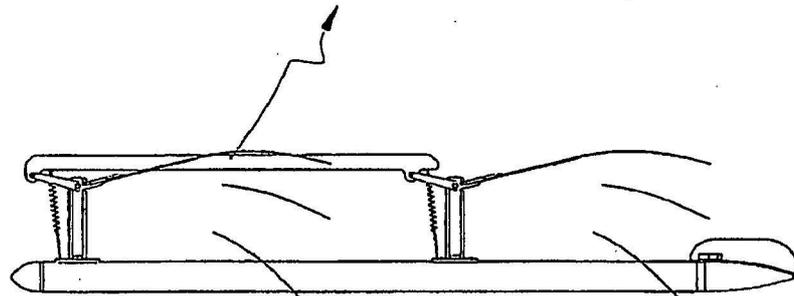


Fig 11d

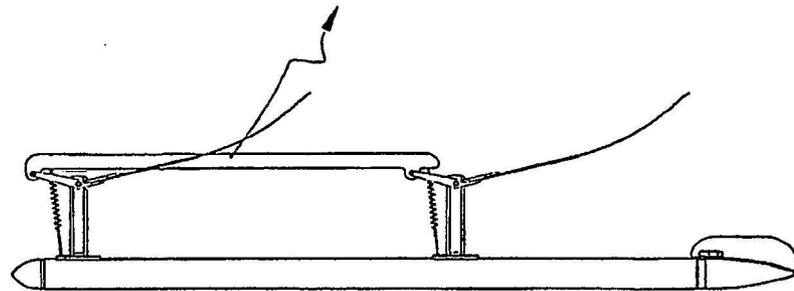


Fig 12

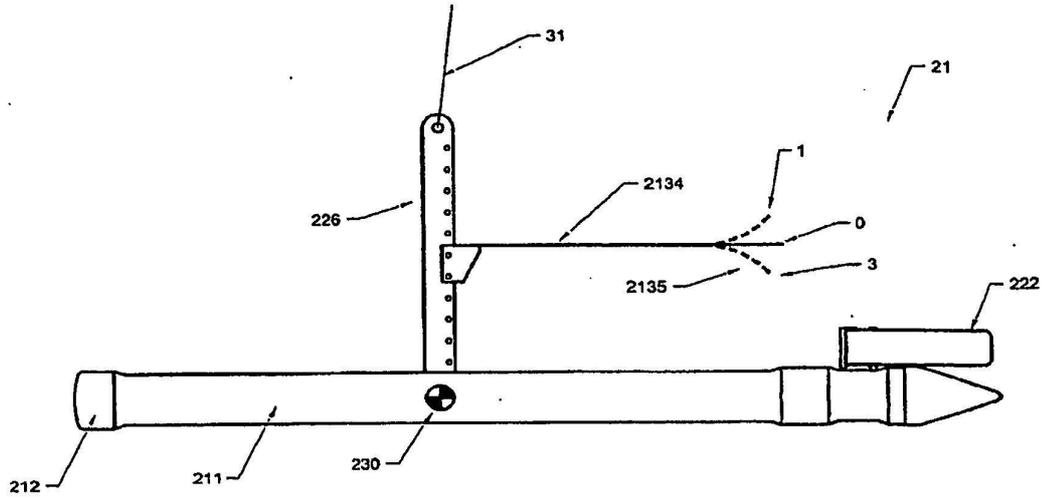


Fig 13

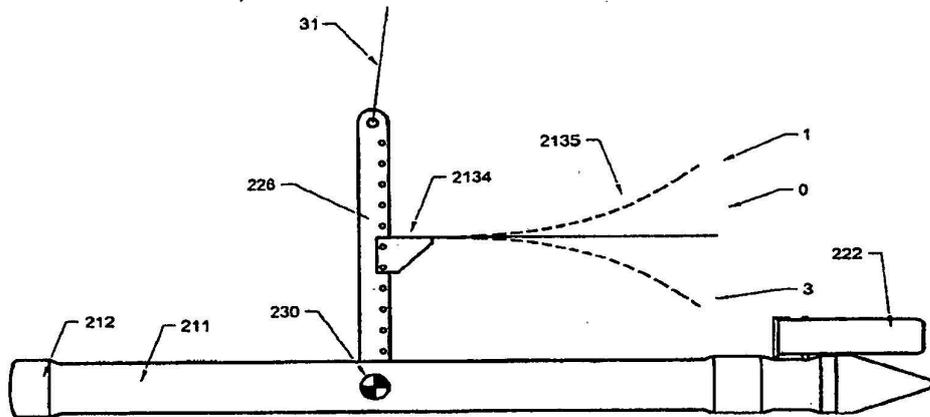


Fig 14

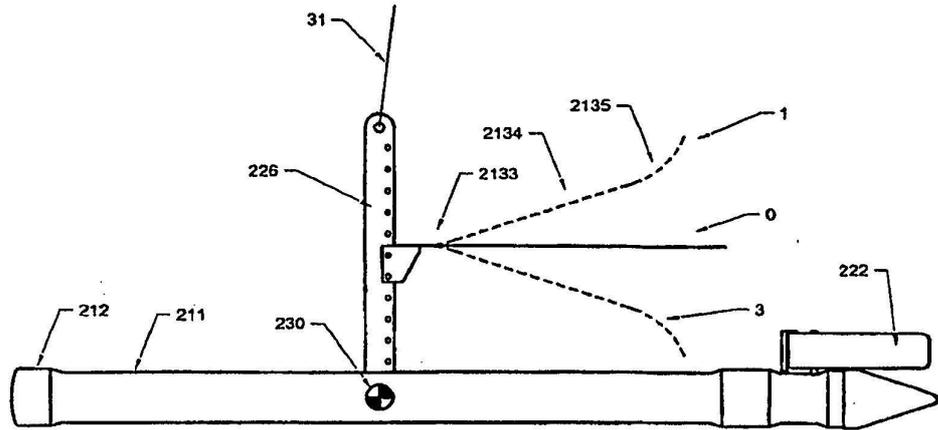


Fig 15

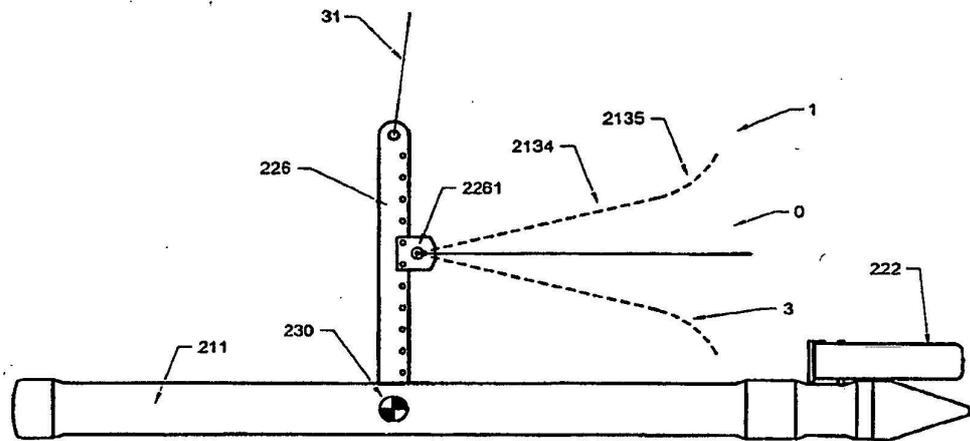


Fig 16

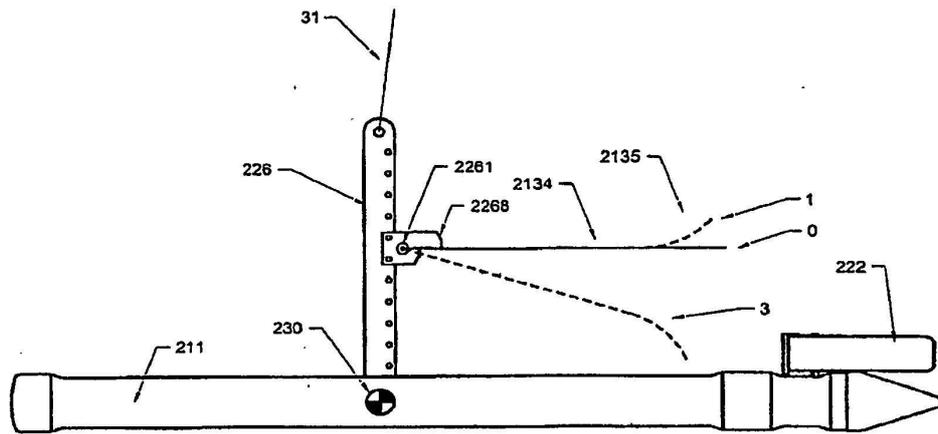


Fig 17

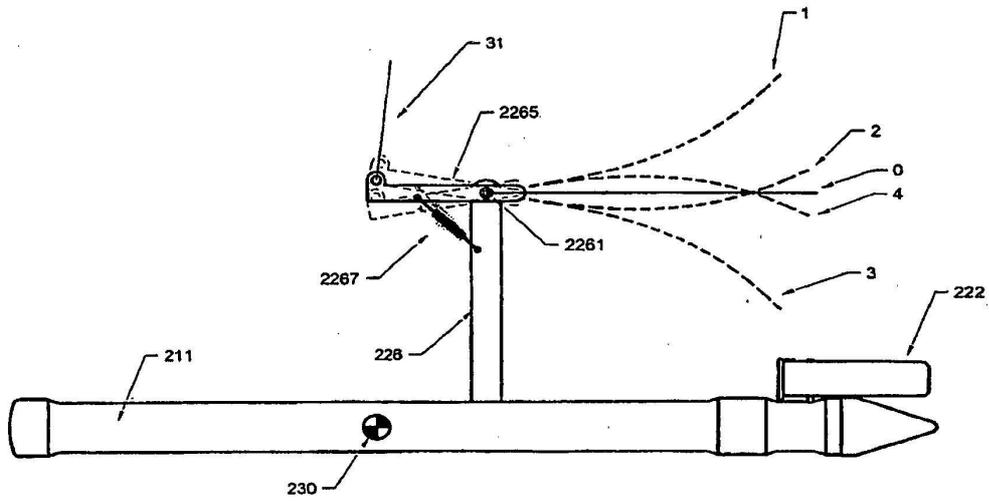


Fig 18

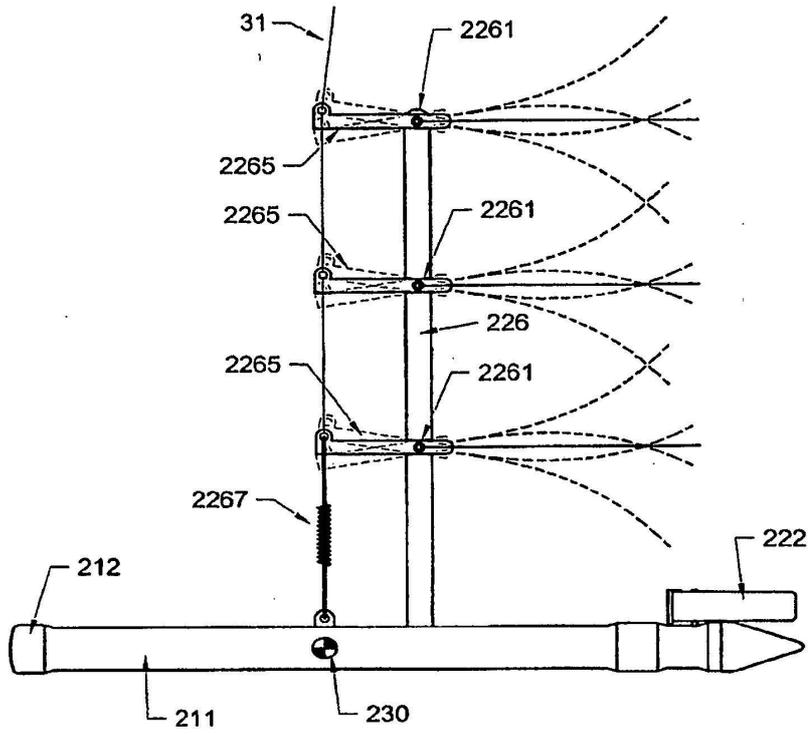


Fig 19

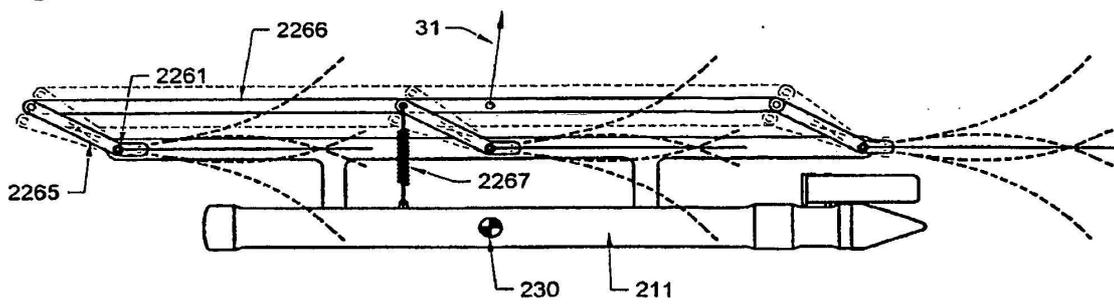


Fig 20

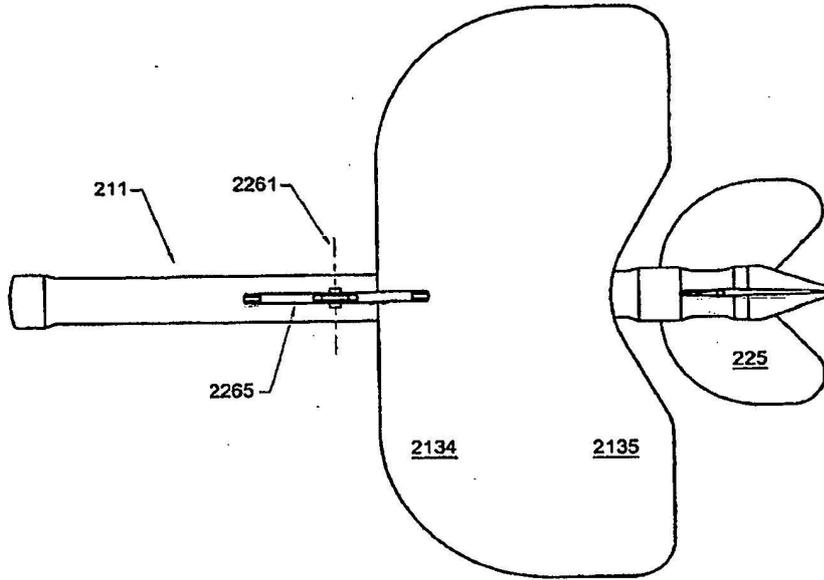


Fig 21

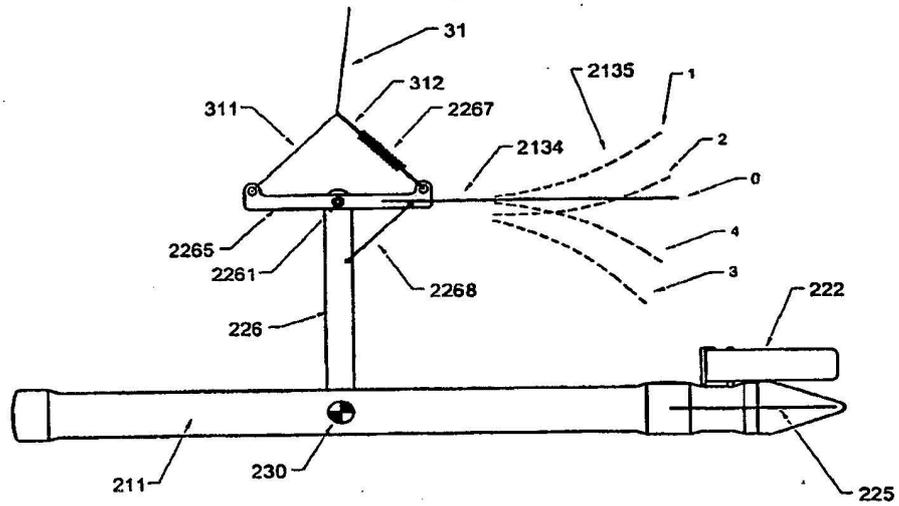


Fig 22a

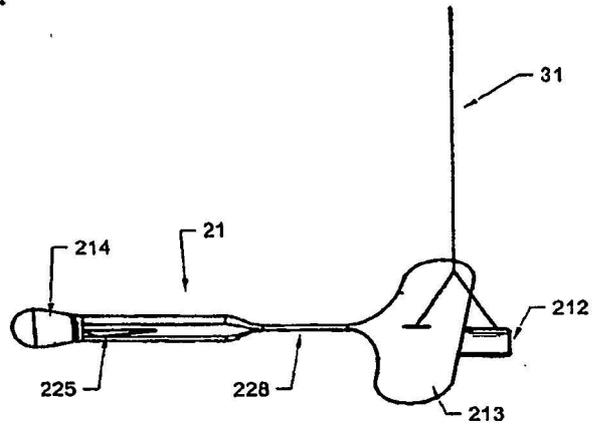


Fig 22b

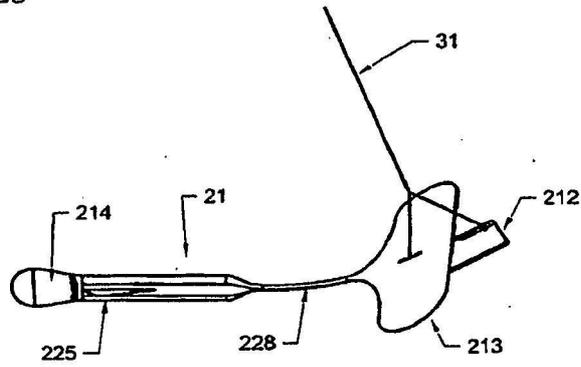


Fig 22c

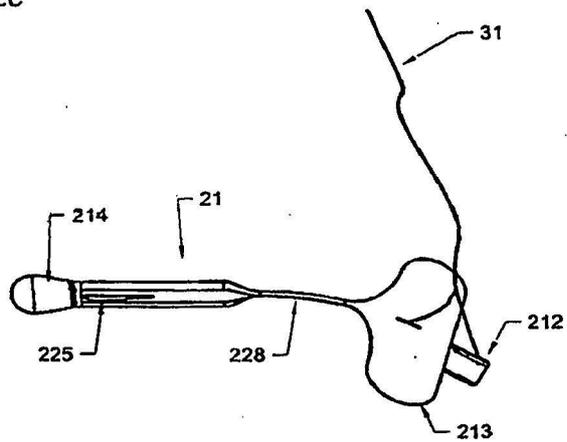


Fig 23

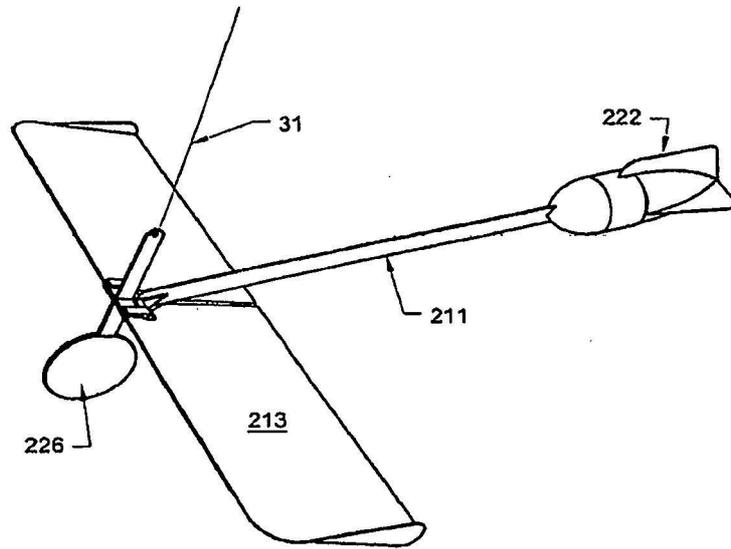


Fig 24

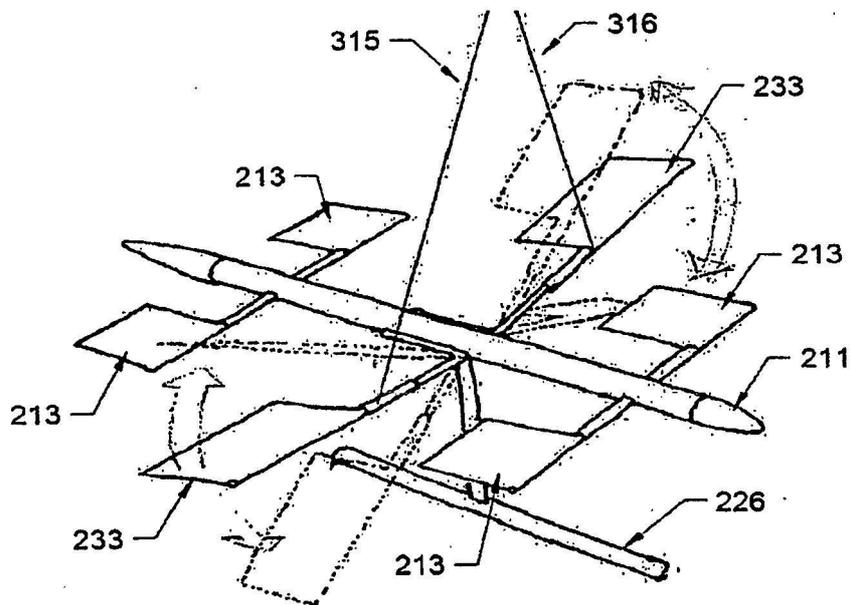


Fig 25

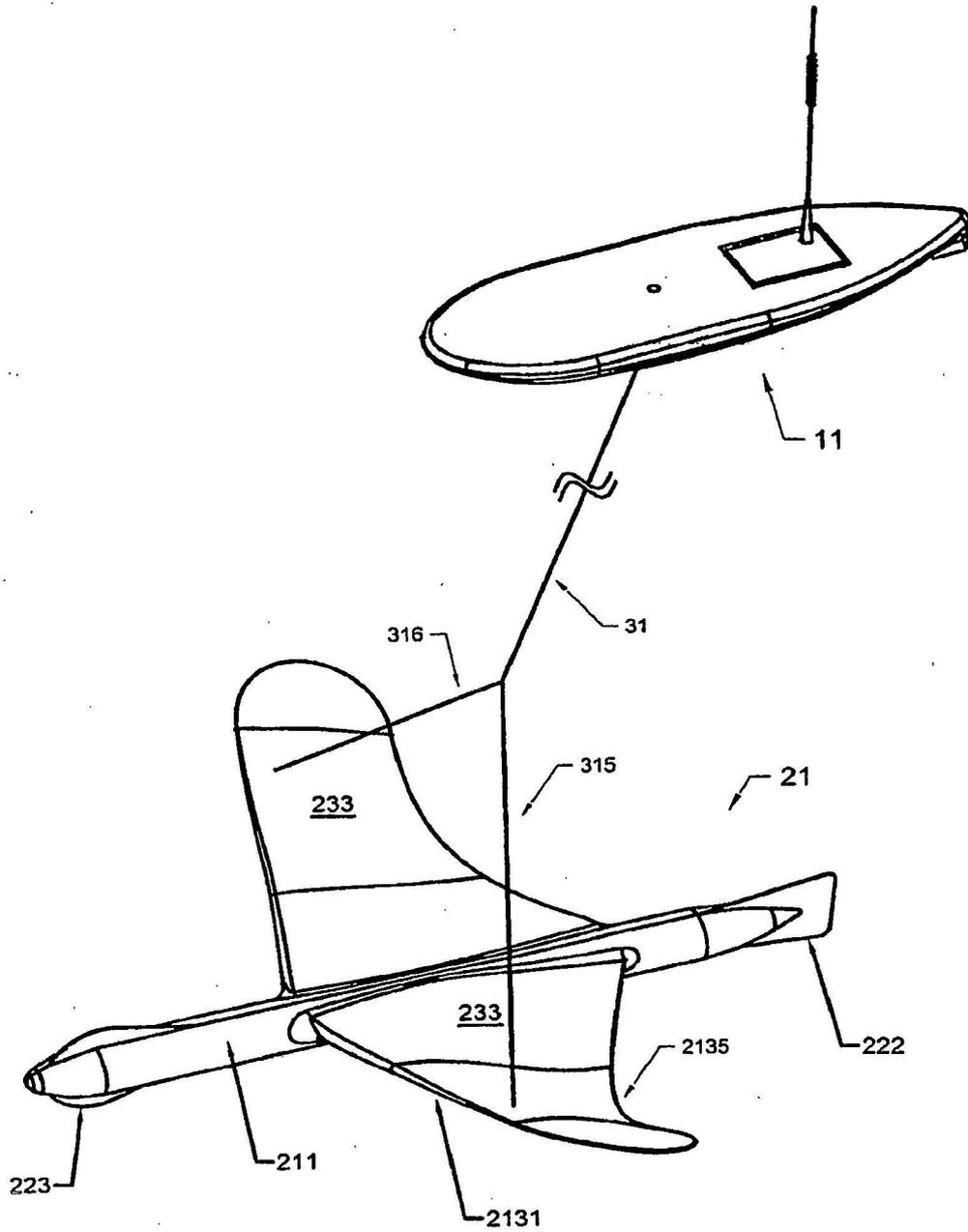


Fig 26 A

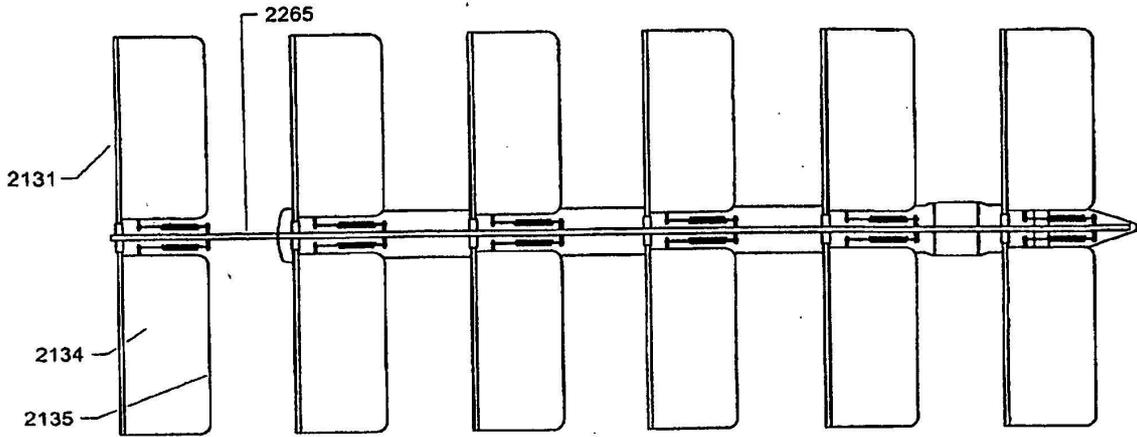


Fig 26 B

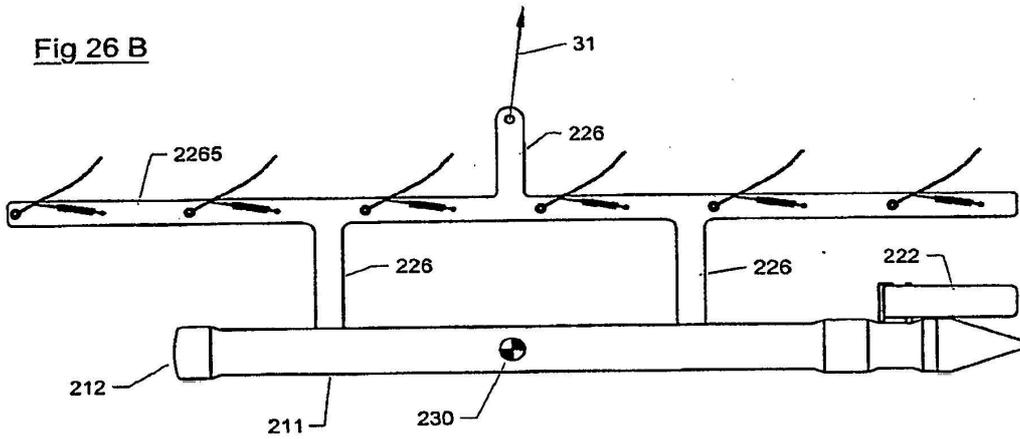


Fig 26 C

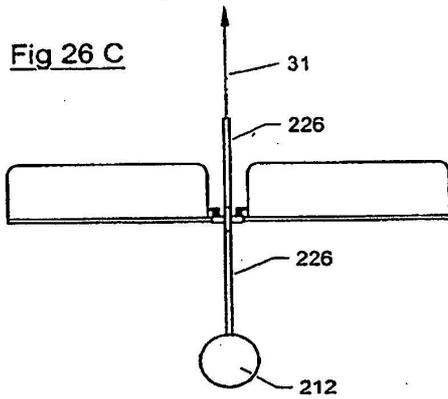


Fig 26 D

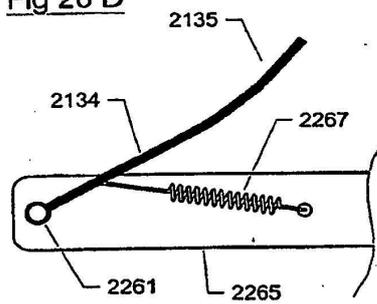


Fig 27A

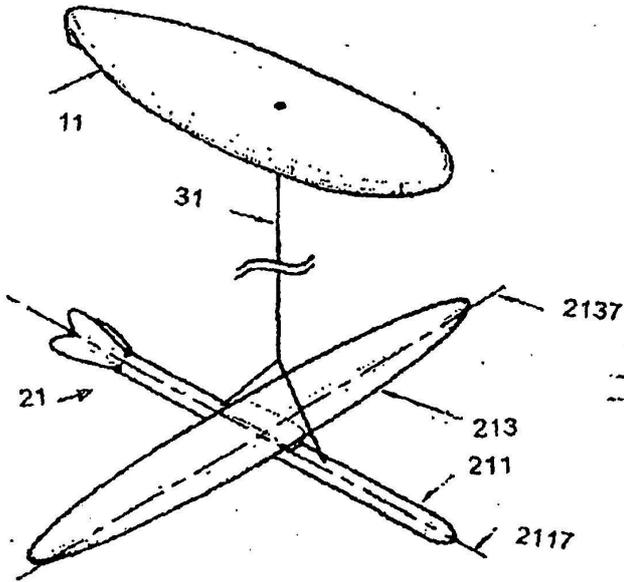


Fig 27B

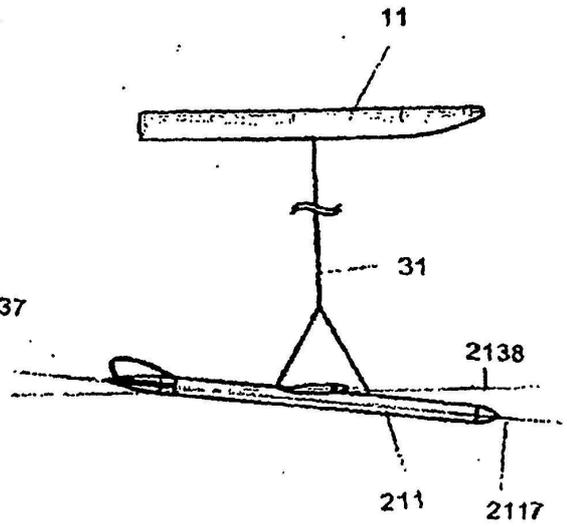


Fig 27C

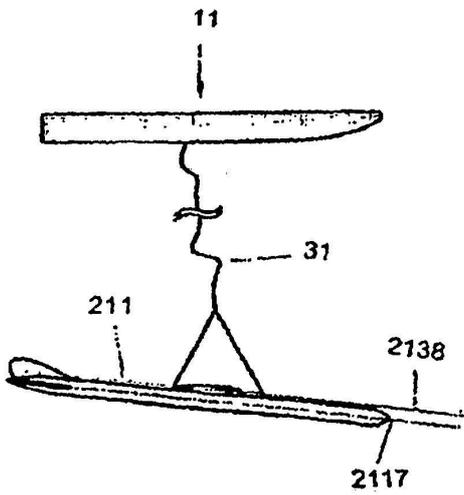


Fig 27D

