

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 699**

51 Int. Cl.:

B63B 1/06 (2006.01)

B63B 9/02 (2006.01)

B63B 1/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2015** **PCT/EP2015/080842**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2016** **WO16102497**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2015** **E 15817835 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019** **EP 3247620**

54 Título: **Diseño de parte delantera de una embarcación**

30 Prioridad:

22.12.2014 EP 14199833

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

02.12.2019

73 Titular/es:

RASMUSSEN MARITIME DESIGN AS (100.0%)
P.O. Box 37
4661 Kristiansand, NO

72 Inventor/es:

MOEN, ROAR, JOHAN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 733 699 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

Diseño de parte delantera de una embarcación

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere al diseño de embarcaciones marítimas y se puede aplicar a la mayoría de los tipos de cascos, desde naves, plataformas y barcas de movimiento lento a embarcaciones y buques de alta velocidad que funcionan hasta la velocidad de navegación, y también a embarcaciones de vela y embarcaciones multicasco. En particular, la invención se refiere a la configuración de la parte delantera de la embarcación que comprende un dispositivo que reduce la resistencia a las olas de la embarcación, así como a la reducción o eliminación de la resistencia a la espuma y a la ruptura de las olas.

15 Antecedentes de la invención

Cuando una embarcación se mueve en la superficie de una masa de agua, varios factores de resistencia diferentes actúan contra el movimiento de la embarcación. Los coeficientes de resistencia para los componentes individuales para una embarcación de desplazamiento se ilustran en la Figura 1. Como puede verse, la resistencia de fricción C_F y la resistencia a las olas C_W son los dos factores principales. Para una embarcación determinada, el número de Froude $[F_N]$ aumenta al aumentar la velocidad, indicada a lo largo del eje x:

$$F_N = \frac{\text{Velocidad } \left[\frac{m}{s} \right]}{\sqrt{9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right] \times \text{Long. de embarcación } [m]}} \quad (1)$$

25

Los coeficientes de resistencia C_F y C_W se multiplican por el cuadrado de la velocidad (v^2) para obtener la resistencia al movimiento de avance en Newtons [N]. En consecuencia, la resistencia a las olas aumenta muy rápidamente al aumentar la velocidad.

30

La mayoría de las embarcaciones tienen una configuración de la proa donde las masas de agua que la embarcación encuentra cuando está a una velocidad se desplazan esencialmente lateralmente en la dirección transversal de la embarcación. A medida que la embarcación se mueve a través de las masas de agua, se produce una desaceleración local del agua por delante de la proa, es decir, una reducción de la velocidad relativa del agua en relación con el casco. Más atrás, donde aumenta el ancho del casco, se produce una aceleración relativa de las masas de agua, ya que el agua es expulsada hacia los lados, y posiblemente debajo de la embarcación, como consecuencia de la forma del casco. Estos cambios relativos en la velocidad del agua son el origen de la formación de olas y el cambio en la presión, y están dados por la ecuación de Bernoulli:

40

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh + p = \text{constante} \quad (2)$$

La velocidad relativa inferior del agua conduce a un aumento de la presión y a una cresta de olas en relación con las masas de agua circundantes, mientras que una velocidad relativa superior del agua da una menor presión y un seno de la ola.

45

Por lo tanto, una embarcación forma una cresta de la ola por delante de la embarcación, donde la velocidad relativa del agua es baja. Más atrás, donde aumenta el ancho del casco, se produce un seno de la ola debido a la alta velocidad relativa del agua.

50

El aumento de la velocidad del agua debajo del casco también produce una menor presión debajo del casco, y en consecuencia la pérdida de flotabilidad cuando la velocidad de la embarcación aumenta. Esta resistencia está incluida en el término resistencia a las olas.

55

Las olas generadas por un casco en movimiento, y que se extienden a las masas de agua circundantes, representan la energía perdida. El porcentaje de la resistencia total al movimiento de avance a una velocidad sostenida que normalmente constituye la resistencia a las olas es, dependiendo del tipo de embarcación, del 30 al 70 %, y aumenta considerablemente al aumentar la velocidad.

60

Para reducir la resistencia de una embarcación al movimiento de avance, es crucial minimizar la resistencia a las olas.

Técnica anterior

Bulbo

65

Para reducir la formación total de olas de una embarcación, la gran mayoría de las embarcaciones de cierto tamaño están equipados con un bulbo en una forma u otra. El bulbo funciona básicamente provocando la generación de una ola propia en las masas de agua circundantes. Se intenta tener esta ola tanto como sea posible en contrafase al sistema de olas del casco, para obtener una interferencia de la ola favorable. En las Figuras 3A y B se muestra esquemáticamente una ilustración de la formación de olas por un bulbo de la técnica anterior, y la posición de la superficie del agua 5.

La Figura 3A es una vista lateral de una embarcación con un bulbo de acuerdo con la técnica anterior, donde la embarcación funciona a la velocidad de diseño. El sistema de olas 31 generado por el bulbo de la embarcación está en contrafase al sistema de olas 32 generado por la porción de la proa del casco, de modo que la ola resultante 33, que es la suma de los dos sistemas de olas 31 y 32, es virtualmente plana. 10

A medida que la longitud de la ola aumenta con el aumento de la velocidad, el problema con un bulbo es que el seno de la ola se producirá más atrás en la embarcación cuando la velocidad aumenta, y más adelante cuando la velocidad se reduce. Las crestas de las olas, por otra parte, se producirán en el mismo punto y, por lo tanto, solo dentro de un rango de velocidad limitado la ola del bulbo y las olas del casco de la embarcación tendrán una interferencia de ola favorable. A velocidades distintas de la velocidad de diseño, las olas del bulbo y el casco ya no estarán en contrafase. Esto se puede ver claramente en la ilustración esquemática que se muestra en la Figura 3B, donde el aumento de la longitud de la ola hace que el sistema de olas 31 del bulbo ya no elimine gradualmente el sistema de olas 32 generado por la porción de la proa del casco, de manera que la ola resultante 33 aumenta. 15 20

En la práctica, un bulbo funciona a velocidades relativamente bajas, típicamente de $F_N=0,23$ a $F_N=0,28$. Sin embargo, hay embarcaciones donde el bulbo se coloca muy adelante frente a la porción de la proa del casco, de modo que la cancelación de la ola se produce a velocidades más altas. Pero para la mayoría de las embarcaciones, es poco conveniente colocar el bulbo muy por delante de la porción de la proa. Para una velocidad de $F_N=0,32$, el bulbo debe colocarse a aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la longitud del casco frente al área de la proa, y para una velocidad de $F_N=0,4$, el bulbo debe colocarse aproximadamente a la mitad de la longitud del casco frente al área de la proa. 25

Vista desde el frente, el bulbo a menudo es casi esférico. Alternativamente, este se puede hacer más triangular. Las diferentes configuraciones de los bulbos convencionales se muestran esquemáticamente en las Figuras 4A, B y C. La línea discontinua 5 indica la superficie del agua. Una característica común de todos los bulbos es que el área frontal y el ancho son pequeños en relación con el área frontal y el ancho del casco debajo de la superficie del agua. Además, los bulbos de la técnica anterior tienen una relación ancho/alto de aproximadamente uno. La posición y configuración del bulbo significa que básicamente desplaza las masas de agua que se aproximan por igual en los planos horizontal y vertical, tal como lo muestran las flechas en las Figuras 4A, B y C. 30 35

Placa delgada para formar olas

También hay otras soluciones conocidas basadas en la cancelación de una ola entre dos cuerpos.

Se hace referencia al documento US 4,003,325, que describe una placa inferior delgada para formar olas basada en la cancelación de la ola entre la placa para formar olas y el casco. 40

El documento US 4,003,325 describe que la placa para formar olas tiene un ancho máximo de aproximadamente $\frac{1}{3}$ del ancho del casco y que el grosor vertical de la placa en condiciones de carga ligera puede ocupar tanto como $\frac{1}{3}$ de la corriente de la embarcación en la proa, y además la placa está dispuesta sustancialmente coplanar con el lado inferior del casco. El área superficial de la placa delgada vista desde el frente es, por lo tanto, muy pequeña en relación con el área frontal del casco debajo de la superficie del agua (máximo de aproximadamente 11 %). 45

Se observa que la superficie superior plana/recta del cuerpo de la placa delgada, su grosor limitado y su posición sustancialmente coplanar con el lado inferior del casco a una distancia por debajo de la superficie del agua, solo generará una pequeña ola, y esta ola, por lo tanto, solo en un pequeño grado contribuirá a eliminar la ola en la proa producida por la proa que está detrás. 50

Como se describió anteriormente en relación con el bulbo, esta solución, que se basa en una interferencia de la ola favorable, también podrá optimizarse dentro de un rango de velocidad estrecho y en la práctica solo a velocidades relativamente bajas. 55

Reborde con forma del perfil del ala

Se hace referencia al documento JPS58-43593U. 60

Como se explicó anteriormente en relación con la resistencia a las olas, cuando un casco pasa a través de una masa de agua, surgirá una desaceleración local, es decir, una velocidad relativa reducida, de la masa de agua que se encuentra delante de la proa. La velocidad relativa inferior de la masa de agua conduce a un aumento de la presión y una cresta de la ola (ola en la proa). 65

La solución en el documento JPS58-43593U busca reducir la altura de la ola en la proa generada por el área de la proa, ya que se coloca un reborde en forma de perfil del ala en el área de la proa del casco debajo de la superficie del agua, la superficie superior curvada del perfil del ala resulta en una mayor velocidad y, en consecuencia, una menor presión en la ola en la proa en la superficie superior del reborde en forma de perfil del ala, lo que resulta en una reducción en la altura de la ola en la proa.

Láminas de elevación

Entre otros dispositivos conocidos de reducción de la resistencia, se pueden mencionar las láminas de elevación sumergidas que levantan el casco hasta fuera del agua. En la superficie superior curvada de la lámina, la velocidad del agua aumenta, produciendo de este modo una menor presión en la superficie superior de la lámina que en el lado inferior de la lámina. La superficie superior de la lámina genera así una elevación.

La Figura 5A muestra una masa de agua que fluye hacia y a través de una lámina con una velocidad inicial V_0 en la dirección de la flecha de doble línea en la posición 1. Las flechas que apuntan a 90 grados lejos de la superficie superior de la lámina indican una distribución típica de la subpresión en la superficie superior de la lámina, teniendo una subpresión máxima aproximadamente en el espesor máximo del perfil de la lámina en la posición 3. De acuerdo con la ecuación de Bernoulli (2), una lámina que tiene la distribución de subpresión mostrada en la Figura 5A, tendrá una distribución de velocidad de la masa de agua como se ilustra en la Figura 5B alcanzando una velocidad máxima V_{MAX} aproximadamente en el espesor máximo del perfil de la lámina en la posición 3. En consecuencia, la velocidad de la masa de agua aumenta desde ligeramente detrás del borde delantero de la lámina en la posición 2 hasta el grosor máximo del perfil en la posición 3, seguido de una disminución de la velocidad del agua desde la posición 3, a través de la posición 4 en la superficie superior trasera de la lámina, a la posición 5, donde la masa de agua alcanza nuevamente su velocidad inicial V_0 . Para lograr esta distribución particular de presión y velocidad, la lámina debe estar dispuesta a una profundidad suficiente debajo de la superficie del agua.

Si la lámina no está lo suficientemente sumergida, la presión negativa que se forma en la superficie superior de la lámina provocará un seno de la ola en la superficie del agua como se muestra en la Figura 7B, donde la línea discontinua 5 indica la superficie del agua cuando la lámina no está presente. Así, la lámina produce olas, que a su vez generan una mayor resistencia. Además de la formación de olas, una lámina insuficientemente sumergida generará menos elevación.

Incluso en el caso de láminas suficientemente sumergidas, la elevación que genera la lámina da como resultado una resistencia que aumenta al aumentar la elevación. Dado que las láminas en sí causan resistencia tanto por fricción como debido al levantamiento, solo se logrará una reducción en la resistencia total para el casco cuando el casco se levante considerablemente del agua. Para un casco de peso sustancial, este requerirá en sí mismo una gran cantidad de energía, y por lo tanto no será suficiente. Por lo tanto, las láminas principalmente proporcionarán una resistencia menor al movimiento de avance para los cascos de peso relativamente bajo que están destinados a viajar a alta velocidad.

Además, también se sabe que las láminas sumergidas pueden estar destinadas a contrarrestar los movimientos de la embarcación.

Además, también se conocen las láminas sumergidas de cierta plenitud, que además de la elevación dinámica (elevación debida a la subpresión en la superficie superior de la lámina) se destinan para proporcionar flotabilidad de desplazamiento (flotabilidad resultante del volumen de la lámina). Aquí, se hace referencia al documento US 7,191,725 B2.

Tabla voladora

Se hace referencia al documento JP 1-314686 que describe una tabla voladora de guía montado cerca de la punta inferior de una proa. La tabla voladora de guía se describe para reducir la resistencia a la formación de olas y para suprimir la turbulencia en el área de la proa.

La Figura 6a del documento JP 1-314686 muestra la distribución de la presión en la superficie superior de la tabla voladora y cómo la subpresión sobre la tabla voladora hace bajar la superficie de agua por encima y detrás de la tabla voladora cuando actúa sola, vea también la Figura 7B en este documento. El objetivo de la tabla voladora es evitar que la superficie del agua frente al área de la proa de una embarcación se hinche, es decir, no hacer una cresta de la ola o un seno de la ola en la ubicación del área de la proa. Esto se logra al colocar la tabla voladora en la punta inferior de una proa, generando así una fuerte región de presión negativa en la superficie posterior de la tabla voladora.

Además, el objetivo de la tabla voladora es actuar como una tabla voladora guía como se muestra en la figura 5b del documento JP 1-314686 (marcado con el número de referencia 8). Como se puede ver en la Figura 5a del documento JP 1-314686 cuando se sopla un viento en un túnel de viento curvo 11 que genera un gran cambio en la dirección del flujo, se separa un flujo. Sin embargo, la separación del flujo se reduce o evita debido al efecto de la tabla voladora de guía 8 que se muestra en la figura 5b del documento JP 1-314686. Por lo tanto, la resistencia al flujo total disminuye. Se afirma que el efecto de la tabla voladora de acuerdo con el documento JP 1-314686 es exactamente el mismo que la tabla voladora de guía en un túnel de viento.

Se observa que todas las tablas voladoras montadas en una embarcación como se representa en el documento JP1-314686 creará una turbulencia importante en el vórtice, conocida como "vórtice de la punta" en el campo de la aviación. Un vórtice surge debido a las diferencias de presión en la superficie superior y en el lado inferior de una lámina (o un ala del avión). La presión en el lado inferior de la lámina intenta igualar la subpresión en la superficie superior de la lámina. Dicho vórtice se ilustra con flechas curvas en la Figura 8A, B y C (la lámina vista desde arriba, desde el lado y desde la parte frontal, respectivamente). El aumento del arrastre debido a dicho vórtice puede ser significativo y aumenta con la diferencia de presión entre la superficie superior e inferior de una lámina. El vector de velocidad de las partículas de agua efectuadas por el vórtice está girando alrededor de un eje aproximadamente 90 grados en la dirección de desplazamiento de las embarcaciones en el borde posterior de la tabla voladora, y es desfavorable para la resistencia total de la embarcación.

En consecuencia, la tabla voladora de acuerdo con el documento JP1-314686 no contribuirá a disminuir la resistencia de todo el flujo.

Ala de inducción del vórtice

La publicación de patente JP S60 42187A describe una disposición de alas frente a la proa de la embarcación que busca reducir la resistencia a la ruptura de las olas mediante la generación deliberada de vórtices del extremo del ala opuestos a los vórtices de ruptura de la ola generados por la proa de la embarcación.

A medida que una embarcación avanza, la presión del agua que rodea una proa aumenta, generando una ola en la proa. Si la cresta de esta ola en la proa colapsa hacia adelante, esta creará un vórtice de ruptura de ola. En las soluciones descritas en la publicación de patentes JP S60 42187A, este vórtice de ruptura de la ola inducida en la proa es cancelado por un vórtice del extremo del ala con una dirección de rotación opuesta generada en el agua por un ala dispuesta cerca de la línea de flotación. Además, el ala suprime una elevación de la superficie del agua por delante de la proa, de modo que se reduce la aparición de una ola en la proa que se rompe. El resultado reivindicado es una reducción significativa en la resistencia a la ruptura de las olas.

Para la generación del vórtice del extremo del ala, se hace referencia a las Figuras 8A, B y C, y la descripción anterior en este documento.

El documento JP S60 42187A describe una cuarta modalidad (véanse las Figuras 14 y 15 del documento JP S60 42187A) con el mismo efecto que ya se describió anteriormente, a excepción de cómo se suprime la ola en la proa. En la cuarta modalidad, el cuerpo del ala está dispuesto de tal manera que el agua que fluye hacia la dirección de cambio del ala, y por lo tanto crea una ola en contrafase con la ola en la proa de la embarcación. Se afirma que la ola resultante tiene una altura considerablemente reducida. Además, también esta ala está diseñada para crear un vórtice en contrafase con el vórtice rompeolas creado por la embarcación.

Por lo tanto, el propósito del ala es reducir la resistencia a la ruptura de las olas del área de la proa de una embarcación.

Es evidente de la Figura 1 que la resistencia a la ruptura de las olas $[C_{WB}]$ constituye una parte menor de la resistencia a las olas $[C_W]$ de una embarcación. La resistencia del patrón de ola $[C_{WP}]$ es con creces el principal contribuyente a la resistencia a las olas $[C_W]$.

Descripción general de la invención

El objeto de la presente invención es desarrollar una parte delantera que reduzca la resistencia de la embarcación al movimiento de avance en un amplio rango de velocidades. Además, la presente invención puede mejorar las propiedades marítimas de la embarcación y también permitir el diseño de embarcaciones de mayor ancho y menor longitud en comparación con las embarcaciones convencionales. Los objetos descritos anteriormente se logran con una embarcación de acuerdo con la reivindicación de patente 1. Los elementos adicionales ventajosos se definen en las reivindicaciones dependientes.

En particular, la invención comprende una embarcación que comprende un casco con un área de la proa, definida como el área del casco visto desde el frente debajo de una superficie de agua cuando la embarcación está inmóvil y está flotando en una masa de agua, y uno (o más) cuerpo(s) dispuestos cerca del área de la proa, por ejemplo, aguas arriba del área de la proa. Debe tenerse en cuenta que la expresión "está inmóvil" no debe interpretarse estrictamente, sino que incluye pequeños movimientos de, por ejemplo, fuerzas ambientales tales como las corrientes, viento, etc. El cuerpo comprende uno (o más) borde(s) delantero(s), uno (o más) borde(s) posterior(es) que se encuentran aguas abajo de los borde(s) delantero(s), uno (o más) lado(s) inferior(es) y una (o más) superficie(s) superior(es). La superficie superior del cuerpo comprende una (o más) superficie(s) superior(es) delantera(s) que se extienden desde el borde delantero del cuerpo hasta una (o más) línea(s) de contorno exterior del cuerpo vistas desde el frente. La línea de contorno se puede encontrar, como criterio adicional, dibujando una línea a través de los puntos de intersección donde las tangentes de la superficie superior en la dirección de desplazamiento de la embarcación son horizontales. El punto más alto del cuerpo, visto desde el frente, está ubicado a más de la mitad del calado más profundo de la embarcación cuando la embarcación, sin carga y sin lastre, permanece inmóvil y flota en una masa de agua. Tenga en cuenta que la expresión 'punto más alto del cuerpo' también

puede abarcar los casos en los que hay varios puntos más altos en la superficie superior y/o una o más porciones planas más altas. El calado más profundo de la embarcación sin carga útil y sin lastre se debe medir cuando los tanques de combustible y los tanques de aceite lubricante propios de la embarcación estén vacíos. El calado más profundo está definido por la profundidad mínima de agua que una embarcación puede navegar sin estar en tierra. Preferentemente, el punto más alto del cuerpo, visto desde el frente, está ubicado a más de la mitad del calado más profundo de la embarcación en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación. Con mayor preferencia, el punto más alto del cuerpo, visto desde el frente, está ubicado a más de 2/3 del calado más profundo de la embarcación medido en al menos una condición de carga, más favorable mayor que 5/6 del calado más profundo de la embarcación en al menos una condición de carga, incluso más favorable superior a 8/9 del calado más profundo de la embarcación en al menos una condición de carga, por ejemplo, en o cerca de una línea de flotación no perturbada.

La sección vertical del cuerpo en la dirección de desplazamiento de la embarcación y la extensión del cuerpo en la dirección transversal del casco se diseña, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, además para desplazar una masa de agua que se aproxima sobre la superficie superior del cuerpo a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que una velocidad de diseño más baja definida como la velocidad más baja de la embarcación a la cual la masa de agua que se aproxima y que se desplaza principalmente en un plano vertical a lo largo de la dirección de desplazamiento de la embarcación obtiene esencialmente flujo laminar sobre la superficie superior delantera del cuerpo, preferentemente la totalidad de la superficie superior delantera del cuerpo, con mayor preferencia sobre toda la superficie superior del cuerpo, y donde la configuración de la superficie superior del cuerpo acelera la masa de agua que se aproxima desciende en o por el campo gravitatorio aguas abajo de la línea de contorno, de modo que la masa de agua que se aproxima obtenga una velocidad y una dirección en el borde posterior del cuerpo que conduce la masa de agua lejos del área de la proa, o esencialmente paralela al área de la proa, o sus combinaciones. Por lo tanto, el área de la proa en sí misma desplazará en la medida de lo posible la masa de agua que se aproxima, lo que resulta en una resistencia a las olas reducida o nula desde el área de la proa, y una resistencia a las olas reducida para la embarcación. Por resistencia a las olas reducida se entiende reducida en comparación con la resistencia a las olas de las embarcaciones con diseño de proa convencional. Tenga en cuenta que los términos aguas abajo/aguas arriba a lo largo de este documento se refieren a la línea de flujo de la masa de agua en la posición en cuestión.

En una modalidad ventajosa, la superficie superior del cuerpo está configurada además de modo que la masa de agua que se aproxima obtenga una dirección aguas abajo de la línea de contorno que conduce la masa de agua que se aproxima lejos del área de la proa, o esencialmente paralela al área de la proa, o sus combinaciones. Tenga en cuenta que la expresión 'esencialmente paralela al área de la proa' significa que toda la masa de agua que se encuentra en la superficie superior del cuerpo, en caso de desplazamiento del área de la proa, se desplaza en un ángulo de ataque de menos de 25 grados con respecto a la línea de flujo que habría tenido la masa de agua si el área de la proa hubiera sido removida, más ventajosamente en un ángulo de ataque de menos de 15 grados, incluso más ventajosamente en un ángulo de ataque de menos de 10 grados, por ejemplo, exactamente paralela.

En otra modalidad ventajosa, dicha aceleración comprende un levantamiento de la masa de agua que se aproxima en el campo gravitatorio aguas arriba de la línea de contorno.

En otra modalidad ventajosa, el borde delantero del cuerpo se extiende hasta el ancho más grande del cuerpo, visto desde arriba.

En otra modalidad ventajosa, el borde delantero del cuerpo está situado aguas arriba del área de la proa.

En otra modalidad ventajosa, el cuerpo está dispuesto de tal manera que el borde delantero del cuerpo está debajo o en la superficie del agua en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación cuando la embarcación está inmóvil y está flotando en una masa de agua. Aquí, la palabra "en" no debe interpretarse estrictamente, sino permitir que el borde delantero sobresalga ligeramente sobre la superficie del agua.

En otra modalidad ventajosa, el cuerpo se coloca de tal manera que el punto más alto del cuerpo, visto desde el frente, se ubique más alto que 3/4 del calado más profundo de la embarcación, considerado desde el punto más bajo de la embarcación cuando la embarcación, sin carga útil y sin lastre, permanece inmóvil y está flotando en una masa de agua. Por ejemplo, el punto más alto del cuerpo se localiza en o más alto que la superficie del agua. Tenga en cuenta que el calado más profundo de la embarcación puede ser determinado por el timón, la hélice, el cuerpo u otra parte de la embarcación.

En otra modalidad ventajosa, la línea de contorno del cuerpo y su borde delantero, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, se colocan de manera que más del 20 % de la masa de agua que se aproxima se levante sobre la superficie del agua a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja.

En otra modalidad ventajosa, el borde posterior del cuerpo, visto en una sección vertical, es puntiagudo o casi puntiagudo, o tiene cualquier otra forma que resulte en un límite marcado entre la superficie superior y el lado inferior del cuerpo. El término 'puntiagudo' no debe interpretarse aquí de manera estricta, sino también permitir una forma algo roma o redondeada. Otra definición de "puntiagudo" también puede ser que el borde posterior del cuerpo tenga una forma tal que no se generen turbulencias o la menor turbulencia posible en el área donde las masas de agua abandonan el cuerpo.

Otra definición de "puntiagudo" puede ser que el borde posterior del cuerpo tiene, en una sección vertical, un grosor máximo que es inferior al 5 % del grosor máximo del cuerpo, por ejemplo, inferior al 3 %. Alternativamente, el borde posterior del cuerpo, visto en una sección vertical, puede tener una forma idéntica o casi idéntica al borde posterior de un hidroala, por ejemplo, como el borde posterior de una o más hidroalas ilustradas en la publicación de patente US 6,467,422B1 o GB 992375A o JPH0656067A o US 4,335,671A. Todas estas publicaciones de patentes se incluyen como referencia.

En otra modalidad ventajosa, la sección vertical del cuerpo en la dirección de desplazamiento de la embarcación y la extensión del cuerpo en la dirección transversal del casco, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, se configuran de tal manera que más del 20 % de la masa de agua que se aproxima y que pasa sobre la superficie superior del cuerpo a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja se lleva debajo del casco, más ventajosamente más del 30 %, incluso más ventajosamente más del 40 %, incluso más ventajosamente más del 50 %, incluso más ventajosamente más del 60 %, incluso más ventajosamente más del 70 %, incluso más ventajosamente más del 80 %, incluso más ventajosamente más del 90 %, por ejemplo 100 %. La expresión 'debajo del casco' significa debajo del casco entre dos planos verticales en la dirección de desplazamiento de la embarcación y separados a una distancia correspondiente al ancho máximo del área de la proa en la superficie del agua cuando se ve la embarcación desde el frente. Un ejemplo de una configuración de sección vertical en la dirección de desplazamiento de la embarcación es ajustar la posición del borde posterior del cuerpo hasta obtener un vector de velocidad deseado. Esto se puede lograr alterando el ángulo de unión del cuerpo.

En otra modalidad ventajosa, el cuerpo está dispuesto a una distancia del área de la proa, de manera que al menos un paso se forma entre el cuerpo y el área de la proa.

En otra modalidad ventajosa, el borde posterior del cuerpo está dispuesto a una distancia del área de la proa, de manera que el casco, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, evita que parte de la masa de agua que se aproxima hacia el interior del casco se eleve cuando la velocidad de la embarcación es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja. Tenga en cuenta que la distancia del borde posterior del área de la proa puede ser en el plano horizontal o en el plano vertical o sus combinaciones. Tenga en cuenta además que la expresión 'evita que la masa de agua que se aproxima se eleve' pretende significar que esta masa de agua se mantiene presionada hacia abajo por el casco, de modo que el casco esencialmente evita o reduce la formación de olas que se extienden a las masas de agua circundantes.

En otra modalidad ventajosa, la extensión transversal máxima (B) del cuerpo dividida por la altura máxima (H) del cuerpo, vista desde el frente, es mayor que 1,5 pero preferentemente menor que 8,0, por ejemplo 4,0.

En otra modalidad ventajosa, el área del cuerpo, vista desde el frente, constituye más del 20 % del área de la proa en el calado máximo de la embarcación, más ventajosamente más del 30 %, incluso más ventajosamente entre el 40 y el 100 %, por ejemplo 50 %. El área del cuerpo, vista desde el frente, puede calcularse ya sea i) como el área de sección transversal máxima del cuerpo o, preferentemente, ii) también tiene en cuenta el ajuste del cuerpo.

En otra modalidad ventajosa, la sección vertical del cuerpo en la dirección de desplazamiento de la embarcación tiene una extensión máxima en el plano vertical que constituye al menos el 40 % del calado del casco cuando la embarcación se ajusta de manera neutral y se carga con el 10 % de su carga útil máxima, más ventajosamente al menos 50 % del calado del casco, incluso más ventajosamente al menos 60 %, incluso más ventajosamente al menos 70 %, por ejemplo 75 % del calado del casco. Por extensión máxima en el plano vertical se entiende el punto más alto del cuerpo menos su punto más bajo a lo largo de una sección vertical en la dirección de desplazamiento de la embarcación.

En otra modalidad ventajosa, el cuerpo tiene una extensión transversal máxima, vista desde el frente, que es al menos 3/8 del ancho máximo del casco, vista desde el frente, más ventajosamente al menos 5/8 del ancho máximo del casco, incluso más ventajosamente al menos 7/8 del ancho máximo del casco, por ejemplo, la totalidad del ancho máximo del casco.

En otra modalidad ventajosa, la superficie superior del cuerpo comprende al menos una parte convexa que constituye más del 10 % de la superficie superior, más ventajosamente más del 20 % de la superficie superior.

En otra modalidad ventajosa, el lado inferior del cuerpo, visto en una sección vertical a lo largo de la dirección de desplazamiento de la embarcación, es recto. Alternativamente, el lado inferior del cuerpo puede configurarse con al menos una porción convexa o al menos una porción cóncava, o sus combinaciones.

En otra modalidad ventajosa, el cuerpo forma un perfil asimétrico en la dirección de desplazamiento de la embarcación.

En otra modalidad ventajosa, la superficie superior del cuerpo aguas abajo de la línea de contorno tiene una configuración que, al menos en una de las condiciones de carga de la embarcación, en o por encima de la velocidad de diseño más baja, da como resultado la masa de agua que se aproxima que pasa a la superficie superior del cuerpo que desciende hacia abajo, o por debajo, de la posición de altura del borde delantero del cuerpo antes de que la masa de agua que se aproxima se encuentre con el casco.

En otra modalidad ventajosa, el borde delantero del cuerpo tiene una forma recta o una forma curva, vista desde arriba, o sus combinaciones.

5 En otra modalidad ventajosa, el borde posterior del cuerpo tiene una forma recta o curva, vista desde arriba, o sus combinaciones.

10 En otra modalidad ventajosa, la sección vertical del cuerpo en la dirección de desplazamiento de la embarcación y la extensión del cuerpo en la dirección transversal del casco, en al menos una de las condiciones de carga de las embarcaciones, está diseñada para dirigir la mayor porción, es decir, más del 50 %, de una masa de agua elevada, provocada por el desplazamiento del cuerpo, sobre la superficie superior delantera del cuerpo a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja. La proporción de la masa de agua elevada que se dirige sobre la superficie superior delantera del cuerpo recibe así una energía potencial que puede utilizarse aguas abajo de la línea de contorno de la superficie superior para aumentar la velocidad de la masa de agua en el borde posterior del cuerpo. Tenga en cuenta que, por velocidad aumentada, aquí se entiende una velocidad más alta que si la masa de agua no se hubiera elevado sobre la superficie del agua. Dicha proporción de masa de agua elevada puede constituir más ventajosamente más del 60 %, incluso más ventajosamente más del 70 %, por ejemplo, el 80%.

20 En otra modalidad ventajosa, el área del cuerpo, vista desde el frente, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, constituye más del 20 % de la parte del área de la proa ubicada detrás del cuerpo entre dos planos verticales en la dirección de desplazamiento de la embarcación y separados a una distancia correspondiente al ancho máximo del cuerpo. Más ventajosamente, dicha área superficial constituye más del 30 %, incluso más ventajosamente más del 40 %, incluso más ventajosamente más del 50 %, incluso más ventajosamente más del 60 %, incluso más ventajosamente más del 70 %, incluso más ventajosamente más de 80 %, por ejemplo 90 %.

25 En otra modalidad ventajosa, la extensión transversal del cuerpo y su posición en relación con la superficie del agua, se seleccionan de modo que, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, la mayor porción, es decir, más del 50 %, de la masa de agua que se aproxima que pasa sobre la superficie superior del cuerpo a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja, está aislada de las masas de agua circundantes. Un aislamiento de este tipo dará como resultado que la masa de agua aislada pueda acelerarse sin una caída de presión significativa y la formación de olas en las masas de agua circundantes. Dicha proporción de la masa de agua que se aproxima y que se aísla de las masas de agua circundantes puede constituir más ventajosamente más del 60 %, incluso más ventajosamente más del 70 %, incluso más ventajosamente más del 80 %, por ejemplo 100 %.

35 En otra modalidad ventajosa, el lado inferior del cuerpo, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, está conformado y/o inclinado para proporcionar una elevación dinámica a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja, de manera que el cuerpo obtiene una flotabilidad sin cambios, o casi sin cambios, en comparación con la embarcación cuando está inmóvil y cuando está flotando en una masa de agua.

40 En otra modalidad ventajosa, la posición vertical del cuerpo con respecto a la superficie del agua, en al menos una condición de carga, es tal que la masa de agua que se aproxima en la superficie superior del cuerpo aguas abajo del grosor máximo del cuerpo, medida a lo largo de la dirección de desplazamiento de la embarcación y 90 grados en la línea de la cuerda del cuerpo, obtiene una velocidad esencialmente constante o creciente, a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja.

45 En otra modalidad ventajosa, la posición vertical del cuerpo respecto a la superficie del agua es tal que la presión en la masa de agua que se aproxima es esencialmente constante sobre la superficie superior, aguas abajo de la línea de contorno exterior, a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja.

50 En otra modalidad ventajosa, el área de la sección transversal del cuerpo, vista desde el frente, está disminuyendo en altura hacia las periferias en la dirección transversal del cuerpo, de manera que la presión acumulada en el lado inferior del cuerpo y la presión acumulada en la superficie superior del cuerpo se igualan esencialmente en las periferias del cuerpo, suprimiendo así la generación de vórtices.

55 En otra modalidad ventajosa, la periferia en cada lado transversal del cuerpo comprende una placa que se extiende sobre la mayor parte, es decir, más del 50 %, del cuerpo a lo largo de la dirección de desplazamiento de la embarcación, la forma geométrica de la placa está diseñada de tal manera que la presión en el lado inferior del cuerpo no tiene ningún efecto o este es insignificante sobre la presión en la superficie superior del cuerpo, por lo que suprime la generación de vórtices. Las placas pueden alternativamente seguir la curvatura de las periferias del cuerpo sobre la mayor parte del cuerpo, o sus combinaciones. Las placas pueden dirigirse verticalmente, es decir, con un componente principal en la dirección vertical. El término "vertical" se define en la presente descripción como una dirección perpendicular a la dirección transversal del cuerpo después que el cuerpo haya sido colocado en el área de la proa de la embarcación.

En otra modalidad, el cuerpo está incorporado en el área de la proa.

65 En otra modalidad, el cuerpo está configurado con una sección que se estrecha hacia el borde delantero del cuerpo y/o el borde posterior del cuerpo cuando se ve en la dirección de desplazamiento de la embarcación, a través de al menos el

20 % de la extensión transversal del cuerpo, preferentemente al menos el 30 % de la extensión transversal del cuerpo, más preferentemente al menos el 40 %, por ejemplo, el 100 %.

5 En otra modalidad, el cuerpo ha montado sobre él al menos una lámina que, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, proporciona una elevación dinámica a una velocidad de la embarcación que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja, de modo que el cuerpo obtiene una flotabilidad sin cambios, o casi sin cambios, en comparación con cuando la embarcación está inmóvil y está flotando en una masa de agua.

10 En otra modalidad, la superficie superior del cuerpo, vista en una sección vertical a lo largo de la dirección de desplazamiento de la embarcación, comprende al menos una porción convexa y al menos una porción cóncava.

15 En otra modalidad, el cuerpo está configurado de tal manera que, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, en o por encima de la velocidad de diseño más baja, una presión negativa que resulta de la aceleración del agua en el lado inferior del cuerpo es, completamente o en un grado significativo, neutralizada en el borde posterior del cuerpo por la masa de agua que se aproxima desde la superficie superior del cuerpo.

20 En otra modalidad, la masa de agua que se aproxima y que, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, a la velocidad de diseño más baja o superior a esta, se dirige sobre la superficie superior del cuerpo, forma un flujo supercrítico en el borde posterior del cuerpo.

En otra modalidad, el cuerpo, en su parte delantera, tiene una forma tal que solo forma ligeramente una ola de presión aguas arriba del cuerpo por encima de la velocidad de diseño más baja.

25 En otra modalidad, el cuerpo tiene una forma tal que, en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, en o por encima de la velocidad de diseño más baja, se forma un seno de la ola estacionaria en el borde posterior del cuerpo a lo largo del 20-100 % del ancho, más ventajosamente 30-100 %, incluso más ventajosamente más del 40 %, incluso más ventajosamente más del 60 %, por ejemplo, el 100 %. En otra modalidad, el punto más bajo del cuerpo está ubicado a una distancia debajo de la superficie del agua correspondiente a entre 2/3 y 3/2 del calado más profundo del casco en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación, por ejemplo, sin carga útil y sin lastre.

30 En otra modalidad, el cuerpo se forma con una sección transversal que se estrecha hacia la periferia del cuerpo en la dirección transversal en al menos el 20 % de la longitud del cuerpo en la dirección de desplazamiento de la embarcación, por ejemplo, por encima de al menos 50 % de la longitud del cuerpo.

35 Una definición alternativa de la velocidad de diseño más baja es la velocidad a la que la característica de flujo de la masa de agua que se aproxima, al aumentar la velocidad, cambia de un flujo esencialmente turbulento a un flujo esencialmente laminar en la superficie superior delantera del cuerpo; consulte las Figuras 20A y B, respectivamente.

40 Otra definición alternativa de la velocidad de diseño más baja es la velocidad a la cual la velocidad media de la masa de agua que se aproxima sobre la superficie superior delantera del cuerpo no es notablemente menor que la velocidad de la embarcación; consulte la Figura 20B. En la Figura 20A, dicha velocidad media de la superficie superior delantera del cuerpo es notablemente menor.

45 Otra definición alternativa de la velocidad de diseño más baja es la velocidad a la que la velocidad media de la masa de agua que se aproxima cambia de notablemente menor (consulte la Figura 20A) a aproximadamente la misma (consulte la Figura 20B) que la velocidad de la embarcación en la superficie superior delantera del cuerpo.

50 Otra definición alternativa de la velocidad de diseño más baja es la velocidad de la embarcación a la que el consumo de energía de la embarcación sufre una caída notable. Aquí, se hace referencia a los resultados de las pruebas modelos que se muestran en el gráfico de la Figura 2, donde se estima que el buque modelo en la Prueba B sufre una marcada caída en la resistencia al movimiento de avance a una velocidad de aproximadamente 0,99 m/s. Esta estimación se basa en observaciones visuales del cambio en el patrón de flujo similar al cambio en el patrón de flujo como se muestra en la Figura 20A y B, y que este cambio en la Prueba B ocurrió justo por debajo de 1,00 m/s.

55 Tenga en cuenta que los patrones de flujo de fluidos, es decir, las direcciones de flujo de fluidos y/o las velocidades de los fluidos, alrededor del cuerpo y/o el casco pueden observarse y determinarse mediante numerosas técnicas de medición. Ejemplos de tales técnicas de medición son el uso de colorantes en el agua que pasa por el cuerpo y el casco y/o el uso de hilos livianos adheridos al cuerpo y/o al casco (como se usa en las velas para veleros). Estas técnicas de medición pueden complementarse con, o reemplazarse por, simulaciones de datos de flujo de fluidos.

60 Modo general de funcionamiento de la invención

65 La invención comprende un cuerpo aerodinámico que, al menos en una condición de carga, está total o parcialmente sumergido en una masa de agua cuando la embarcación está inmóvil, colocado delante del casco de atrás, el cuerpo trabaja en interacción con el casco de atrás. El cuerpo se forma y se posiciona de tal manera que esencialmente desplaza las masas de agua que se aproximan en el plano vertical y luego lleva una masa de agua hacia abajo y/o hacia los lados

del casco detrás, de manera que el propio casco, que se encuentra detrás del cuerpo, se desplaza las masas de agua que se aproximan lo menos posible.

De este modo, se logran los objetos mencionados anteriormente, es decir, que la embarcación reduce su resistencia al movimiento de avance en un amplio rango de velocidad, a través de:

- 1) resistencia a las olas reducida; y/o
- 2) reducción o eliminación de la resistencia a la espuma y a la ruptura de las olas.

Además, se mejoran las características marítimas de la embarcación.

El modo general de funcionamiento de la invención para la modalidad particular donde las masas de agua que se aproximan son conducidas debajo del casco, y la interacción entre el cuerpo y el casco se explican en el resto de esta sección con la ayuda de las Figuras 9A y 9B. La posición de la superficie del agua se muestra mediante una línea discontinua.

La invención reduce la resistencia al movimiento de avance de la embarcación cuando la embarcación funciona por encima de la velocidad de diseño más baja mencionada anteriormente. Por encima de la velocidad de diseño más baja, la invención provoca la formación de un seno de la ola a lo largo de una gran parte del ancho del casco al colocar un cuerpo ampliamente aerodinámico delante del casco. La parte inferior del seno de la ola está determinada esencialmente por el borde posterior definido del cuerpo.

El seno de la ola se crea desplazando una proporción sustancial de la masa de agua que se aproxima sobre el borde delantero del cuerpo, que se acelera sobre la superficie superior curva del cuerpo. La totalidad de las partes de la masa de agua se levantan, preferentemente por encima de la superficie del agua. En la superficie superior trasera del cuerpo, la masa de agua desciende en el campo gravitatorio y obtiene una velocidad relativa incrementada en relación con la embarcación en el borde posterior del cuerpo. A medida que la masa de agua en la superficie superior del cuerpo aumenta la velocidad relativa en el borde posterior del cuerpo, la extensión de la masa de agua en el plano vertical disminuirá. Esto, junto con el vector de velocidad de la masa de agua en el borde posterior del cuerpo, forma el seno de la ola.

Debido al perfil del cuerpo y su extensión transversal, la mayor parte de la masa de agua que se eleva en frente del cuerpo (debido al desplazamiento del cuerpo de las masas de agua que se aproximan) se dirigirá hacia la superficie superior del cuerpo en lugar de escapar a las masas de agua circundantes como olas. La totalidad de la masa de agua que se dirige sobre la superficie superior del cuerpo se acelera y se aislará en gran medida de las masas de agua circundantes. El desplazamiento del agua que se aproxima y el cambio en la velocidad del agua en la superficie superior del cuerpo, por lo tanto, solo produce una pequeña cantidad de olas en las masas de agua circundantes más allá del seno de la ola previsto producido detrás del cuerpo.

El lado inferior del cuerpo está conformado y/o inclinado para equilibrar la totalidad o partes del peso de las masas de agua que pasan sobre la superficie superior del cuerpo, de modo que la parte delantera anterior experimente un cambio en el calado mientras está a una velocidad.

El área de la proa del casco está ubicada en el seno de la ola creado en el borde posterior del cuerpo, de modo que el área de la proa en sí no desplaza las masas de agua desplazadas por el cuerpo. El área de la proa permanece seca o básicamente seca, mientras está a una velocidad. Además, el casco de la embarcación evita que el seno de la ola producido por el cuerpo se eleve, evitando así que el seno de la ola se propague más en las masas de agua circundantes como olas.

La fuerza ejercida sobre el cuerpo para formar el seno de la ola, a fin de alejar la masa de agua que se aproxima del área de la proa, dará como resultado una resistencia para la embarcación. Sin embargo, es el caso de que un cuerpo adecuadamente diseñado ejerza menos resistencia en la embarcación que la resistencia a las olas que se ejerce en una embarcación de diseño convencional.

Mientras está a una velocidad en las olas, el cuerpo actúa como un estabilizador al contrarrestar los movimientos de inclinación para la embarcación. Las olas que se aproximan serán en gran medida aplanadas por la superficie superior del cuerpo y serán conducidas debajo del área de la proa sin que se estrellen contra el área de la proa. El peso de las crestas de las olas en la superficie superior del cuerpo buscará sobrecargar la embarcación y, por lo tanto, una cresta de las olas no causará flotabilidad por desplazamiento de la misma manera que en una proa convencional. De manera similar, un seno de la ola reducirá el peso de la masa de agua en la superficie superior del cuerpo.

El cuerpo también podrá utilizar partes de la energía potencial que representan las crestas de ola que se aproximan para el movimiento de avance cuando las crestas de las olas descienden en el campo gravitatorio en la superficie superior trasera del cuerpo o como una mayor velocidad de la masa de agua que se dirige bajo el casco de la embarcación.

Como las características de navegación marítima de la embarcación mejoran, las olas limitarán, en menor grado, la velocidad de la embarcación en las olas.

Para ayudar a comprender la física involucrada y el funcionamiento de la invención, debe notarse que la distribución de la velocidad de una masa de agua que pasa por la superficie superior de una lámina ubicada cerca de la superficie del agua, como es el caso de la invención, será fundamentalmente diferente de la misma lámina situada más profundamente debajo de la superficie del agua. Las Figuras 6A y B pueden ayudar a ilustrar esto. En la Figura 6A se muestra una bola rodando en el aire sobre un perfil que tiene esencialmente la misma forma que la lámina mostrada en la Figura 5A. La bola tiene una velocidad inicial V_0 en la posición 1 y en "el borde delantero" del perfil en la posición 2. Debido a la fuerza gravitatoria, la velocidad se reduce gradualmente hasta que la bola alcanza una velocidad mínima V_{min} en la parte más gruesa del perfil del cuerpo en la posición 3. Desde la posición 3, a través de una posición 4 en la superficie superior trasera del perfil, hasta la posición 5, la velocidad de la bola aumenta hasta la velocidad inicial V_0 se ha recuperado en la posición 5. La Figura 6B ilustra la velocidad V de la bola gráficamente en las posiciones 1 a 5. Al comparar la Figura 6B con la Figura 5B (lámina suficientemente sumergida) se puede ver que la distribución de velocidad de los dos ejemplos es fundamentalmente diferente.

Las figuras 7A, B y C ilustran esquemáticamente los contornos de una masa de agua que fluye con una velocidad inicial V_0 sobre una lámina en la dirección de la flecha de doble línea. La superficie de agua recta 5 se indica en las figuras.

- En la Figura 7A, el cuerpo está sumergido profundamente debajo de la superficie del agua. La lámina genera así una elevación, y la velocidad de la masa de agua que pasa por el lado superior de la lámina está disminuyendo desde la parte más gruesa del perfil de la lámina hacia el borde posterior de la lámina.
- En la Figura 7B, el cuerpo está sumergido en una ubicación intermedia debajo de la superficie del agua. La lámina sigue generando una elevación, y la velocidad de la masa de agua que pasa por el lado superior de la lámina sigue disminuyendo desde la parte más gruesa del perfil de la lámina hacia el borde posterior de la lámina. La subpresión en la parte superior de la lámina crea, por lo tanto, en el seno de la ola en la superficie del agua como se indica.
- En la Figura 7C, el cuerpo está ubicado en o cerca de la superficie de agua. Con esta disposición de la superficie superior de la lámina no se genera una elevación, y la velocidad de la masa de agua que pasa por el lado superior de la lámina *aumenta* desde la parte más gruesa del perfil de lámina hasta el borde posterior de la lámina, donde la masa de agua podría formar un flujo supercrítico en el borde posterior.

Diferencias de la técnica anterior

Con referencia a la descripción anterior, la invención difiere de la técnica anterior en las siguientes áreas:

Bulbo:

1. Un bulbo está diseñada para generar una ola en las masas de agua circundante, que a una velocidad dada es más probable que esté en contrafase con respecto al sistema de olas del casco. Sin embargo, la invención está por encima de la velocidad de diseño más baja de la embarcación, diseñada para producir un seno de la ola estacionaria, independiente de la velocidad de la embarcación, en una gran parte del ancho del casco, y donde el área de la proa del casco está ubicada de tal manera que el área de la proa desplaza tan poca agua como sea posible.

2. Un bulbo funciona dentro de un rango de velocidad estrecho, mientras que la invención funciona en un rango de velocidad amplio.

3. En la práctica, un bulbo funciona solo a velocidades más bajas determinadas por la distancia entre el bulbo y el casco detrás, mientras que la invención también funciona a velocidades más altas sin que el cuerpo se mueva más hacia adelante.

4. Para una embarcación con un bulbo, será esencialmente el área de la proa de la embarcación la que desplaza las masas de agua que se aproximan debido al área limitada del bulbo vista desde el frente, mientras que en el caso de la invención es el cuerpo el que desplaza todas o una proporción sustancial de las masas de agua que se aproximan y las aleja del área de la proa.

5. Un bulbo desplazará las masas de agua aproximadamente igual de grandes en el plano horizontal que en el plano vertical, mientras que el cuerpo de acuerdo con la invención desplaza esencialmente las masas de agua en el plano vertical, ya que el cuerpo tiene una relación ancho/altura significativamente mayor que un bulbo, visto desde el frente.

6. Un bulbo no tiene un borde posterior definido, a diferencia del cuerpo, que tiene un borde posterior definido.

7. Un bulbo, a diferencia de la invención, no está diseñado para impartir a las partículas de agua que pasan sobre su superficie superior una velocidad y dirección en su borde posterior que conduce las partículas de agua lejos del área de la proa y/o es esencialmente paralelo al área de la proa, de modo que el área de la proa desplace la menor cantidad de agua posible.

Placa delgada para formar olas (US 4,003,325):

1. La placa delgada de acuerdo con el documento US 4,003,325 está configurada para formar una ola en las masas de agua circundantes que, a una velocidad dada, está en contrafase a la ola en la proa del casco tanto como sea posible. La invención, por otra parte, por encima de la velocidad de diseño más baja de la embarcación, está diseñada para producir un seno de la ola estacionaria, independiente de la velocidad de la embarcación, en una gran parte del ancho del casco donde se ubica el área de la proa, de tal manera que el área de la proa desplaza la menor cantidad de agua posible.
 2. La placa delgada de acuerdo con el documento US 4,003,325 funciona dentro de un rango de velocidad estrecho, mientras que la invención funciona en un rango de velocidad amplio.
 3. La placa delgada de acuerdo con el documento US 4,003,325 en la práctica, solo funciona a velocidades más bajas determinadas por la distancia entre el borde delantero de la placa delgada y el casco detrás, mientras que la invención también funciona a velocidades más altas sin que el cuerpo se mueva más hacia adelante.
 4. Para una embarcación equipada con la placa delgada de acuerdo con el documento US 4,003,325, será esencialmente el área de la proa de la embarcación la que desplaza las masas de agua que se aproximan debido a la limitada área de la placa delgada vista desde el frente; considere el documento US 4,003,325 con la Figura 5, mientras que en el caso de la invención, es el cuerpo el que desplaza todas, o una proporción sustancial, de las masas de agua que se aproximan y las aleja del área de la proa.
 5. La placa delgada de acuerdo con el documento US 4,003,325 tiene una superficie superior recta/plana. La superficie superior recta/plana de la placa no acelerará la masa de agua que pasa sobre la superficie superior de la placa delgada. El cuerpo de acuerdo con la invención, por otra parte, tendrá una superficie superior que está configurada para acelerar el agua que pasa sobre la superficie superior del cuerpo.
 6. El punto más alto de la placa delgada de acuerdo con el documento US 4,003,325 visto desde el frente, está ubicado a menos de la mitad del calado más profundo de la embarcación cuando la embarcación, sin carga y sin lastre, permanece inmóvil y flota en una masa de agua, a diferencia del cuerpo de acuerdo con la invención.
 7. La superficie superior recta/plana de la placa de acuerdo con el documento US 4,003,325 solo puede, en un grado muy limitado, controlar la masa de agua que pasa sobre su superficie superior, mientras que el objeto principal de la superficie superior del cuerpo, por otra parte, debe configurarse de modo que la masa de agua en la superficie superior del cuerpo se controla y recibe un vector de velocidad deseada en el borde posterior del cuerpo.
 8. La placa delgada de acuerdo con el documento US 4,003,325, a diferencia de la invención, no está configurada de modo que su superficie superior acelere las partículas de agua que pasan a través de la superficie superior para impartir a las partículas de agua una velocidad y dirección en su borde posterior que aleja a las partículas de agua del área de la proa y/o es esencialmente paralelo al área de la proa, de manera que el área de la proa desplaza la menor cantidad de agua posible.
- Reborde con forma de perfil del ala (JPS58-43593U):
1. El reborde con forma de perfil del ala de acuerdo con el documento JPS58-43593U busca reducir la altura de una ola en la proa ya formada por el área de la proa de la embarcación proporcionando la masa de agua que forma la velocidad aumentada de la ola en la proa en la superficie superior del perfil del ala. El cuerpo de acuerdo con la invención, por otra parte, está configurado para impartir a la masa de agua en su borde posterior una velocidad y dirección que aleja a la masa de agua del área de la proa y/o es esencialmente paralelo al área de la proa antes que la masa de agua se encuentra con el área de la proa, de modo que el área de la proa desplaza la menor cantidad de agua posible.
 2. La descripción en el documento JPS58-43593U utiliza el término "reborde con forma de perfil del ala", lo que significa que el tamaño del perfil del ala es limitado. De acuerdo con el documento JPS58-43593U, es principalmente el área de la proa de la embarcación la que desplaza las masas de agua que se aproximan y el reborde en forma de perfil del ala desplaza solo una pequeña proporción de las masas de agua que la embarcación debe desplazar; consulte el documento JPS58-43593U con la Figura 3 adjunta. En el caso de la invención, por otra parte, el cuerpo desplaza todo, o una proporción sustancial, de las masas de agua que se aproximan y las aleja del área de la proa.
 3. La superficie superior del reborde con forma de perfil del ala tiene una línea de contorno exterior, vista desde el frente, que se encuentra adyacente al área de la proa; consulte el documento JPS58-43593U con la Figura 3 y la Figura 1 adjuntas. La masa de agua que pasa sobre la superficie superior del reborde, por lo tanto, no puede descender en el campo gravitatorio aguas abajo de esta línea de contorno, en contraste con la invención.
 4. De acuerdo con el documento JPS58-43593U, la superficie superior de la pestaña con forma de perfil del ala, no está configurada para que la masa de agua que se aproxima que pasa por la superficie superior obtenga una dirección aguas abajo de la línea de contorno que aleja a la masa de agua y/o es esencialmente paralela al área de la proa, a diferencia de al menos una modalidad de la invención.

5. De acuerdo con el documento JPS58-43593U, el borde delantero del reborde con forma de perfil del ala se extiende hasta el ancho máximo del reborde. El reborde con forma de perfil del ala, por lo tanto, no tiene un borde posterior definido.

Láminas de elevación (por ejemplo, US 7,191,725 B2):

1. La solución en el documento US 7,191,725 B2 describe los cuerpos que están configurados para crear elevación ("cuerpo de elevación"). El objetivo del cuerpo de acuerdo con la invención no es crear elevación, sino evitar la formación de olas en el área de la proa.

2. La solución en el documento US 7,191,725 B2 crea una elevación que reduce el calado de la embarcación mientras está a una velocidad, de modo que se reduce la resistencia total de la embarcación. El cuerpo de acuerdo con la invención no está configurado para reducir el calado de la embarcación mientras está a una velocidad, de modo que se reduce la resistencia total de la embarcación.

3. Para una embarcación con un cuerpo de elevación de acuerdo con el documento US 7,191,725 B2, será principalmente el área de la proa de la embarcación la que desplaza las masas de agua que se aproximan debido al área limitada del cuerpo de elevación vista desde el frente y su ubicación en relación con el área de la proa, mientras que en el caso de la invención es el cuerpo el que desplaza una proporción sustancial de las masas de agua que se aproximan y las aleja del área de la proa.

4. De acuerdo con el documento US 7,191,725 B2, el punto más alto del cuerpo de elevación, visto desde el frente, está ubicado a menos de la mitad del calado más profundo de la embarcación cuando la embarcación, sin carga y sin lastre, permanece inmóvil y flota en una masa de agua, a diferencia del cuerpo de acuerdo con la invención.

5. El cuerpo de elevación de acuerdo con el documento US 7,191,725 B2, a diferencia de la invención, no está configurado para impartir a las partículas de agua que pasan sobre su superficie superior una velocidad y dirección en su borde posterior que aleja a las partículas de agua del área de la proa y/o es esencialmente paralelo al área de la proa, de manera que la propia área de la proa desplaza la menor cantidad de agua posible.

6. La masa de agua en la superficie superior del cuerpo de elevación de acuerdo con el documento US 7,191,725 B2 tendrá una velocidad decreciente sobre su superficie superior trasera, consulte la Figura 7A y B. La masa de agua en la superficie superior del cuerpo de acuerdo con la invención tendrá una velocidad creciente sobre su superficie superior trasera, consulte la Figura 7C.

Tabla voladora (JP 1-314686):

1. La tabla voladora de acuerdo con el documento JP 1-314686 está ubicado a una profundidad suficiente debajo de la superficie del agua para obtener una fuerte región de presión negativa en la superficie posterior de la tabla voladora. Esto contrasta con la invención, donde la superficie superior del cuerpo se localiza suficientemente alta en relación con la superficie del agua para evitar una subpresión sustancial en la superficie superior del cuerpo.

2. La tabla voladora de acuerdo con el documento JP 1-314686 está diseñado y ubicado para crear una fuerte subpresión en una masa de agua que debe igualar una sobrepresión creada por el área de la proa del casco (es decir, no crear una cresta de la ola y no crear un seno de la ola). Por el contrario, por encima de la velocidad de diseño más baja de la embarcación, el cuerpo de acuerdo con la invención está diseñado para crear un seno de la ola estacionaria, independiente de la velocidad de la embarcación, en una parte sustancial del ancho del casco, en donde el área de la proa está dispuesta de tal manera que la propia área de la proa desplaza la menor cantidad de agua posible.

3. La tabla voladora de acuerdo con el documento JP 1-314686 se encuentra a menos de la mitad del calado más profundo de la embarcación, cuando la embarcación, sin carga y sin lastre, permanece inmóvil y flota en una masa de agua, al contrario del cuerpo de acuerdo con la invención.

4. Para una embarcación con una tabla voladora de acuerdo con el documento JP 1-314686, será esencialmente el área de la proa de la embarcación la que desplaza las masas de agua que se aproximan debido a la limitada área de la tabla voladora visto desde el frente. Mientras que, en el caso de la invención, es el cuerpo el que desplaza la totalidad o una proporción sustancial de las masas de agua que se aproximan y las aleja del área de la proa.

5. La tabla voladora de acuerdo con el documento JP 1-314686 generará un vórtice sustancial. El cuerpo de acuerdo con la invención está diseñado y dispuesto de tal manera que no se crea un vórtice o este se crea en el menor grado posible.

6. La tabla voladora de acuerdo con el documento JP 1-314686 no está diseñado, a diferencia de la invención, para dar a las partículas de agua que pasan sobre su superficie superior una velocidad y dirección en su borde posterior, lo que hace que las partículas de agua se alejen del área de la proa y/o que sean sustancialmente paralelas al área de la proa (se hace referencia también al vórtice creado por el documento JP 1-314686) de tal manera que el área de la proa desplaza la menor cantidad de agua posible.

7. La masa de agua en la superficie superior de la tabla voladora de acuerdo con el documento JP 1-314686 tendrá una velocidad decreciente sobre su superficie superior trasera, consultar la Figura 7B. La masa de agua en la superficie superior del cuerpo de acuerdo con la invención tendrá una velocidad creciente sobre su superficie superior trasera, consultar la Figura 7C.

Ala de inducción del vórtice (JP S60 42187A):

1. El ala de acuerdo con la solución en el documento JP S60 42187A está diseñada para generar un vórtice con una dirección de rotación opuesta de rotación con respecto al vórtice de ruptura de las olas generado por la proa de un barco. El cuerpo de la invención, por otra parte, está diseñado y dispuesto para evitar la creación de un vórtice.

2. La solución en el documento JP S60 42187A está diseñada para reducir la resistencia a la ruptura de las olas [CWB] del área de la proa de una embarcación. La invención, por otra parte, está diseñada para reducir la resistencia del patrón de la ola [CWP], la resistencia a la ruptura de las olas [CWB] y la resistencia a la espuma [CS] para una embarcación (consultar la Figura 1).

3. Para la solución descrita en el documento JP S60 42187A es principalmente el área de la proa de la embarcación que desplaza las masas de agua que se aproximan ya que el área del ala vista desde el frente es muy limitada (consultar la Figura 5-14 del documento JP S60 42187A), mientras que, en el caso de la invención, es el cuerpo el que desplaza la totalidad o una proporción sustancial de las masas de agua que se aproximan y las aleja del área de la proa.

4. El ala descrita en el documento JP S60 42187A a diferencia de la presente invención, no está diseñada para proporcionar a las partículas de agua que pasan sobre su superficie superior una velocidad y dirección en su borde posterior, lo que hace que las partículas de agua se alejen del área de la proa y/o que sean sustancialmente paralelas al área de la proa, de manera que la propia área de la proa desplaza la menor cantidad de agua posible (se hace referencia también al vórtice creado por el documento JP S60 42187A).

Breve descripción de las figuras

Las modalidades preferidas de la presente invención se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas, en donde:

La Figura 1 es un gráfico que indica los diferentes coeficientes de resistencia en función del número de Froude [F_N] que actúan sobre una embarcación típica de la técnica anterior que se mueve en la superficie de una masa de agua;

La Figura 2 es un gráfico que indica la resistencia al movimiento de avance en función de la velocidad para pruebas modelos que usan:

A: una embarcación con una proa convencional de acuerdo con la técnica anterior;

B: una embarcación con una proa modificada de acuerdo con una tercera modalidad de la invención sin una cuña en forma de V; y

C: una embarcación con una proa modificada de acuerdo con una séptima modalidad de la invención sin una cuña en forma de V;

La Figura 3A es una vista lateral de una embarcación con un bulbo de acuerdo con la técnica anterior, dicha embarcación funciona a la velocidad de diseño;

La Figura 3B es una vista lateral de la embarcación de acuerdo con la Figura 3A, dicha embarcación funciona por encima de la velocidad de diseño;

Las Figuras 4A, B y C son vistas frontales de una embarcación de la técnica anterior con diferentes formas de bulbos, que muestran cómo las formas de bulbos desplazan las masas de agua que se aproximan;

La Figura 5A es una ilustración de un perfil de lámina que muestra una distribución de subpresión típica sobre su superficie superior cuando está completamente sumergida y cuando una masa de agua fluye hacia y a través de la lámina con una velocidad inicial V_0 en la dirección de la flecha de doble línea;

La Figura 5B es un gráfico que ilustra la distribución de velocidad correspondiente de una masa de agua que pasa por la superficie superior del perfil de lámina que tiene la distribución de subpresión mostrada en la Figura 5A;

La Figura 6A es una ilustración que muestra los vectores de velocidad de una bola que rueda en el aire sobre un perfil similar al perfil de lámina mostrado en la Figura 5A;

La Figura 6B es un gráfico que ilustra la velocidad de la bola rodando en el aire que se muestra en la Figura 6A en diferentes posiciones a lo largo del perfil;

Las Figuras 7A, B y C muestran un cuerpo, con el mismo ángulo de ataque, y el patrón de flujo resultante de agua que fluye hacia y por encima del cuerpo en la dirección de la flecha de doble línea cuando el cuerpo está ubicado a diferentes

- profundidades debajo de la superficie de agua. La Figura 7A muestra el patrón de flujo cuando el cuerpo está ubicado profundamente debajo de la superficie del agua. La Figura 7B muestra el patrón de flujo cuando el cuerpo está ubicado a una profundidad intermedia y la Figura 7C muestra el patrón de flujo cuando el cuerpo está ubicado cerca de o en la superficie del agua;
- 5 La Figura 8A, B y C muestra una lámina vista desde arriba, desde el lado y desde el frente, respectivamente. Una masa de agua fluye hacia la lámina en la dirección de la flecha de doble línea. Las flechas curvas ilustran el vórtice generado en cada lado de la lámina;
- 10 La Figura 9A es una sección longitudinal vertical esquemática de un cuerpo de acuerdo con la invención y muestra olas creadas por el cuerpo solo cuando la embarcación se mueve por encima de la velocidad de diseño más baja en una masa de agua;
- 15 La Figura 9B muestra esquemáticamente las interacciones entre el cuerpo y un casco de acuerdo con la invención cuando la embarcación se mueve por encima de la velocidad de diseño más baja en una masa de agua;
- 20 Las Figuras 10A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con una primera modalidad de la invención, donde la Figura 10A es una vista desde arriba de la parte delantera, la Figura 10B es una sección longitudinal vertical de la parte delantera, la Figura 10C es una vista frontal de la vista de la parte delantera y la Figura 10D es una vista desde abajo de la parte delantera;
- 25 Las Figuras 11A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con una segunda modalidad de la invención, donde la Figura 11A es una vista desde arriba de la parte delantera, la Figura 11B es una vista lateral de la parte delantera, la Figura 11C es una vista frontal de la parte delantera y la Figura 11D es una vista desde abajo de la parte delantera;
- 30 Las Figuras 12A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con una tercera modalidad de la invención, donde la Figura 12A es una vista desde arriba de la parte delantera, la Figura 12B es una vista lateral de la parte delantera, la Figura 12C es una vista frontal de la parte delantera y la Figura 12D es una vista desde abajo de la parte delantera;
- 35 Las Figuras 13A, B y C muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con la primera modalidad de la invención (que también se muestra en las Figuras 10A-D) que ilustra en mayor grado el modo de funcionamiento de la invención, donde la Figura 13A es una vista superior de la parte delantera, la Figura 13B es una sección longitudinal vertical de la parte delantera y la Figura 13C es una vista frontal de la parte delantera;
- 40 Las Figuras 14A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con la segunda modalidad de la invención (que también se muestra en las Figuras 11A-D), que ilustra en mayor medida el modo de funcionamiento de la invención, donde la Figura 14A es una vista superior de la parte delantera, la Figura 14B es una vista lateral de la parte delantera, la Figura 14C es una vista frontal de la parte delantera y la Figura 14D es una vista inferior de la parte delantera;
- 45 Las Figuras 15A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con la tercera modalidad de la invención (también mostrada en las Figuras 12A-D), que ilustra en mayor medida el modo de funcionamiento de la invención, donde la Figura 15A es una vista superior de la parte delantera, la Figura 15B es una vista lateral de la parte delantera, la Figura 15C es una vista frontal de la parte delantera y la Figura 15D es una vista inferior de la parte delantera;
- La Figura 16A muestra una fotografía de un buque modelo utilizado en las pruebas modelos vistos en ángulo desde la popa, con una proa convencional de acuerdo con la técnica anterior;
- 50 La Figura 16B muestra una fotografía de una vista frontal del buque modelo en la Figura 16A;
- La Figura 16C muestra una fotografía de una vista frontal oblicua del buque modelo en la Figura 16A;
- 55 La Figura 17A muestra la fotografía de una vista frontal del buque modelo donde la sección de proa ha sido reemplazada por una proa modificada de acuerdo con la séptima modalidad de la invención.
- La Figura 17B es una fotografía de una vista frontal oblicua del buque modelo en la Figura 17A;
- 60 La Figura 18A es una fotografía de una vista frontal del buque modelo donde la sección de proa ha sido reemplazada por una proa modificada de acuerdo con la tercera modalidad de la invención, con una cuña en forma de V;
- La Figura 18B es una fotografía de una vista frontal oblicua del buque modelo en la Figura 18A;
- 65 La Figura 19A es una fotografía donde el buque modelo tiene una proa convencional de acuerdo con la técnica anterior como se muestra en las Figuras 16A-C, y donde la velocidad medida es de 1,25 m/s;

La Figura 19B es una fotografía donde el buque modelo tiene una proa modificada de acuerdo con la tercera modalidad de la invención, como se muestra en las Figuras 18A y B, pero sin una cuña en forma de V, y donde la velocidad medida es de 1,25 m/s;

5 La Figura 19C es una fotografía donde el buque modelo tiene una proa modificada de acuerdo con la tercera modalidad de la invención, como se muestra en las Figuras 18A y B, pero sin una cuña en forma de V, y donde la velocidad medida es de 1,34 m/s;

10 Las Figuras 20A y B son fotografías de la porción de proa del buque modelo con una proa modificada de acuerdo con la tercera modalidad de la invención, como se muestra en las Figuras 18A y B, pero sin una cuña en forma de V, a una velocidad respectivamente por debajo y por encima de la menor velocidad de diseño del buque modelo;

15 Las Figuras 21A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con una cuarta modalidad de la invención, donde la Figura 21A es una vista desde arriba de la parte delantera, la Figura 21B es una vista lateral de la parte delantera, la Figura 21C es una vista frontal de la parte delantera y la Figura 21D es una vista desde abajo de la parte delantera;

20 Las Figuras 22A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con una quinta modalidad de la invención, donde la Figura 22A es una vista desde arriba de la parte delantera, la Figura 22B es una vista lateral de la parte delantera, la Figura 22C es una vista frontal de la parte delantera y la Figura 22D es una vista desde abajo de la parte delantera;

25 Las Figuras 23A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con una sexta modalidad de la invención, donde la Figura 23A es una vista desde arriba de la parte delantera, la Figura 23B es una vista lateral de la parte delantera, la Figura 23C es una vista frontal de la parte delantera y la Figura 23D es una vista desde abajo de la parte delantera;

30 Las Figuras 24A, B, C y D muestran la parte delantera de una embarcación de acuerdo con una séptima modalidad de la invención, donde la Figura 24A es una vista desde arriba de la parte delantera, la Figura 24B es una vista lateral de la parte delantera, la Figura 24C es una vista frontal de la parte delantera y la Figura 24D es una vista desde abajo de la parte delantera;

35 Las Figuras 25A y B son vistas laterales de la parte delantera de una embarcación de acuerdo con la invención donde el borde posterior del cuerpo está ubicado más alto que el fondo del casco y más profundo que el fondo del casco, respectivamente;

40 Las Figuras 26A, B, C, D, E y F muestran diferentes configuraciones de cómo se puede formar la sección longitudinal vertical del cuerpo de acuerdo con la invención, la Figura 26E muestra ejemplos de dos cuerpos donde uno de los cuerpos se coloca sobre el otro, y la Figura 26F muestra un cuerpo que comprende dos partes;

Las Figuras 27A, B, C, D y E son secciones longitudinales verticales de diferentes modalidades de acuerdo con la invención y muestran cómo se puede cambiar la elevación dinámica del cuerpo, donde las Figuras 27B, C y D muestran cómo el flujo en el borde posterior del cuerpo puede ser cambiado por medio de rebordes/superficies de control; y

45 Las Figuras 28A, B, C, D, E, F, G, H, I y J son vistas superiores de diferentes configuraciones que muestran cómo se puede configurar el cuerpo, de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de la invención

50 Definiciones

A lo largo de este documento, se aplicará la siguiente definición:

Embarcación 1:

55 Todas las embarcaciones de desplazamiento y las embarcaciones que funcionan hasta velocidades de navegación.

Casco 2:

60 La parte de la embarcación 1 que está, o puede entrar, en contacto con el agua mientras está a una velocidad y que hace que la embarcación esté apta para navegar, pero sin incluir el cuerpo 4 de acuerdo con la invención, o el bulbo y similares para las embarcaciones convencionales 1.

Área de la proa 3:

65 El área del casco 2 vista desde el frente debajo de la superficie del agua 5 cuando la embarcación 1 está flotando en una masa de agua, pero sin incluir el cuerpo 4 de acuerdo con la invención, o el bulbo y similares para las embarcaciones convencionales 1.

Cuerpo 4:

El cuerpo que se dispone en el área de la proa 3.

Superficie del agua 5:

5 Una superficie recta que forma la superficie del mar o del agua cuando no hay olas.

Parte delantera de una embarcación 6:

10 Desde el centro de la embarcación en la dirección longitudinal de la embarcación 1 hasta el punto más delantero de la embarcación 1, es decir, que incluye el cuerpo 4 de acuerdo con la invención, o el bulbo y similares para las embarcaciones convencionales 1.

Ola en la proa:

15 Se formó una cresta de olas delante del área de la proa 3 debido a la desaceleración del casco 2 de la masa de agua que se aproxima.

Borde delantero 41 del cuerpo:

El borde más delantero del cuerpo 4, equivalente al "borde delantero" de un ala de avión.

Borde posterior 42 del cuerpo:

20 El borde más trasero definido del cuerpo 4, donde las masas de agua de la superficie superior 47 del cuerpo dejan el cuerpo 4, equivalente al "borde posterior" de un ala de avión.

Superficie superior delantera 43 del cuerpo:

25 El área de la superficie superior del cuerpo 4 que se extiende desde el borde delantero 41 del cuerpo hasta una línea de contorno 53 del cuerpo 4 vista desde el frente.

Superficie superior trasera 44 del cuerpo:

30 El área de la superficie superior del cuerpo 4 que comienza donde la superficie superior delantera del cuerpo 43 termina y se extiende hacia el borde posterior 42 del cuerpo.

Lado inferior 45 del cuerpo:

El área del lado inferior del cuerpo 4 que se extiende desde el borde delantero 41 del cuerpo hasta su borde posterior 42.

Parte delantera 46 del cuerpo:

35 El volumen del cuerpo 4 que se extiende desde el borde delantero 41 del cuerpo y hacia atrás a una sección transversal vertical a través de la línea de contorno 53.

Superficie superior 47 del cuerpo:

40 El área de la superficie superior del cuerpo 4 que se extiende desde el borde delantero 41 del cuerpo y hacia atrás hasta su borde posterior 42.

Línea de contorno 53:

45 Una línea que se extiende a través del ancho del cuerpo 4 en la superficie superior del cuerpo 47, formada por el punto más alto visible del cuerpo 4 a lo largo de la dirección transversal del cuerpo cuando el cuerpo 4 se ve desde el frente. La tangente al cuerpo 4 en la dirección de desplazamiento de la embarcación 1 es, por lo tanto, horizontal en los puntos de intersección a lo largo de toda la línea de contorno.

Interfaz 54:

50 El límite entre el borde delantero 41 del cuerpo y su borde posterior 42.

Interfaz 55:

El límite entre la superficie superior 47 del cuerpo y el área de la proa 3 o la cuña en forma de V 65.

Interfaz 56:

55 El límite entre el lado inferior del casco 2 y el área de la proa 3.

Cuña en forma de V 65:

60 Un dispositivo para asegurar el cuerpo 4 al casco 2 y/o para mejorar las condiciones de flujo en el borde posterior 42 del cuerpo, donde el dispositivo visto desde arriba tiene una forma de V o una forma de V aproximada.

Masa de agua elevada 80:

65 La masa total de agua, incluida la masa de agua que escapa 80A, que se eleva por encima de la superficie del agua 5 como resultado del desplazamiento del cuerpo 4 de las masas de agua que se aproximan cuando la embarcación 1 está a una velocidad.

Masa de agua que escapa 80A:

La parte de la masa de agua que se eleva sobre la superficie del agua 5 como resultado del desplazamiento del cuerpo 4 de las masas de agua que se aproximan cuando la embarcación 1 está a una velocidad y que escapa como olas a las masas de agua circundantes.

5 Vector de velocidad 85:

La masa de agua que pasa sobre la superficie superior 47 del cuerpo tiene en el borde posterior 42 del cuerpo una velocidad y una dirección que pueden darse en forma de un vector de velocidad. Este vector de velocidad es a su vez el resultante del vector de velocidad de cada molécula de agua individual.

10 Las Figuras 9A y B muestran el modo general de funcionamiento de la invención para la modalidad particular en la que las masas de agua que se aproximan son conducidas debajo del casco. La posición de la superficie del agua 5 se muestra con una línea discontinua. La Figura 9A muestra la ola 31 formada detrás del cuerpo 4 cuando solo el cuerpo 4 pasa a través de una masa de agua por encima de una velocidad de diseño más baja. La Figura 9B muestra la interacción entre el cuerpo 4 y el casco 2 y cómo el casco 2 evita que la ola 31 se eleve cuando la embarcación 1 se hace funcionar por encima de una velocidad de diseño más baja.

La invención se puede configurar de varias maneras, pero los principios fundamentales del modo de funcionamiento son comunes a todas las modalidades.

20 Primera Modalidad

Esta sección describe la estructura y el modo de funcionamiento de una primera modalidad de una embarcación 1 de acuerdo con la invención. Ver las Figuras 10A, B, C y D y las Figuras 13A, B y C.

25 Las Figuras 10A-D y las Figuras 13A-C muestran la parte delantera 6 de una embarcación 1 que comprende un casco 2 con un área de la proa 3 y un cuerpo 4 de acuerdo con la invención, con el cuerpo 4 parcialmente sumergido en una masa de agua cuando la embarcación 1 permanece inmóvil. La posición de la superficie de agua 5 se indica en las Figuras 10B y C y en las Figuras 13B y C. El cuerpo 4 está ubicado a una distancia del área de la proa 3, de manera que se forma un paso 60 entre el cuerpo 4 y el área de la proa 3. Como se muestra mejor en las Figuras 10A-D, el cuerpo 4 comprende un borde delantero 41, un borde posterior 42, una superficie superior delantera 43, una línea de contorno 53, una superficie superior trasera 44, un lado inferior 45 y una parte delantera 46. La suma de la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 constituye la superficie superior del cuerpo 47. La línea de contorno 53 indica el límite entre la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44. Las líneas discontinuas para el borde posterior 42 del cuerpo, la línea de contorno 53 y la interfaz 56 en la Figura 10A no son visibles desde arriba, pero se muestran para ilustrar mejor la configuración del casco 2 y del cuerpo 4.

Con referencia particular a las Figuras 13A-C, cuando la embarcación 1 está a una velocidad y se mueve más rápido que una velocidad de diseño más baja, una masa de agua se desplaza con un flujo laminar a través de la superficie superior delantera 43 del cuerpo. La superficie superior curvada 47 del cuerpo 4, con un perfil ahusado hacia el borde posterior 42 del cuerpo, acelera la masa de agua y permite que descienda en el campo gravitatorio. En el borde posterior 42 del cuerpo, la masa de agua tiene una alta velocidad que hace que la masa de agua tenga una extensión vertical más pequeña. Esto, junto con el vector de velocidad 85 de la masa de agua en el borde posterior 42 del cuerpo, conduce al volumen de agua debajo del área de la proa 3, de modo que el área de la proa 3 no desplaza las masas de agua que se aproximan. El área de la proa 3 es, por lo tanto, seca o básicamente seca, mientras que está a una velocidad.

45 Delante o aguas arriba del cuerpo 4, las masas de agua se reducirán de la misma manera que delante de la proa de un barco convencional. Esto da como resultado una masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4. La extensión transversal del cuerpo 4, y las placas laterales 70 ubicadas a cada lado del cuerpo 4 (consultar Figuras 13A-C), conducen la mayor parte de la masa de agua elevada 80 sobre el cuerpo 4, de manera que solo una pequeña proporción 80A de la masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4 escapa como olas a las masas de agua circundantes. La masa de agua elevada 80 que está formada por el cuerpo 4, incluyendo la masa de agua que escapa 80A, se ilustra en las Figuras 13A-C.

50 Como el cuerpo 4 tiene una gran extensión transversal, delimitada por las placas laterales 70, y levanta las masas de agua que se aproximan en el plano vertical, la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47 se aísla de las masas de agua circundantes, de manera que pocas o ninguna ola son producidas en las masas de agua circundantes cuando la masa de agua se acelera en la superficie superior 47 del cuerpo. De este modo, una masa de agua puede acelerarse desde el punto 200 hasta el punto 400 y aquí se le da a la masa de agua un vector de velocidad favorable 85 (consultar Figura 13B) sin que se produzcan olas significativas en las masas de agua circundantes.

60 Partes de la energía que ayudan a elevar la masa de agua 80 por delante del cuerpo 4 acompañan a la masa de agua como energía potencial en la superficie superior 47 del cuerpo, donde la masa de agua desciende en el campo gravitatorio en la superficie superior trasera del cuerpo 44. Por lo tanto, partes de la energía potencial aumentada en la masa de agua elevada 80 se utilizan para el movimiento de avance, o para proporcionar a la masa de agua en la superficie superior 47 del cuerpo una mayor velocidad en el borde posterior 42 del cuerpo, en lugar de perderse en las masas de agua circundantes en forma de olas.

Como el cuerpo 4 está ubicado cerca de la superficie del agua 5, no se obtiene un levantamiento como se hace con una lámina de elevación suficientemente sumergida. El peso de las masas de agua en la superficie superior del cuerpo 47 hará que pese la parte delantera 6 de la embarcación 1 hacia abajo. Para contrarrestar esto, el lado inferior del cuerpo 45 puede estar conformado y/o inclinado para brindar una elevación dinámica que equilibre el peso de la totalidad o partes de la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47. Como se puede ver en la Figura 13B, la elevación dinámica se crea en que el lado inferior 45 del cuerpo forma el ángulo de ataque α al plano horizontal. A medida que el borde posterior 42 del cuerpo desciende, la velocidad de la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47 aumenta aún más.

La distancia entre el borde posterior 42 del cuerpo y el área en la que las masas de agua golpean el casco 2 se adapta de tal manera que la masa de agua fluya con la mayor cantidad de flujo laminar posible sobre la superficie superior trasera 44 del cuerpo y además con tanto flujo laminar como sea posible por debajo de los puntos 500 y 600 (Figura 13B) donde el casco 2 detrás evita la formación de olas. Los puntos 100 y 300 son la ubicación de las masas de agua, respectivamente, aguas arriba del borde delantero 41 (es decir, aguas arriba del punto 200) y en el punto más alto 4 del cuerpo, a lo largo de una línea de flujo. Los puntos 100, 200, 300, 400, 500 y 600 también están marcados en la Figura 13A.

La invención ha reducido así la formación de olas de la embarcación 1 que se propagan a las masas de agua circundantes.

A una velocidad creciente, la velocidad del flujo esencialmente laminar en la superficie superior del cuerpo 47 aumentará proporcionalmente al aumento en la velocidad de la embarcación 1, y así evitará una mayor acumulación de masas de agua 80 delante del cuerpo 4. El porcentaje 80A de la masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4 que escapa como olas permanecerá relativamente constante. De manera similar, la altura de la masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4 permanecerá relativamente constante, y por lo tanto la altura de la ola formada por la parte delantera 6 de la embarcación 1 no aumentará como en el caso de una embarcación 1 convencional.

La masa de agua en la superficie superior 47 del cuerpo, debido al efecto Coanda, seguirá la superficie superior del cuerpo 47 también a altas velocidades.

La invención reduce así la resistencia a las olas de la embarcación 1 dentro de un amplio rango de velocidades.

El flujo laminar en la superficie superior delantera del cuerpo 43 evita la resistencia a la espuma y a la ruptura de las olas y, por lo tanto, también reduce o elimina estos componentes de resistencia.

En esta primera modalidad, el cuerpo 4 se puede asegurar al casco 2 por medio de las placas laterales 70 como se muestra en las Figuras 13A-C. El cuerpo 4 también se puede asegurar al casco 2 mediante una o más cuñas en forma de V 65 (ver, por ejemplo, las Figuras 12A-D) entre el área de la proa 3 y la superficie superior del cuerpo 47. A menor velocidad de la embarcación 1, las pruebas modelos han demostrado que puede ser favorable tener un cierto ancho de la cuña en forma de V 65. Esto se debe a que la turbulencia que surge fácilmente cuando la masa de agua que se va a conducir debajo del casco disminuye, y/o cuando el área en la que se forma la turbulencia disminuye. A velocidades más altas, los medios de sujeción pueden configurarse de tal manera que disminuyan lo menos posible las masas de agua que fluyen en la superficie superior del cuerpo 47.

Segunda Modalidad

Esta sección describe la estructura y el modo de funcionamiento de una segunda modalidad de acuerdo con la invención. Ver las Figuras 11A, B, C y D y las Figuras 14A, B, C y D.

Como los principios principales para el modo de funcionamiento son comunes a todas las modalidades, la siguiente descripción será similar a la explicación dada en la sección anterior.

Las Figuras 11A-D y las Figuras 14A-D muestran la parte delantera 6 de una embarcación 1 que comprende un casco 2 y un cuerpo 4 de acuerdo con la invención donde el cuerpo 4 está incorporado en el área de la proa 3. Además, el cuerpo 4 está parcialmente sumergido en una masa de agua cuando la embarcación 1 está inmóvil. La posición de la superficie del agua 5 se indica en las Figuras 11B y C y en las Figuras 14B y C.

Como se muestra mejor en las Figuras 11A-D, el cuerpo 4 comprende un borde delantero 41, dos bordes posteriores 42, una superficie superior delantera 43, una línea de contorno 53, una interfaz 55, una superficie superior trasera 44, un lado inferior 45 y una parte delantera 46. La suma de la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 constituye la superficie superior del cuerpo 47. La línea de contorno 53 indica el límite entre la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 y la interfaz 54 indica el límite entre el borde delantero 41 del cuerpo y los bordes posteriores del cuerpo 42. Las líneas discontinuas en la Figura 11A que indican los bordes posteriores del cuerpo 42, la línea de contorno 53 y la interfaz 55 no son visibles desde arriba, pero se muestran en orden para ilustrar mejor el diseño del casco 2 y el cuerpo 4.

- Con referencia particular a las Figuras 14A-D, cuando la embarcación 1 está a una velocidad y funciona más rápido que una velocidad de diseño más baja, una masa de agua se desplaza con un flujo laminar sobre la superficie superior delantera del cuerpo 43. La superficie superior curva del cuerpo 47 acelera la masa de agua. Como la superficie superior trasera del cuerpo 44 está configurada con una sección transversal que se estrecha hacia la periferia del cuerpo 4 en la dirección transversal, la masa de agua descenderá en el campo gravitacional en los bordes posteriores del cuerpo 42 sin entrar en contacto con el área de la proa 3, de manera que se evite la desaceleración no deseada de la masa de agua en la superficie superior 47 del cuerpo. La configuración del área de la proa 3 puede, como la cuña en forma de V 65, ayudar a controlar la masa de agua en la superficie superior 47 del cuerpo. En los bordes posteriores 42 del cuerpo, la masa de agua tiene una alta velocidad que hace que la masa de agua tenga una extensión vertical más pequeña. Esto, junto con los vectores de velocidad 85 de la masa de agua en los bordes posteriores 42 del cuerpo, conduce a la masa de agua debajo del área de la proa 3 y/o hacia los lados del casco 2. Esto significa que el área de la proa 3 solo desplazará una pequeña proporción de las masas de agua que se aproximan que la parte delantera 6 de la embarcación 1 debe desplazar; consultar Figura 14C que muestra la vista frontal de la embarcación 1.
- Si la totalidad o partes de la masa de agua de la superficie superior del cuerpo 47 no se dirigen debajo del área de la proa 3, el cuerpo 4 puede configurarse de tal manera que los vectores de velocidad 85 de las masas de agua en los bordes posteriores del cuerpo 42 y el vector de velocidad de las masas de agua que se aproximan y que no son desplazadas por el cuerpo 4, obtienen un vector de velocidad que es lo más paralelo posible al área de la proa 3.
- Antes, o aguas arriba, del cuerpo 4, las masas de agua se reducirán de la misma manera que antes de la proa de un barco convencional. Esto da como resultado una masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4. La superficie superior delantera 43 del cuerpo tiene una sección transversal que se estrecha hacia la periferia del cuerpo 4 en una dirección transversal. Esto causa principalmente un levantamiento de las masas de agua 80 hacia la mitad del cuerpo 4 y, en menor medida, hacia la periferia del cuerpo 4, vista desde el frente. La extensión transversal del cuerpo 4 conduce así a la mayor porción de la masa de agua elevada 80 sobre el cuerpo 4, de manera que solo una pequeña proporción 80A de la masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4 escapa como olas a las masas de agua circundantes. La masa de agua elevada 80 y 80A formada por el cuerpo 4 se ilustra en las Figuras 14A y B.
- Como el cuerpo 4 tiene una gran extensión transversal, y también levanta las masas de agua que se aproximan en el plano vertical, la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47 está aislada en gran medida de las masas de agua circundantes, de manera que no se producen olas significativas en las masas de agua circundantes como resultado de la aceleración de la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47. Por lo tanto, una masa de agua puede acelerarse desde el punto 200 hasta el punto 400 (ver las Figuras 14A-D) sin que se produzcan olas significativas en las masas de agua circundantes. Las masas de agua fluyen con la mayor cantidad de flujo laminar posible debajo del casco 2 hasta el punto 500. El punto 100 y el punto 300 son la ubicación de las masas de agua, respectivamente, aguas arriba del borde delantero 41 (es decir, aguas arriba del punto 200) y en el punto más alto del cuerpo 4, a lo largo de una línea de flujo.
- Las partes de la energía que ayudaron a elevar la masa de agua 80 por delante del cuerpo 4 acompañan a la masa de agua como energía potencial sobre la superficie superior del cuerpo 47 y descienden en el campo gravitatorio en la superficie superior trasera 44 del cuerpo. Por lo tanto, partes de la energía potencial aumentada en la masa de agua elevada 80 se utilizan para el movimiento de avance, o para proporcionar a la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47 una mayor velocidad en los bordes posteriores 42 del cuerpo, en lugar de perderse a las masas de agua circundante como olas.
- Como el cuerpo 4 está ubicado cerca de la superficie del agua 5, no se obtiene un levantamiento como se hace con una lámina de elevación suficientemente sumergida. El peso de las masas de agua en la superficie superior del cuerpo 47 hará que pese la parte delantera 6 hacia abajo. Para contrarrestar esto, el lado inferior del cuerpo 45 puede estar conformado y/o inclinado para brindar una elevación dinámica que equilibre el peso total o parte de la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47. Como puede verse en las Figuras 14B y C, la elevación dinámica se produce porque el borde posterior 42 del cuerpo está colocado más abajo que su borde delantero 41. Por lo tanto, la velocidad de la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47 aumenta aún más.
- La invención ha reducido así la formación de olas de la embarcación 1 que se propagan a las masas de agua circundantes.
- Si la embarcación 1 debe diseñarse para viajar a alta velocidad, será conveniente permitir que la extensión transversal del cuerpo 4 disminuya desde el ancho más grande del cuerpo y 4 hacia atrás, visto desde arriba (es decir, aguas abajo de la interfaz 54), para así conducir una mayor proporción de la masa de agua que pasa a través de la superficie superior 47 del cuerpo debajo del área de la proa 3 en lugar de salir hacia los lados del casco 2.
- El flujo laminar en la superficie superior delantera 43 del cuerpo evita la resistencia a la espuma y a la ruptura de las olas y, por lo tanto, también reducirá estos componentes de resistencia.
- El cuerpo 4 en esta segunda modalidad se incorpora en el área de la proa 3 y se asegura al casco 2 porque las vigas del casco 2 y el sistema de soporte se extienden y continúan en el interior del cuerpo 4. Por lo tanto, esta modalidad no requiere ninguna forma de puntal externo u otra forma de unión externa.

Tercera Modalidad

Esta tercera modalidad de acuerdo con la invención, mostrada en las Figuras 12A, B, C y D y en las Figuras 15A, B, C y D, tiene una estructura y un modo de funcionamiento que se encuentra en algún lugar entre las dos modalidades descritas anteriormente. El buque modelo, que se describe más adelante en este documento en la sección titulada pruebas modelos, se realiza en las Pruebas B, de acuerdo con esta tercera modalidad; consultar las Figuras 18A y 18B, pero sin la cuña en forma de V 65.

Las Figuras 12A-D y las Figuras 15A-D muestran la parte delantera 6 de una embarcación 1 que comprende un casco 2 con un área de la proa 3 y un cuerpo 4 de acuerdo con la invención con el cuerpo 4 parcialmente sumergido en una masa de agua cuando la embarcación 1 permanece inmóvil. La posición de la superficie del agua 5 se indica en las Figuras 12B y C y en las Figuras 15B y C.

El cuerpo 4 está ubicado a una distancia del área de la proa 3, de manera que el paso 60 se forma entre el cuerpo 4 y el área de la proa 3. Como se muestra mejor en las Figuras 12A-D, el cuerpo 4 comprende un borde delantero 41, un borde posterior 42, una superficie superior delantera 43, una línea de contorno 53, una superficie superior trasera 44, un lado inferior 45 y una parte delantera 46. La suma de la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 constituye la superficie superior del cuerpo 47. La línea de contorno 53 indica el límite entre la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 y la interfaz 54 indica el límite entre el borde delantero 41 del cuerpo y su borde posterior 42. El cuerpo 4 está ubicado a una distancia del área de la proa 3, de manera que el paso 60 se forma entre el cuerpo 4 y el área de la proa 3. Las líneas discontinuas para el borde posterior 42 del cuerpo, la línea de contorno 53, la interfaz 55 y la interfaz 56 en la Figura 12A no se ven desde arriba, pero se muestran en orden para ilustrar mejor la configuración de la embarcación 1.

Con referencia particular a las Figuras 15A-D; cuando la embarcación 1 está a una velocidad y funciona más rápido que una velocidad de diseño más baja, una masa de agua se desplaza con un flujo laminar sobre la superficie superior delantera 43 del cuerpo. La superficie superior curva del cuerpo 47, con un perfil afilado hacia el borde posterior 42 del cuerpo, acelera la masa de agua y le permite descender en el campo gravitatorio. En el borde posterior 42 del cuerpo, la masa de agua tiene una alta velocidad que hace que la masa de agua tenga una extensión vertical más pequeña. Esto, junto con el vector de velocidad 85 de la masa de agua en el borde posterior 42 del cuerpo, conduce la masa de agua debajo del área de la proa 3, de modo que el área de la proa 3 solo desplaza una pequeña proporción de las masas de agua que se aproximan a los lados del área de la proa 3; consultar Figura 15C. Por tanto, grandes partes del área de la proa 3 están secas o básicamente secas durante el movimiento.

Delante o arriba del cuerpo 4, las masas de agua se reducirán de la misma manera que delante de la proa de un barco convencional. Esto provoca una masa de agua elevada 80 delante del cuerpo 4. La superficie superior delantera 43 del cuerpo tiene una sección transversal que se estrecha hacia la periferia del cuerpo 4 en la dirección transversal. Esto provoca principalmente una elevación de las masas de agua 80 hacia la mitad del cuerpo 4 y solo en menor medida hacia la periferia del cuerpo 4 en la dirección transversal. La extensión transversal del cuerpo 4 conduce así a la mayor parte de la masa de agua elevada 80 sobre el cuerpo 4, de modo que solo una pequeña proporción 80A de la masa de agua elevada 80 delante del cuerpo 4 escapa como olas a las masas de agua circundantes. La masa de agua elevada 80 que está formada por el cuerpo 4, incluida la masa de agua que escapa 80A, se ilustra en las Figuras 15A y B.

Como el cuerpo 4 tiene una gran extensión transversal y levanta las masas de agua que se aproximan en el plano vertical, la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47 se aislará en gran medida de las masas de agua circundantes, de modo que no se produzcan olas significativas en las masas de agua circundantes cuando la masa de agua se acelera en la superficie superior del cuerpo 47. Por lo tanto, una masa de agua puede acelerarse desde el punto 200 hasta el punto 400, y aquí se le puede dar un vector de velocidad favorable a la masa de agua 85 (consultar Figuras 15A-D) sin que se produzcan olas significativas en las masas de agua circundantes.

Partes de la energía que ayuda a elevar la masa de agua 80 por delante del cuerpo 4 acompañan a la masa de agua como energía potencial en la superficie superior 47 del cuerpo, la masa de agua descende en el campo gravitatorio en la superficie superior trasera 44 del cuerpo. Por lo tanto, partes de la energía potencial aumentada en la masa de agua elevada 80 se utilizan para el movimiento de avance, o para dar a la masa de agua en la superficie superior 47 del cuerpo una mayor velocidad en el borde posterior 42 del cuerpo, en lugar de perderse en las masas de agua circundante como olas.

Como el cuerpo 4 está ubicado cerca de la superficie del agua 5, no se obtiene un levantamiento como se logra con una lámina de elevación suficientemente sumergida. El peso de las masas de agua en la superficie superior del cuerpo 47 hará que pese la parte delantera 6 hacia abajo. Para contrarrestar esto, el lado inferior del cuerpo 45 puede estar conformado y/o inclinado para brindar una elevación dinámica que equilibre el peso de la totalidad o partes de la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47. Como puede verse en las Figuras 15B y 14C, la elevación dinámica se produce porque el borde posterior 42 del cuerpo está colocado más abajo que su borde delantero 41. Por lo tanto, la velocidad de la masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47 aumenta aún más.

La distancia entre el borde posterior 42 del cuerpo y el área donde las masas de agua se encuentran con el casco 2 se adapta de tal manera que la masa de agua fluye con la mayor cantidad de flujo laminar posible sobre la superficie superior trasera 44 del cuerpo y además con la mayor cantidad de flujo laminar debajo del casco 2 a los puntos 500 y 600 (Figura 15A-D) donde el casco 2 detrás evita la formación de olas. Los puntos 100 y 300 son la ubicación de las masas de agua, respectivamente, aguas arriba del borde delantero 41 (es decir, aguas arriba del punto 200) y en el punto más alto 4 del cuerpo, a lo largo de una línea de flujo.

La invención ha reducido así la formación de olas de la embarcación 1 que se extienden hacia las masas de agua circundantes.

Con el aumento de la velocidad, la velocidad del flujo esencialmente laminar en la superficie superior del cuerpo 47 aumentará proporcionalmente al aumento de la velocidad de la embarcación 1, y así evitará una mayor acumulación de masas de agua 80 por delante del cuerpo 4. El porcentaje 80A de la masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4 que escapa como olas permanecerá relativamente constante. De manera similar, la altura de la masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4 permanecerá relativamente constante a una velocidad creciente, y por lo tanto la altura de la ola formada por la parte delantera 6 no aumentará como en una embarcación convencional 1; consultar Figuras 19A-C a partir de las pruebas modelos.

La masa de agua en la superficie superior del cuerpo 47, debido al efecto Coanda, seguirá la superficie superior del cuerpo 47 también a velocidades más altas.

Por lo tanto, la invención reduce la resistencia a las olas dentro de un amplio rango de velocidades.

El flujo laminar en la superficie superior delantera del cuerpo 43 evita la resistencia a la espuma y a la ruptura de las olas y, por lo tanto, también reduce o elimina estos componentes de resistencia. Esto se puede ver claramente en las Figuras 20A y B, que muestran respectivamente las características del flujo no laminar y laminar de una masa de agua desplazada que se eleva sobre la superficie superior delantera 43 del cuerpo.

El cuerpo 4 en esta tercera modalidad se puede asegurar al casco 2 por medio de una o más cuñas en forma de V 65, visto desde arriba, como se muestra en las Figuras 12A-D, como también se puede ver en las Figuras 18A y B. A una velocidad más baja de la embarcación 1, las pruebas modelos han demostrado que puede ser favorable tener un cierto ancho de la cuña en forma de V 65. Esto se debe a que la turbulencia que surge fácilmente cuando la masa de agua que se va a conducir debajo del casco disminuye, y/o cuando el área donde se forma la turbulencia disminuye. A velocidades más altas, el cuerpo 4 se puede sujetar al casco 2 utilizando puntales o placas para que las masas de agua en la superficie superior 47 del cuerpo disminuyan la velocidad lo menos que sea posible.

Criterios generales de diseño - Misceláneas

El cuerpo 4 y el casco 2 están configurados de modo que la resistencia total para la embarcación 1 sea lo más baja posible. La configuración y ubicación del cuerpo 4 está determinada en gran medida por los calados del casco 2, la relación ancho/calado, la variación en el calado (carga/lastre) y el rango de velocidades. Además, debe tenerse en cuenta las características marítimas y lo que de otro modo es un diseño práctico en relación con el uso de la embarcación.

El cuerpo 4 debe configurarse de tal manera que se logre el máximo flujo laminar en la superficie superior del cuerpo 47 desde una velocidad de diseño más baja.

En general, se puede intentar conducir la mayor proporción de la masa de agua que se aproxima sobre la superficie superior del cuerpo 47. La proporción de la masa de agua que debe ser desplazada por el lado inferior del cuerpo 45 y/o por el casco 2 es, por lo tanto, más pequeña. Esto puede ser ventajoso ya que la masa de agua que se desplaza por el lado inferior del cuerpo 45 y/o por el casco 2 provoca el aumento de la velocidad del agua, lo que a su vez provoca una presión negativa y pérdida de flotabilidad, y también la formación de olas.

En el caso de la embarcación 1 que funciona a una velocidad baja a moderada, típicamente F_N 0,1 a 0,25, puede ser la presión dinámica en las masas de agua que se aproximan lo que limita la proporción de las masas de agua que se elevan sobre la superficie superior delantera 43 del cuerpo.

Para obtener un flujo laminar sobre la superficie superior delantera 43 del cuerpo a una velocidad de diseño más baja, el cuerpo 4 puede configurarse de tal manera que el perfil del cuerpo 4 tenga poca plenitud en la parte delantera del cuerpo 46, y donde el lado inferior delantero del cuerpo 4 tenga un pequeño ángulo de ataque; consultar Figuras 26B, 26C, 26D y 26F. Esto proporciona poca desaceleración de las masas de agua por delante del cuerpo 4. El lado inferior trasero del cuerpo 4 puede tener un ángulo de ataque que aumenta gradualmente para conducir más fácilmente las masas de agua debajo de la embarcación 1; consultar Figuras 26C, 26D y 26F.

La Figura 26F tiene una brecha que permite que un poco de agua del lado inferior del cuerpo 45 fluya a través del espacio y hacia arriba sobre la superficie superior trasera del cuerpo, para así mejorar las condiciones de flujo en el área alrededor

del borde posterior 42 del cuerpo, reduciendo así cualquier problema de turbulencias. Dicha brecha en el cuerpo 4 es de la técnica anterior que, entre otras cosas, se utiliza en la industria aeronáutica.

La Figura 26E muestra un ejemplo de dos cuerpos 4 que están ubicados a diferentes alturas. Una configuración de este tipo se puede utilizar cuando una embarcación 1 funciona en diferentes condiciones de carga. Cuando la embarcación 1 funciona con carga ligera o lastre, el cuerpo superior 4 puede colocarse tan alto que las masas de agua no se dirigen sobre este cuerpo, pero el cuerpo inferior 4 funciona como se describe en este documento. Cuando la embarcación 1 está muy cargada, las masas de agua pueden pasar sobre ambos cuerpos 4 y el efecto de los cuerpos 4 aquí también será como se describe en este documento.

A velocidades más altas, donde la presión dinámica es mayor, puede ser conveniente dejar que una mayor proporción del agua que se aproxima se dirija sobre la superficie superior del cuerpo 47.

En el caso de la embarcación 1 que funciona a velocidades de medias a altas, típicamente desde $F_N=0,25$ hasta por encima de $F_N=1,0$, puede ser conveniente que el cuerpo 4 tenga el mismo ancho que el casco 2.

En el caso del casco 2 con un ancho mayor en comparación con el calado, típicamente barcasas, también puede ser conveniente darle al cuerpo 4 un ancho aproximadamente igual al ancho del casco 2 para que la masa de agua elevada 80 frente al casco se conduce esencialmente debajo del casco 2.

A una relación ancho/calado baja para la embarcación 1, el cuerpo 4 puede configurarse para desplazar una mayor proporción de las masas de agua que se aproximan lateralmente que en el caso con una relación ancho/calado mayor.

La sección transversal del cuerpo 4 hacia la periferia del cuerpo 4 en la dirección transversal puede hacerse más delgada y así reducir la elevación de las masas de agua 80 aguas arriba de la periferia del cuerpo 4; consultar Figuras 11C, 12C, 21C, 22C y 23C.

Para otra modalidad, los bordes posteriores 42 del cuerpo también pueden configurarse paralelos a los lados del casco 2, de manera que salga más agua hacia los lados del casco 2.

El cuerpo 4 se puede adaptar de modo que su lado inferior 45 o su borde delantero 41 se coloquen justo por encima de la superficie del agua 5 cuando la embarcación 1 esté lastrado, de modo que el lado inferior 45 del cuerpo evite físicamente la formación de una ola en la proa; consultar Figuras 21A, B, C y D. Cuando la embarcación 1 está en condiciones de carga, el cuerpo 4 estará total o parcialmente sumergido como se describe en este documento.

El cuerpo 4 se puede asegurarse al casco 2 en una posición fija. El acoplamiento también puede efectuarse de manera tal que la posición del cuerpo 4 en el plano vertical, horizontal y/o el ángulo de ataque se puedan cambiar durante el movimiento. Además, el cuerpo 4 puede estar equipado con una o más aletas pasivas o activas en el borde posterior 42 del cuerpo para minimizar la resistencia total de la embarcación 1 a diferentes profundidades/velocidades. Además, se pueden usar aletas activas para reducir los movimientos de la embarcación 1 en las olas.

El lado inferior 45 del cuerpo puede estar conformado y/o inclinado, de manera que a una velocidad se genera una elevación dinámica desde el lado inferior 45 del cuerpo, donde la elevación dinámica equilibra la totalidad o partes del peso adicional que ejercen las masas de agua en la superficie superior del cuerpo 4 cuando la embarcación 1 está a una velocidad. Dado que el peso de las masas de agua en el flujo en la superficie superior del cuerpo 47 es esencialmente constante por encima de una velocidad de diseño más baja, mientras que la elevación dinámica desde el lado inferior del cuerpo 45 aumenta a medida que aumenta la velocidad, una velocidad más alta requerirá un ángulo de ataque menor. Por lo tanto, puede ser ventajoso construir una embarcación 1 de acuerdo con la invención donde dicho ángulo de ataque del cuerpo 4 se pueda ajustar a la velocidad, como lo indican las flechas en la Figura 27A. Además, la Figura 27B muestra un cuerpo 4 equipado con una o más aletas con control remoto que pueden moverse como lo indica la flecha. El levantamiento dinámico y la imagen de flujo en el borde posterior 42 del cuerpo podrán cambiarse a la velocidad. La Figura 27C muestra el cuerpo 4 equipado con una o más aletas controladas remotamente capaces de moverse como lo indican una o más de las flechas. El levantamiento dinámico y la imagen de flujo en el borde posterior 42 del cuerpo podrán cambiarse a la velocidad. La Figura 27D muestra un cuerpo 4 equipado con una o más aletas controladas remotamente capaces de moverse como lo indica una o más de las flechas. El levantamiento dinámico y la imagen de flujo en el borde posterior 42 del cuerpo podrán cambiarse a la velocidad. El levantamiento dinámico también se puede proporcionar ajustando el cuerpo 4 con una o más láminas de elevación fijas y/o móviles en el lado inferior 45 del cuerpo. Esto se ilustra en una posible modalidad en la Figura 27E. Las flechas indican cómo se puede cambiar el ángulo de ataque de la lámina de elevación a la velocidad.

El lado inferior 45 del cuerpo también puede montarse con un ángulo de ataque pequeño o nulo, donde la elevación necesaria en el lado inferior del cuerpo se genera al aumentar la presión en el área de la proa 3 debajo del cuerpo 4 como resultado del desplazamiento de las masas de agua que se aproximan; consultar Figuras 21B-D. El lado inferior 45 del cuerpo también suprimirá la formación de la ola en la proa en al menos una condición de carga.

Las Figuras 21A-D muestran una parte delantera 6 de una embarcación 1 que comprende un casco 2 y un cuerpo 4 de acuerdo con una cuarta modalidad de la invención. Como puede verse aquí, el cuerpo 4 comprende un borde delantero 41, dos bordes posteriores 42, una superficie superior delantera 43, una línea de contorno 53, una superficie superior trasera 44, un lado inferior 45 y una parte delantera 46. La suma de la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 constituye la superficie superior del cuerpo 47. La línea de contorno 53 indica el límite entre la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44, y las interfaces 54 indican el límite entre el borde delantero 41 del cuerpo y sus bordes posteriores 42. La superficie de agua de la embarcación 5 se indica en dos condiciones de carga, lo que también define el área de la proa 3 para las dos condiciones de carga. Las líneas discontinuas de los bordes posteriores del cuerpo 42, la línea de contorno 53 y la interfaz 55 en la Figura 21A no son visibles desde arriba, pero se muestran con el fin de ilustrar mejor la configuración del casco 2 y el cuerpo 4.

Se deben dirigir suficientes masas de agua sobre la superficie superior del cuerpo 47 con el vector de velocidad resultante 85 en el borde posterior 42 del cuerpo para que se produzca la menor turbulencia posible entre el borde posterior 42 del cuerpo y el área de la proa 3.

El aumento de la distancia entre el borde posterior 42 del cuerpo y el área de la proa 3 puede conducir a un aumento de los problemas de turbulencia, especialmente a velocidades más bajas. La distancia entre el área de la proa 3 y el borde posterior 42 del cuerpo tampoco debe ser tan pequeña que se impida que las masas de agua de la superficie superior 47 del cuerpo fluyan debajo del casco 2.

El paso o canal 60 entre el cuerpo 4 y el área de la proa 3 se debe dimensionar de modo que la masa de agua que pasa sobre el cuerpo 4 fluya libremente (es decir, con poca o ninguna desaceleración) con un flujo laminar máximo más bajo el casco 2 y opcionalmente a los lados del área de la proa 3. En el calado más profundo, debe haber una distancia suficiente desde la superficie superior 47 del cuerpo y el borde posterior 42 del cuerpo hasta el área de la proa 3 para permitir que las masas de agua en la superficie superior 47 del cuerpo fluyan libremente.

Para contrarrestar el flujo turbulento detrás de un cuerpo 4 que desplaza lateralmente las masas de agua en el borde posterior 42 del cuerpo, (consultar, por ejemplo, la Figura 14A), puede ser ventajoso que las masas de agua también se desplacen lateralmente de manera similar por el lado inferior del cuerpo 45; consultar, por ejemplo, la Figura 14D en la que las líneas discontinuas ilustran líneas de flujo en el lado inferior del cuerpo 45.

El cuerpo 4, consultar, por ejemplo, la primera modalidad, puede configurarse con o sin placas laterales 70. Las placas laterales 70 pueden extenderse hasta el borde delantero 41 del cuerpo, o pueden extenderse más adelante más allá del borde delantero 41 del cuerpo. En general, se puede decir que cuanto más adelante se extiendan las placas laterales 70, menor será la proporción 80A de la masa de agua elevada 80 por delante del cuerpo 4 que escapará como una ola en las masas de agua circundantes. Si el cuerpo 4 está configurado sin las placas laterales 70, el cuerpo 4 se puede sujetar al área de la proa utilizando puntales o placas que no están asegurados a los lados del cuerpo 4, visto desde el frente. Además, el cuerpo 4 se puede asegurar utilizando una o más cuñas en forma de V 65 como se describe en la primera y tercera modalidad. El cuerpo 4 puede, con estos accesorios, también configurarse con una sección transversal estrechada hacia los lados del cuerpo 4 visto desde el frente, como se muestra en las Figuras 22A, B, C y D.

Las Figuras 22A-D muestran la parte delantera 6 de una embarcación 1 que comprende un casco 2 y un cuerpo 4 de acuerdo con una quinta modalidad de la invención con el cuerpo 4 completamente sumergido en una masa de agua cuando la embarcación 1 está inmóvil. La posición de la superficie de agua 5 se indica en las Figuras 22B y C. El cuerpo 4 se coloca a una distancia del área de la proa 3, de manera que el paso 60 se forma entre el cuerpo 4 y el área de la proa 3. El cuerpo 4 comprende un borde delantero 41, un borde trasero 42, una superficie superior delantera 43, una línea de contorno 53, una superficie superior trasera 44, un lado inferior 45 y una parte delantera 46. La suma de la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 constituye la superficie superior del cuerpo 47. La línea de contorno 53 indica el límite entre la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44. Las líneas discontinuas para el borde posterior 42 del cuerpo, la línea de contorno 53, la interfaz 56 y los medios de sujeción en la Figura 22A no son visibles desde arriba, pero se muestran en orden para ilustrar mejor la configuración del casco 2 y el cuerpo 4.

Las Figuras 23A-D muestran la parte delantera 6 de una embarcación 1 que comprende un casco 2 y un cuerpo 4 de acuerdo con una sexta modalidad de la invención con el cuerpo 4 completamente sumergido en una masa de agua cuando la embarcación 1 está inmóvil. La posición de la superficie de agua 5 se indica en las Figuras 23B y C. El cuerpo 4 se coloca a una distancia del área de la proa 3, de manera que el paso 60 se forma entre el cuerpo 4 y el área de la proa 3. El cuerpo 4 comprende un borde delantero 41, un borde trasero 42, una superficie superior delantera 43, una línea de contorno 53, una superficie superior trasera 44, un lado inferior 45 y una parte delantera 46. La suma de la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 constituye la superficie superior del cuerpo 47. La línea de contorno 53 indica el límite entre la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44, y las interfaces 54 indican el límite entre el borde delantero 41 del cuerpo y su borde posterior 42. Las líneas discontinuas en la Figura 23A que indican el borde posterior 42 del cuerpo, la línea 53 de contorno y las interfaces 55 y 56 no son visibles desde arriba, pero se muestran en orden para ilustrar mejor la configuración del casco 2 y del cuerpo 4.

Las Figuras 24A-D muestran la parte delantera 6 de una embarcación 1 que comprende un casco 2 y un cuerpo 4 de acuerdo con una séptima modalidad de la invención. El buque modelo, descrito más adelante en este documento en la

- sección titulada pruebas modelos, se encuentra en la Prueba C realizada de acuerdo con esta séptima modalidad; consultar Figuras 17A y B. Esta modalidad combina las propiedades descritas en la primera modalidad con las propiedades de una proa convencional puntiaguda. La posición de la superficie del agua 5 se indica en las Figuras 24B y C. El cuerpo 4, visto desde el frente, no se extiende en esta modalidad hasta el ancho mayor de la embarcación 1. El
- 5 cuerpo 4 se coloca a una distancia del área de la proa 3 detrás, de manera que el paso 60 se forma entre el cuerpo 4 y el área de la proa 3, como se describe en la primera modalidad de la invención. El cuerpo 4 comprende un borde delantero 41, un borde trasero 42, una superficie superior delantera 43, una línea de contorno 53, una superficie superior trasera 44, un lado inferior 45 y una parte delantera 46. La suma de la superficie superior delantera 43 y la superficie superior trasera 44 constituye la superficie superior del cuerpo 47. La línea de contorno 53 indica el límite entre la superficie superior
- 10 delantera 43 y la superficie superior trasera 44. Las líneas discontinuas para el borde posterior 42 del cuerpo, el paso 60, la línea de contorno 53 y las interfaces 56 en la Figura 24A no son visibles desde arriba, pero se muestran en orden para ilustrar mejor la configuración del casco 2 y el cuerpo 4. Además, las líneas discontinuas en la Figura 24D marcan el límite entre el cuerpo 4 y el casco 2.
- 15 En aguas pesadas, la superficie superior 47 del cuerpo aplanará las olas que se aproximan y las conducirá debajo del casco 2, de modo que el área de la proa 3 se encuentre en menor medida con la resistencia a las olas. Por lo tanto, puede ser ventajoso que haya una distancia suficiente entre la superficie superior del cuerpo 47 y el área de la proa 3 para permitir que las olas de cierta altura pasen libremente en el paso 60 entre la superficie superior 47 del cuerpo y el área de la proa 3, y luego sean conducidas bajo el casco 2.
- 20 Además, puede ser una ventaja en un mar más alto que al casco 2 se le dé una configuración de la proa como se muestra en las Figuras 23A-D y en las Figuras 24A-D donde el mar alto que se aproxima que no puede pasar libremente por el paso 60 entre el cuerpo 4 y el área de la proa 3 se pueda desplazar lateralmente con la mayor libertad posible.
- 25 En alta mar, también se puede producir un golpe en el lado inferior del cuerpo 45. Para contrarrestar esto, el lado inferior del cuerpo 45 puede hacerse curvada o en forma de V, vista desde el frente; consultar respectivamente, las Figuras 14B-C y las Figuras 23B-C. Además, el borde delantero 41 del cuerpo puede ser redondeado (consultar las Figuras 14A y D), o el cuerpo 4 puede hacerse con una configuración de "barrido hacia atrás"; consultar las Figuras 23A-D. El área del
- 30 cuerpo 4 en el lado inferior también puede ser crítica, ya que un área más pequeña puede dar menos golpes. Al colocar el cuerpo 4 más profundo en la masa de agua, el lado inferior del cuerpo 45 también puede estar menos expuesto a los golpes.
- Las Figuras 25A y B muestran la parte delantera 6 de una embarcación 1 que comprende un casco 2 y un cuerpo 4 de acuerdo con la invención donde el punto más alto del cuerpo 4 está situado en la superficie 5 del agua. El borde posterior
- 35 42 del cuerpo está ubicado más alto y más bajo que el fondo del casco 2, respectivamente. A baja velocidad, puede ser una ventaja que el borde posterior 42 del cuerpo esté ubicado más abajo que el fondo del casco 2, en parte debido a que los problemas de turbulencia que pueden surgir cuando la masa de agua de la superficie superior del cuerpo 47 sea conducida debajo del casco 2 serán de este modo más pequeño.
- 40 El radio de del cuerpo 4, visto en una sección vertical en la dirección de desplazamiento de la embarcación 1, en el borde delantero 41 del cuerpo puede ser importante para las 4 características marítimas del cuerpo. Si el radio del cuerpo 4 aquí es demasiado agudo, es decir, con un radio pequeño en el borde delantero 41 del cuerpo (consultar las Figuras 26B, C y D), la cavitación y la turbulencia pueden ocurrir cuando la embarcación 1 está a una velocidad y/o está expuesta a las olas. Una configuración del borde delantero 41 del cuerpo, como se muestra en la Figura 26A, puede ser más ventajosa
- 45 con respecto a la cavitación. Además, pueden producirse problemas de cavitación si hay otras áreas en la superficie superior 47 y/o en el lado inferior 45 con un pequeño radio de curvatura. Por pequeña aquí se entiende sustancialmente más pequeñas que las dimensiones típicas para el cuerpo 4, por ejemplo, un radio de curvatura de menos del 20% de la longitud del cuerpo.
- 50 Dado que una embarcación 1 diseñado de acuerdo con la invención tiene una resistencia a las olas reducida a una velocidad creciente en comparación con una embarcación 1 convencional, y como la resistencia a las olas de la embarcación 1 es menos dependiente de la longitud de la embarcación 1, puede ser ventajoso diseñar la embarcación 1 de acuerdo con la invención con mayor ancho y menor longitud en comparación con una embarcación convencional 1. Una embarcación 1 de acuerdo con la invención con la misma capacidad de carga que una embarcación convencional 1
- 55 puede, por lo tanto, ser menos costoso de construir.
- La superficie superior 47 del cuerpo puede tener una curvatura única, doble o triple, como se ilustra respectivamente en las Figuras 26A, B y C. La superficie superior 47 también puede tener una o más porciones rectas. Además, la línea de contorno 53 del cuerpo 4 se puede mover hacia adelante o hacia atrás en la dirección longitudinal del cuerpo 4 con
- 60 referencia a lo que se muestra en las Figuras 26A-D. El cuerpo 4 puede tener diferentes perfiles y espesores de perfiles a través de la extensión transversal del cuerpo 4. El lado inferior del cuerpo 45 puede ser recto (ver Figura 26B) o tener una única curvatura (consultar Figuras 26A y D) o tener una doble curvatura (consultar Figura 26C). El cuerpo 4 se puede hacer como una o más combinaciones de las Figuras 26A-D.
- 65 Sin embargo, las configuraciones mostradas en las Figuras 26A-D no son exhaustivas en lo que respecta a mostrar todas las configuraciones posibles del cuerpo 4.

Si es deseable dirigir las masas de agua hacia el centro del cuerpo 4, el cuerpo 4 puede hacerse en una modalidad alternativa con la mayor plenitud hacia la periferia del cuerpo 4 en la dirección transversal y la menor plenitud alrededor del eje central, visto desde delante.

5

Además, la superficie superior trasera 44 del cuerpo se puede hacer con un borde posterior definido/marcado 42, por ejemplo, puntiagudo o casi puntiagudo, donde el borde posterior definido 42 se puede ubicar más abajo que el borde delantero 41 del cuerpo.

10

El borde delantero 41 del cuerpo visto desde arriba se puede hacer recto, cóncavo, convexo, en forma de "barrido hacia atrás", en forma de "barrido hacia adelante" o sus combinaciones. Lo mismo se aplica al borde posterior 42 del cuerpo. Las Figuras 28A-J ilustran ejemplos de estos y muestran la superficie superior 47 del cuerpo, vista desde arriba. La flecha indica la dirección del flujo de la masa de agua. El borde delantero 41 del cuerpo, el borde posterior 42 y la interfaz 54 están indicados. Sin embargo, las Figuras 28A-J no son exhaustivas en lo que respecta a mostrar todas las configuraciones posibles del cuerpo 4.

15

La superficie superior del cuerpo 47 y el lado inferior 45 pueden configurarse con una forma de V o U, vista desde el frente, cuando la embarcación 1 está inmóvil para adaptarse a la inclinación. Esto será particularmente relevante para los buques de vela.

20

El ancho del cuerpo 4 visto desde el frente debe estar normalmente entre el 50 y el 100 % del ancho del casco 2 para la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta modalidad. Para la séptima modalidad, el ancho del cuerpo 4 visto desde el frente también puede ser menor que el 50 % del ancho del casco 2.

25

Visto desde el frente, el cuerpo 4 debe tener preferentemente una relación ancho/alto mayor que 1,5.

Pruebas modelos

30

Para documentar la invención y su modo de acción, y para verificar el cambio de resistencia al movimiento de avance, el inventor ha realizado pruebas utilizando un buque modelo.

35

Para poder comparar de manera óptima la resistencia al movimiento de avance para diferentes configuraciones de la parte delantera 6 de una embarcación 1, el buque modelo tiene secciones de proa intercambiables. Por lo tanto, es fácil cambiar entre diferentes secciones de proa mientras que el resto del buque modelo tiene la misma estructura. Las ejecuciones repetidas pueden llevarse a cabo bajo condiciones idénticas.

40

El buque modelo se controla por radio con un motor de propulsión eléctrica. La batería está bien dimensionada, por lo que la pérdida de voltaje es insignificante. El eje de la hélice del modelo está montado horizontalmente o casi horizontalmente, y está soportado por simples cojinetes de latón que no absorben las fuerzas de empuje. El eje de la hélice se monta directamente en el motor eléctrico, que a su vez se monta en un carro que rueda suavemente en la dirección del eje de la hélice. El carro absorbe el momento de torsión de la hélice y el motor eléctrico, pero no las fuerzas de empuje de las hélices. El carro impacta en un sensor de presión de manera que la fuerza de empuje de las hélices en Newton [N] puede registrarse. Cuando el buque modelo se acciona con velocidad constante, la fuerza de empuje de la hélice es igual a la resistencia a la propulsión del buque modelo. La velocidad del buque modelo se mide mediante un registrador GPS. Los resultados de prueba de la velocidad alcanzada [m/s] y la resistencia a la propulsión [N] son para cada una de las tres pruebas modelos trazadas en la Figura 2 como pruebas A, B y C. Según la longitud y la velocidad del modelo, los modelos del número de Froude [F_N] también se proporciona a lo largo del eje x. Para cada punto de medición, la fuerza de empuje promedio se registra a través de un período de tiempo de 5-10 segundos y se grafica correspondientemente contra la velocidad durante el mismo período de tiempo.

50

En la Prueba A, el buque modelo se acciona utilizando una configuración de la proa convencional de acuerdo con la técnica anterior, como se muestra en las Figuras 16A, B y C.

55

En la Prueba B, el buque modelo se acciona utilizando una configuración de la proa modificada de acuerdo con la tercera modalidad de la invención sin una cuña en forma de V 65, como se describió anteriormente en este documento. Las secciones de proa en la Prueba B son las mismas que se muestran en las Figuras 18A y B, con la excepción de que la configuración de la proa modificada en la Figura 18A y B se muestra con una cuña en forma de V 65. El cuerpo 4 está en la Prueba B asegurado al buque modelo utilizando una placa delgada, como se puede ver en la Figura 20A.

60

En la Prueba C, el buque modelo se acciona utilizando una configuración de la proa modificada de acuerdo con la séptima modalidad de la invención como se muestra en las Figuras 17A y B, y como se describió anteriormente en este documento, consultar Figuras 24A, B, C y D.

65

El buque modelo con una proa convencional en la Prueba A está construido como un casco de desplazamiento típico. El modelo tiene una longitud máxima de 154 cm y un ancho de 33 cm. La transición entre los lados del casco del buque modelo y el área de la proa 3 es de aproximadamente 115 cm desde la popa del buque modelo. Durante las pruebas

modelos, el buque modelo pesaba 34,5 kg, lo que daba un calado de aproximadamente 9,7 cm. El buque modelo se ajustó de manera tal que tenía un ajuste casi neutral cuando permanecía inmóvil y flotando en el agua. El ajuste neutral significa que el buque modelo está orientado de manera que la parte inferior del buque modelo está paralelo a la superficie del agua 5.

El buque modelo en las Pruebas B tiene una longitud máxima de 153,5 cm. El ancho, el peso y el ajuste del modelo no se han modificado de otra manera con respecto a la Prueba A. El calado del buque modelo fue de aproximadamente 10,2 cm. El ancho máximo del cuerpo 4, visto desde el frente, es de 33,0 cm y la longitud máxima del cuerpo 4, visto desde el lado, es de 31,0 cm. El grosor vertical máximo del cuerpo 4 es de 8,0 cm y está ubicado a aproximadamente 13 cm del punto más delantero en el borde delantero 41 del cuerpo. El borde posterior 42 del cuerpo está posicionado a 1,0 cm por encima de la parte inferior del buque modelo. El punto más delantero en el borde delantero 41 del cuerpo en la dirección de desplazamiento de la embarcación 1 se ubica 4,9 cm más alto que la parte inferior del buque modelo. La curvatura en la transición entre la parte inferior del buque modelo y el área de la proa 3 tiene un radio de aproximadamente 15,0 cm. La distancia del paso 60 entre el borde posterior 42 del cuerpo y el casco 2, medida en el plano horizontal, es de aproximadamente 11,0 cm. La distancia del paso 60 entre la superficie superior 47 del cuerpo y el casco 2, medida perpendicular a la superficie superior 47 del cuerpo, es de aproximadamente 6,0 cm. El radio de curvatura en la transición entre los lados del buque modelo y el área de la proa 3 es de aproximadamente 5,5 cm.

El buque modelo en la Prueba C tiene una longitud máxima de 154 cm. El ancho, el peso y el ajuste del modelo no se han modificado de otra manera con respecto a la Prueba A. El calado del buque modelo fue de aproximadamente 9,8 cm. El ancho del cuerpo 4, visto desde el frente, es de 16 cm y la longitud del cuerpo 4, visto desde el lado, es de 26,5 cm. El grosor vertical máximo del cuerpo 4 es de 4,0 cm y está ubicado a 12 cm del borde delantero 41 del cuerpo. El borde posterior 42 del cuerpo está ubicado a la misma altura que el fondo del buque modelo. El punto más delantero en el borde delantero 41 del cuerpo se ubica 4,7 cm más alto que el fondo del buque modelo. La curvatura entre el fondo del buque modelo y el área de la proa 3 que forma el paso 60 tiene un radio de aproximadamente 10 cm. La distancia del paso 60 entre el borde posterior 42 del cuerpo y el casco 2, medida en el plano horizontal es de aproximadamente 7,0 cm. La distancia del paso 60 entre la superficie superior 47 del cuerpo y el casco 2, medida perpendicular a la superficie superior 47 del cuerpo, es de aproximadamente 8 cm. La transición entre los lados del casco del buque modelo y el área de la proa 3 es de aproximadamente 110 cm desde la popa del buque modelo, donde el área de la proa 3 comienza con una forma convexa y luego con una forma cóncava como se puede ver en la Figura 17A.

Como se puede ver en las curvas estimadas en la Figura 2, la proa modificada en la Prueba B tiene la resistencia más baja al movimiento de avance a velocidades superiores a aproximadamente 1,23 m/s, mientras que la proa modificada en la Prueba C da una resistencia menor al movimiento de avance en el rango de velocidad entre aproximadamente 1,03 m/s y 1,23 m/s. La resistencia a la propulsión para la proa convencional en la Prueba A es más baja que las dos alternativas con la proa modificada por debajo de aproximadamente 1,03 m/s

Las Figuras 19A, B y C muestran fotografías tomadas durante las pruebas modelos. La Figura 19A se toma cuando el modelo está equipado con la configuración de la proa convencional como en la Prueba A, mientras que las Figuras 19B y C se toman cuando el modelo está equipado con la configuración de la proa modificada, como en la Prueba B. La velocidad medida para las Figuras 19A, B y C es, respectivamente, 1,25 m/s, 1,25 m/s y 1,34 m/s. Se muestra visualmente en las Figuras 19A, B y C que la formación de olas del modelo con una proa modificada de acuerdo con la invención es sustancialmente más pequeña que el mismo modelo con una configuración de la proa convencional.

A partir de las curvas estimadas en la Figura 2 a una velocidad de 1,25 m/s, que es la velocidad del buque modelo en la Figura 19A y B, se puede leer que el buque modelo con una configuración de la proa convencional en la Prueba A tiene aproximadamente 38,3 % más de resistencia a la propulsión que el buque modelo con una proa modificada en la Prueba B (la resistencia de propulsión estimada es respectivamente 10,44 N y 7,55 N).

Si el buque modelo se escala 50 veces, se obtendrá un barco a escala completa de 77 metros de largo. Una velocidad del buque modelo de 1,25 m/s corresponderá a una velocidad de 8,84 m/s para el barco de escala completa mediante el uso de la ecuación (1) dada anteriormente, que corresponde a 17,2 nudos. A esta velocidad, la prueba modelo indica que al barco de escala completa construido con una proa convencional de acuerdo con el modelo utilizado en la Prueba A se le dará un 47,1 % más de resistencia a la propulsión que el barco de escala completa construido con una proa modificada de acuerdo con el modelo utilizado en la Prueba B (la resistencia de propulsión calculada es, respectivamente, 1158 KN y 787 KN). Los datos de medición se tradujeron a partir del modelo a escala completa de acuerdo con el procedimiento descrito por Håvard Holm y Sverre Steen - Motstand og framdrift - NTNU (Noruega). Se supone que el buque modelo con una proa convencional y con una proa modificada tendrá una superficie húmeda de $S_m=0,71 \text{ m}^2$, y además que ambos tendrán una longitud en la línea de agua $L_{vl,m}=1,54 \text{ m}$.

En la descripción anterior, se han descrito diferentes aspectos de la embarcación de acuerdo con la invención con referencia a las modalidades ilustrativas. Con el propósito de proporcionar una comprensión exhaustiva de la embarcación y su modo de funcionamiento, se han presentado explicaciones, números específicos, sistemas y configuraciones. Sin embargo, esta descripción no pretende interpretarse de manera limitativa. Las diferentes modificaciones y variaciones de las modalidades ilustrativas, así como otras modalidades de la embarcación que serán obvias para los expertos en la técnica con respecto al contenido descrito, estarán dentro del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Una embarcación (1) que comprende
 un casco (2) con un área de la proa (3) definida como el área superficial del casco (2) vista desde el frente debajo
 5 de una superficie de agua (5) cuando la embarcación (1) permanece inmóvil y flotando en una masa de agua; y
 un cuerpo (4) dispuesto en el área de la proa (3) en donde el cuerpo (4) comprende, además:
 un borde delantero (41);
 un borde posterior (42) ubicado aguas abajo del borde delantero (41);
 un lado inferior (45); y
 10 una superficie superior (47) que comprende, además
 una superficie superior delantera (43) que se extiende desde el borde delantero del cuerpo (41) hasta una línea de
 contorno exterior (53) del cuerpo (4) vista desde el frente; y
 donde el punto más alto del cuerpo (4), visto desde el frente, se ubica por encima de la mitad del calado más
 profundo de la embarcación (1) cuando la embarcación (1), sin carga y sin lastre, permanece inmóvil y flotando en
 15 una masa de agua,
 caracterizada porque la sección vertical del cuerpo (4) a través de la dirección de desplazamiento de la
 embarcación (1) y la extensión del cuerpo (4) en la dirección transversal del casco (2), en al menos una de las
 condiciones de carga de la embarcación (1), está diseñada para
 desplazar una masa de agua que se aproxima sobre la superficie superior del cuerpo (47) a una velocidad para la
 20 embarcación (1) que es igual o mayor que una velocidad de diseño más baja definida como la velocidad más baja
 de la embarcación (1) donde la masa de agua que se aproxima se desplaza principalmente en un plano vertical a
 lo largo de la dirección de desplazamiento de la embarcación (1) para obtener un flujo esencialmente laminar sobre
 la superficie superior delantera (43) del cuerpo, y donde la configuración de la superficie superior del cuerpo (47)
 25 acelera la masa de agua que se aproxima que desciende en el campo gravitatorio aguas abajo de la línea de
 contorno (53), de modo que la masa de agua que se aproxima alcanza una velocidad y dirección en el borde
 posterior del cuerpo (42) que conduce la masa de agua que se aproxima lejos del área de la proa (3), o
 esencialmente paralela al área de la proa (3), o sus combinaciones, donde el área del cuerpo (4) vista desde el
 frente, constituye más del 20 % de la parte del área de la proa (3) ubicada detrás del cuerpo (4) entre dos planos
 30 verticales en la dirección de desplazamiento de la embarcación (1) con una separación que corresponde al ancho
 máximo del cuerpo (4).
2. La embarcación (1) de acuerdo con la reivindicación 1,
 caracterizada porque la superficie superior (47) del cuerpo está configurada además de manera que la masa de
 35 agua que se aproxima obtiene una dirección aguas abajo de la línea de contorno (53) que conduce la masa de
 agua que se aproxima lejos del área de la proa (3), o esencialmente paralela al área de la proa (3), o sus
 combinaciones.
3. La embarcación (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2,
 40 caracterizada porque el borde delantero (41) del cuerpo se extiende hacia el ancho más grande del cuerpo (4) visto
 desde arriba.
4. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque el cuerpo (4) está dispuesto de tal manera que su borde delantero (41) está debajo o en la
 45 superficie del agua (5) en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación (1) cuando la embarcación
 (1) permanece inmóvil y flotando en una masa de agua.
5. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque el cuerpo (4) está posicionado de tal manera que el punto más alto del cuerpo (4), visto desde
 50 el frente, está posicionado más alto que 3/4 del calado más profundo de la embarcación (1), contado desde el
 punto más bajo de la embarcación (1) cuando la embarcación (1), sin carga útil y sin lastre, permanece inmóvil y
 flotando en una masa de agua.
6. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque la línea de contorno del cuerpo (53) y el borde delantero (41) del cuerpo, en al menos una
 55 de las condiciones de carga de la embarcación (1), se colocan de manera que más del 20 % de la masa de agua
 que se aproxima se levante por encima de la superficie del agua (5) a una velocidad de la embarcación (1) que es
 igual o mayor que la velocidad de diseño más baja.
7. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores,
 60 caracterizada porque el borde trasero (42) del cuerpo, visto en una sección vertical, tiene una forma idéntica, o
 casi idéntica, al borde trasero de una hidroala.
8. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores,
 caracterizada porque la sección vertical del cuerpo (4) en la dirección de desplazamiento de la embarcación (1) y
 65 la extensión del cuerpo (4) en la dirección transversal del casco (2), en al menos una de las condiciones de cargas
 de la embarcación (1), se configuran de manera tal que más del 20 % de la masa de agua que se aproxima y pasa

sobre la superficie superior del cuerpo (47) a una velocidad de la embarcación (1) igual o mayor que la velocidad de diseño más baja conducida debajo del casco (2).

- 5 9. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el cuerpo (4) está dispuesto a una distancia del área de la proa (3), de manera que al menos un paso (60) está formado entre el cuerpo (4) y el área de la proa (3).
- 10 10. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el borde trasero (42) del cuerpo está dispuesto a una distancia del área de la proa (3) de manera que el casco (2), en al menos una de las condiciones de carga de la embarcación (1), evita que la parte de la masa de agua que se aproxima y que es conducida debajo del casco (2) se eleve cuando la velocidad de la embarcación (1) es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja.
- 15 11. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la extensión transversal máxima (B) del cuerpo (4) dividida por la altura máxima (H) del cuerpo (4), vista desde el frente, es mayor que 1,5.
- 20 12. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el cuerpo (4) tiene una extensión transversal máxima, vista desde el frente, que es al menos $\frac{3}{8}$ que el ancho máximo del casco (2), visto desde el frente.
- 25 13. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la posición vertical del cuerpo (4) con respecto a la superficie del agua (5) , en al menos una condición de carga, es tal que la masa de agua que se aproxima en la superficie superior del cuerpo (47) aguas abajo del espesor máximo del cuerpo (4), medida a lo largo de la dirección de desplazamiento de la embarcación (1) y a 90 grados en la línea de la cuerda del cuerpo (4), obtiene una velocidad esencialmente constante o creciente, a una velocidad de la embarcación (1) que es igual o mayor que la velocidad de diseño más baja.
- 30 14. La embarcación (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el área de la sección transversal del cuerpo (4), vista desde el frente, está disminuyendo en altura hacia las periferias en la dirección transversal del cuerpo, de modo que la presión acumulada en el lado inferior (4) del cuerpo (4) y la presión acumulada en la superficie superior (47) del cuerpo (4) se iguala esencialmente en las periferias del cuerpo (4).
- 35 15. La embarcación (1) de acuerdo con una más de las reivindicaciones 1 a la 13, caracterizada porque la periferia en cada lado transversal del cuerpo (4) comprende una placa que se extiende sobre la mayor parte del cuerpo (4) a lo largo de la dirección de desplazamiento de la embarcación, la forma geométrica de la placa está diseñada de tal manera que la presión en el lado inferior (45) del cuerpo (4) no tiene ningún efecto insignificante en la presión en la superficie superior (4) del cuerpo (47).

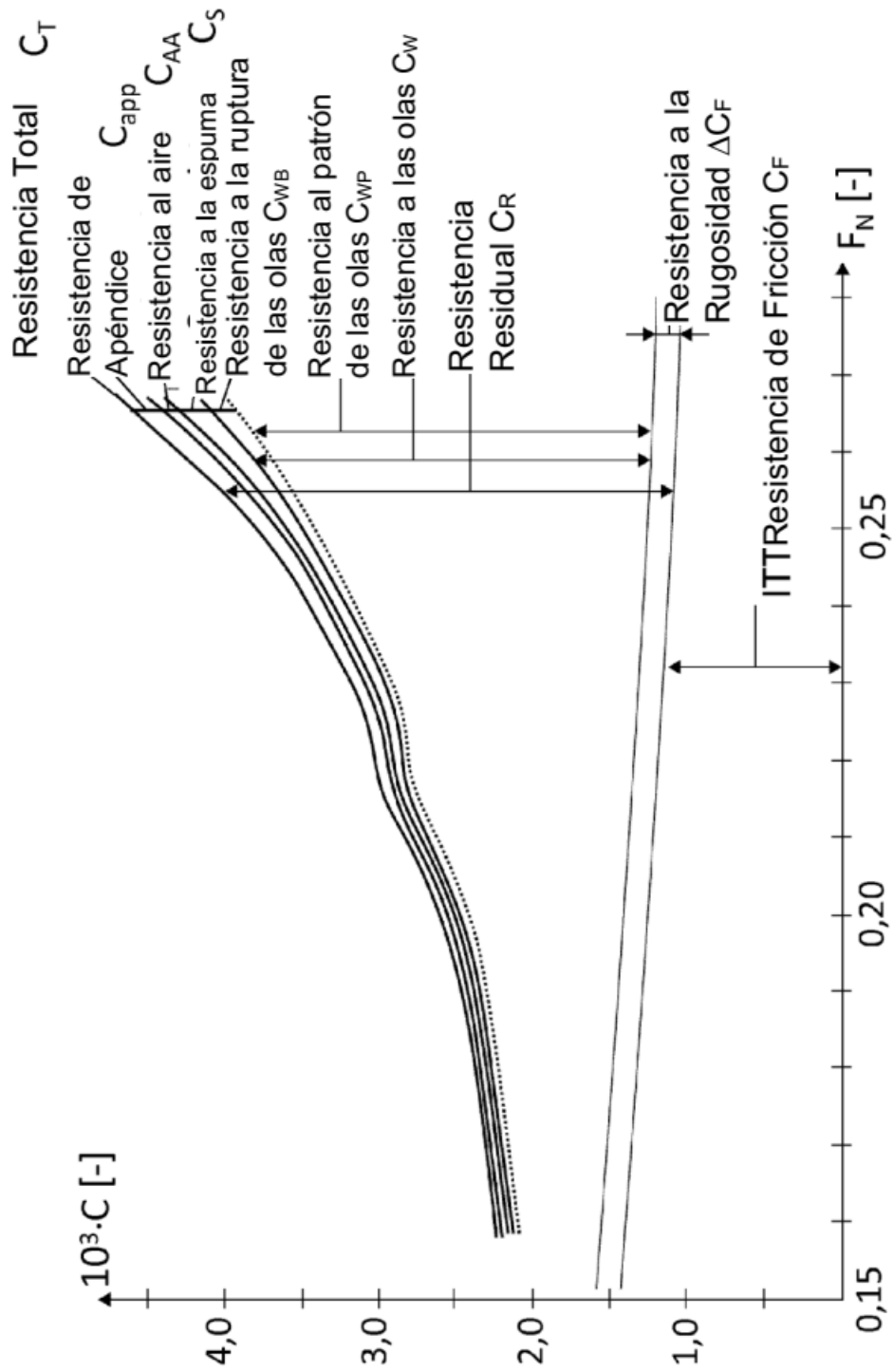


Figura 1

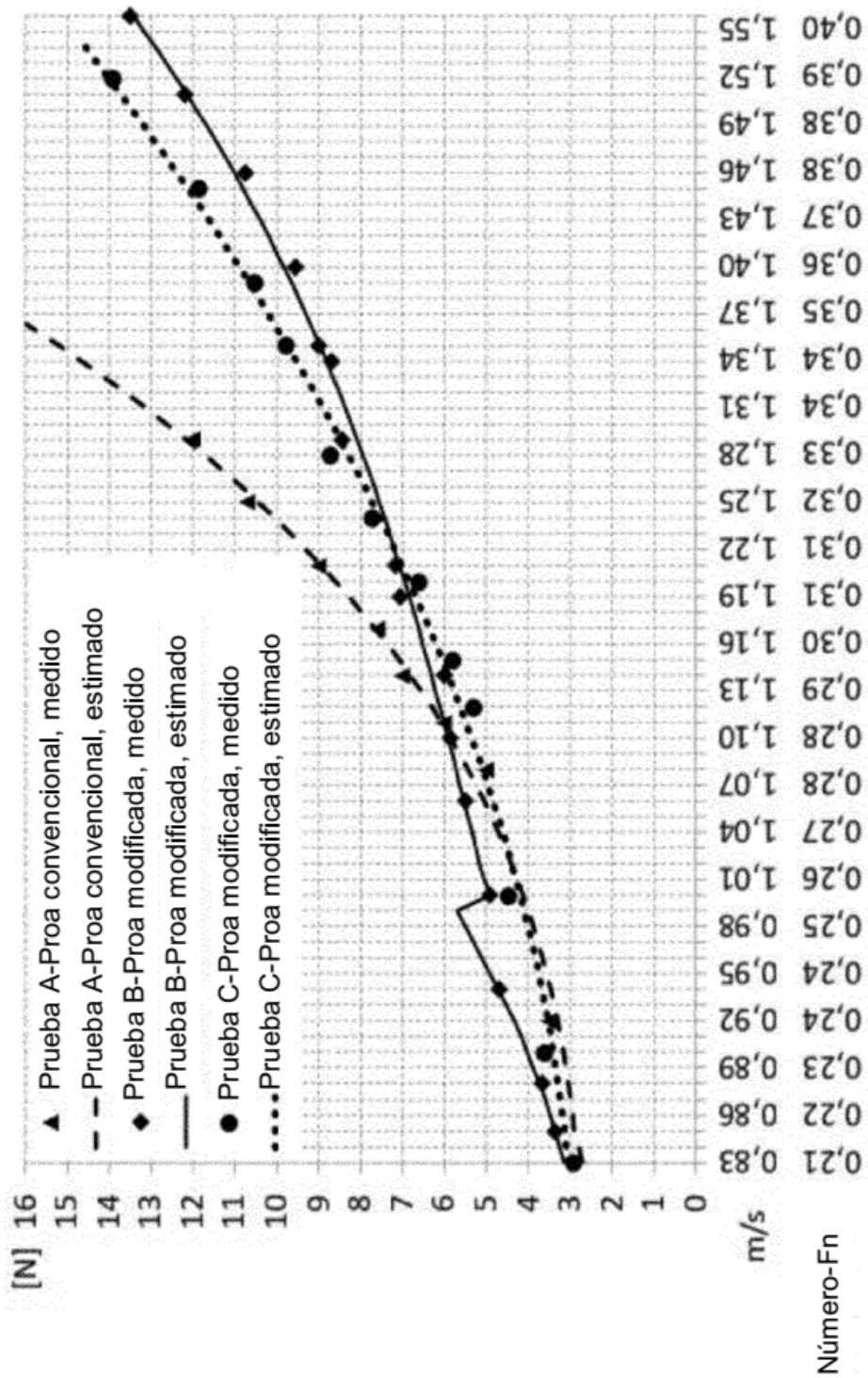
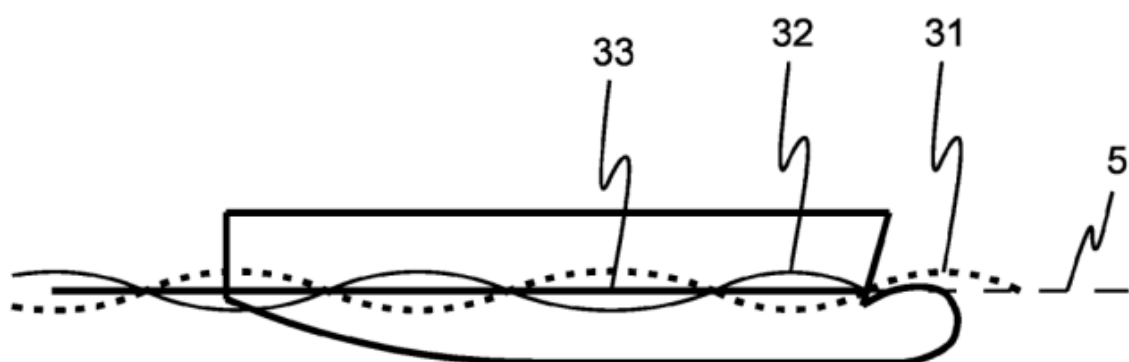
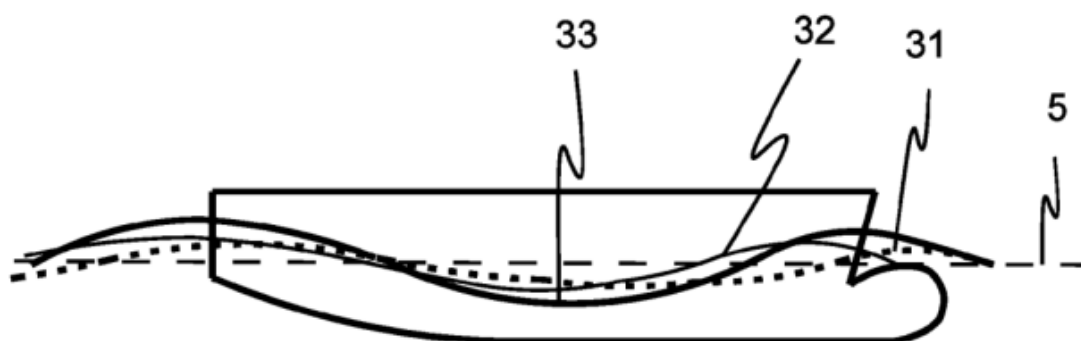


Figura 2

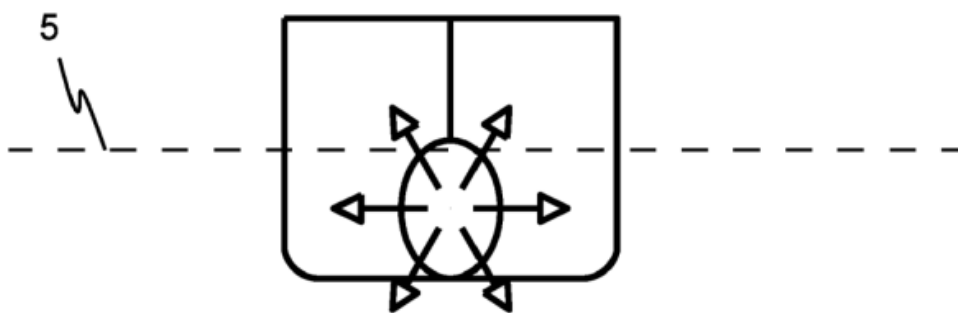


A

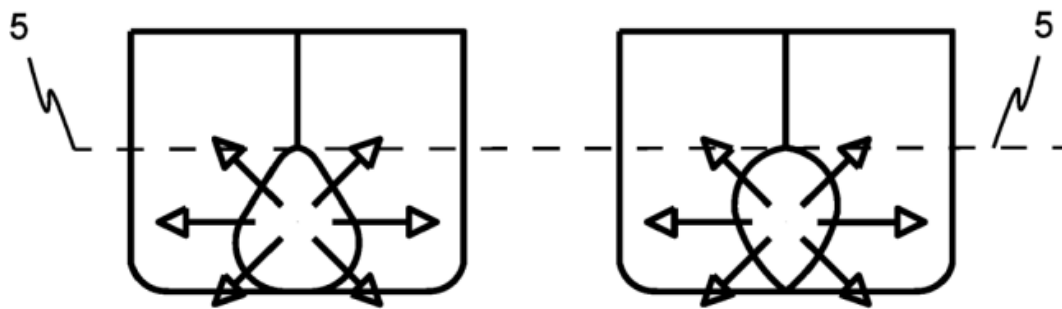


B

Figura 3



A



B

C

Figura 4

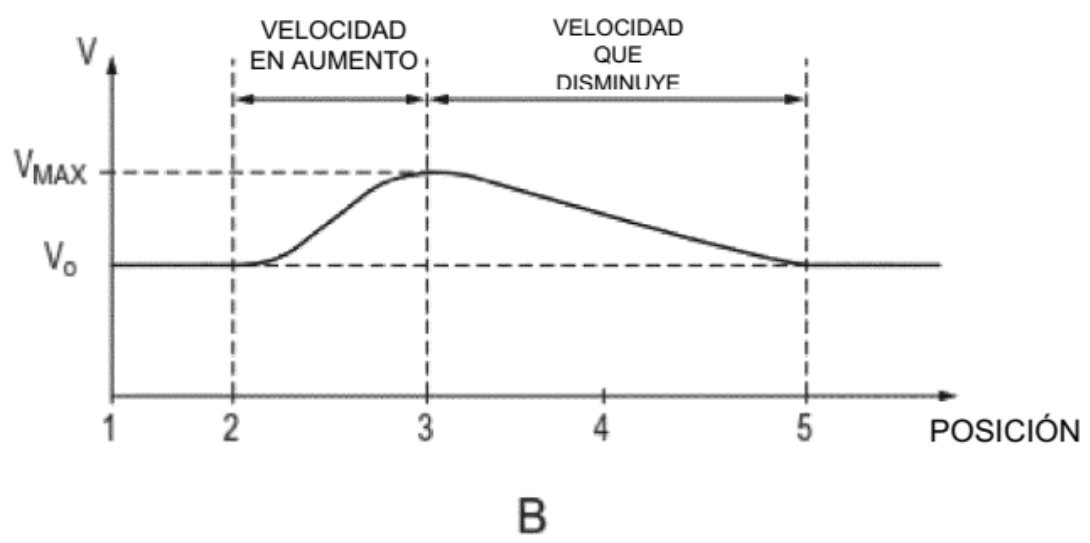
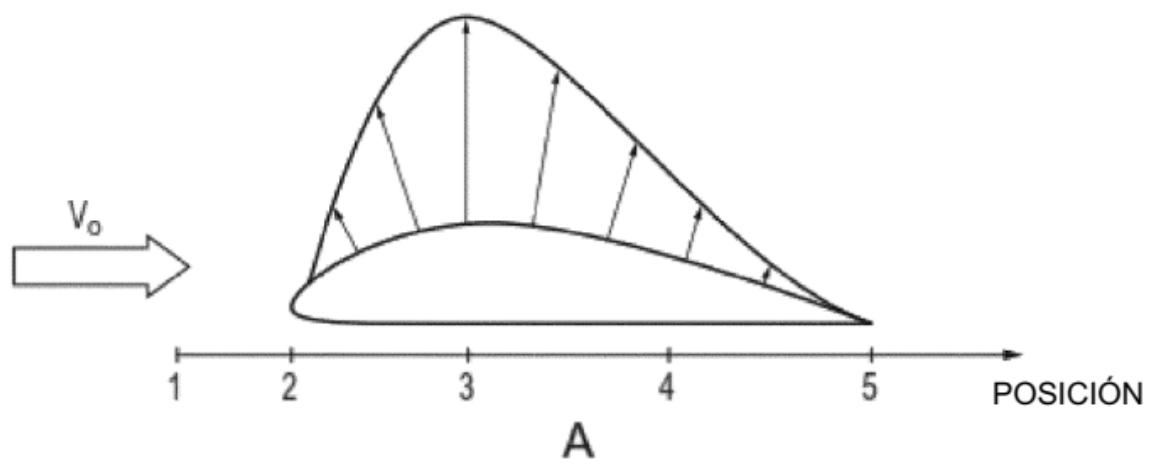


Figura 5

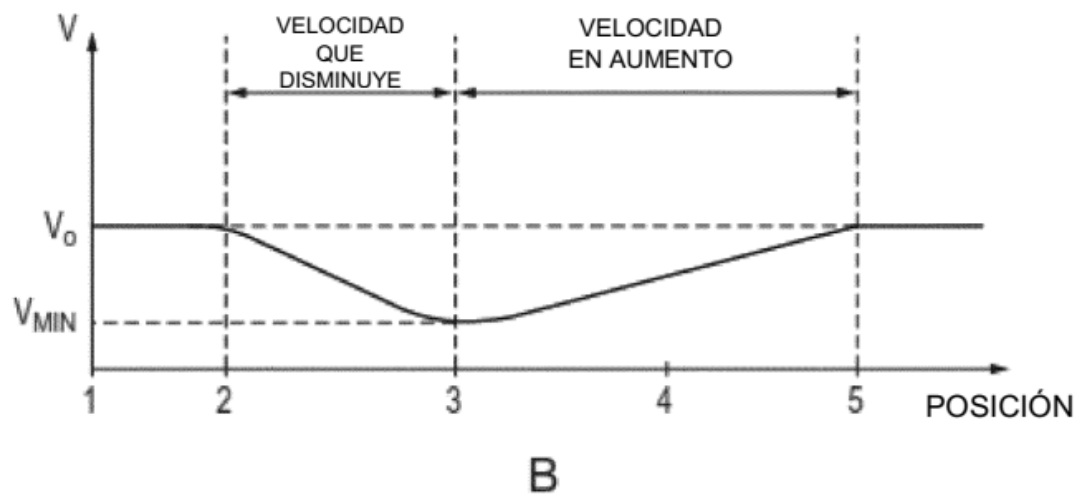
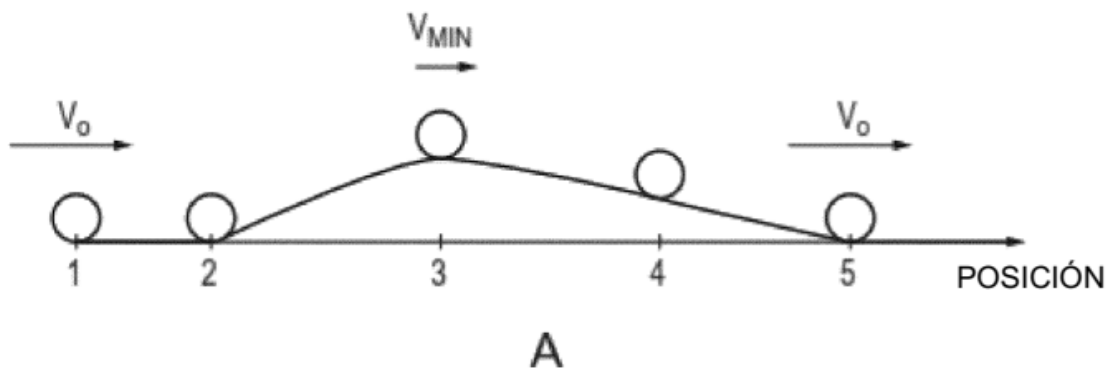


Figura 6

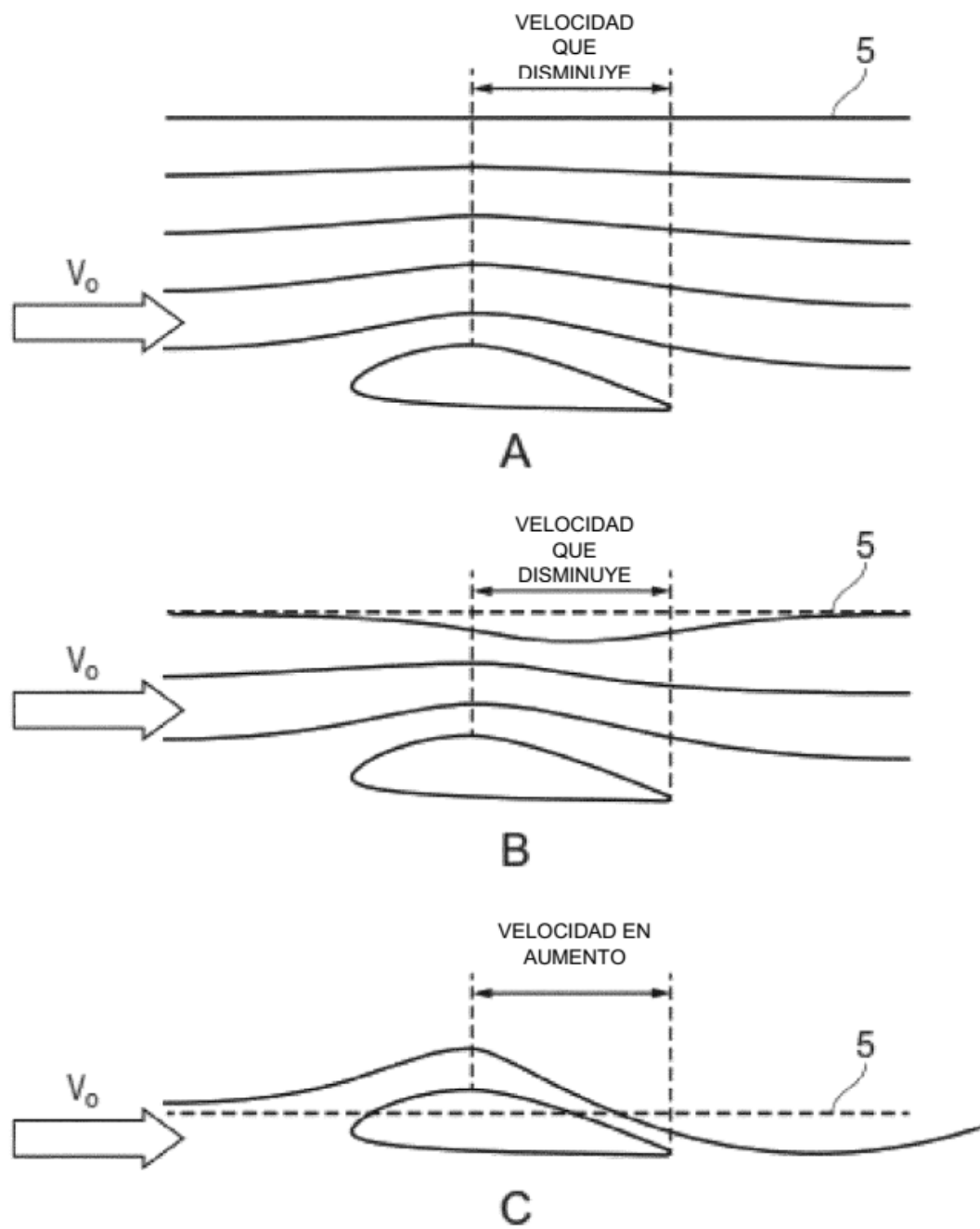


Figura 7

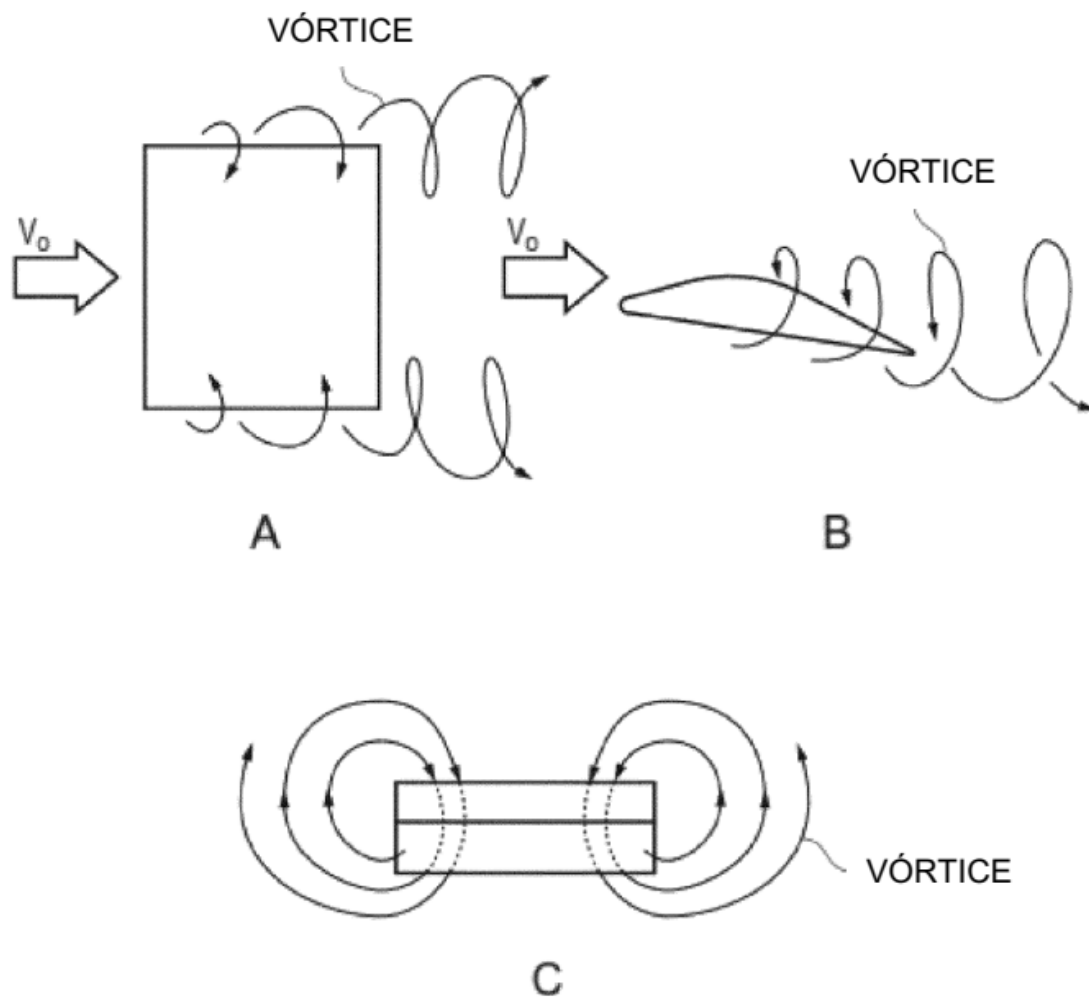


Figura 8

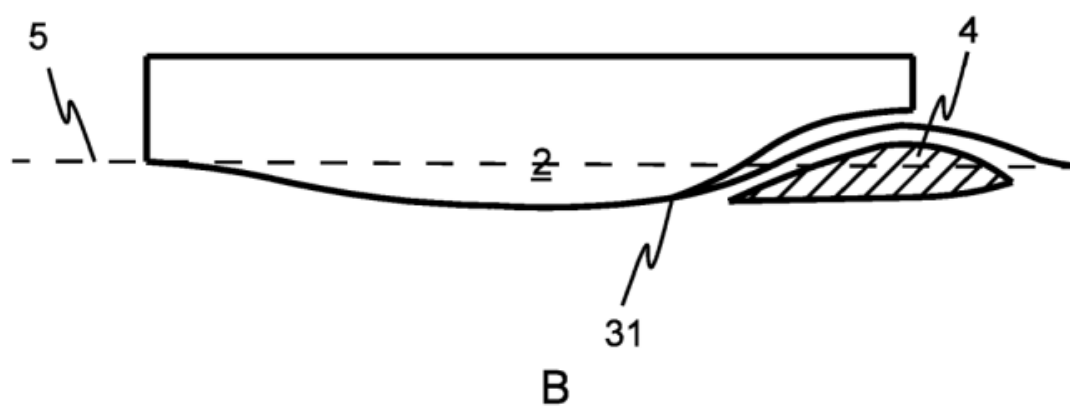
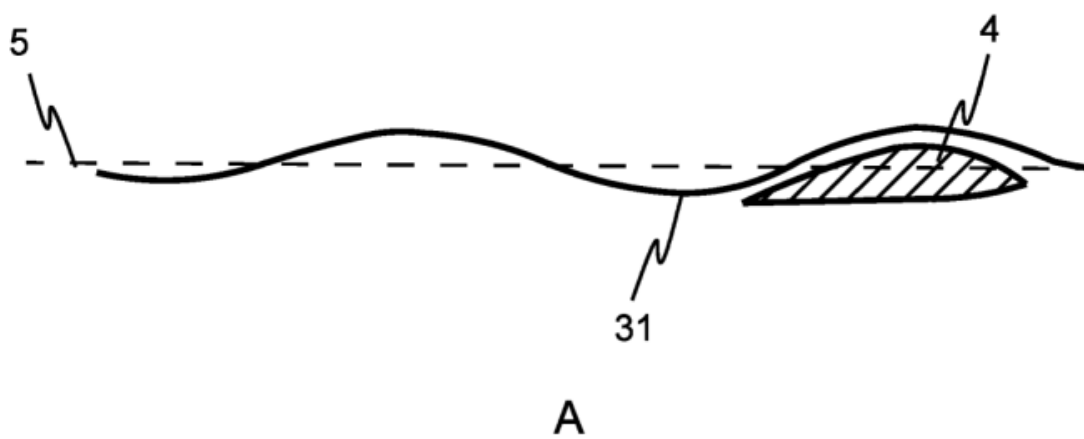


Figura 9

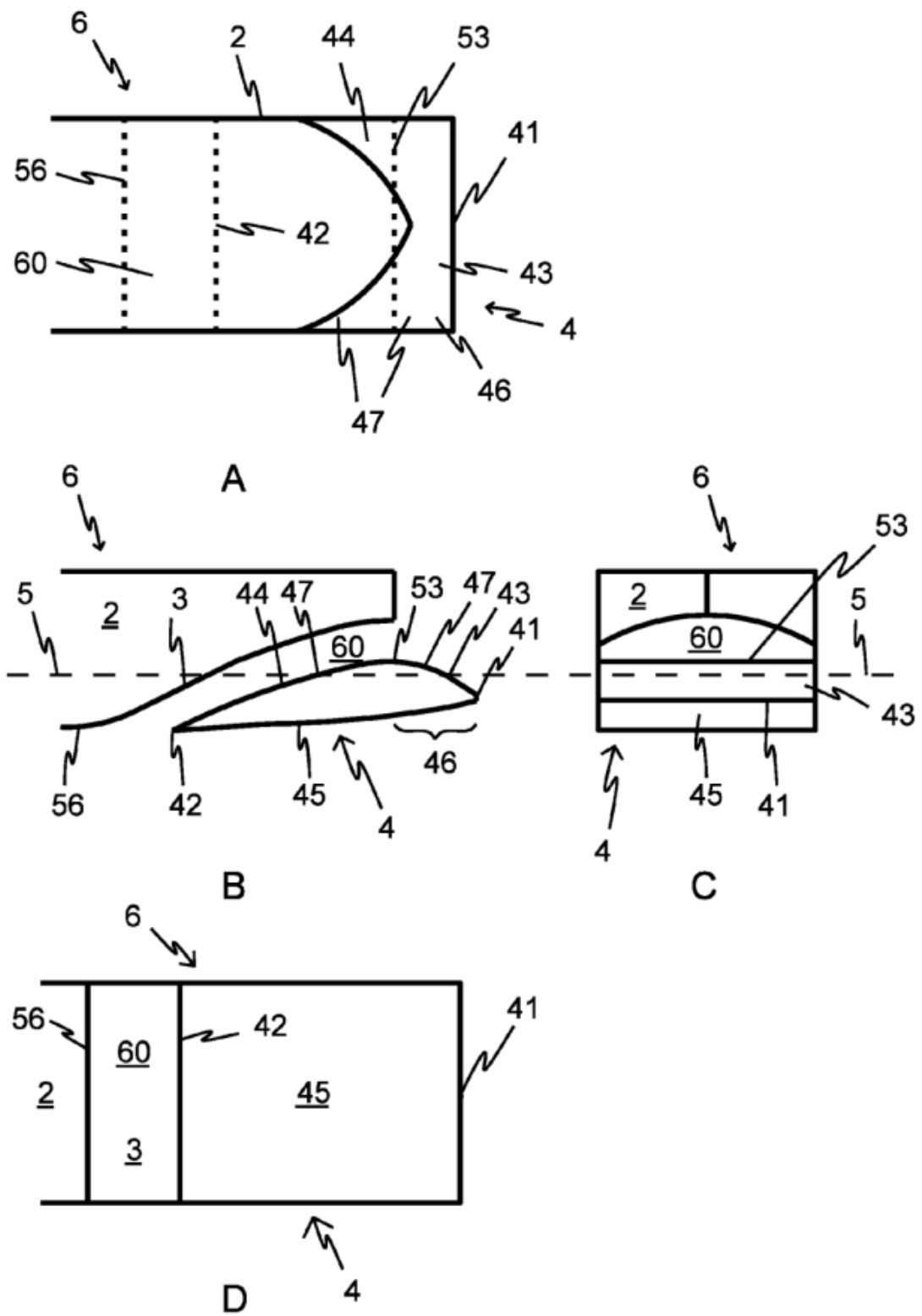


Figura 10

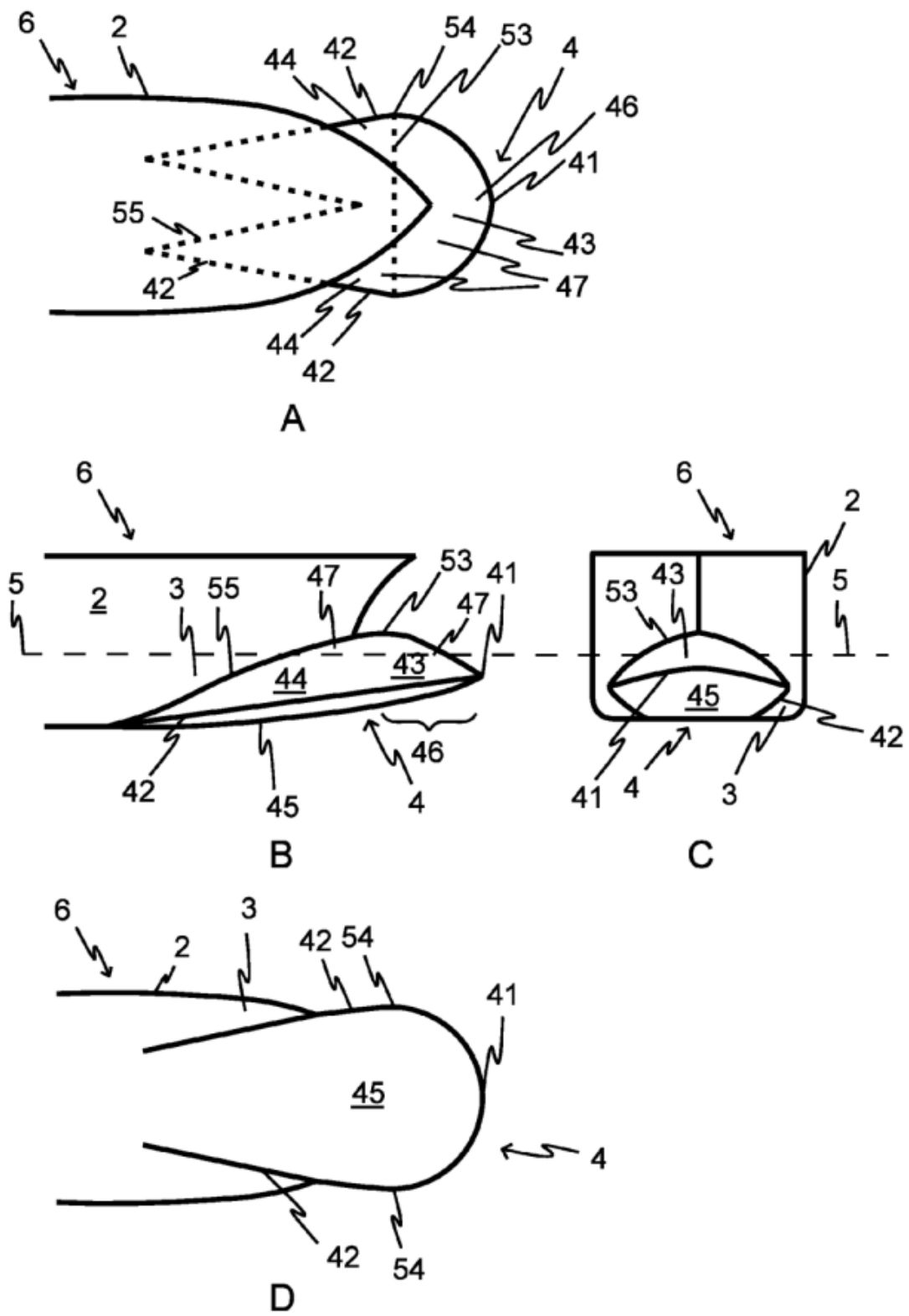


Figura 11

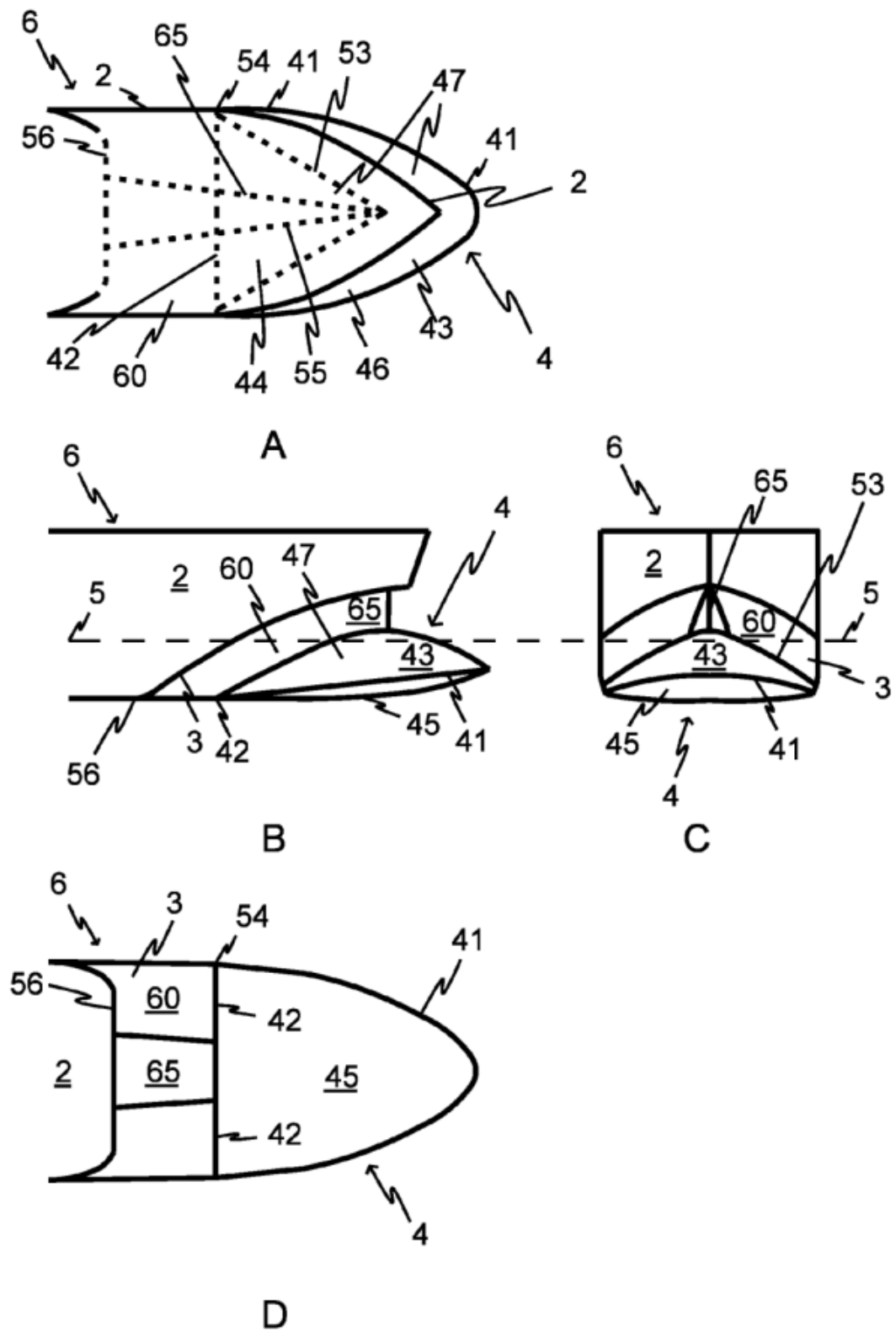


Figura 12

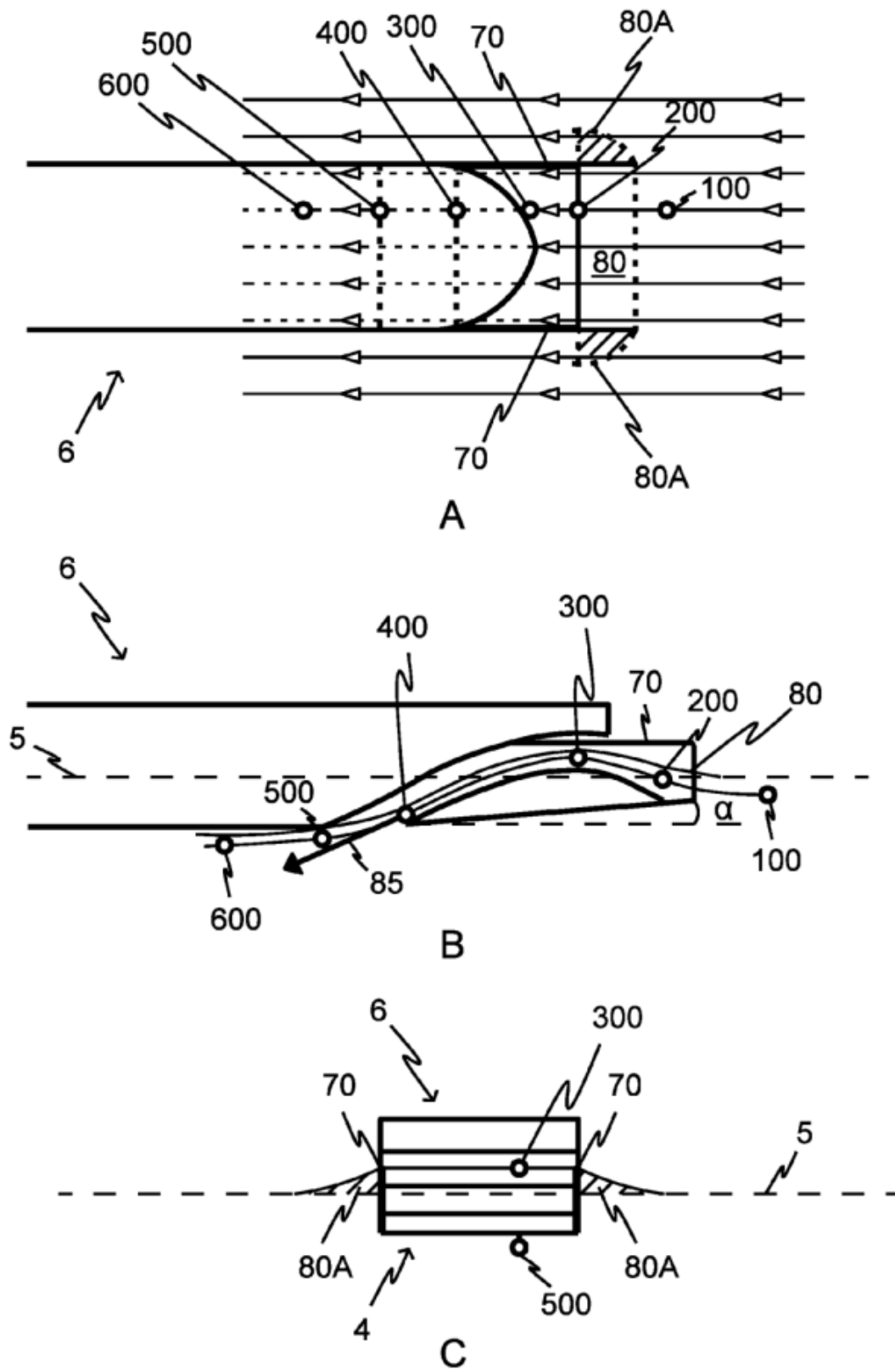


Figura 13

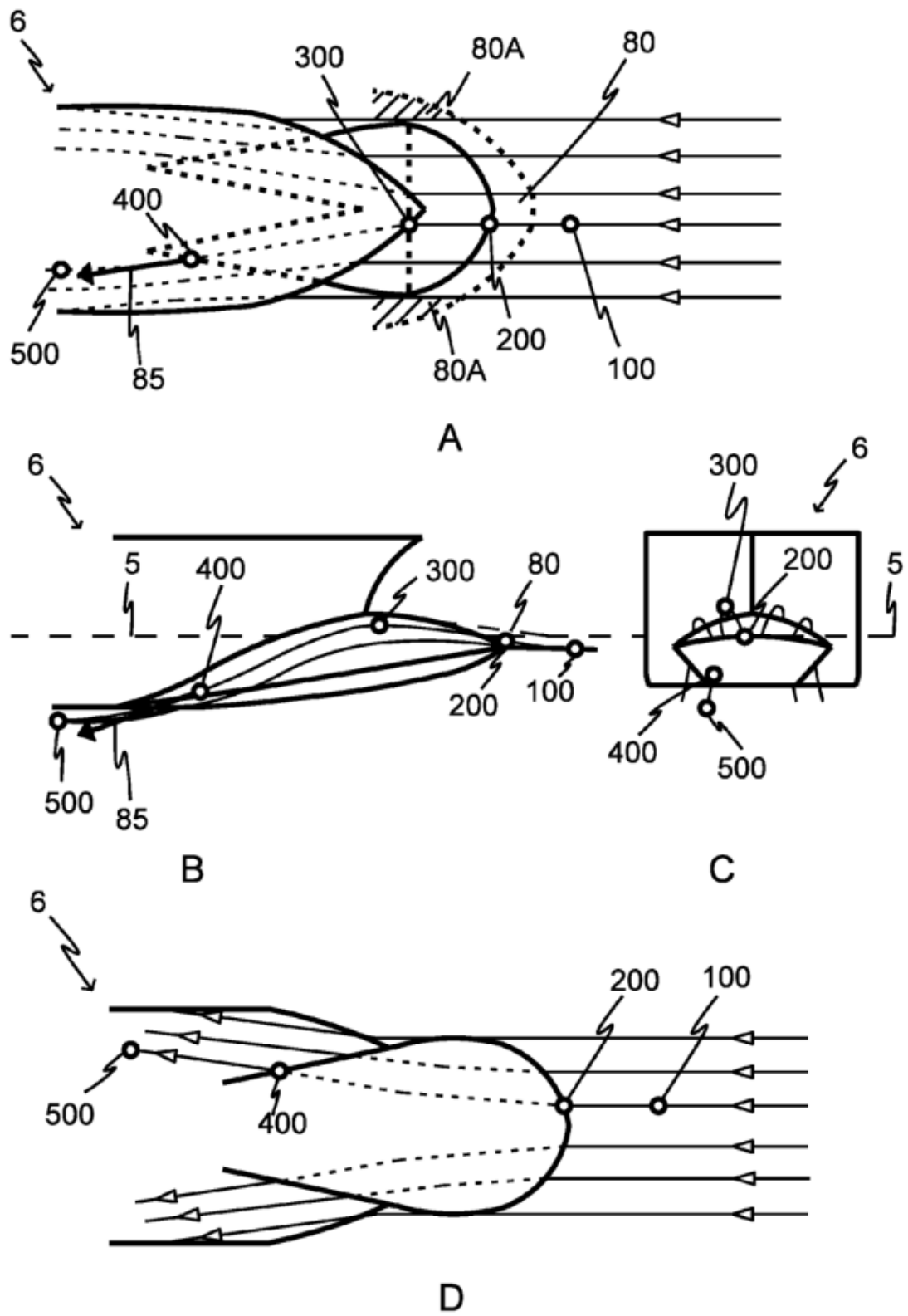


Figura 14

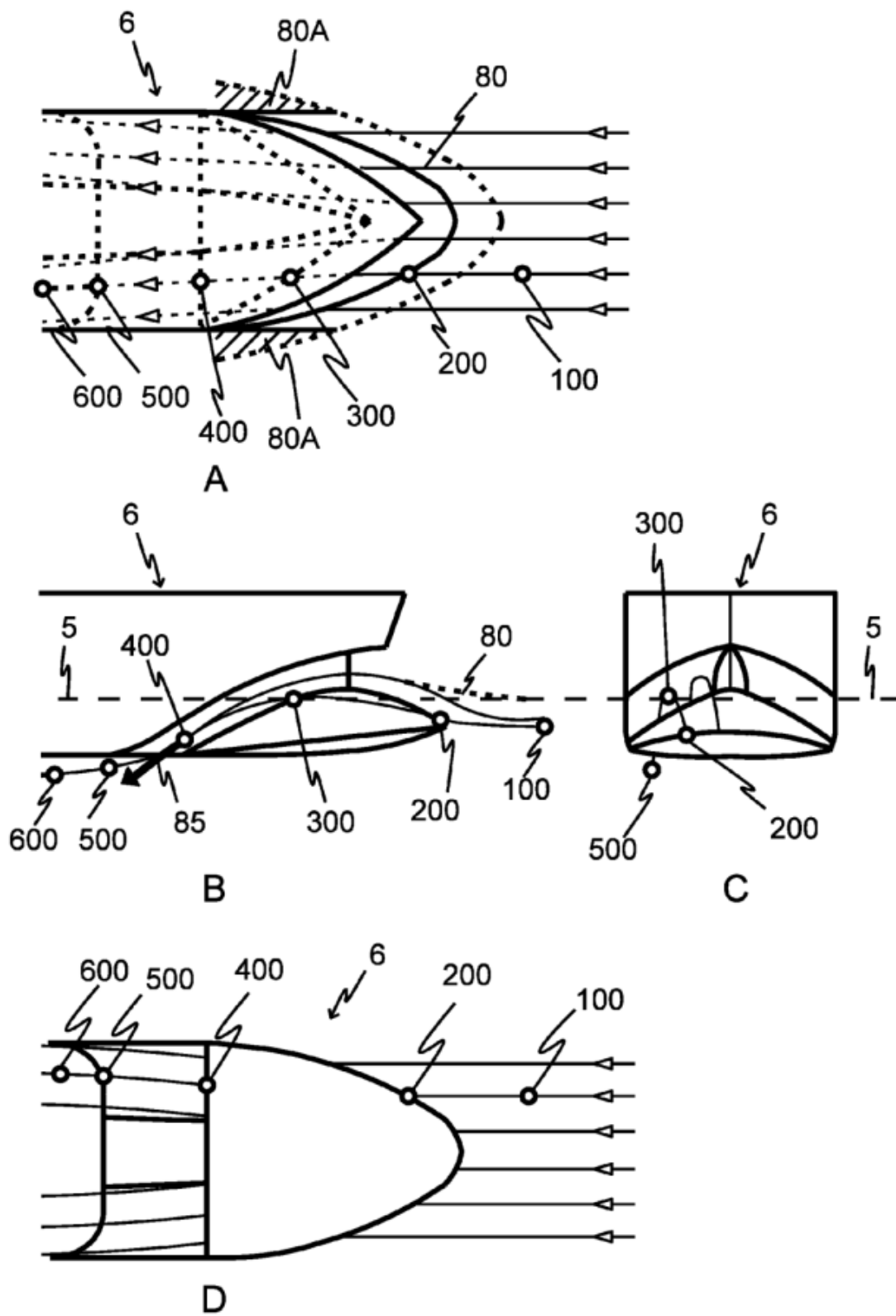


Figura 15

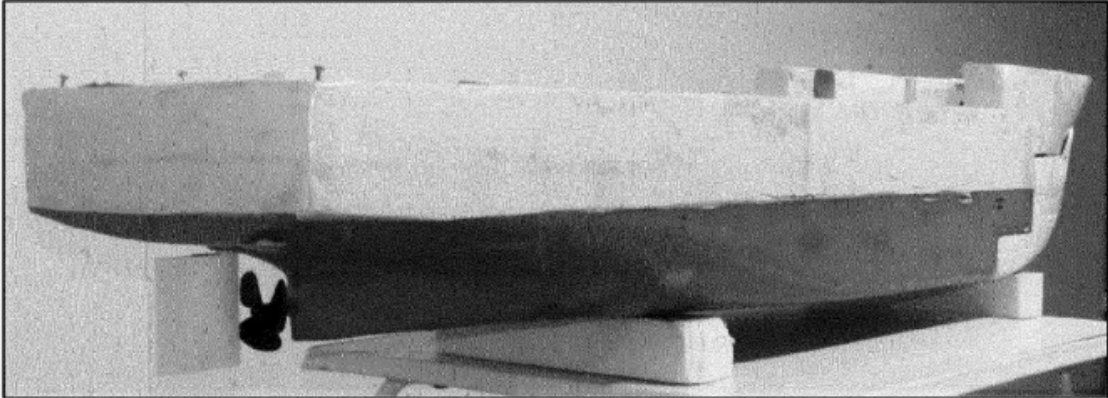


Figura 16A

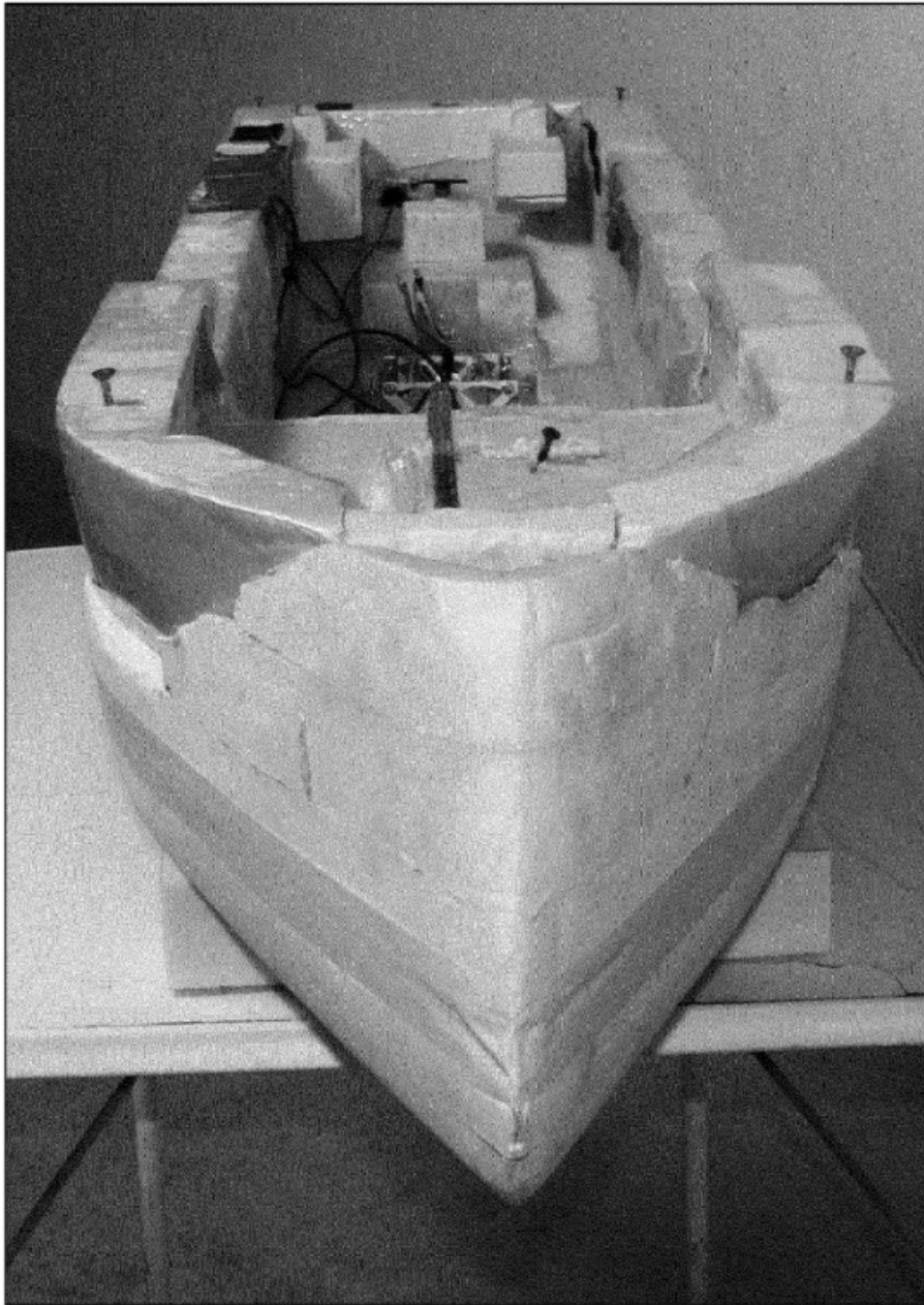


Figura 16B

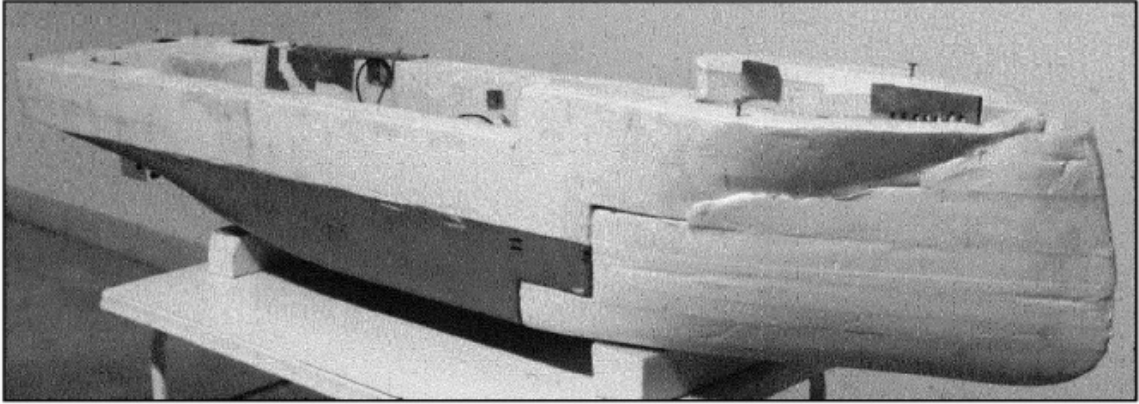


Figura 16C

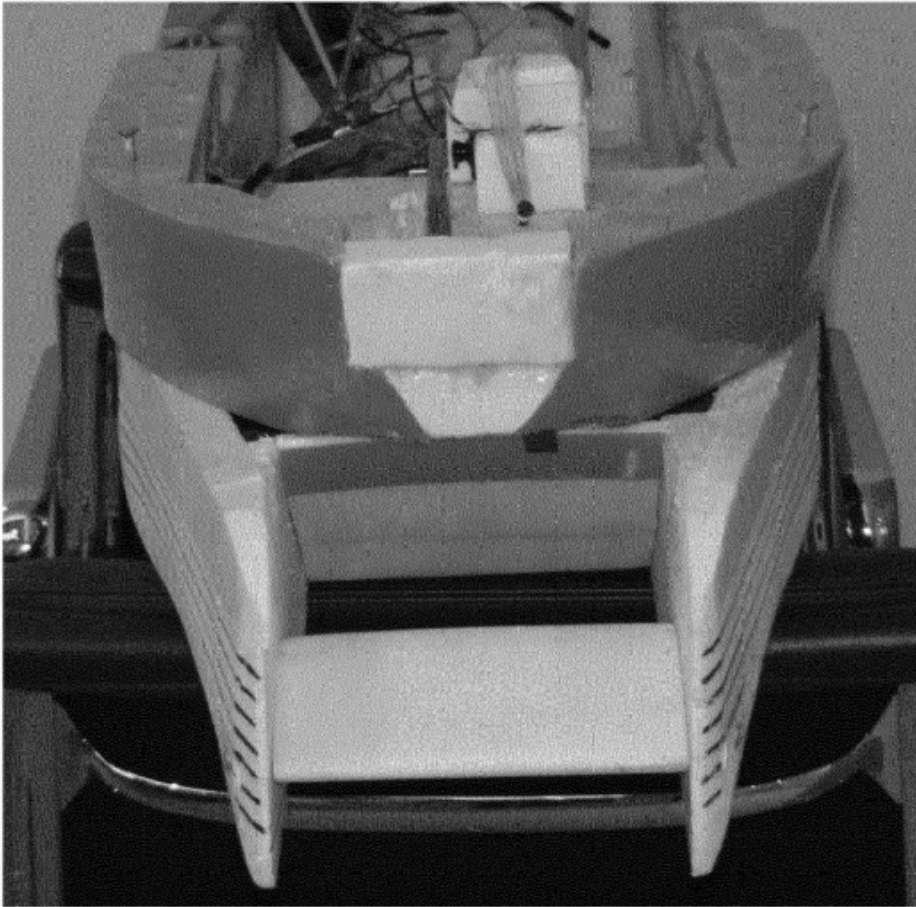


Figura 17A

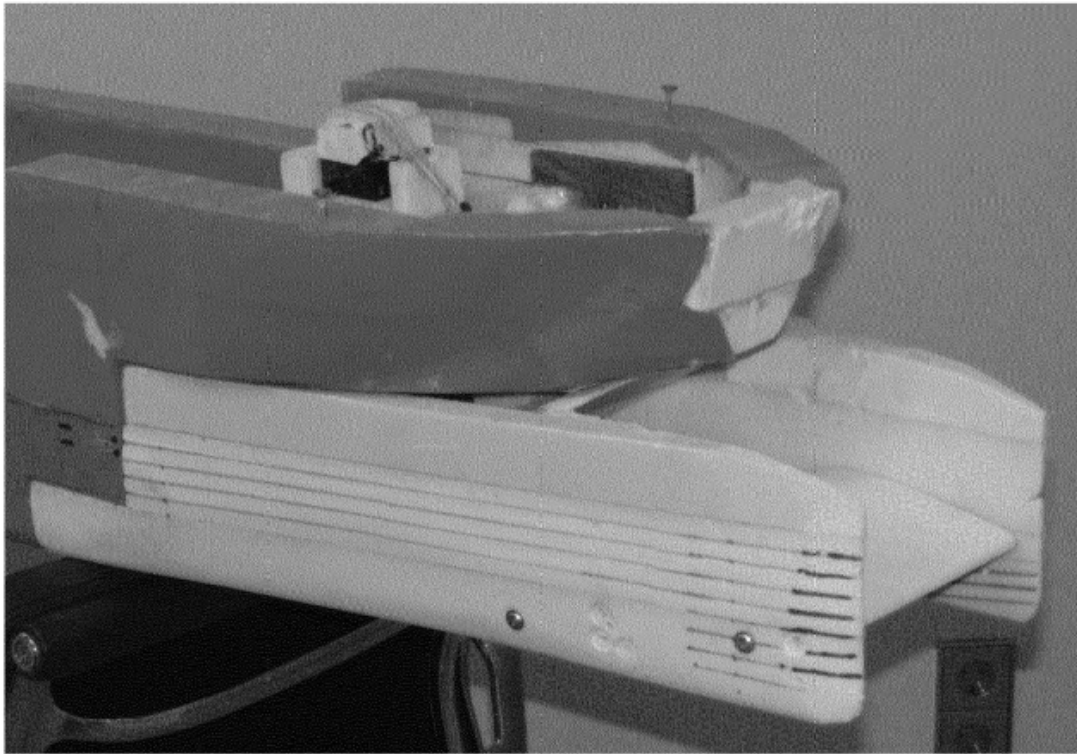


Figura 17B

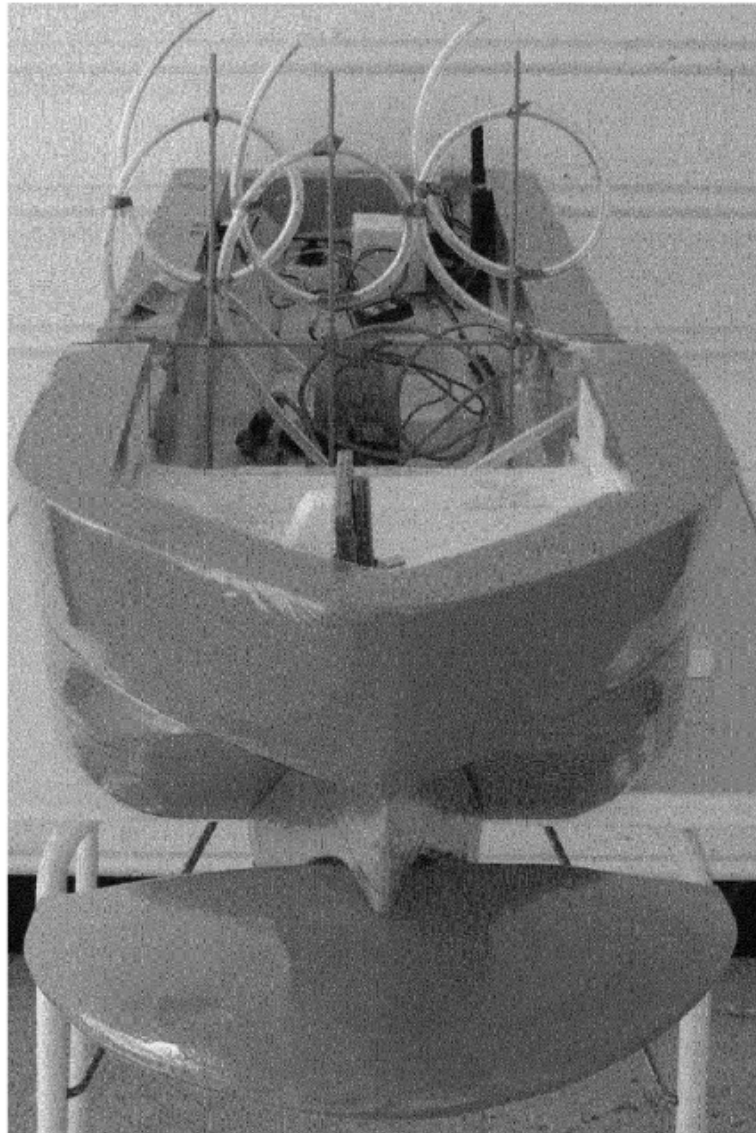


Figura 18A

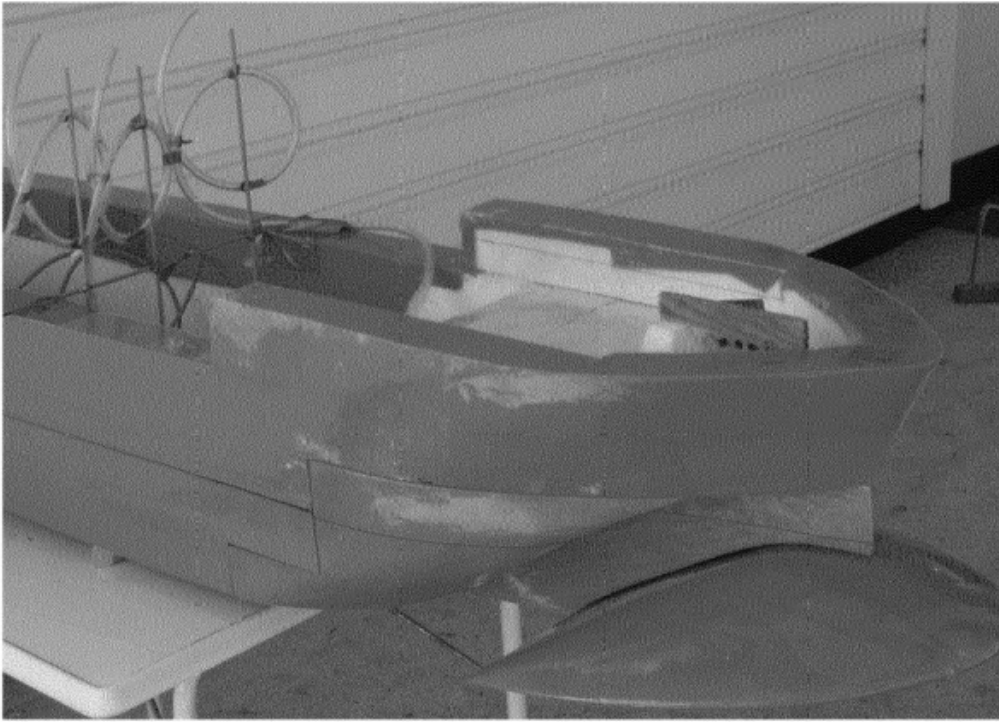


Figura 18B



Figura 19A

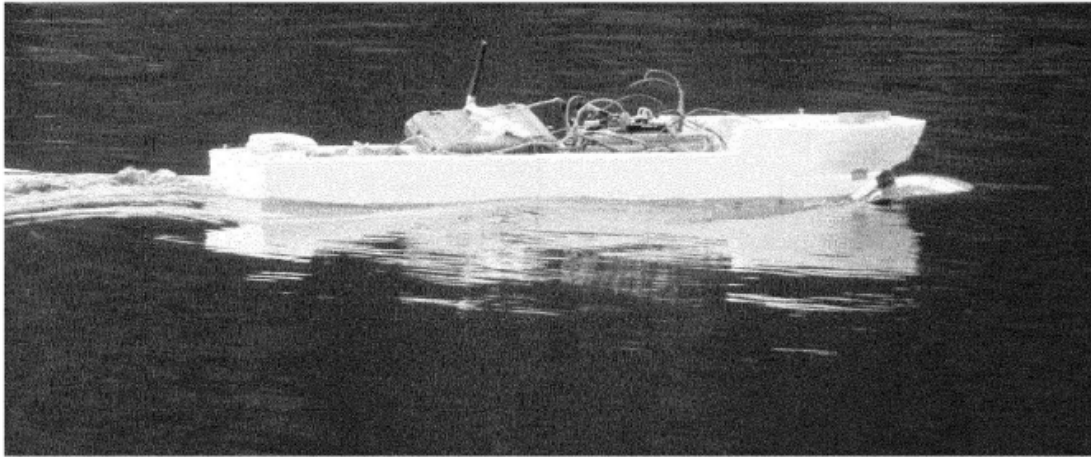


Figura 19B

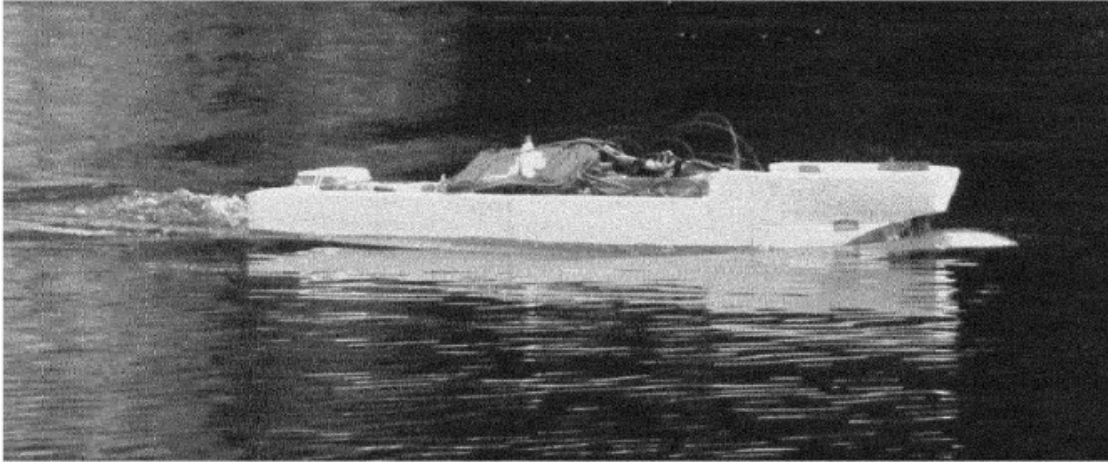


Figura 19C



Figura 20A

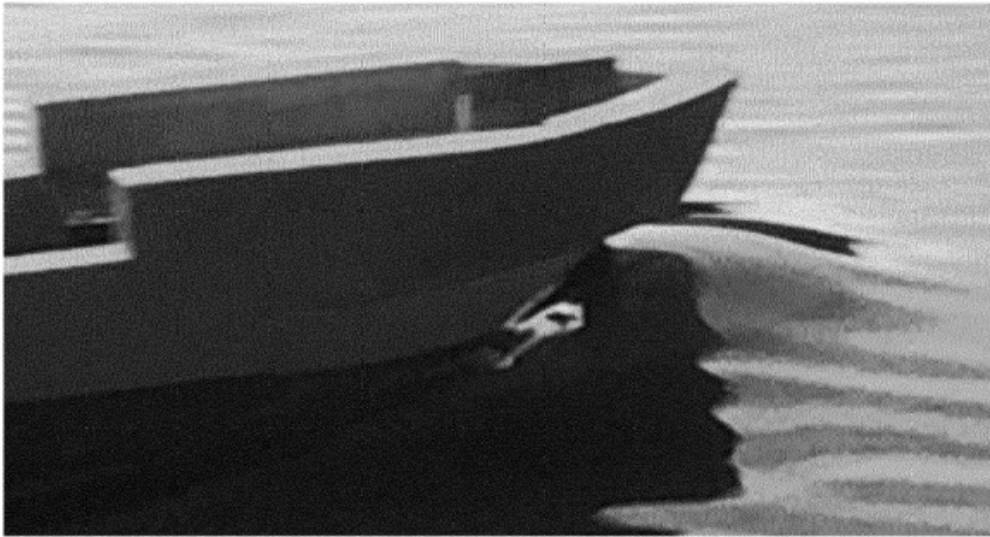


Figura 20B

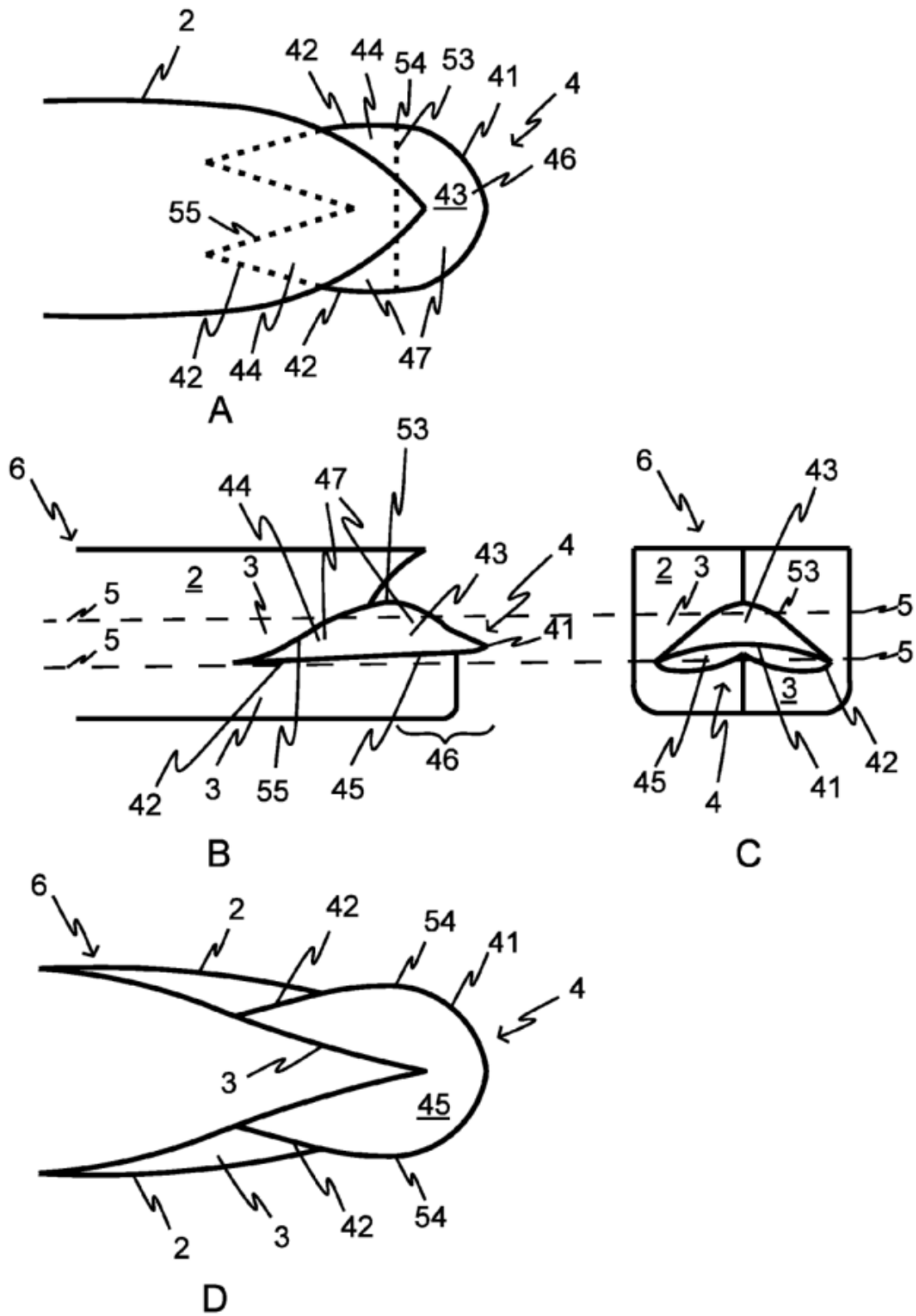


Figura 21

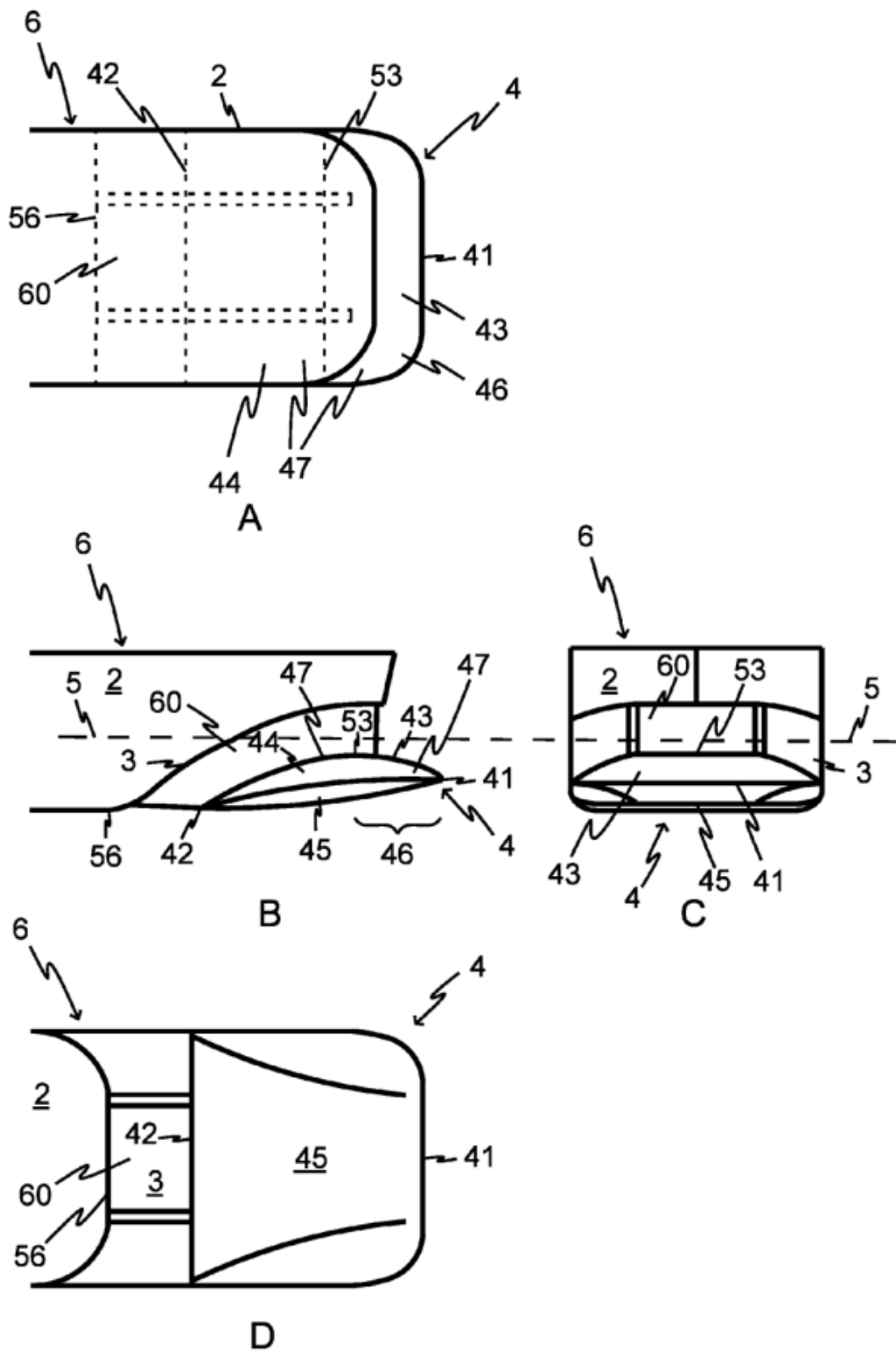


Figura 22

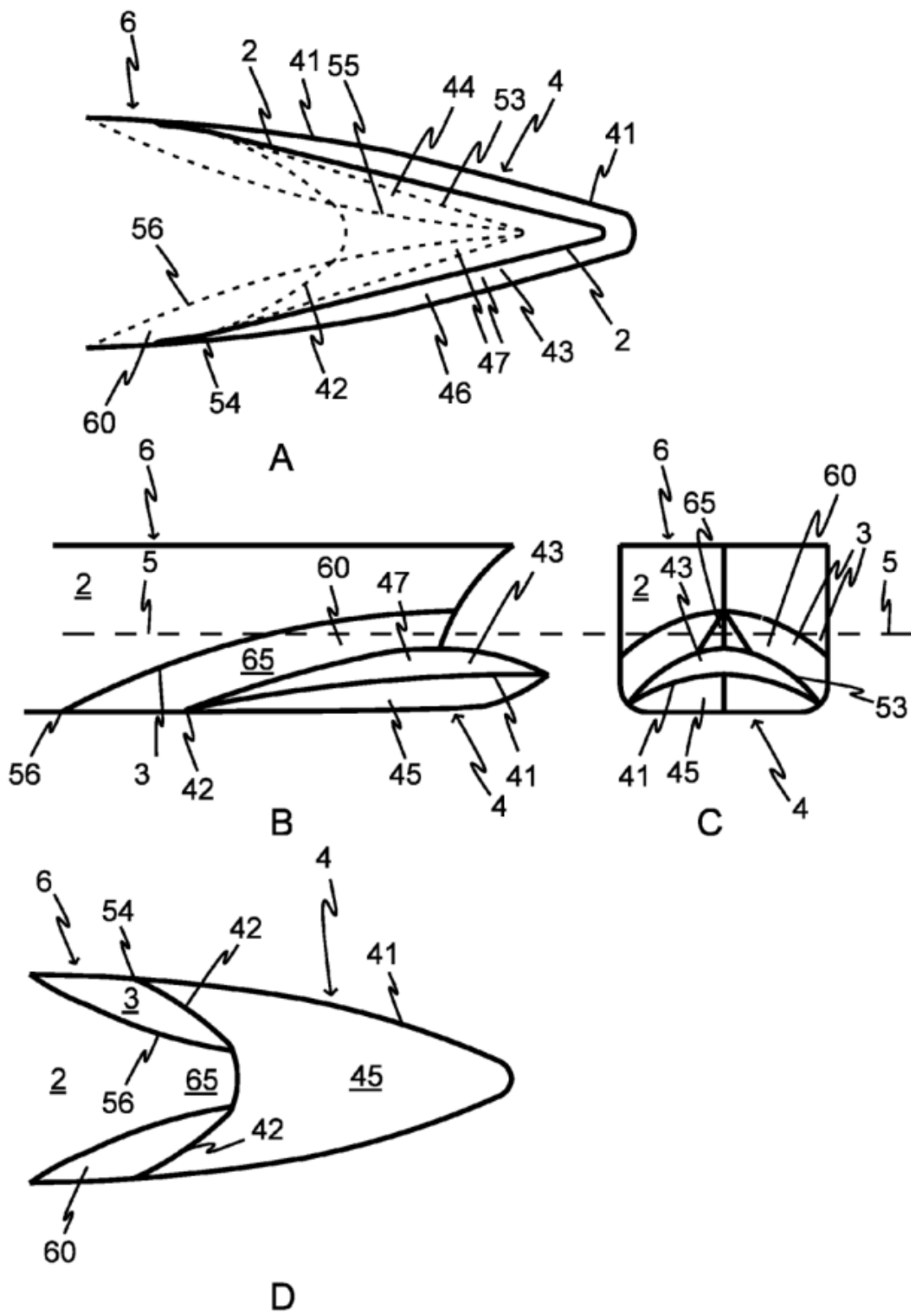


Figura 23

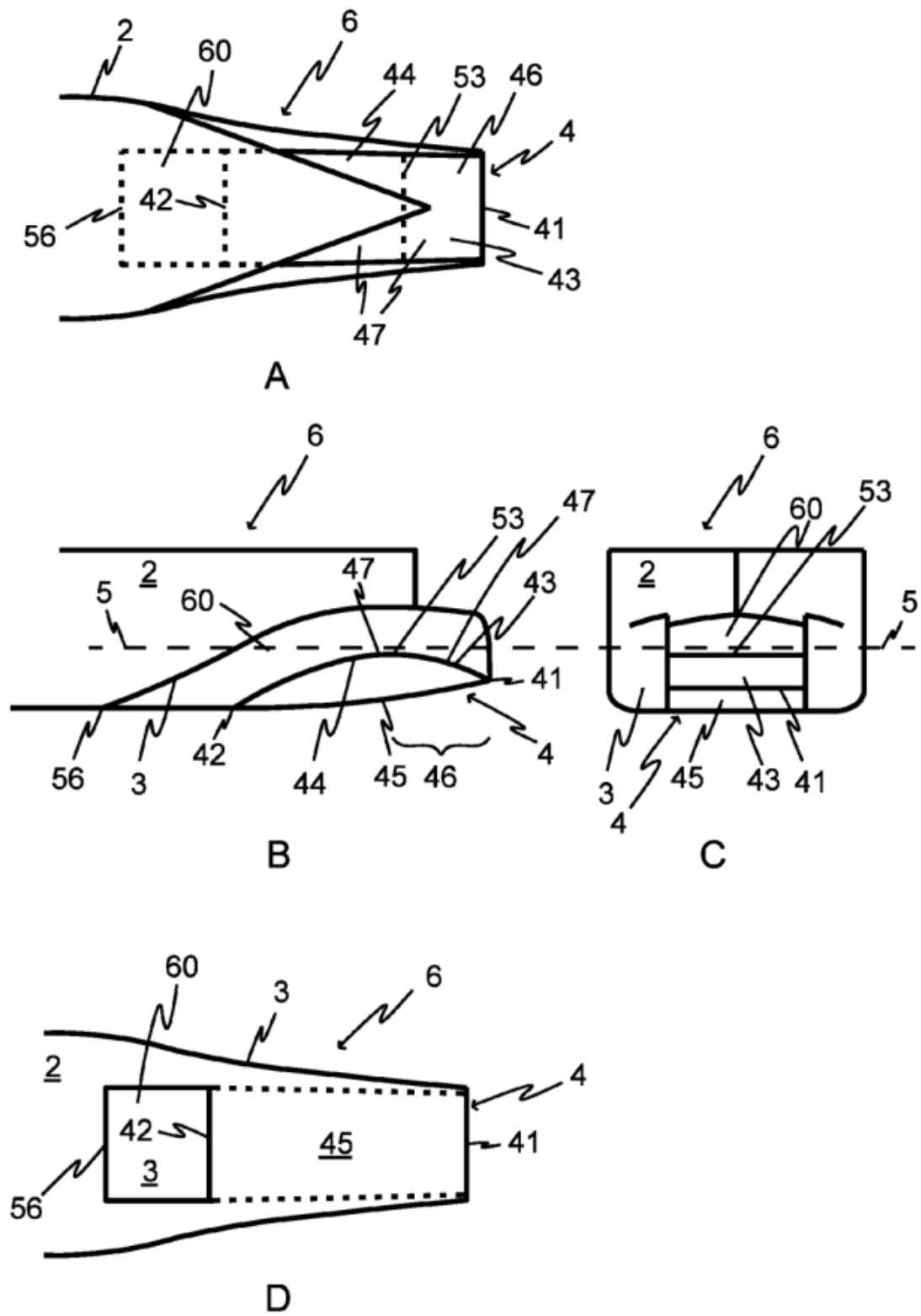
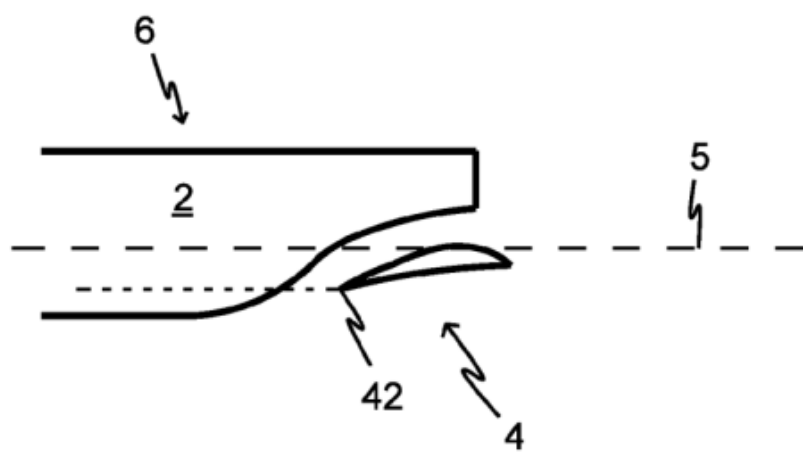
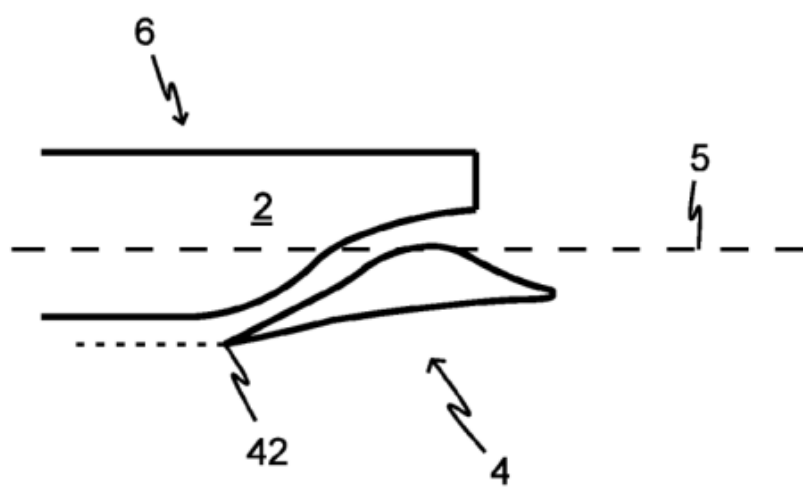


Figura 24



A



B

Figura 25

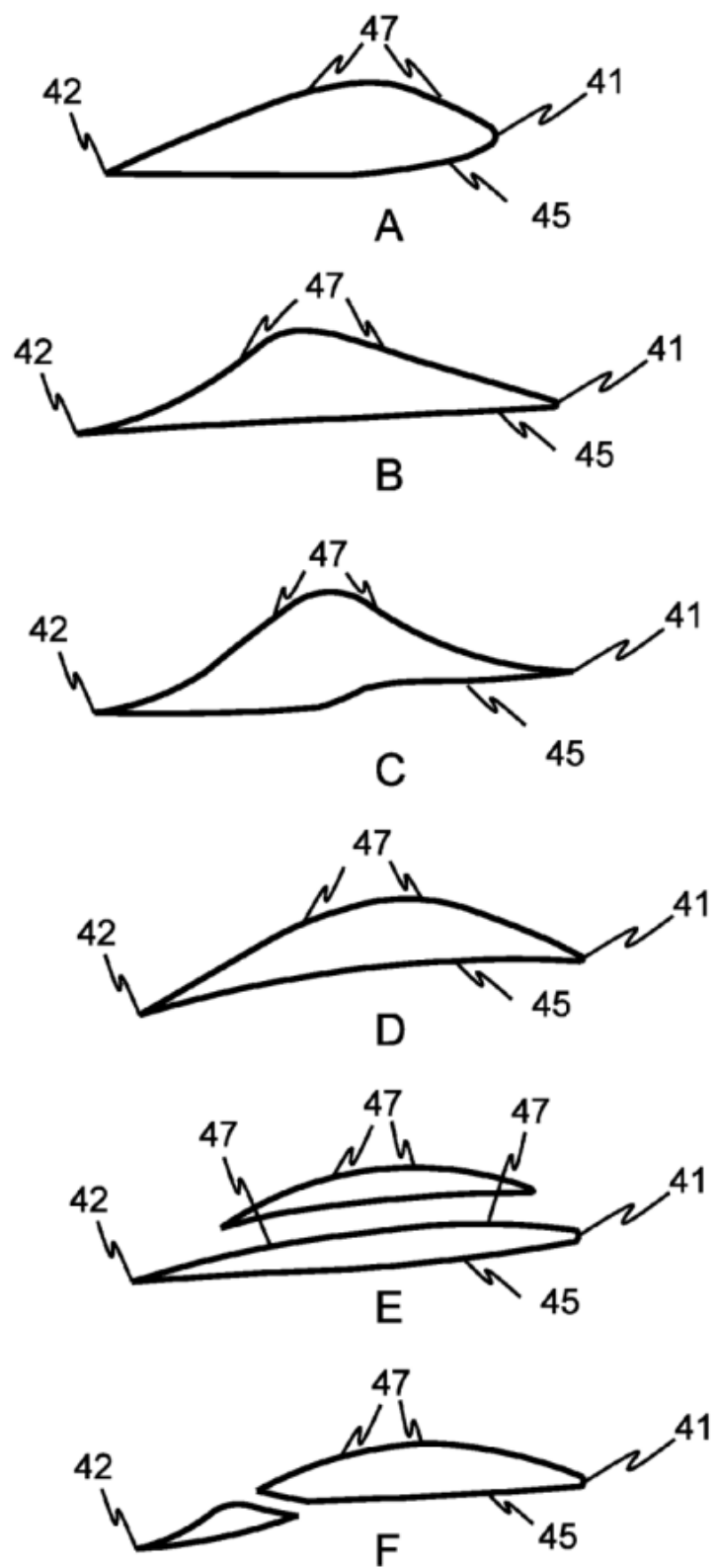


Figura 26

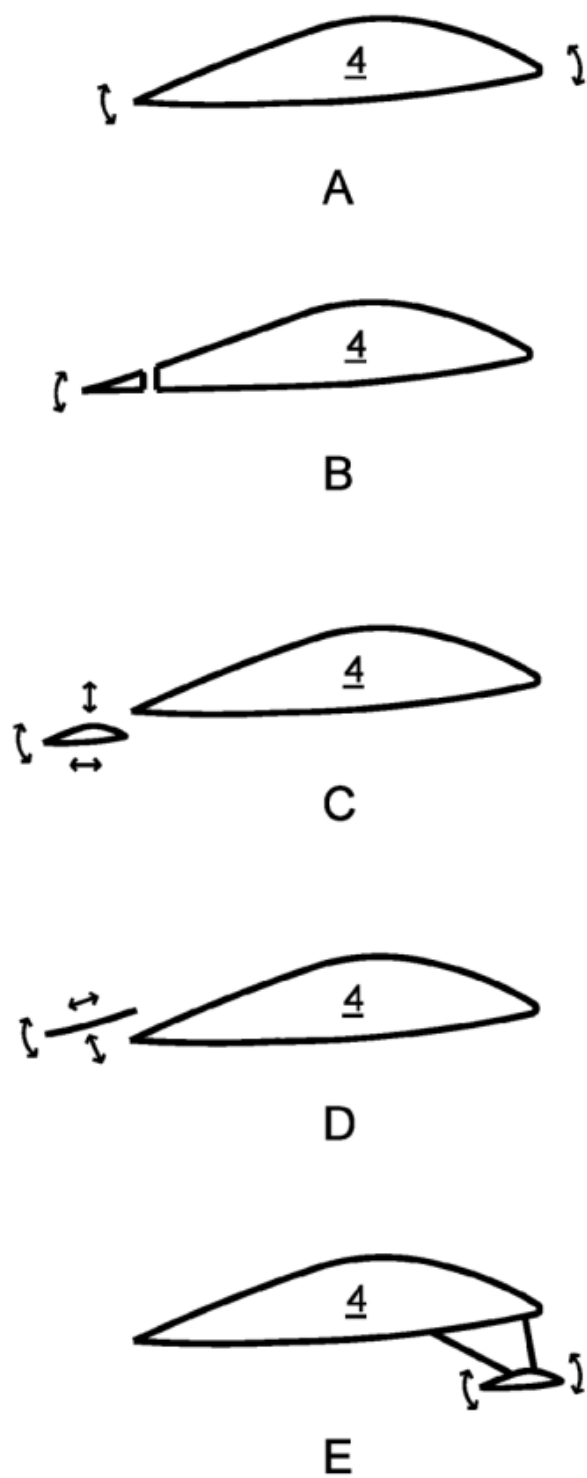


Figura 27

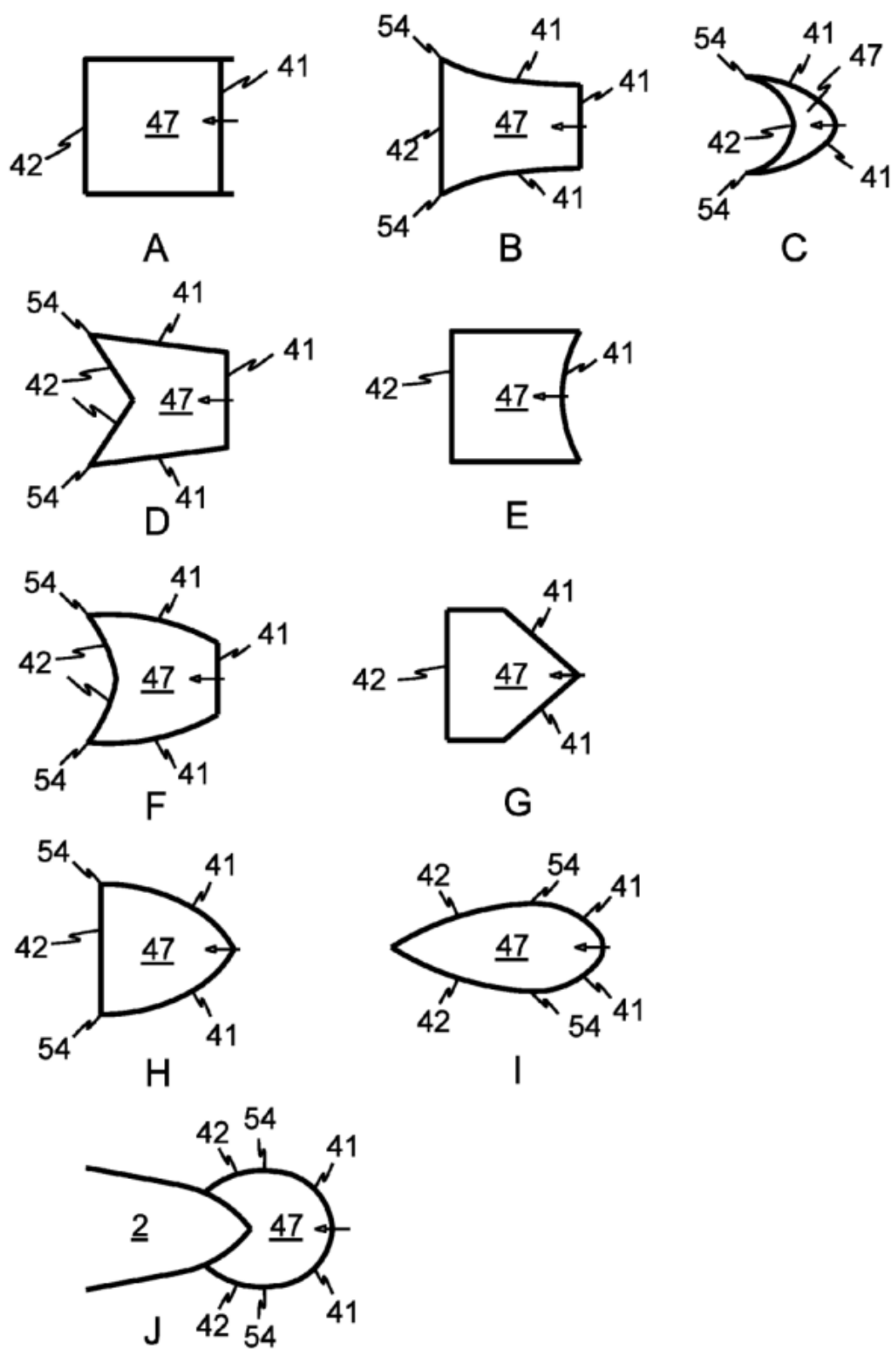


Figura 28