

CARENADO FLUIDODINÁMICO

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se relaciona con planeadores subacuáticos. Más específicamente, la presente invención se relaciona con dispositivos sumergibles al interior del agua para tomar mediciones a grandes profundidades del océano.

DESCRIPCION DEL ESTADO DE LA TECNICA

- 10 Actualmente, para la exploración de cuerpos de agua como mares y océanos, para el desarrollo de patrones climáticos, exploración de fuentes de energía, mapeo de habitaad, etc., se requiere de vehículos que puedan desplazarse en fluidos gaseosos, o fluidos líquidos, los cuales permitan operar en condiciones prolongadas de alta presión y bajas temperaturas en
15 el tiempo.

- Por lo tanto, existen vehículos tanto acuáticos como aéreos los cuales permiten ser operados por un usuario, sin embargo, consumen una cantidad considerable de energía cuando se desplazan en medios en donde el coeficiente de arrastre se incrementa, y dichos vehículos no
20 tienen como aminorarlo.

- Dicho lo anterior, el estado de la técnica divulga vehículos para el desplazamiento en medios rodeados por fluidos líquidos y gaseosos como los divulgados en los documentos, US20090200416A1, "Rudnick, D. Davis, et al. (2015). *Underwater Gliders for Ocean*
25 *Research. Marine Technology Society Journal*, 48-59." y el vehículo USS ZRS-4 Akron Model.

- El documento US20090200416A1 divulga una aeronave con forma aerodinámica, la cual comprende nervios y una pluralidad de medios de micro-propulsión, como pluralidades de
30 micro-propelas y pluralidades de propelas de polímero localizadas sobre la superficie expuesta al medio, y activadas electrónicamente. Dichos medios de micro-propulsión permiten acelerar y reducir la capa límite. Sin embargo, el documento US20090200416A1 indica que dicha invención pueda ser usada en un medio acuático, además, la utilización de los medios de micro-propulsión, consumen energía adicional evitando lograr un ahorro
35 energético que permita aumentar la autonomía del vehículo.

El documento “*Underwater Gliders for Ocean Research*” divulga diferentes planeadores subacuáticos, diseñados para operar con poco consumo de energía y arrastre en océanos. Dichos planeadores comprenden un casco con forma cilíndrica y dos alas localizadas en los costados del caso. El documento menciona que la forma externa de vehículos, está diseñada para reducir el arrastre y por ende la energía consumida, cuando estos se encuentran en un cuerpo de agua. Sin embargo, dicho documento no divulga cómo reducir el coeficiente de arrastre, ni cómo reducir la capa límite producida sobre el casco de dichos vehículos.

Por su parte, el vehículo *USS ZRS-4 Akron Model*, es un modelo de un dirigible, el cual permite desplazarse en un medio gaseoso. Sin embargo, en el diseño de dicho vehículo solo sirve para soportar las condiciones de fluidos gaseosos, por lo que no permitiría ser usado en cuerpos de agua a presiones de trabajo de un submarino.

Por lo tanto, el estado de la técnica divulga documentos que enseñan vehículos que tienen características que los favorecen cuando estos se desplazan en medios rodeados por fluidos líquidos y gaseosos. Sin embargo, el estado de la técnica no divulga como disminuir el coeficiente de arrastre, ni mejorar el coeficiente de sustentación sin usar dispositivos externos que consuman energía eléctrica adicional.

20 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención corresponde a una carcasa fluidodinámica que comprende un borde de ataque y un borde de arrastre conectados por una cuerda y, al menos dos crestas extendidas desde el borde de ataque hasta el borde de arrastre. Dicha cuerda se encuentra localizada sobre un eje Y, y es ortogonal a un plano coordenado X-Z. Por su parte, una cresta es una sucesión de puntos que conforman una línea, en donde cada uno de dichos puntos, es un punto en una función localizada en el plano coordenado X-Z, en donde la derivada de la función en dicho punto es cero o en donde la derivada no existe.

30 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La FIG. 1 ilustra una vista en corte transversal de una carcasa con forma de gota.

La FIG. 2 ilustra dos vistas. una en corte longitudinal superior y otra sin corte de una carcasa con forma de gota.

La FIG. 3 ilustra dos vistas, una vista en corte longitudinal lateral y otra sin corte de una carcasa con forma de gota.

La FIG. 4 ilustra una vista en corte transversal de una carcasa con forma de gota, en cual
5 muestra 3 crestas en un cuarto de elipse.

La FIG. 5 ilustra una vista en isométrico de una carcasa con forma de gota.

La FIG. 6 ilustra dos gráficas, una gráfica A y una gráfica B, en donde cada una compara el
10 coeficiente de sustentación medido de un vehículo, y el ángulo de ataque de dicho vehículo.

La FIG. 7 ilustra una gráfica, en donde compara el coeficiente de sustentación medido de un
vehículo, y el coeficiente de arrastres.

15 La FIG. 8 ilustra tres gráficas, en donde cada una compara el coeficiente de sustentación
medido de un vehículo a tres diferentes velocidades, y el ángulo de ataque de dicho vehículo.

La FIG. 9 ilustra tres gráficas, en donde cada una compara el coeficiente de arrastre medido
de un vehículo a tres diferentes velocidades, y el ángulo de ataque de dicho vehículo.
20

La FIG. 10 ilustra tres gráficas, en donde cada una compara el coeficiente de sustentación
medido de un vehículo a tres diferentes velocidades, y el coeficiente de arrastre.

La FIG. 11 ilustra tres gráficas, en donde cada una compara la relación coeficiente de
25 sustentación- coeficiente de sustentación medido de un vehículo a tres diferentes velocidades,
y el ángulo de ataque de dicho vehículo.

La FIG. 12 ilustra dos gráficas, en donde la primera ilustra los resultados de una simulación
computacional de una carcasa sin crestas en un medio líquido, y la segunda ilustra la
30 simulación de una carcasa con crestas en un medio líquido.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente invención corresponde a una carcasa fluidodinámica que comprende un borde de
35 ataque (2) y un borde de arrastre (3) conectados por una cuerda (4) y, al menos dos crestas (5)
extendidas desde el borde de ataque (2) hasta el borde de arrastre (3). El extremo de la
cuerda (4) comienza en el borde de ataque (2), el cual se encuentra localizado en el inicio de

un eje coordenado definido por los ejes **X**, **Y** y **Z**. Adicionalmente, la cuerda (4) se encuentra localizada sobre el eje **Y**, el cual es ortogonal al plano coordenado **X-Z**. Para el entendimiento de la presente invención, borde de arrastre también hace alusión a borde de fuga y borde de salida.

5

Por su parte, para el entendimiento de la presente invención, se entenderá por cresta (5), a una sucesión de puntos que conforman una línea localizada a lo largo del plano coordenado **X-Y** o **Z-Y**. En donde cada uno de dichos puntos, es un punto en una función localizada en el plano coordenado **X-Z**, en donde la derivada de la función de dicho punto máximo es cero o en donde la derivada no existe. Dicha función es una línea la cual describe el contorno de la forma transversal de la carcasa. Adicionalmente, entre cresta (5) y cresta (5) de la carcasa fluidodinámica (1), existe una curva. El punto mínimo de dicha curva, en donde la derivada en dicho punto es cero será llamado, valle.

Uno de los efectos técnicos al comprender al menos una cresta (5) sobre toda la superficie de la carcasa fluidodinámica (1), es reducir el coeficiente de arrastre y aumentar el coeficiente de sustentación. Cuando se reduce el coeficiente de arrastre y se aumenta el coeficiente de sustentación, se permite que el vehículo que tiene dicha forma, consuma menos energía cuando se desplaza en un medio con un fluido circundante y, además, también permite mejorar la sustentación del mismo si se encuentra sobre un medio con fluido líquido, gaseoso o acuoso.

En una realización de la invención, una cresta es una sucesión de puntos que conforman una línea, en donde cada uno de dichos puntos, es un punto en una función cóncava respecto al punto de intersección entre el eje **X** y el eje **Z**, en donde cuya derivada de la función en dicho punto es cero o en donde la derivada no existe. Por otro lado, y en otra realización de la invención, una cresta es una sucesión de puntos que conforman una línea, en donde cada uno de dichos puntos, es un punto máximo en la sección transversal de la carcasa, que además corresponde a la intersección de dos curvas, en donde la derivada de dicho punto máximo es cero o en donde la derivada no existe.

30

Para el entendimiento de la presente invención, se entenderá por fluidodinámica o fluidodinámico, a que tiene propiedades tanto aerodinámicas como hidrodinámicas, es decir, un cuerpo es fluidodinámico cuando este tiene una forma que permite reducir la resistencia al avance al estar inmerso en fluidos en estado gaseoso, en estado líquido o fluidos acuosos. Por su parte, la función que describe el contorno de la forma transversal de la carcasa, solo describe la forma de la carcasa sobre la sección superior o inferior del eje horizontal de los planos coordenados **X-Y** o **Z-Y**.

35

De igual manera, para el entendimiento de la presente invención, se entenderá por coeficiente de arrastre a la fuerza que actúa opuestamente al movimiento relativo de cualquier objeto que se mueve respecto a un fluido circundante. Es decir, es la fuerza que se opone al desplazamiento normal de un objeto en cualquier fluido. Y por coeficiente de sustentación se entenderá a la fuerza perpendicular al vector de velocidad de un objeto que se encuentra inmerso en un fluido.

La carcasa fluidodinámica (1) tiene una forma longitudinal la cual se selecciona del grupo conformado por formas de gota, semi simétricos, simétricos, *cambered airfoil*, y formas equivalentes como perfiles aerodinámicos que son conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

Uno de los efectos técnicos que la carcasa fluidodinámica (1) tenga una forma longitudinal simétrica, es permitir que cuando un vehículo se encuentra inmerso en un medio de un fluido gaseoso o un medio con fluido líquido, el desempeño fluidodinámico subiendo y bajando sea el mismo. De igual manera, uno de los efectos técnicos que la carcasa fluidodinámica (1) tenga una forma asimétrica, es permitir ubicar dicha carcasa en vehículos que no se encuentran inmersos en medios de fluidos líquido, por ejemplo, un camión u otro vehículo terrestre, en donde dicha carcasa puede hacer las veces de paravientos o deflector de aire y disminuir la capa limite que se genera sobre este lo que mejora el rendimiento fluido dinámico del vehículo.

De igual manera, la carcasa fluidodinámica (1) tiene una forma transversal la cual se selecciona del grupo conformado por elipses, círculos, cuadrados, triángulos, rectángulos, pentágonos, trapecios, rombos, hexágono, heptágono, octógono, decágono, las anteriores figuras con aristas curvas, formas equivalentes que son conocidas por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

El material de la carcasa fluidodinámica (1) puede seleccionarse del grupo conformado por policloruro de vinilo (PVC, por sus siglas en inglés); de policloruro de vinilo clorado (CPVC, por sus siglas en inglés); polietileno teréftalato (PET, por sus siglas en inglés), fibra de vidrio, poliamidas (PA) (v.g. PA12, PA6, PA66); policlorotrifluoretileno (PCTFE, por sus siglas en inglés); polifluoruro de vinilideno (PVDF, por sus siglas en inglés), reforzados con fibras (v.g. de vidrio, aramida, poliéster), politetrafluoruro de etileno (PTFE, por sus siglas en inglés); etileno-clorotrifluoroetileno (ECTFE, por sus siglas en inglés); plásticos (resinas poliéster, vinilester, epóxicas, vinílicas), fibra de carbono, ABS, MATE_METAL 2

aleaciones ferrosas al cromo-molibdeno, acero inoxidable 301, acero inoxidable 302, acero inoxidable 304, acero inoxidable 316, acero inoxidable 405, acero inoxidable 410, acero inoxidable 430, acero inoxidable 442, acero aleado con manganeso, aleaciones de aluminio, cobre, aleaciones de titanio, materiales equivalentes que sean conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinaciones de los anteriores.

Uno de los efectos técnicos que la carcasa fluidodinámica (1) se encuentre manufacturada en un material polimérico, como los mencionados anteriormente, es reducir la fricción generada entre un fluido ya sea líquido o gaseoso, y la carcasa, debido a los coeficientes de fricción dinámica que estos materiales poseen. Otro de los efectos técnicos es facilitar la manufactura, teniendo en cuenta que las crestas (5) pueden contener ángulos muy agudos.

Cuando la sección transversal de la carcasa describe una elipse, el eje mayor (7) de la elipse se dispone en posición horizontal y el eje menor (8) en posición vertical. En donde el eje mayor (7) se dispone sobre un eje **X**, y el eje menor (8) en un eje **Z**. Además, un eje **Y** por donde pasa la cuerda (4), es perpendicular al punto de intersección entre el eje **X** y el eje **Z**.

La sección transversal de la carcasa con forma elíptica permite formar dos bordes de ataque lateral (6) ubicados en los extremos del eje mayor (7) de la elipse, los cuales son cóncavos respecto al punto de intersección del eje mayor (7) y el eje menor (8) de la elipse que describe sección transversal de la carcasa.

Uno de los efectos técnicos que la invención tenga al menos un borde de ataque lateral (6), y que sea cóncavo respecto al punto de intersección del eje mayor (7) y el eje menor (8), es evitar que la carcasa fluidodinámica (1) sufra deformaciones plásticas por efectos de la presión de trabajo. Otro de los efectos técnicos que el borde de ataque lateral (6) tenga dicha forma, es facilitar la manufactura de la carcasa fluidodinámica (1). Lo anterior es debido, a que la carcasa puede contener en su interior diferentes elementos, por lo tanto se construye en dos partes, en donde los bordes laterales constituyen la union entre dichas dos partes.

Adicionalmente, dichos bordes de ataque lateral (6) de cada una de las partes, comprenden ranuras o perforaciones las cuales permiten unir las dos partes de la carcasa mediante elementos de fijación, lo que permite abrir y cerrar la carcasa cuando se requiera. Además, dichos bordes de ataque lateral (6) pueden estar dispuestos para que se acoplen como medios de unión macho-hembra, o pueden tener un segmento doblado de tal forma que, cuando cada uno de los bordes de ataque lateral (6) se encuentran, dichos dobleces quedan completamente en contacto.

Dichos elementos de sujeción se seleccionan del grupo conformado por, tornillos, pernos, tuercas, remaches, espárragos, pasadores, cuñas, abrazaderas, elementos equivalentes conocidos por una persona medianamente versada en la materia o combinación de las anteriores.

La carcasa fluidodinámica (1) puede tener al menos dos crestas sobre la superficie de la carcasa fluidodinámica (1), la cual se comprende en la parte superior del eje mayor (7) de la elipse.

La carcasa fluidodinámica (1) también puede ser simétrica respecto al eje mayor (7) de la elipse, lo que permite que haya igual cantidad de crestas respecto al eje mayor (7) de la elipse.

Haciendo referencia a la FIG. 1, se ilustran dos vistas de la vista frontal transversal de una carcasa fluidodinámica (1), una FIG. 1a y una FIG. 1b. En dichas figuras, la parte trasversal de la carcasa circunscribe dos elipses, una primera elipse, la cual corresponde a la forma externa de la carcasa fluidodinámica (1), mientras que la segunda elipse, es una elipse menor representada por una línea discontinua, la cual es concéntrica y de menor tamaño que la primera elipse.

Ambas vistas, de la vista frontal transversal de una carcasa fluidodinámica (1), tienen sobre la superficie superior e inferior del eje mayor (7), cinco crestas (5) igualmente espaciadas, y en los extremos del eje mayor (7), hay un borde de ataque lateral (6) el cual corresponde a una superficie curva cóncava respecto al punto de intersección del eje mayor (7) y el eje menor (8) de la primera elipse.

La FIG. 1a representa un plano representado por dos ejes coordenados **X** y **Z** en una de las vistas, en donde **X** y **Z** son perpendiculares cuyo punto cero está localizado en el punto de intersección del eje mayor (7) y el eje menor (8) de las elipses. Además, el eje mayor (7) es paralelo al eje **X**, mientras que el eje menor (8) es paralelo al eje **Z**.

La distancia máxima del eje mayor (7), es decir, la distancia entre los bordes de ataque laterales (6) se representa por t_x , y la distancia máxima del eje menor (8), es decir, la distancia máxima entre los puntos de las crestas (5) que se encuentran opuestas entre el eje mayor (7) se representa por t_z .

Para describir la forma de la carcasa fluidodinámica (1) cuando esta tiene forma simétrica de gota y un perfil transversal en forma de elipse, se realiza un eje coordenado **X-Y** en la sección longitudinal superior de la carcasa. Cuyo punto cero de dicho eje coordenado está localizado en el punto del borde de ataque (2), en donde comienza la cuerda (4). En el plano en donde el eje **X** es paralelo al eje mayor (7) de la elipse que describe la sección transversal de la elipse, y el eje **Y** corresponde al eje en donde se encuentra la cuerda (4), la cual está comprendida entre el borde de ataque (2) y el borde de arrastre (3).

Se elige la cantidad de puntos que se desean que describa la sección longitudinal de la carcasa fluidodinámica (1), se debe de tener en cuenta que la cantidad de puntos que se elijan, será la misma cantidad tanto para definir la forma superior como la lateral de la carcasa fluidodinámica (1). Cada uno de estos puntos es un valor en el eje **Y**. Posteriormente, se elige el valor de **L**, el cual corresponde a la longitud total de la cuerda (4) y se decide la distancia máxima de los extremos de la forma longitudinal de la carcasa fluidodinámica (1), tanto en la forma lateral, y superior. Se debe de tener en cuenta que los puntos sobre el eje **Y**, están igualmente espaciados sobre la cuerda (4).

Sobre dicho eje **Y** se encuentran ubicados los puntos **y1, y2, ..., yn**, para los cuales corresponden un punto en el eje **X** respectivamente, en donde cuyos puntos sobre dicho eje **X** corresponden a **Xt1, Xt2, ..., Xt_n**. Los puntos localizados en el plano **X-Y**, corresponden a las coordenadas dadas por los puntos en el eje **Y** y en el eje **X**. Dichas coordenadas corresponden a, (**Xt1, y1**), (**Xt2, y2**) hasta (**Xt_n, yn**) y describen una línea que corresponde al contorno de la forma longitudinal superior de la carcasa fluidodinámica.

Los puntos (**Xt_n, yn**) que describen la forma longitudinal lateral de la carcasa fluidodinámica (1) descrita en el plano **X-Y**, se determinan por la siguiente ecuación (1):

$$x_t = 2t_x \left[0.5065 \sqrt{\frac{y}{L}} + 0.2469 \left(\frac{y}{L} \right) - 1.5709 \left(\frac{y}{L} \right)^2 + 1.7052 \left(\frac{y}{L} \right)^3 - 0.8898 \left(\frac{y}{L} \right)^4 \right] \quad (1)$$

En donde **t_x** corresponde a la distancia máxima entre los bordes de ataque lateral (6), **x_t** corresponde a un valor en el eje coordenado **X**, **y** corresponde al valor la coordenada en el eje **Y**, y **L** corresponde a la longitud total de la cuerda (4).

Para la aplicación de la ecuación, primero se define la longitud total de la cuerda (4) en el eje **Y** que se desea que tenga la carcasa fluidodinámica (1), es decir, se define el valor de **L** como se indicó anteriormente. Posteriormente, se decide la cantidad y las coordenadas de puntos

en el eje **Y**, los cuales van a reconstruir la figura. Debe de tenerse en cuenta que entre más puntos se elijan, la carcasa fluidodinámica (1) va a tener una superficie más suave. Es decir, el ángulo que describen las líneas entre dos puntos es menor, cuando hay menor cantidad de puntos. Contrario a los ángulos descritos entre una sucesión mayor de puntos. Lo anterior permite disminuir la fricción entre la superficie de la carcasa y el medio en donde se encuentra. Después se define el valor que se desea que tenga la distancia entre los bordes de ataque laterales (6) representada por t_x .

Después de elegido el valor de la longitud total **L** y la distancia máxima entre los bordes de ataque lateral t_x , se elige el valor inicial en la coordenada en el eje **Y**, correspondiente a y_1 , y después se reemplaza en la ecuación (1). Al reemplazar dicho valor en la ecuación (1) se obtiene un valor x_{t1} , el cual corresponde a un punto en el eje **X**. Obtenido este valor, se conoce un primer punto (y_1, x_{t1}) en el plano **Y-X**, en donde, y_1 corresponde al primer punto sobre el eje **Y** y x_{t1} corresponde al primer punto obtenido sobre el eje **X**. Después se procede a realizar el mismo procedimiento, para un segundo valor de **Y**, correspondiente a y_2 para obtener un segundo punto sobre el eje **X** correspondiente a x_{t2} y así sucesivamente hasta completar la cantidad de puntos que se eligieron previamente para el eje **Y**.

Se debe de tener en cuenta, que los puntos (x_{tn}, y_n), solo definen la línea del contorno de la forma longitudinal superior de la carcasa fluidodinámica (1), en un primer cuadrante del eje coordenado **X-Y**, por lo que, para obtener el contorno completo de la figura, se hace una simetría a la figura obtenida respecto al eje **Y**. Lo anterior permite obtener el contorno completo de la forma longitudinal superior.

Haciendo referencia a la FIG. 2, se representan dos figuras de la vista superior de la carcasa fluidodinámica (1), la cual tiene forma de gota, en donde la primera vista muestra las crestas (5) de la carcasa fluidodinámica (1), y la otra vista solo ilustra el contorno de la forma y no las líneas de las crestas (5). La FIG. 2, también ilustra un plano coordenado **X-Y**, cuyo punto cero se localiza en el punto del borde de ataque (2) en donde comienza la cuerda (4), en donde el eje **X** es paralelo al eje mayor (7) de la elipse, y el eje **Y** corresponde al eje en donde se encuentra la cuerda (4), la cual se comprende entre el borde de ataque (2) y el borde de arrastre (3).

De igual manera, cuando la carcasa fluidodinámica (1) tiene forma simétrica de gota, también se localiza un plano coordenado **Z-Y**. El punto cero de dicho eje coordenado está localizado en el punto del borde de ataque (2) en donde comienza la cuerda (4). El eje **Z** es paralelo al eje menor (8) de la elipse, y el eje **Y** corresponde al eje en donde se encuentra la cuerda (4).

Sobre dicho eje Y se encuentran ubicados los puntos $y_1, y_2, \dots, y_n$, para los cuales corresponden un punto en el eje Z respectivamente, en donde cuyos puntos sobre dicho eje Z corresponden a $Zt_1, Zt_2, \dots, Zt_n$. Los puntos localizados en el plano Z-Y, corresponden a las coordenadas dadas por los puntos en el eje Y y en el eje Z. Dichas coordenadas corresponden a, (Zt_1, y_1) , (Zt_2, y_2) hasta (Zt_n, y_n) y describen una línea, que corresponde a la forma del contorno exterior de la forma longitudinal lateral de la carcasa fluidodinámica.

- 10 Los puntos (Zt_n, y_n) que describen forma longitudinal lateral de la carcasa fluidodinámica (1) descrita en el plano Z-Y, se determinan por la siguiente ecuación (2):

$$z_t = 2t_z \left[0.5065 \sqrt{\frac{y}{L}} + 0.2469 \left(\frac{y}{L} \right) - 1.5709 \left(\frac{y}{L} \right)^2 + 1.7052 \left(\frac{y}{L} \right)^3 - 0.8898 \left(\frac{y}{L} \right)^4 \right] \quad (2)$$

- 15 En donde t_z corresponde a la distancia máxima entre dos crestas (5), Z_t corresponde a un valor en el eje coordenado Z, y corresponde al valor la coordenada en el eje Y, y donde L corresponde a la longitud de la cuerda (4).

Para la aplicación de la ecuación, primero se define la longitud total de la cuerda (4) en el eje Y, que se desea que tenga la carcasa fluidodinámica (1), es decir, se define el valor de L . La cantidad y las coordenadas de puntos en el eje Y, son la misma que se definieron para la ecuación (1), los cuales van a reconstruir la figura. Después se define el valor que se desea que tenga la distancia ente dos crestas (5) separadas por el eje menor (8), representada por t_z .

- 25 Después de elegido el valor de la longitud total L y la distancia máxima entre dos crestas (5) t_z , se elige el valor inicial en la coordenada en el eje Y, correspondiente a y_1 , y después se reemplaza en la ecuación (2). Al reemplazar dichos valores en la ecuación (2) se obtiene un valor Z_{t1} , el cual corresponde a un punto en el eje Z. Obtenido este valor, se conoce un primer punto (y_1, Z_{t1}) en el plano Y-Z, en donde, y_1 corresponde al primer punto sobre el eje Y y Z_{t1} corresponde al primer punto obtenido sobre el eje Z. Después se procede a realizar el mismo procedimiento, pero para un segundo valor de Y, correspondiente a y_2 para obtener un segundo punto sobre el eje Z correspondiente a Z_{t2} , y así sucesivamente hasta completar la cantidad de puntos que se eligieron previamente para el eje Y.

35

Se debe de tener en cuenta, que los puntos (Z_{t_n}, y_n), solo definen la línea del contorno de la forma longitudinal transversal de la carcasa fluidodinámica (1) en el primer cuadrante del eje coordenado $Z-Y$, por lo que, para obtener el contorno completo de la figura, se hace una simetría a la figura obtenida respecto al eje Y . Lo anterior permite obtener el contorno completo de la forma longitudinal transversal.

Haciendo referencia a la FIG. 3 se ilustran dos figuras de la vista de lateral de la carcasa fluidodinámica (1), la cual tiene forma de gota, en donde la primera vista muestra las crestas (5) de la carcasa fluidodinámica (1), y la otra vista solo ilustra el contorno de la forma y no las líneas de los bordes de ataque lateral (6). La FIG. 3 también ilustra un plano coordenado $Z-Y$, cuyo punto cero está localizado en el punto del borde de ataque (2) en donde comienza la cuerda (4), en donde el eje Z es paralelo al eje menor (8) de la elipse, y el eje Y corresponde al eje en donde se encuentra la cuerda (4).

Adicionalmente, la sección transversal de la carcasa fluidodinámica (1) en puntos específicos del eje Y , está dado por la forma descrita en las coordenadas de los ejes X y Z llamadas, x_t y z_t . Así que, para cada punto en el eje Y hay una elipse que va describiendo una sección del perfil transversal. La sección transversal está descrita por dos elipses concéntricas, una elipse mayor y una elipse menor, siendo la elipse mayor, de mayores dimensiones que la elipse menor. Cada uno de los puntos de las crestas (5) se localizan sobre el contorno de una elipse mayor, mientras cada uno de los puntos de los valles se encuentran sobre la elipse menor. Dicho lo anterior, para calcular el perfil transversal de la carcasa fluidodinámica (1), primero se calcula el valor del eje mayor (7) de la elipse que describe la cara frontal de la carcasa fluidodinámica (1). Las coordenadas en el eje X para cada punto de la elipse mayor serán llamadas lx , y está dada por la siguiente ecuación:

$$lx = x_t \sin(\theta_e) \quad (3)$$

En donde x_t corresponde al valor en el eje X obtenido en la ecuación (1) y θ_e corresponde al ángulo usado para determinar un cuarto de la elipse el cual puede tener un valor comprendido entre 0° hasta 90° , 90° hasta 180° , 180° hasta 240° o entre 240° hasta 360° . Se debe de tener en cuenta para el entendimiento de la presente invención que cuando se hable de elipse y elipse menor, la palabra elipse hará referencia a la elipse mayor. Para calcular el perfil transversal de la carcasa fluidodinámica (1), también se debe de calcular el valor del eje menor (8) de la elipse que describe la cara frontal de la carcasa fluidodinámica (1). Las coordenadas en el eje Z para cada punto de la elipse mayor serán llamadas lz , y está dada por la siguiente ecuación:

$$lz = z_t \cos(\theta_e) \quad (4)$$

- 5 En donde z_t corresponde al valor en el eje Z obtenido en la ecuación (2). Los ejes descritos por lx y por lz , es decir, el eje mayor (7) y el eje menor (8) respectivamente de la elipse mayor, corresponden a la distancia máxima de la superficie de la carcasa fluidodinámica (1), cuya elipse pasa por los puntos de las crestas (5) que estos tengan.
- 10 Así mismo, los puntos de los valles comprendidos entre dos crestas (5) de la carcasa fluidodinámica (1), está localizado en la elipse menor concéntrica a la elipse mayor.

Por su parte, las ecuaciones que describen la elipse menor son:

$$15 \quad x_s = rx_t \sin(\theta_s) \quad (5)$$

Y

$$Z_s = rZ_t \cos(\theta_s) \quad (6)$$

- 20 En donde, x_s corresponde a la longitud del eje mayor (7) de la elipse menor, Z_s corresponde a las coordenadas en z de cada punto de la elipse menor, y r corresponde a la distancia normal entre la elipse y la elipse menor. Adicionalmente, θ_s puede tomar un valor comprendido entre 0° hasta 90° , 90° hasta 180° , 180° hasta 240° o entre 240° hasta 360° .
- 25 La longitud y la curva entre dos crestas (5) se calculan mediante la ecuación seleccionada del grupo conformado por, curvas cúbicas paramétricas, curvas de Hermite, curvas de Bézier, splines cúbicos, B-splines o curvas conocidas por una persona medianamente versada en la materia.
- 30 En una modalidad de la invención, la longitud y curva entre dos crestas (5) se calcula mediante la ecuación de la curva Bézier, representada a continuación:

$$B(t) = (1-t)^2 P_0 + 2t(1-t)P_1 + t^2 P_2 \quad (7)$$

- 35 En donde, P_0 , y P_2 corresponden al punto de dos crestas (5) consecutivas, mientras que P_1 , corresponde al valle comprendido entre las crestas (5) de P_0 , y P_2 .

El número de cresta (5) $[N]$, determina la cantidad de crestas en un cuarto de la elipse. De este número depende la cantidad de curvas de Bézier $(N-1)$. El ángulo de las crestas (5) en un cuarto de una elipse está dado por θ_N . Por ejemplo, si hay 3 crestas (5) en un cuarto de la elipse, es decir, 5 crestas (5) en la parte superior del eje mayor (7) por que una cresta es coincidente con el eje menor (8), entonces $N=3$, por lo tanto, hay 2 curvas de Bézier y las crestas (5) localizadas cada 30° ($90^\circ/3=30^\circ$).

Ejemplo

Haciendo referencia a la FIG. 5, se diseñaron dos carcasas, cuya carcasa fluidodinámica (1) tenía un perfil transversal con forma de perfil aerodinámico simétrico con forma de gota, cuya longitud trasversal, es decir cuya longitud de cuerda (4) $[L]$ era de 1,5m, 0,4m de ancho $[t_x]$ y 0,33 m de altura $[t_z]$. Dichas carcasas se diseñaron en material de fibra de vidrio. Una de las carcasas contaba con crestas (5) y la otra no tenía ninguna cresta (5).

Con dichas carcasas se realizaron simulaciones para 7 ángulos de bordes de ataque (2) diferentes 2° , 4° , 6° , 10° , 14° , 18° , 22° , enfrentados a un fluido líquido correspondiente a agua, a velocidades de 0,1m/s, 0,2m/s y 0,3m/s.

A continuación, se ilustran una serie de gráficas que muestran los diferentes comportamientos entre una carcasa con crestas (5) y una carcasa sin crestas (5). Los puntos que trazan las curvas que presentan el comportamiento de la carcasa con crestas (5) en sus diferentes análisis son asteriscos, mientras que los puntos que trazan las curvas que presentan el comportamiento de la carcasa sin crestas (5) en sus diferentes análisis, son círculos vacíos, es decir, círculos sin relleno.

Haciendo referencia a la FIG. 6, se ilustran dos gráficas, una Gráfica A y una Gráfica B. La Gráfica A ilustra el coeficiente de sustentación de la carcasa sin crestas (5) y con crestas (5), para comparar su desempeño hidrodinámico a diferentes ángulos de ataque.

La Gráfica A presenta un mayor coeficiente de sustentación para la carcasa con crestas (5), cuando hay mayor ángulo de ataque, debido al efecto de las crestas (5) en la distribución del flujo, a diferencia de la carcasa sin crestas (5), la cual presentó un menor coeficiente de sustentación a mayor ángulo de ataque.

La Gráfica B presenta el coeficiente de arrastre de la carcasa sin crestas (5) y con crestas (5) para comparar su desempeño hidrodinámico a diferentes ángulos de ataque. Se observa un

menor coeficiente de arrastre para ángulos de ataque menores a 5° aproximadamente cuando la carcasa tiene crestas (5). Para ángulos de ataque mayores, se presenta un aumento en el coeficiente de arrastre para la carcasa con crestas (5).

5 Haciendo referencia a la FIG. 7, se ilustra una gráfica que compara el coeficiente de sustentación y el coeficiente de arrastre para la forma paramétrica sin crestas y la forma paramétrica con crestas. En dicha gráfica se puede observar que en la forma paramétrica de la carcasa con crestas (5) el coeficiente de sustentación crece más, a diferencia de la forma paramétrica de la carcasa sin crestas (5).

10

Haciendo referencia a la FIG. 8, se ilustran tres gráficas las cuales comparan el coeficiente de sustentación a diferentes ángulos de ataque, desde 0° hasta 22° , para la forma de la carcasa sin crestas (5) y con crestas (5). Cada una de las tres gráficas representa los resultados de simulaciones computacionales para las velocidades de flujo de 0,1 m/s, 0,2 m/s y 0,3m/s. En
 15 cada una de las gráficas las simulaciones para las carcasas con crestas (5), se observa un incremento en el coeficiente de sustentación cuando hay un mayor ángulo de ataque, a diferencia de la carcasa que no tenía crestas (5). Lo anterior, debido al efecto de las crestas (5) en la distribución del flujo para cada una de las velocidades analizadas.

20 Haciendo referencia a la FIG. 9, se ilustran tres gráficas las cuales comparan el coeficiente de arrastre a diferentes ángulos de ataque, desde 0° hasta 22° , para la forma de la carcasa sin crestas (5) y con crestas (5). Cada una de las tres gráficas representa los resultados de simulaciones computacionales para las velocidades de flujo de 0,1 m/s, 0,2 m/s y 0,3m/s. En
 25 cada una de las gráficas las simulaciones para las carcasas con crestas (5), se observa una disminución en el coeficiente de arrastre cuando hay bajos ángulos de ataque. Lo anterior, debido al efecto de las crestas (5), sin embargo, se observa un incremento en el coeficiente de arrastre para ángulos de ataque mayores.

Haciendo referencia a la FIG. 10, se ilustran tres gráficas las cuales comparan el coeficiente
 30 de sustentación con el coeficiente de arrastre, para la forma de la carcasa sin crestas (5) y con crestas (5). Cada una de las tres gráficas representa los resultados de simulaciones computacionales para las velocidades de flujo de 0,1 m/s, 0,2 m/s y 0,3 m/s. En cada una de las gráficas las simulaciones para las carcasas con crestas (5), se observa que el incremento en el coeficiente de sustentación debido al efecto de las crestas en la distribución del flujo,
 35 implica un aumento en la relación entre la sustentación y el arrastre (*L/D lift to drag ratio*), lo cual es una condición deseada para el diseño, debido a que permite obtener mayor sustentación a menores ángulos de ataque y produciendo un menor arrastre.

Haciendo referencia a la FIG. 11, se ilustran tres gráficas las cuales comparan la relación entre el coeficiente de sustentación y el coeficiente de arrastre para la forma de la carcasa sin crestas (5) y con crestas (5). Cada una de las tres gráficas representa los resultados de simulaciones computacionales para las velocidades de flujo de 0,1 m/s, 0,2 m/s y 0,3 m/s. En cada una de las gráficas las simulaciones para las carcasas con crestas (5), se observa que el incremento en el coeficiente de sustentación debido al efecto de las crestas en la distribución del flujo implica un aumento en la relación entre la sustentación y el arrastre (*L/D lift to drag ratio*), lo cual es una condición deseada para el diseño, debido a que permite obtener mayor sustentación a menores ángulos de ataque y produciendo un menor arrastre.

Haciendo referencia a la FIG. 12, se ilustra una comparación entre dos figuras, en donde la primera figura correspondiente a la Gráfica C, presenta el contorno de velocidad para una carcasa sin crestas (5), mientras que la segunda figura correspondiente a la Gráfica D, presenta el contorno de velocidad para una carcasa con crestas (5). Dicha FIG. 12 representa la simulación de dichas carcasas en un medio con fluido líquido, con una velocidad del flujo de 0,1 m/s y un ángulo de ataque para cada una de las carcasas de 6°. La Gráfica D representa un retraso en la separación del flujo en la parte posterior del perfil debido al uso de las crestas (5), lo que resulta en un mejor desempeño hidrodinámico.

Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.