

Hidronaves a Propulsión Humana

estudio de perfiles hidrodinámicos

Escuela de Arquitectura y Diseño
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Profesor guía : Boris Ivelic Kusanovic
Alumnos: Cristian Barril Reyes . Marcela Carabelli del Nido . Catalina Ruz Navarro

El cuarto año de Diseño Industrial está enfocado al tema marítimo – náutico, concluyendo la etapa de estudio con una travesía a la embarcación experimental Amereida, en Puerto Montt, donde se ponen en práctica los conocimientos adquiridos durante el año. Instancia en la cual se dio inicio a nuestra primera etapa de titulación.

Motivados por lo realizado anteriormente decidimos avocarnos al estudio de la nave a propulsión humana, Pez Volador II.

El ejemplar que se presenta a continuación registra cada una de las etapas realizadas desde Septiembre del año 2005 a Agosto del 2006

Indice

I	estudios previos	1.	la bicicleta	2
		2.	principios físicos <i>aero e hidrodinámicos</i>	12
II	antecedentes	1.	Pez Volador II	28
		2.	Halifoil	37
		3.	Aquaskipper	50
		4.	Pumpabike	54
III	construcción de modelos y resultados obtenidos	1.	1er modelo de pruebas	62
		2.	2º modelo de pruebas	77
		3.	modelo aquaskipper	100
		4.	prototipo aquaskipper	103
IV	planimetrías	1.	1er modelo de pruebas	109
		2.	2º modelo de pruebas	116
		3.	prototipo aquaskipper	128
		4.	modelo final Pez Volador	133

la bicicleta 

1.1 Inicio



Boceto de Leonardo da Vinci hacia 1490

Los testimonios más antiguos sobre este vehículo se remontan hasta las antiguas civilizaciones de Egipto, China e India. En un apartado de la obra "Codez Atlanticus" de Leonardo da Vinci ya aparecía un dibujo de una bicicleta. Leonardo ya pensó en una transmisión de cadena como en las que se utilizan en la actualidad.

1.2 Celerífero

En 1791, un francés, el Conde Mede de Sivrac inventó "el celerífero" ("la célérifère"), que consistía en un bastidor de madera al que se añadían las ruedas. El vehículo no tenía manillar; el asiento era una almohadilla en el bastidor y se propulsaba y dirigía impulsando los pies contra el suelo.



En 1816, un noble alemán diseñó el primer vehículo de dos ruedas con dispositivo de dirección. Esta máquina, denominada draisiana (en honor a su inventor), tenía un manillar que pivotaba sobre el cuadro, permitiendo el giro de la rueda delantera.



1.3 Draisiana

Después, inventores franceses, alemanes y británicos introdujeron mejoras. En Inglaterra, estos primeros modelos se conocieron como balancines; el nombre de dandy horse quedó para el vehículo inventado en 1818. El balancín era más ligero que la draisiana y tenía un asiento ajustable y un apoyo para el codo. Fue patentado en Estados Unidos en 1819, pero suscitó poco interés.

1.4 Macmillan



Primera bicicleta a pedales Macmillan, 1839.

En 1839, un herrero escocés, Kirkpatrick Macmillan, añadió las palancas de conducción y los pedales a una máquina del tipo de la draisiana. Estas innovaciones permitieron al ciclista impulsar la máquina con los pies sin tocar el suelo. El mecanismo de impulsión consistía en pedales cortos fijados al cubo de la rueda de atrás y conectados por barras de palancas largas, que se encajaban al cuadro en la parte superior de la máquina.

Las barras de conexión se unían a las palancas a casi un tercio de su longitud desde los pedales. La máquina era impulsada por el empuje de los pies hacia abajo y hacia adelante. La usó para realizar un viaje de ida y vuelta hasta Glasgow de 226 km, cubriendo un tramo de 65 km a una velocidad media de 13 km/h.

1.5 Dalzell o Michaulina

En 1846, un modelo mejorado de esta máquina, diseñado por un escocés, tomó el nombre de DALZELL.

En 1861, Ernest Michaux decidió dotar de unos pedales a la rueda delantera de una vieja draisiana. Aunque el descubrimiento fue de suma importancia, tropezó con un grave problema que durante cierto tiempo resultó infranqueable; no había forma de mantener el equilibrio con el movimiento a pedales. Ernest se dio cuenta de que la máquina de dos ruedas sería estable siempre que fuera a una velocidad suficiente.



Velocípedo de Michaux, 1866.

Hay referencias más antiguas halladas en jeroglíficos egipcios en los que se describe a un hombre montado sobre un aparato formado por dos ruedas unidas a un potro. El invento de Michaux, la "Michaulina" se empezó a producir en serie atrayendo la atención de las clases populares.

Este modelo se hizo muy popular en Francia. El cuadro y las ruedas se fabricaban en madera. Los neumáticos eran de hierro y los pedales estaban colocados en el cubo de la rueda delantera o del conductor, que era un poco más alta que la rueda de atrás.



1.6 Bicicleta

En Gran Bretaña esta máquina se conoció como el 'quebrantahuesos', a causa de sus vibraciones cuando circulaba sobre carreteras pedregosas o en calles adoquinadas.

En 1869, en Gran Bretaña se introdujeron neumáticos de goma maciza montados en el acero, y el vehículo fue el primero en ser patentado con el nombre moderno de bicicleta.

En 1873, James Starley, un inventor inglés, produjo la *primera máquina con casi todas las características de la bicicleta común* o de rueda alta. La rueda delantera de la máquina de Starley era tres veces más grande que la de atrás.

Consolidación del ciclismo como deporte

El 7 de enero de 1887, el norteamericano Thomas Stevens realiza el primer viaje en bicicleta alrededor del mundo. Partió de San Francisco y regresó a la misma ciudad después de pedalear durante más de tres años.

El 31 de mayo de 1889 nació oficialmente el ciclismo de competición; los hermanos Olivier, asociados de la fábrica de Michaux, organizaron una carrera en el parque de Saint Cloud de París con 1200 m de recorrido en la que tomaron parte 7 ciclistas. A partir de entonces comenzó la fiebre del ciclismo. La velocidad se convirtió en una obsesión. Las michaulinas eran demasiado lentas ya que en cada vuelta completa de los pedales recorrían 3.14 metros. Con lógica, los fabricantes aumentaron los diámetros de las ruedas delanteras llegando a construir ruedas motrices de 3 m de diámetro. Todo ello fue en detrimento de la seguridad, del equilibrio y del peso llegando algunos modelos a pesar 40 Kg. Los fabricantes tendieron a *homogeneizar sus máquinas*. Las descomunales ruedas delanteras se redujeron a un diámetro de 1,2 metros y las traseras a 40 centímetros.

Hacia 1880 apareció la conocida *máquina segura o baja*. Las ruedas eran casi del mismo tamaño y los pedales, unidos a una rueda dentada a través de engranajes y una cadena de transmisión, movían la rueda de atrás.

En 1885, John Kemp Starley crea "*la bicicleta de seguridad*", donde la rueda delantera es más pequeña y gracias al uso de los rodamientos, es propulsada por una cadena, se le acopló frenos, para una mayor seguridad. Añadiéndose poco después, 1888, los neumáticos desarrollados por John Boyd Dunlop, donde en su tubo interior se rellenan de aire, amortiguando parte del golpeo contra los caminos.



Bicicleta de seguridad, 1885



La antigua bici de montaña de Gary Fisher

En las décadas de 1960 y 1970, la contaminación atmosférica por los gases de los automóviles incrementó el interés hacia la bicicleta, a lo que se unió la grave crisis mundial del petróleo durante varios años. En parte, a causa de estos estímulos, la popularidad de la bicicleta se incrementó enormemente. En algunas ciudades se establecieron carriles para bicicleta y rutas de ciclistas propias.

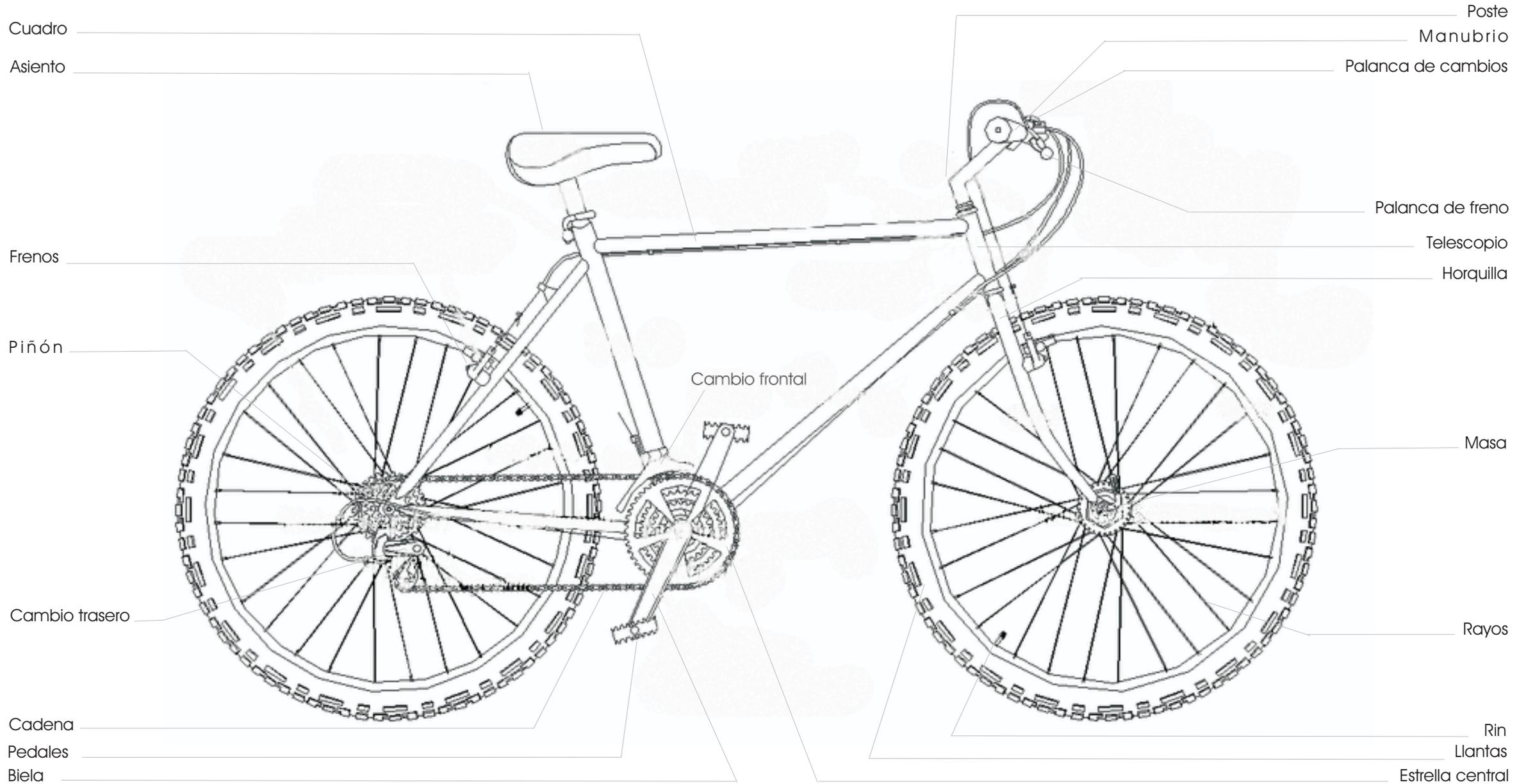
En 1987 se introdujo comercialmente la primera suspensión delantera por la compañía Trek y con la guerra de tecnología y comercialización Trek también presentó en 1990 la primera bicicleta con *doble suspensión* con un peso similar a aquella de 1974, unos 20Kg.

El ciclista más veloz es considerado John Howard, de Estados Unidos, quien alcanzó en 1985, los 245,08 kilómetros por hora en una bicicleta diseñada especialmente.

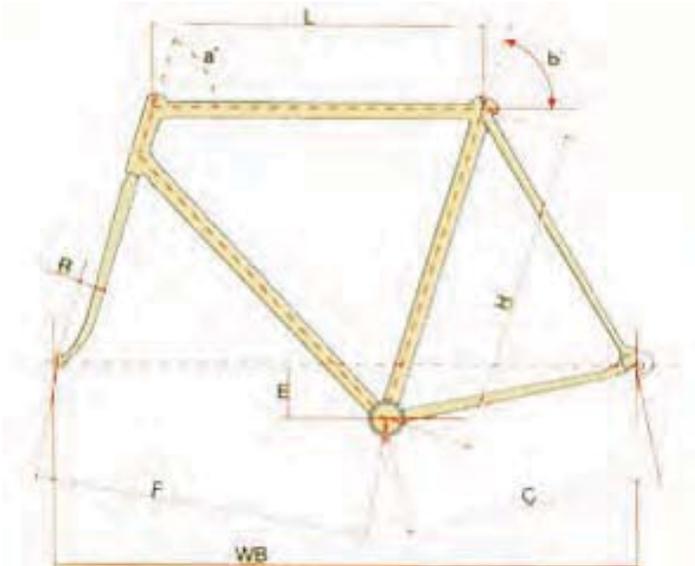
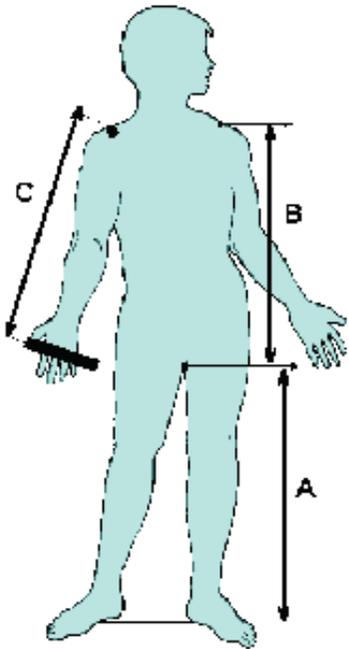
En la actualidad hay en el mundo unos 800 millones de bicicletas cantidad que duplica el número de coches.



Bicicleta de Moser Record de la hora México 1984



Físicamente cada uno de nosotros es único, con diferente altura, longitud de piernas, longitud de brazos, longitud del tronco como principales variables a tener en cuenta en una bicicleta para poder rendir mas sobre ella, como también para ir mas cómodo, por lo tanto es importante ser metodoso a la hora de elegir el tamaño de la bicicleta y la postura sobre la misma.



Medidas de la bici (tubos de centro a centro):

Talla cuadro = altura entrepiernas (A) x 0.65 (salvo en la bicicletas con cuadro sloping *)

Longitud cuadro (tubo horizontal) = Es la misma que la A , lo normal es que mida 2 ó 3 cm. más largo.

Altura sillín = altura entrepiernas x 0.885

Bielas = altura entrepiernas = ó <20%

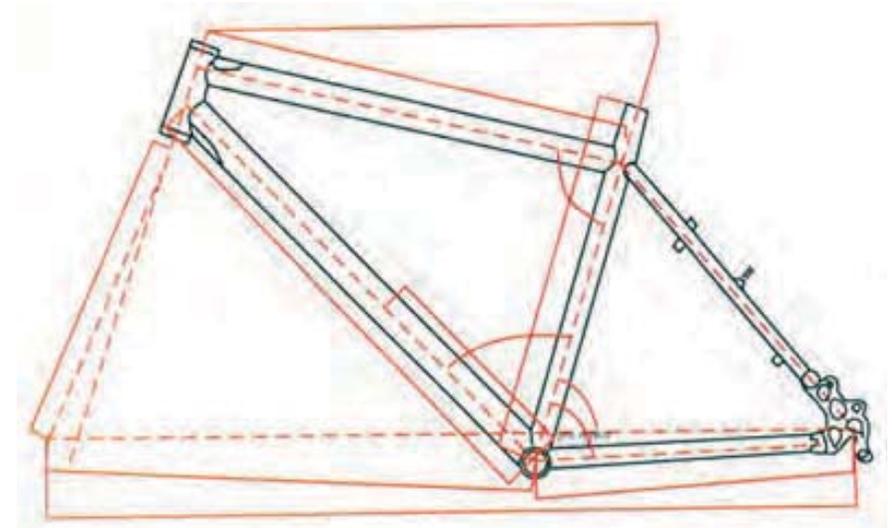
Potencia del manillar = longitud del brazo (C) x 0,203

Siendo el cuadro la parte esencial de la bicicleta, conviene tener en cuenta otras piezas que también difieren según la constitución física de cada persona.

* *La anchura del manillar.* Lo habitual es llevar uno de 42 cm de ancho (se mide en la parte inferior de los tubos de centro a centro). Esta variará dependiendo de la envergadura del ciclista, pudiendo optar por uno de 44 cm. cuando sea un corredor alto (más de 185 cm.). Pero de este modo perderá aerodinámica, el choque frontal contra el aire es mayor.

* *Potencia de manillar.* En profesionales hay el planteamiento de usar cuadros un poco más pequeños y ajustar sus dimensiones personales con tija del sillín más altas y potencia del manillar más largas. La medida estandar son de 10 a 11 cm., pero en profesionales se verán más largas, 13 e incluso 14. La intención es lograr una mayor maniobrabilidad de la bicicleta al ser esta de menor talla.

* *Longitud de bielas.* La medida de una biela es de 170 (longitud de la biela de centro a centro). Puede variar por dos motivos: altura del ciclista incrementándose de 2,5 cm. y en las pruebas de contra reloj, que son un poco más largas (los 2,5 cm.) de las que se usan habitualmente.



4.1 Según su modalidad de uso

de paseo. idónea para moverse por carreteras asfaltadas, zonas urbanas en una posición cómoda.

de montaña permite al ciclista viajar por camino irregular ó sin asfaltar.

de carretera para quienes buscan alcanzar la mayor velocidad y alcance con el Poco peso y diseño aerodinámicos distinguen a la bicicleta de asfalto.



Bicicletas de: Bmx, Freestyle, Ciclocross, Dirt Jump, Cruiser, Trialsin, Rampa, Reclinada, Pista, Contrareloj, Híbridas, Eléctricas, Plegables
bicicleta estática su finalidad es poder realizar sin desplazarse el mismo tipo de ejercicio físico que hace un ciclista.



4.2 Según su estructura

La **bicicleta plegable** permite doblar la bicicleta para que ocupe la mitad de espacio.

La **bicicleta reclinada** el ciclista va tumbado en un confortable asiento similar a un sofá. Con el cuerpo casi en posición horizontal respecto al suelo pedalea. La rueda delantera suele ser mucho más pequeña que la trasera. Su costo es muy elevado porque se suelen hacer por encargo a medida del ciclista.

El **tándem**: es un tipo de bicicleta en la que puede pedalear más de una persona. El ciclista que va delante es quien controla la dirección y las marchas del tándem. El o los otros ciclistas se limitan a pedalear conjuntamente. Las hay para distintos números de personas. La más común es para dos personas.



4.3 *Otros medios de transporte similares a la bicicleta pero que se diferencian por su número de ruedas*

Monociclo (de una rueda)
Triciclo (de tres ruedas)



Los diferentes tipos de bicicleta han dado pie a distintos tipos de deportes, que van desde deportes extremos a otros meramente de ocio.



5.1 Monocasco



5.2 Catamarán

Embarcación de vela o motor formada por dos cascos alargados unidos por un armazón rígido, normalmente asociados con transbordadores de alta velocidad.



5.3 Polinésico



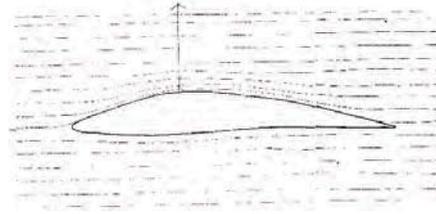
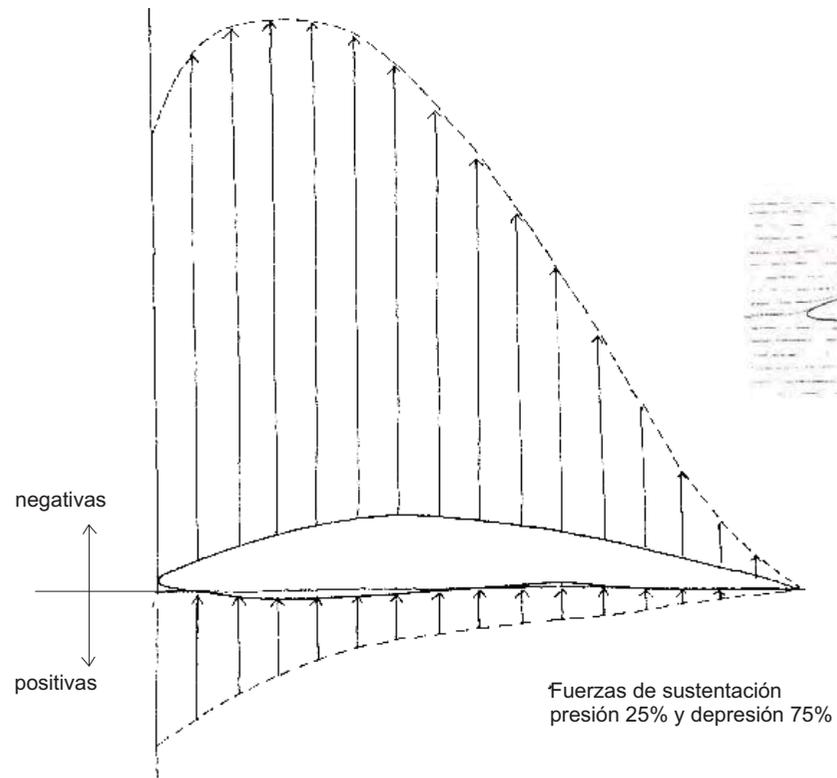
5.4 Trimarán

Embarcación de 3 cascos unidos por una armazón rígido.



Principios físicos aero e hidrodinámicos





De acuerdo a la interpretación aerodinámica del teorema de Bernoulli se comprende la generación de sustentación alar.

Las partículas sobre la curva superior aumentan su velocidad con lo cual disminuye la presión estática del aire. La resultante es una fuerza que levanta el avión.

El perfil tiene una mayor superficie en la parte superior. Las partículas que pasan sobre el ala, deben viajar entonces una mayor distancia, que las que pasan por la parte inferior, pero en un mismo tiempo. En consecuencia aumenta su velocidad y con ello la presión dinámica.

De acuerdo al teorema de Bernoulli, la presión estática disminuye sobre el ala. La mayor presión estática bajo el ala, la empuja hacia arriba, produciéndose la sustentación.

El ala en esta forma genera una circulación teórica alrededor de ella, en la cual las líneas de corriente sobre el ala se juntan, lo que de acuerdo a la ecuación de continuidad indica una mayor velocidad, y ésta, de acuerdo al teorema de Bernoulli, indica una menor presión.

En vuelos subsónicos el 75% de la sustentación alar es por este defecto. El resto se produce por el efecto de reacción del aire en la curva inferior. El ala deflecta (empuja) el aire hacia abajo, lo que se traduce en una reacción hacia arriba, que se suma a la fuerza producida por la diferencia de presiones.

Teorema de Bernoulli:

$$P = p_0 + \frac{1}{2} \rho V^2 = \text{constante}$$

Donde:

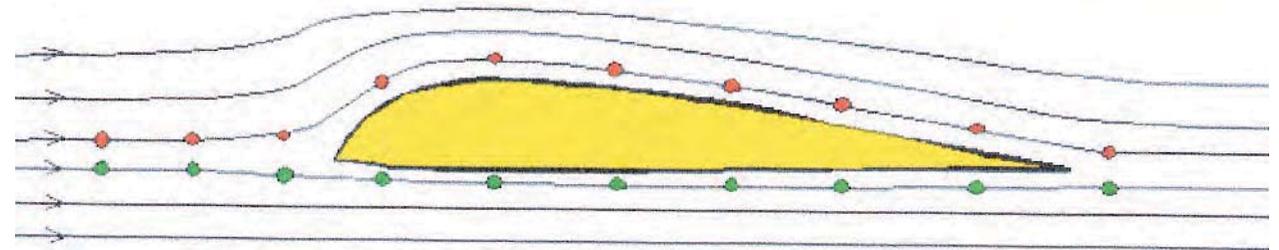
P: presión total

P0: presión estática

$\frac{1}{2} \rho V^2$: presión dinámica

ρ : densidad del aire (constante a la misma altitud)

V: velocidad relativa del aire



2.1 definiciones geométricas del ala

El esquema contiguo corresponde a la vista superior de un perfil alar. En él se identifican principalmente:

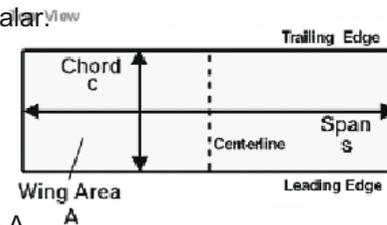
C < cuerda >, correspondiente al ancho del ala.

S < palmas, envergadura >, largo del ala.

Trailing edge, borde de ataque (parte frontal)

Leading edge, borde de salida (parte posterior)

El área corresponde a todo el rectángulo, identificado con la letra A.



la mayor parte de los aviones modifican la proporción de aspecto del ala aumentando el área de esta para velocidades bajas. Además tienen la capacidad de modificar el perfil alar de acuerdo con la necesidad de altitud, presión y velocidad.

Con estos datos, se puede obtener una dimensión, llamada *relación de aspecto* o aspect ratio, que corresponde a la medida que determina que tan larga y delgada es un ala, de punta a punta. Esta medida es importante para elegir el ala que se utilizará, de acuerdo al uso que se le va a dar y el medio por el que se va a desplazar.



alas cortas como un transbordador



alas delgadas como un F-16



$$AR = S^2 / A$$

donde
 AR corresponde a aspect ratio
 S corresponde a span (envergadura)
 A corresponde a wing area (área del ala)

para un ala rectangular la ecuación es
 $AR = S/C$

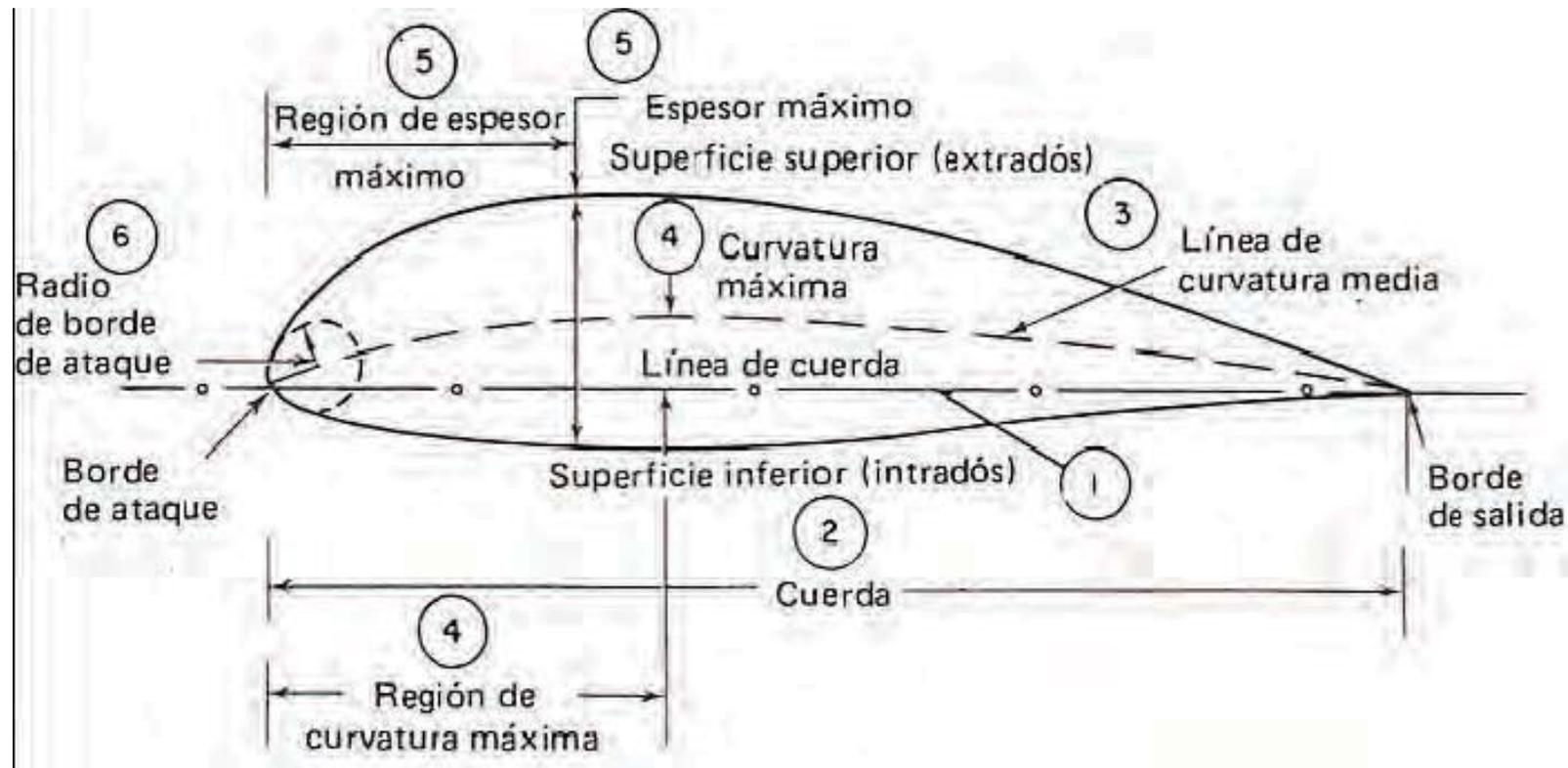
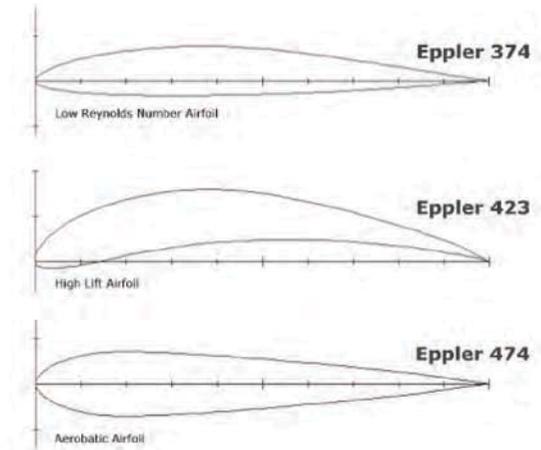


alas como un planeador

2.2 Partes principales. terminología

Un perfil alar es una sección del ala de un avión. En el estudio de los perfiles se ignora la configuración en proyección horizontal del ala, como así también los efectos de extremo del ala, flecha, alabeo y otras características de diseño.

dentro de la elección de un determinado perfil alar existen muchos factores a considerar entre los cuales se encuentran:
la densidad del fluido.
la velocidad que va a alcanzar.
la altura o profundidad que alcanza (directamente relacionado a la presión).



Terminología

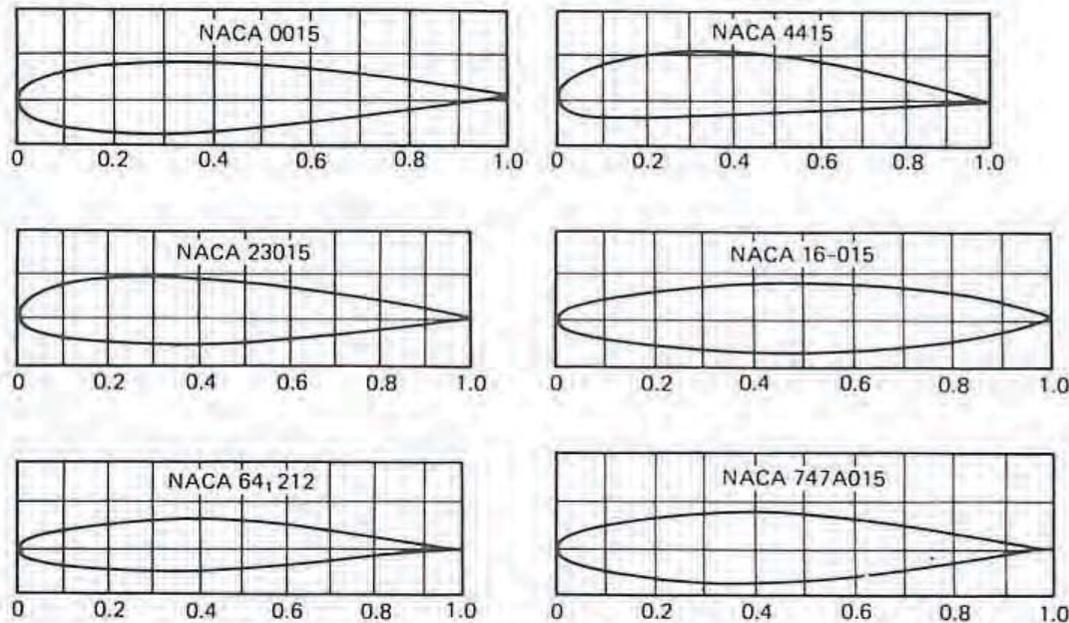
- 1- La línea de cuerda es una línea recta que une el borde de ataque y el borde de fuga del perfil.
- 2- La cuerda es la longitud de la línea anterior. Todas las dimensiones de los perfiles se miden en términos de la cuerda.
- 3- La línea de curvatura media es la línea media entre el extradós y el intradós.
- 4- Curvatura máxima es la distancia máxima entre la línea de curvatura media y la línea de cuerda. La posición de la curvatura máxima es importante en la determinación de las características aerodinámicas de un perfil.
- 5- Espesor máximo es la distancia máxima entre la superficie superior e inferior (extradós e intradós). La localización del espesor máximo también es importante.
- 6- Radio del borde de ataque es una medida del afilamiento del borde de ataque. Puede variar desde 0, para perfiles supersónicos afilados, hasta un 2 por 100 (de la cuerda) para perfiles más bien achatados.

2.3 Variables geométricas en los perfiles alares

En la geometría de un perfil existen cuatro variables principales:

- 1- Configuración de la línea de curvatura media. Si esta línea coincide con la línea de cuerda, el perfil es simétrico. En los perfiles simétricos la superficie superior e inferior tiene la misma forma y equidistan de la línea de cuerda.
- 2- Espesor.
- 3- Localización del espesor máximo.
- 4- Radio del borde de ataque.

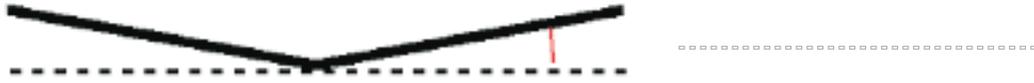
2.4 Clasificación



Perfiles NACA

La mayor parte del desarrollo de perfiles en los Estados Unidos ha sido realizado a partir de 1929 por el Comité Nacional de Aeronáutica (NACA), que fue precursor de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA). Las primeras series estudiadas fueron las llamadas “de cuatro dígitos”. El primero de los dígitos daba la curvatura en porcentaje de la cuerda; el segundo daba la posición de la curvatura máxima en décimas de la cuerda y los dos últimos dígitos el espesor máximo en porcentaje de la cuerda. Por ejemplo, un perfil NACA 2415 tiene la curvatura máxima del 2 % de la cuerda, situada en el punto del 40 % de la cuerda (medido desde el borde de ataque) y con un espesor máximo del 15 % de la cuerda. El perfil NACA 0012 es un perfil simétrico (de curvatura 0) y con un espesor del 12 % de la cuerda.

El desarrollo posterior llevó a las series de cinco dígitos, “series 1”, y, con la llegada de altas velocidades, los denominados de flujo laminar. Estos corresponden a las “series 6 y 7” y resultan del desplazamiento hacia atrás del punto de espesor máximo y la reducción del radio de borde de ataque. De este diseño se obtiene dos resultados principales. En primer lugar se desplaza hacia atrás el punto de presión mínima, aumentando con ello la distancia desde el borde de ataque en la que existe flujo laminar y reduciendo la resistencia. En segundo lugar, aumenta el número crítico de mach, permitiendo incrementar la velocidad del avión sin la aparición de problemas de compresibilidad. En los perfiles de “serie 6”, el primer dígito indica la serie y el segundo la posición de presión mínima en décimas de la cuerda. El tercer dígito representa el coeficiente de sustentación en décimas y los dos últimos dígitos el espesor en porcentaje de la cuerda. Por ejemplo el NACA 64-212 es un perfil de la serie 6 con el punto de presión mínima en el 40 % de la cuerda, un coeficiente de sustentación de diseño de 0,2 y espesor del 12 % de la cuerda.

2.5 *Ángulo diedro . Dihedral angle*

la vista frontal del ala muestra que esta no sigue una línea recta pero que si se juntan en el centro formando un ángulo doble. el ángulo que el ala forma con la horizontal se llama ángulo diedro; este ángulo se le da a las alas para una mayor estabilidad a la hora de girar, un ala con un cierto ángulo permite al avión volver a su posición original luego de hacer un giro.

algunos aviones no poseen un ángulo diedro es mas poseen un ángulo negativo llamado anedro, se usa en aviones de combate para una mayor maniobrabilidad.



En algunos hidrofoils se ha aplicado el ángulo diedro para aumentar la estabilidad en el momento de levantarse, mientras que la mayoría de los hidrofoils posee alas horizontales planas lo cual tiene poca estabilidad. alas con un cierto ángulo le dan una mayor estabilidad además de potenciar el retorno del casco cuando tiende a escorarse.

Teoría sustentación ángulo Diedro

La *sustentación* es la fuerza que eleva a un avión en el aire (y a un perfil hidrodinámico en este caso), y la *resistencia* es la fuerza que actúa para retardar el avance del ala.

La *sustentación* y la *resistencia* se pueden cuantificar numéricamente mediante las siguientes ecuaciones:

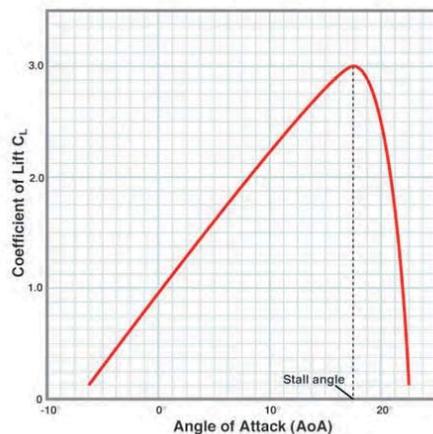
$$\text{Sustentación} = \frac{1}{2} C_l \rho V A$$

$$\text{Resistencia} = \frac{1}{2} C_d \rho V A$$

Donde:

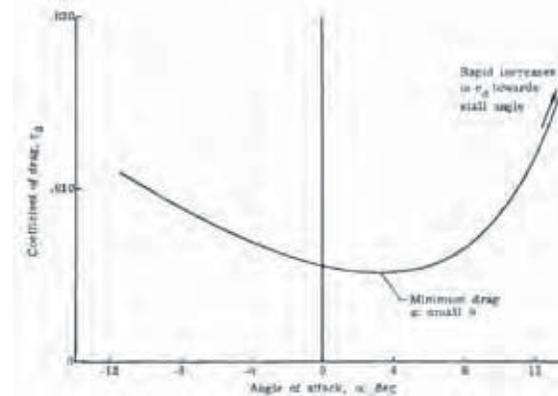
C_l : coeficiente de sustentación
 C_d : coeficiente de roce
 ρ : densidad del fluido
 V : velocidad del fluido
 A : área del ala

Los coeficientes de sustentación y resistencia son determinados por un número de factores, incluyendo la forma de la sección del ala y el ángulo de ataque de ésta. Se ha escogido una sección representativa, el C_l para el ala es determinado por el ángulo de ataque. Este ángulo es típicamente entre -10 y 15 grados, y es común trazar C_l en función de α . Esto se puede ver en el siguiente gráfico:



El gráfico muestra que C_l aumenta casi linealmente a partir de los -6 grados hasta cerca de los 16 grados, donde disminuye dramáticamente. La disminución dramática ocurre al ángulo de parada, que es el máximo ángulo del ala. Un avión funciona normalmente cerca de este ángulo durante el despegue y el aterrizaje. De la acuración de sustentación se puede observar que la máxima sustentación se obtiene a velocidades bajas.

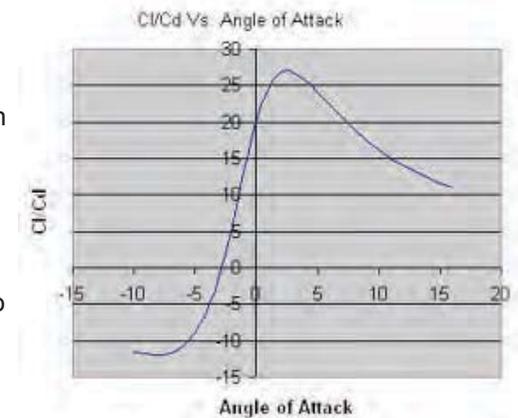
El coeficiente de roce también se puede trazar contra el ángulo de ataque (alfa) para una superficie de sustentación.



Este diagrama muestra que el roce comienza en un cierto valor inicial, disminuye hasta cierto ángulo de ataque y luego comienza a aumentar otra vez, primero gradualmente y luego rápidamente. Ya que el roce es la fuerza que retarda el avance del ala, es necesario que éste sea tan bajo como sea posible.

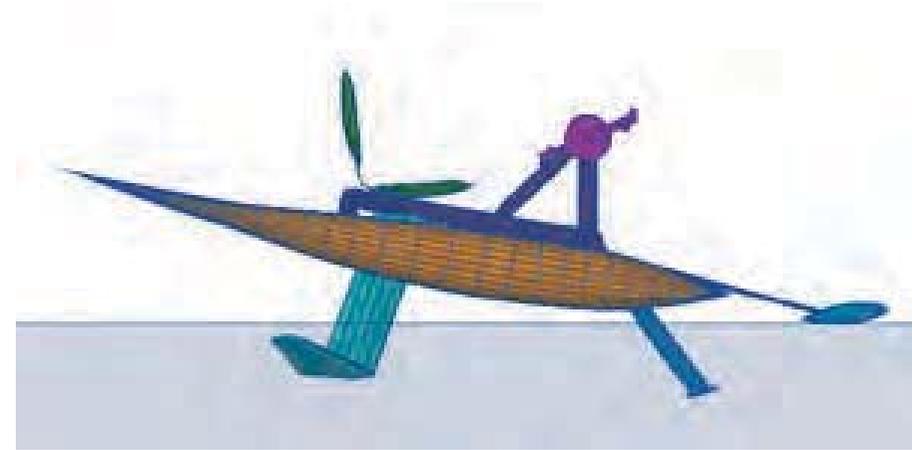
Dividir las curvas de C_l y de C_d da otra curva que demuestra cuál es la eficacia de la superficie de sustentación sobre un rango de α .

C_l contra la curva C_d demuestra que hay un ángulo de ataque donde el cociente de la sustentación a la fricción se maximiza. Este punto es donde la superficie de sustentación es más eficiente. En el caso de la figura, ese punto ocurre entre 3 y 5 grados, puesto que éste es el punto más eficiente para el funcionamiento del perfil, debiendo ser clasificado para que la velocidad máxima ocurra en ese punto. Esto se hace calculando la sustentación igual al peso del prototipo, y resolviendo para que el área pueda soportar el peso para un eficiente ángulo de ataque.



Pero todo esto no garantiza que el hidrofoil alcanzará siempre esa velocidad máxima. Para que un hidrofoil alcance siempre su velocidad de diseño, debe primero acelerar de un momento de parada. El prototipo debe superar primero la fricción de ambos cascos y de los perfiles hidrodinámicos y acelerar hasta la velocidad en que empieza a elevarse, bajo su propia energía. Para permitir operaciones de alta velocidad, con velocidades más bajas que las de despegue, algunas hidronaves a propulsión humana han optado por un arreglo en la escala de los perfiles, con un perfil superior.

La estabilidad se alcanza generalmente con usar más de un perfil hidrodinámico, que levante la colocación superficial del centro de gravedad del prototipo. Tener un estabilizador controlable (seguidor de superficie) proporciona una manera de estabilizar el prototipo en el aterrizaje. Aquí el centro de gravedad es crítico para la estabilidad. En un avión, este centro debe estar delante del centro de sustentación. Tener este arreglo quiere decir, que cada vez que el perfil pierda sustentación, el avión seguirá hasta que el ángulo de ataque del perfil disminuya por debajo del ángulo de parada. Si sucede lo contrario, el avión se va de punta, empeorando el aterrizaje, estrellándose de plano en el proceso.



Estabilidad "del rodillo"

La estabilidad del rodillo es difícil representar con fórmulas simples. Para que el hidrofoil sea estable transversalmente, debe "rodar" nuevamente después de un disturbio en el agua (debido a la turbulencia, a las ondas, etc.). Un modo de lograr esto es mediante el ángulo diedro.

El diedro, simplemente, hace que los extremos del ala sean más altos que el centro. Esto hace que el perfil hidrodinámico parezca una "V" vista de frente. La fuerza de sustentación de cada mitad del perfil actúa normal al ala, así que tiene un componente horizontal y otro vertical. En vuelo llano, los componentes horizontales se cancelan hacia afuera, dejando solamente el vertical.

Si la nave se escora levemente debido a un disturbio, el perfil alto tendrá componentes horizontales, lo que hará que el plano se deslice y el perfil que queda en alto perderá sustentación, creándose un momento que corrige la escora.

Este deslizamiento lateral sucede si el perfil tiene diedro o no, pero el diedro lo aumenta perceptiblemente. **Generalmente se utilizan de 1 a 7 grados de ángulo diedro.**

La presión del aire es el origen de todas las reacciones aerodinámicas en vuelo. Como esta presión está aplicada a la superficie del avión, las fuerzas serán generadas, iguales al producto de la presión por el área en que actúa esta presión.

Existen dos fuerzas o reacciones aerodinámicas principales: la **sustentación** y la **resistencia** al avance.

Existen 7 factores primordiales de los que depende una fuerza aerodinámica:

1. Velocidad del flujo de aire
2. Superficie de cuerpo
3. Forma del cuerpo
4. Ángulo de ataque del perfil
5. Características del fluido (viscosidad, densidad, compresibilidad.)

En general, toda la fuerza aerodinámica puede representarse como el producto de tres factores principales:

- Superficie de cuerpo (S)
- Presión dinámica del flujo de aire (q)
- Un coeficiente de fuerza que depende de la distribución relativa de las presiones sobre la superficie CF

$$F = C_F q S \quad C_F = \frac{F}{S q}$$

CF es un coeficiente adimensional entre la presión aerodinámica media y la presión dinámica del fluido de aire, con esto:

F = Force
L = Lift
D = Drag



V = Velocity

3.1 Efectos de la **velocidad** en las fuerzas aerodinámicas

$$L = \text{constante} \times V^2$$

doble de velocidad cuádruple levantamiento

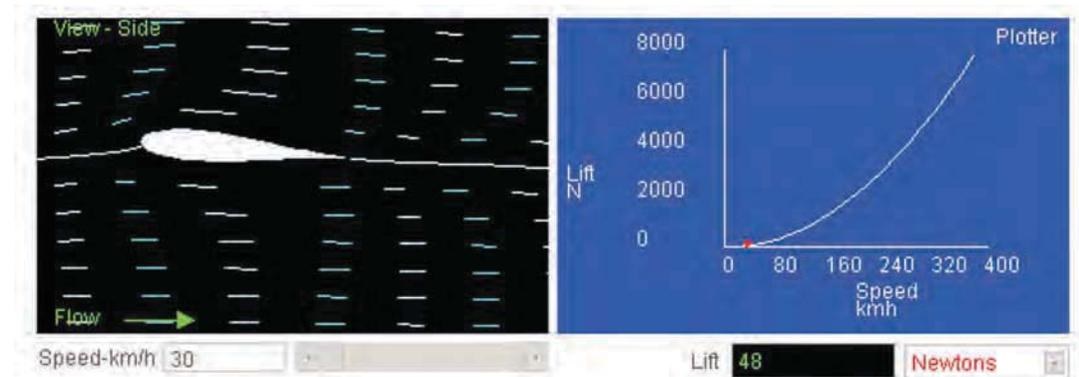
$$D = \text{constante} \times V^2$$

doble de velocidad cuádruple roce

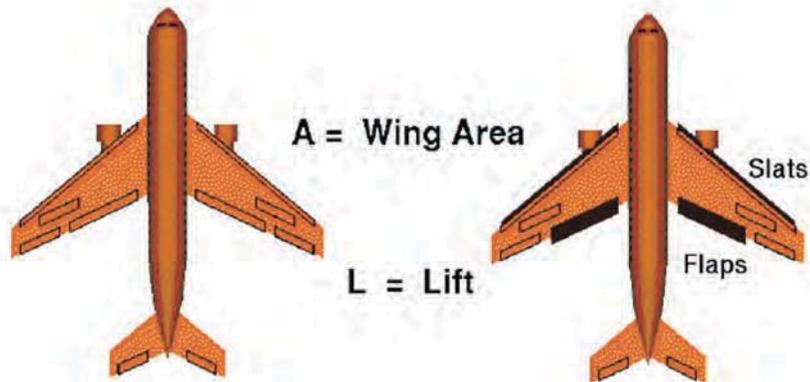
Cuando el ala está en movimiento la velocidad que se alcanza influye directamente sobre el levantamiento, de hecho al aumentar la velocidad al doble el desplazamiento aumenta al cuádruple. Lo mismo pasa con el roce.

De la segunda ley de movimiento de Newton se deduce que las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre el cuerpo (levantamiento y roce) están directamente relacionadas al cambio de momento del fluido en el tiempo. El momento de fluido es igual a la masa por la velocidad del fluido.

Cuando el fluido está en movimiento definir la masa se vuelve un tanto complejo y por lo general los aeromodelistas relacionan el efecto de la masa en el levantamiento y del roce a la densidad del aire. La derivación matemática para esta conversión nace de los efectos del momento en el levantamiento, como resultado de esta derivación se tiene que levantamiento y roce dependen del cuadrado de la velocidad.



el simulador muestra como lo dicho anteriormente se da al evaluar los datos. en el ejemplo la velocidad que se ingresa es de 30 kms/hr y el levantamiento que genera es de 48 N y si la velocidad se eleva a 60 kms/hr el levantamiento aumenta a 193 N. el gráfico muestra la proporción ascendente pero que no va de forma lineal como en el caso del tamaño y la forma sino generando una curva lo cual muestra algunas variaciones al ir modificando los dtos.

3.2 Efectos del **tamaño** del ala en el levantamiento

el levantamiento es proporcional al área superficial del ala

$$L = \text{constante} \times A$$

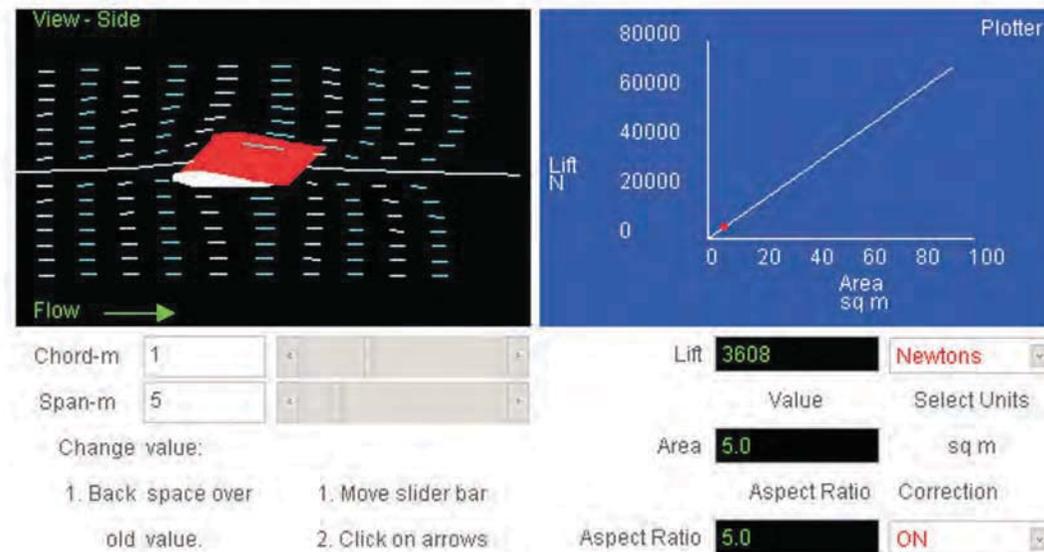
doble área doble levantamiento

En el caso de el tamaño la proporción es directa. El levantamiento es una fuerza aerodinámica y por tanto depende de la diferencia de presión del fluido alrededor del cuerpo. Depende del tamaño del ala(entre otras cosas) de cuanta diferencia de presión se genera.

El levantamiento es una de las componentes del conjunto de fuerzas que afectan al ala, es perpendicular a la dirección del desplazamiento

la constante es un dato experimental

para velocidades bajas se busca aumentar el area del ala, de esta forma se aumenta el levantamiento.



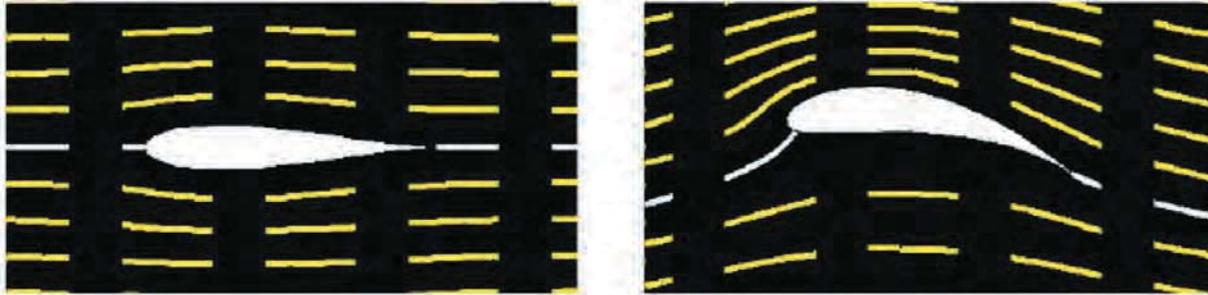
el simulador muestra un ala con una cuerda de 1m yy un largo de 5 mts. para estos valores tenemos un levantamiento de 3608 N.

cuerda 2 mts largo 5mts levantamiento 6955 N
 cuerda 1 mt largo 10 mts levantamiento 7354 N
 cuerda 2mts largo 10 mts levantamiento 14432 N

de los datos obtenidos se pueden sacar algunas conclusiones:

el largo del ala es mas determinante en cuanto al empuje que el ancho o cuerda.
 la simulación muestra que efectivamente al aumentar al doble cualquiera de los datos, es decir al aumentar al doble el área se aumenta al doble el levantamiento.
 la tendencia se mantiene al aumentar los dos datos al doble se cuadruplica el área y lo mismo pasa con el levantamiento.

3.3 Efectos de la **forma** del ala en el levantamiento



mayor curvatura = mayor empuje

el porcentaje de levantamiento depende de que tanto se ha desviado el flujo, lo cual esta en directa relación con la curvatura del ala.

mayor curvatura = mayor roce

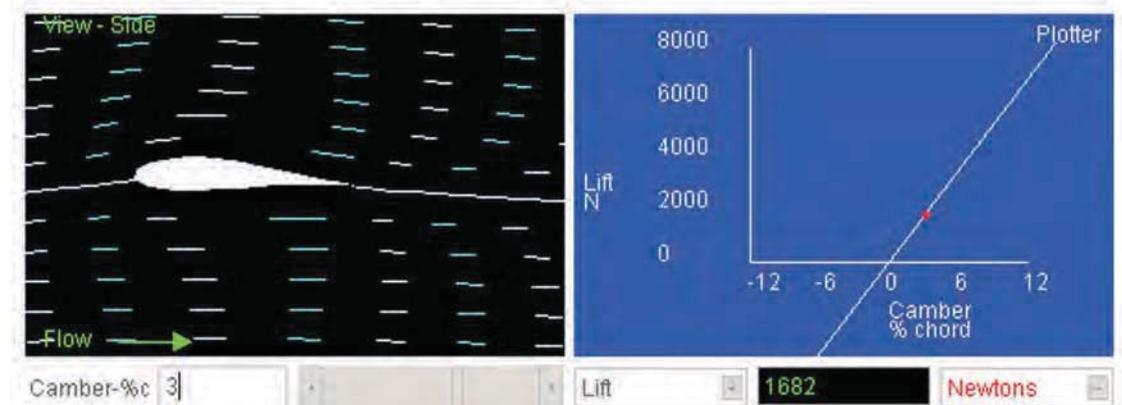
asi como aumenta el levantamiento aumenta también el roce del fluido sobre la superficie del ala.

una curvatura demasiado alta no es buena por dos razones principales: una es el alto roce que genera lo cual aumenta el desgaste del ala y la otra es un levantamiento excesivo y la posibilidad de entrar en perdida.

con el programa foilsim se puede hacer una simulación del ala en un tunel de viento y modificar la curvatura de esta para obtener los datos de cuanto logra levantar.

como muestra el ejemplo el ala tiene una curvatura de un 3% y tiene un empuje de 1682N. En el gráfico se observa una curva ascendente en la relacion curvatura-levantamiento(empuje).

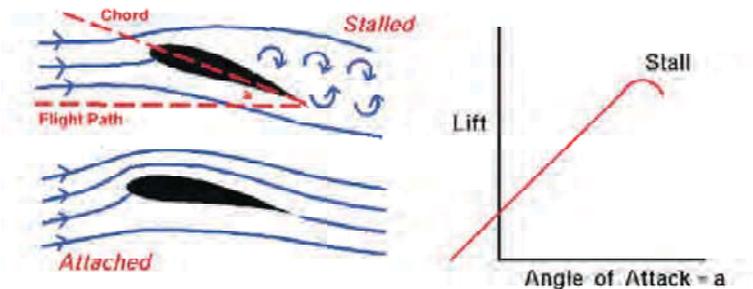
es asi como si aumentamos el porcentaje de curvatura de 3 a 6% obtenemos un empuje de 3355N, de esto podemos deducir que si aumentamos la curvatura al doble aumenta también el empuje al doble.



3.4 Efectos del ángulo de ataque en el levantamiento

a mayor ángulo de ataque mayor es el levantamiento, pero levantamiento no es el único efecto como resultado del cambio de ángulo de ataque. Si la inclinación es excesiva en vez de producir una correcta desviación del flujo, lo que ocurre es que se rompe con este, es decir no se permite que el aire fluya por la superficie del ala si no que se corta su trayectoria, esto genera vortices lo cuál disminuye el desempeño del ala. Cuando esto ocurre se dice que entra en pérdida. El momento en el cual se comienzan a generar vortices se llama punto de pérdida.

mayor angulo de ataque = mayor levantamiento



En el gráfico se puede observar una línea roja que muestra un rendimiento ascendente, cuando se establece una relación inclinación- levantamiento, hasta el punto de pérdida donde el rendimiento cae significativamente.

el coeficiente de levantamiento puede ser determinado matemáticamente por la siguiente ecuación

$$CL = 2 \times \pi \times a$$

donde a corresponde al ángulo expresado en radianes

sobre los 15 grados de inclinación el ala entra en pérdida

a diferencia de los factores vistos anteriormente el levantamiento no aumenta de manera proporcional al aumento de la inclinación.

de los datos obtenidos en el simulador se puede apreciar que para una inclinación de 5 grados el levantamiento es de 2517 N (es importante recordar que la inclinación no es el único factor que influye en la magnitud del levantamiento). Al aumentar la inclinación del ala en 10 grados se tiene un levantamiento de 3887 N un resultado bastante menor al doble. también se puede apreciar en el simulador y el gráfico es que desde los 15 grados de inclinación hacia arriba ya comienza el ala a entrar en pérdida.

Coeficiente de sustentación

Para una avión el CL, depende del ángulo de ataque. Esta variación se gráfica con la llamada "curva característica del perfil".

a) El CL va aumentando a medida que aumenta el ángulo de ataque, hasta llegar a unos 20° el coeficiente de sustentación decrece bruscamente, se ha alcanzado el ángulo de ataque "Stall". En esta condición las líneas de corriente se separan de la curvatura superior del ala (fenómeno de separación).

El flujo pasa de estacionario a turbulento y el teorema de Bernoulli deje de ser aplicable. El efecto de la fuerza se anula, pero se crea un momento que baja la nariz y se preestablece el ángulo de ataque y la sustentación.

b) La presión dinámica es preponderante en la producción de la sustentación. La velocidad del avión influye enormemente en la producción de la sustentación. Pues esta última varía con el cuadrado de la primera. En vuelo se controla la velocidad por medio del ángulo de ataque. Bajas velocidades implican un alto ángulo de ataque y viceversa.

c) Superficie alar. Se infiere de la fórmula que los aviones de alata velocidad requieren una pequeña superficie alar y grandes superficies son necesarias ara aviones de baja velocidad.

Coeficiente de sustentación:

Es el cociente entre la presión sustentadora y presión dinámica.

Coeficiente de resistencia: cociente entre presión resistente y presión dinámica.

Sustentación Alar

Se sabe que la fuerza aerodinámica es el producto de tres factores:

1. Coeficiente de presión aerodinámica (CF)
2. Presión dinámica (q)
3. Superficie del ala (S)

Si L=sustentación, perpendicular al viento relativo

$$L=FA \cos a$$

Entonces

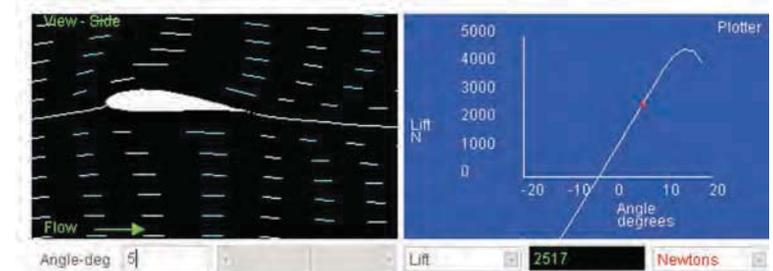
$$L=CF \cos a \ qS$$

Si $CL=CF \cos a$

Entonces

$$L=CL \ qS$$

CL : coeficiente de sustentación (número adimensional que depende en cada perfil del ángulo de ataque)
 Q : presión dinámica del aire
 ρ : densidad del aire
 v : velocidad del aire
 S : superficie del ala



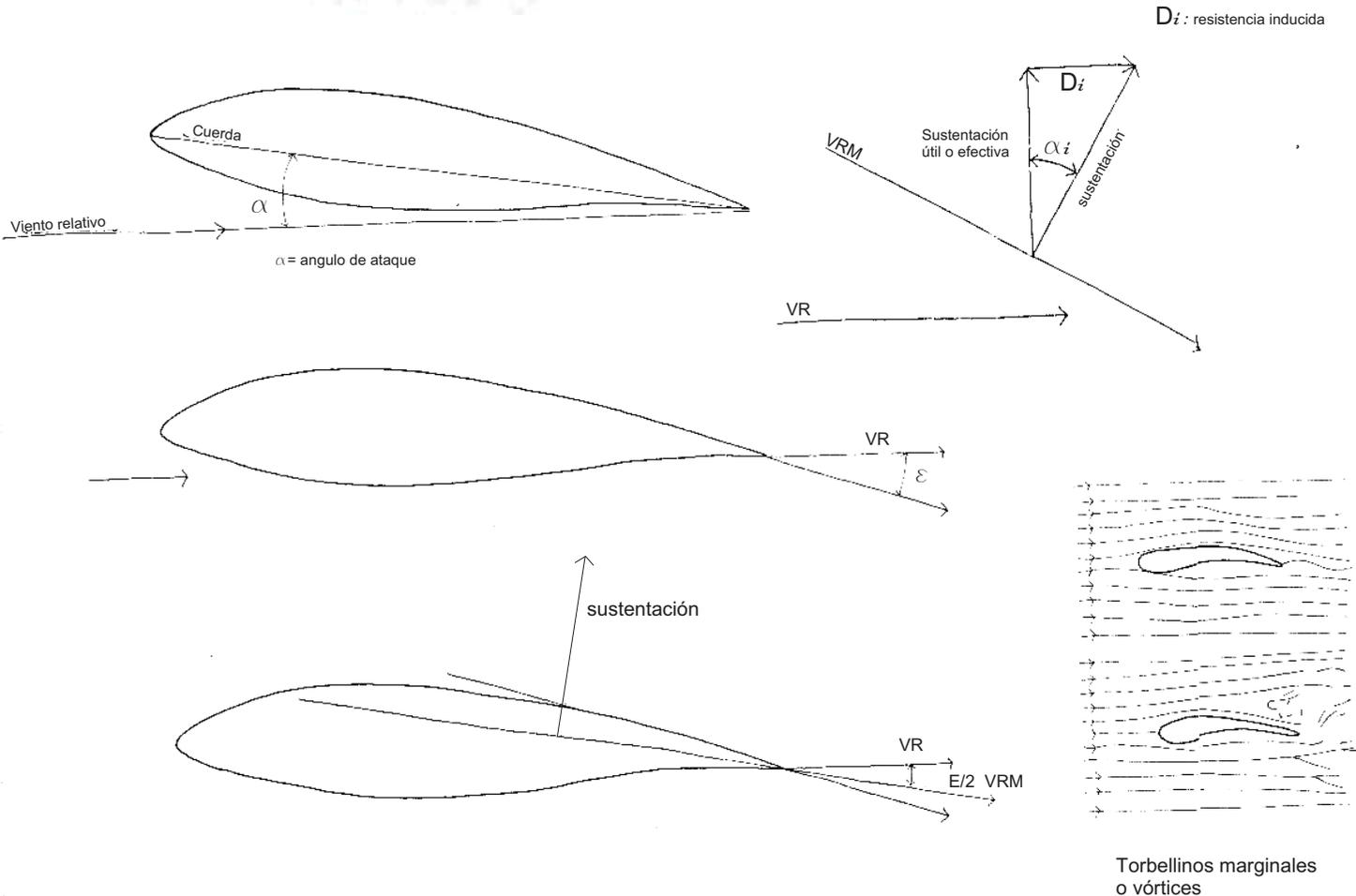
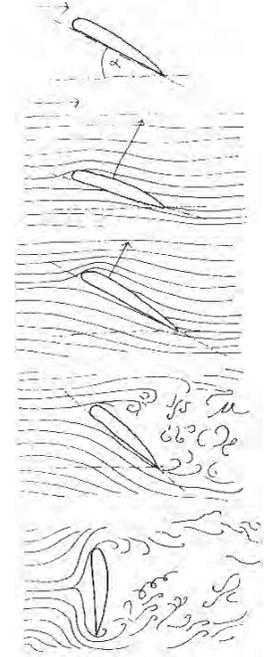


Viento Relativo:

Se creará la sustentación sólo si existe movimiento relativo entre el ala y el aire. Se define como "el viento que se crea contrario a la dirección del movimiento del avión. Se representa por un vector opuesto en sentido al vector velocidad del avión."

Ángulo de Ataque del Ala:

Se define como el ángulo formado por la línea de la cuerda del ala y el vector viento relativo.



Flujo de aire a través de perfil alar:

Existen dos aspectos del escurrimiento del fluido.

- A. Régimen laminar es aquel en el que un punto cualquiera del fluido, el vector velocidad permanece constante.
- B. Régimen turbulento, "en un punto cualquiera del fluido el vector velocidad es variable".

Las siguientes son características del paso del aire por el perfil:

1. Antes de llegar al borde de ataque, las líneas de corriente toman una dirección, ascendente preparándose para fluir a través del ala.
2. Al dejar el borde de fuga, las líneas de corriente llevan una trayectoria descendente en ángulo ϵ con respecto al viento relativo, que se define como "ángulo de flexión".
3. Se infiere entonces que el viento relativo varía a través del ala y habrá que tomar como referencia un viento relativo medio.

La sustentación se considera descompuesta en dos componentes: una perpendicular al viento relativo y la otra paralela al viento relativo, la primera es la sustentación y la segunda, la resistencia inducida.

4.1 Superficie sustentadora sumergida

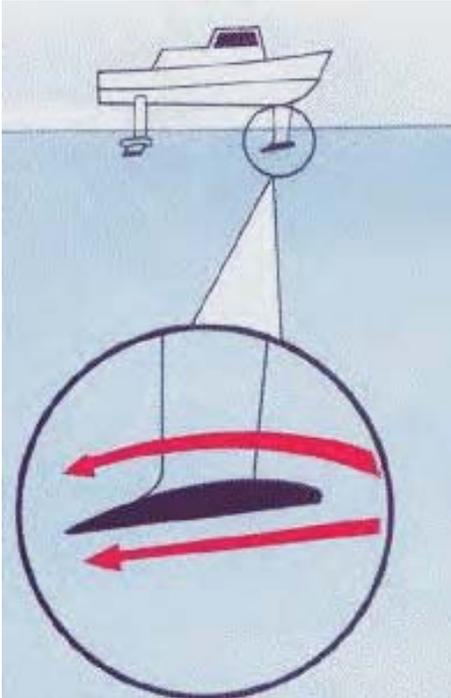


El casco de un barco normal se mantiene a flote en virtud del principio de Arquímedes, es decir, se hunde en el agua hasta que desplaza un volumen de agua cuyo peso iguala al del barco mismo. Este principio es adecuado para sostener el casco, pero ya no lo es tanto cuando se trata de moverlo. Cuando un barco se desplaza mediante hélices debe abrirse camino en el agua apartándola y amontonándola por delante; en esta situación existen dos posibilidades: franquear el montón de agua que hay delante, o esperar a que éste se disperse en forma de ola. Esta segunda alternativa es la que siguen normalmente los cascos del tipo desplazante. El inconveniente de este método consiste en que la ola se aleja hacia adelante con una velocidad proporcional a la raíz cuadrada de la longitud del casco de la embarcación. Únicamente cascos muy largos, como los de los grandes barcos, pueden moverse con la velocidad adecuada. Para superar la velocidad de la ola es necesario consumir mucha energía y la navegación en estas condiciones ya no es conveniente.

La hidroala resuelve el problema de la resistencia de la ola elevándose por encima del agua y manteniendo sumergidas unas alas o patines que lo sostienen mientras la velocidad sea lo bastante alta. Como las olas no golpean el fondo del casco tienen poca influencia sobre el equilibrio del barco y la navegación. A bajas velocidades funciona como un barco normal capaz de flotar y moverse lentamente en el agua, lo que es necesario para maniobrar en un puerto o permanecer fondeado.

Cuando el casco se mueve lentamente en el agua, el efecto de las alas no se percibe; pero cuando los potentes motores impulsan la embarcación con velocidad suficiente, las alas funcionan como las de un avión y levantan el hidrofoil por encima del agua. Las alas de un avión, cuando se mueven en el aire, consiguen que éste, deslizándose alrededor de su perfil, se comprima por debajo y se expanda por encima. De este modo el ala es aspirada hacia arriba y el avión se sostiene en el aire. El ala sumergida del hidrofoil actúa de la misma manera, pero al ser el agua unas 750 veces más densa que el aire, con unas pequeñas aletas y velocidades mucho menores, genera la fuerza de sustentación que levanta el casco por encima del agua.

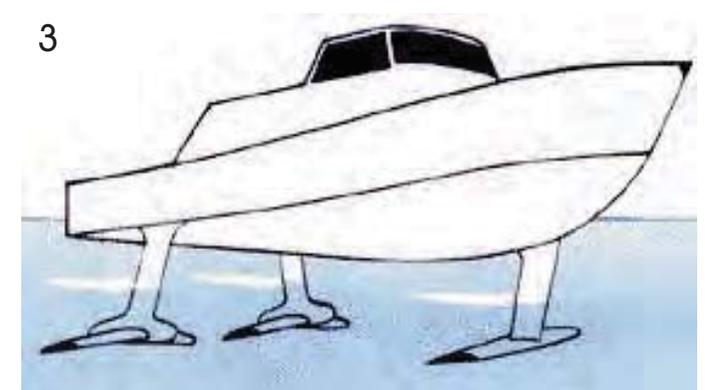
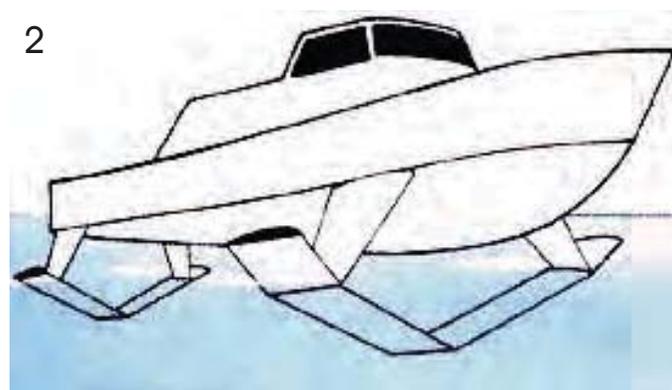
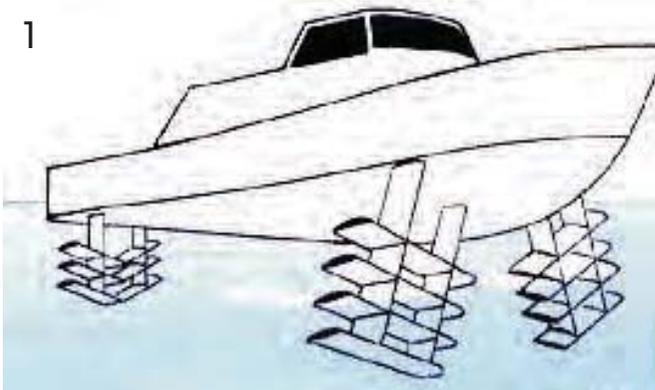
4.2 Cómo funciona un Hidrofoil o Hidroala.



Hidroala - Hidrofoil: Embarcación pequeña o mediana, provista de unas superficies de sustentación o aletas, las cuales a una determinada velocidad elevan el casco de la nave, sacándolo completamente fuera del agua, reduciéndose así la resistencia al avance de la nave. Las aletas bajo el agua funcionan en forma similar a las de un avión, generando el empuje suficiente como para mantener la nave en el aire. En la actualidad existen varios tipos comerciales de naves de este tipo.

El ala de un hidroala funciona como la de un avión., con la única diferencia que su elemento es el agua.. La parte superior del plano alar portante es curvada, debido a lo cual el agua que sobrepasa sobre la misma es obligada a seguir un recorrido algo superior para ir desde el borde de ataque al de salida. Esto quiere decir que el agua sobre el ala circula con mayor rapidez así que el ala portante es "aspirada" hacia arriba.

Los primeros diseños empleaban un conjunto de aletas persianas (ver dibujo 1) que aún podemos ver en algunas pequeñas embarcaciones deportivas. Este sistema, igual que el de la superficie portante semi-sumergida (2) es auto estabilizante. Cuanto más se sumerge el ala portante semi-sumergida, mayor es el empuje que tiende a elevarla; por contra, la estabilización del ala portante completamente sumergida (3) depende de la presencia de un sistema de sensores.

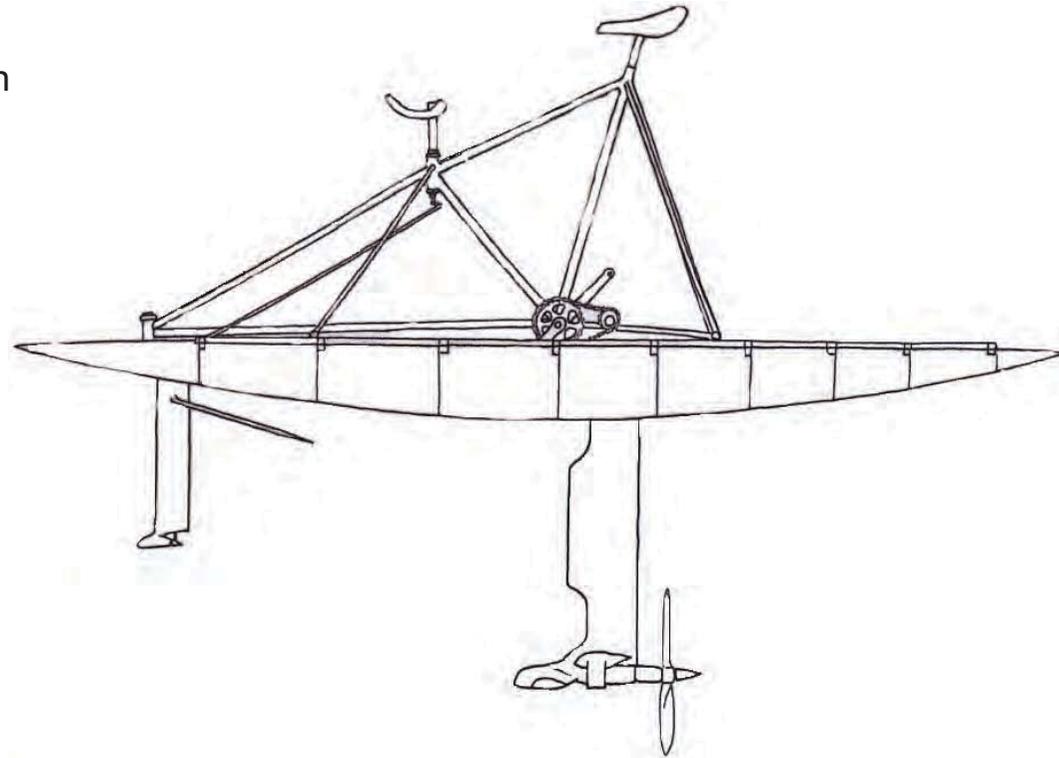


Pez Volador II 

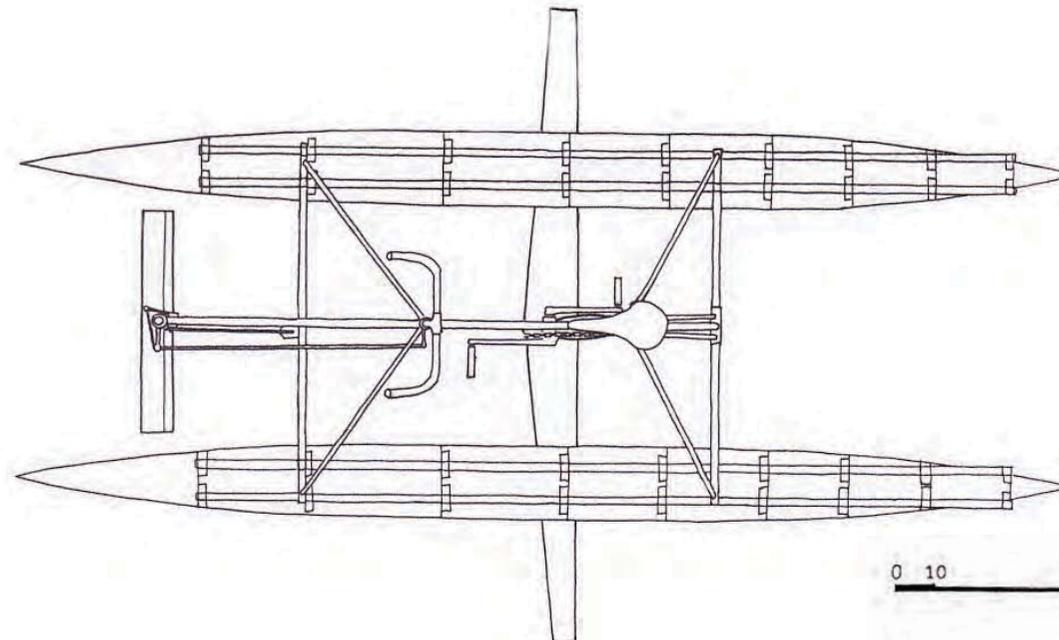
El Pez Volador II es una nave con hidrofoils de tracción humana diseñada y construida por Alec N. Brooks y Allan V. Abbott.

La nave, propulsada por una hélice de alto rendimiento movida a pedal, despegue a seis nudos y tiene una velocidad límite de alrededor de 14 nudos. Se gobierna como se hace con una bicicleta. Los flotadores aguantan la nave, y así, puede alcanzar la velocidad de despegue desde una salida en paro. La profundidad a la que "vuela", el hidroperfil se controla automáticamente mediante un seguidor de superficie en forma de espátula, unido a una pequeña aleta en forma de perfil, ubicado frontalmente. La nave ha completado un recorrido de 2000 metros en 10 segundos menos que el mejor registro para un casco monoplaza de competición.

Elevación

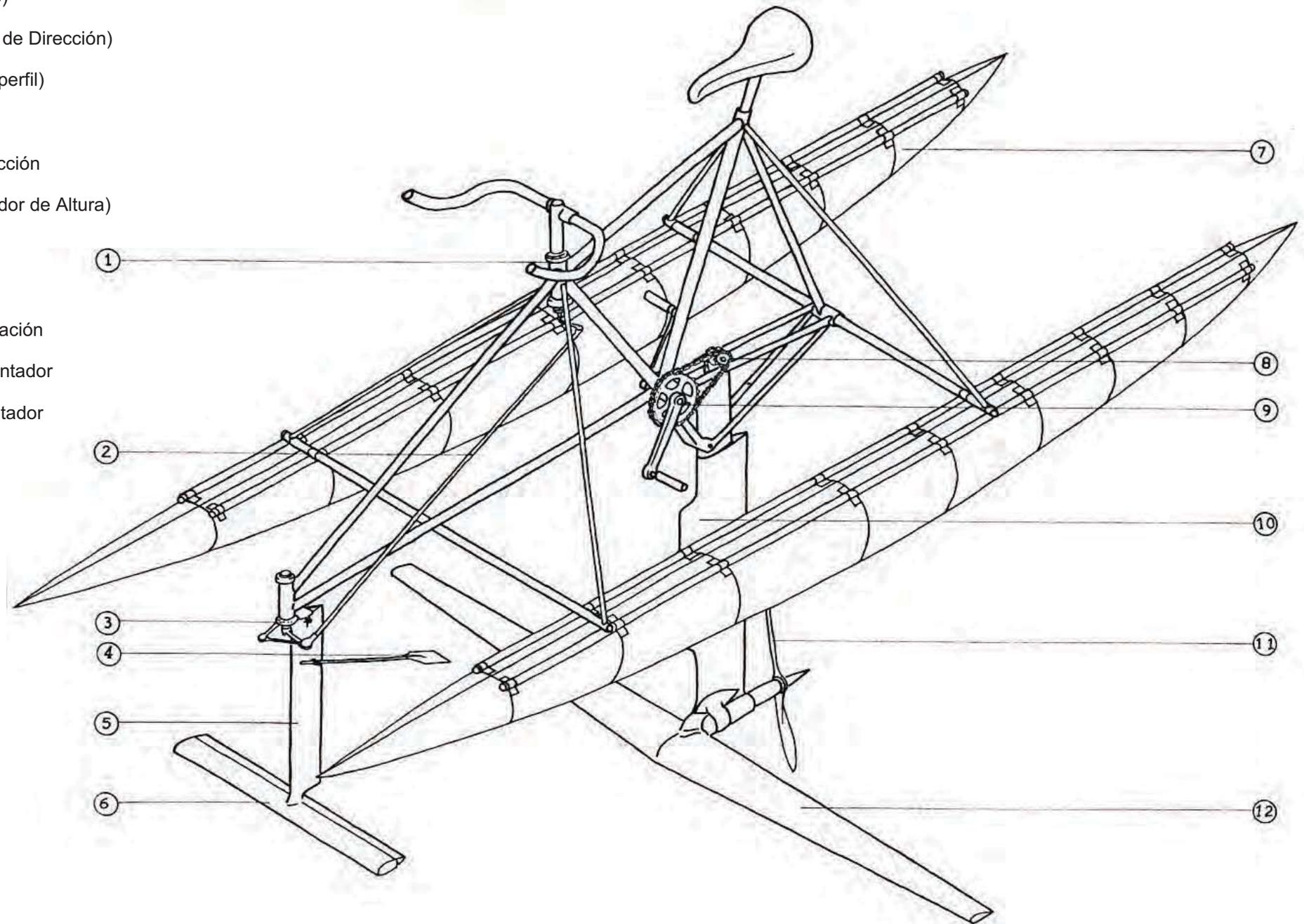


Planta

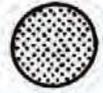


0 10 50 100 cm.

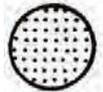
1. Juego Dirección (manubrio)
2. Varilla Transmisión (Juego de Dirección)
3. Juego Dirección (Unido al perfil)
4. Seguidor de Superficie
5. Hidroperfil Vertical de Dirección
6. Hidroperfil Frontal (Regulador de Altura)
7. Pontones Flotantes
8. Piñones de Transmisión
9. Biela y Plato de Transformación
10. Hidroperfil Vertical Sustentador
11. Hidroperfil Frontal Sustentador
12. Hidroperfil Frontal Sustentador



3.1 Nomenclatura



Transformadores de Tipo: son aquellos en que la energía se transforma en otro tipo de energía. Por ejemplo, el hidroperfil transforma una energía hidrodinámica en un trabajo mecánico.



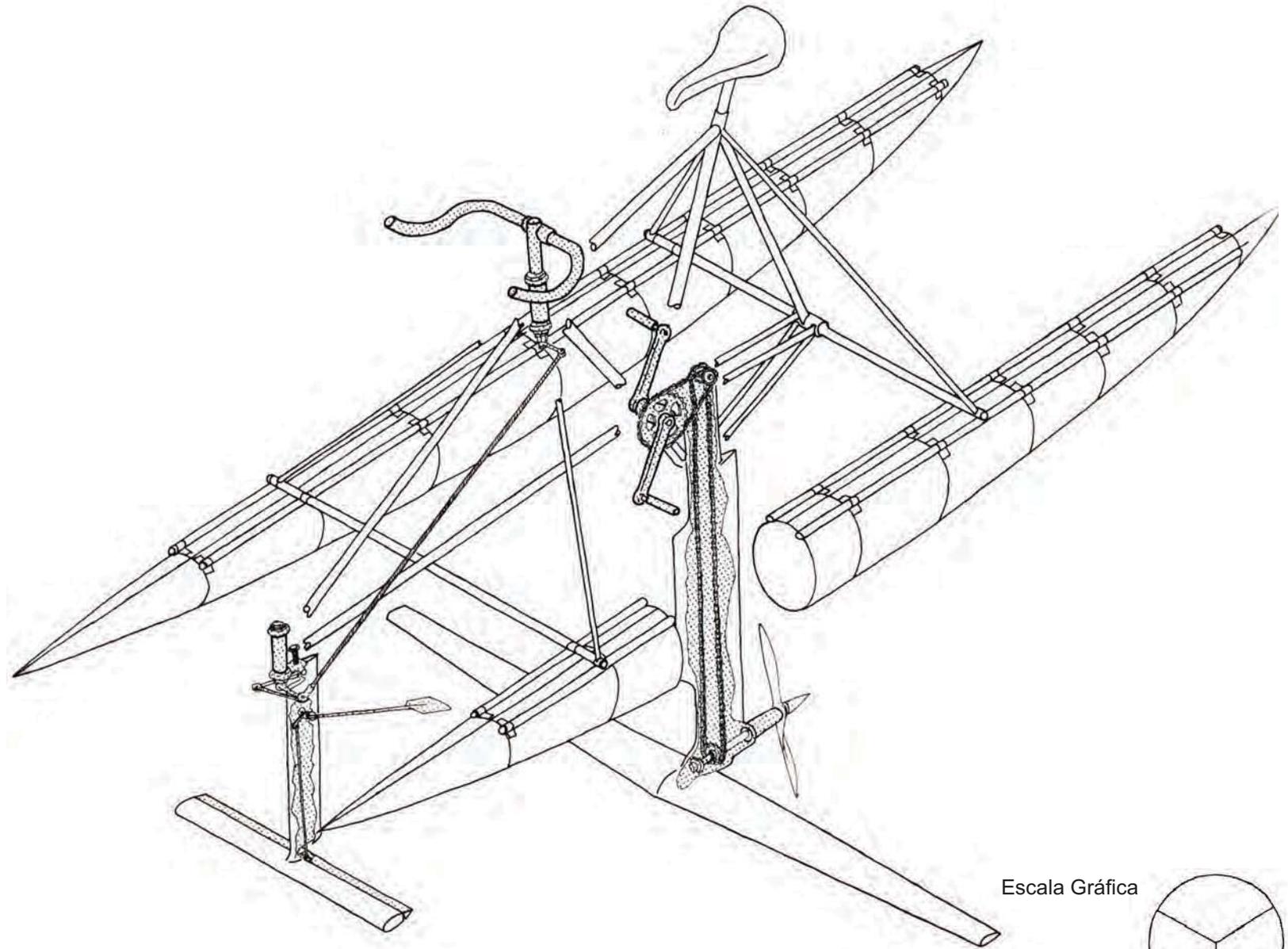
Transformadores Internos: son transformaciones en las cuales la energía sufre cambios dentro de un determinado tipo. Por ejemplo, la transformación de un impulso mecánico, en otro también mecánico, pero con particularidades distintas.



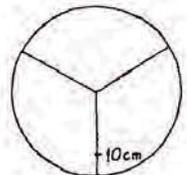
Acumuladores de Energía: los acumuladores intentan mantener un estado de energía en el cual no haya pérdida (transformaciones a formas inútiles de energía)



Transmisores Simples de Energía: la energía debe ser transmitida o trasladada desde el lugar de acumulación hasta el lugar de utilización con un mínimo de pérdidas.



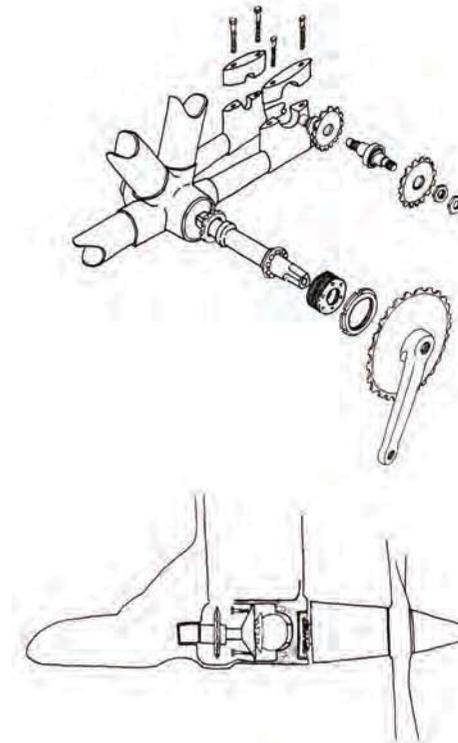
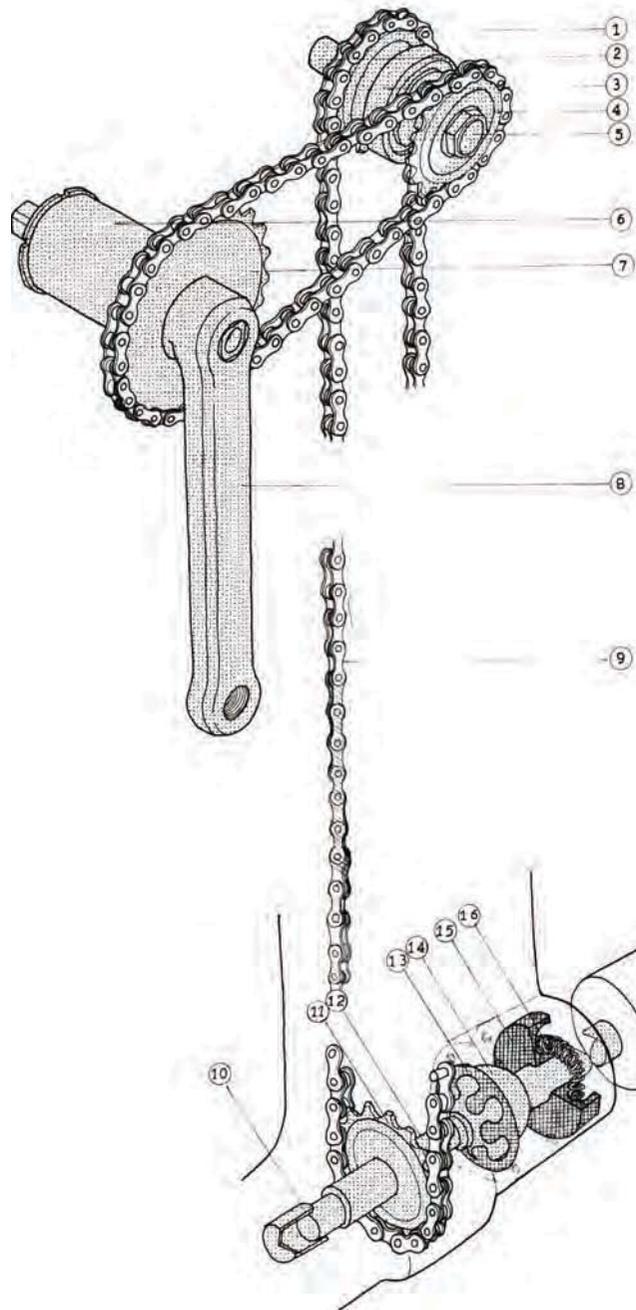
Escala Gráfica



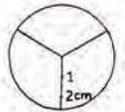
3.2 Transmisión de energía

-  Transformador de Tipo
-  Transformador Interno
-  Acumulador
-  Transmisor

1. Piñón Fijo
2. Buje (eje piñón)
3. Rodamiento
4. Piñón Libre
5. Eje Piñones
6. Eje Motor
7. Plato
8. Biela
9. Cadena de Transmisión
10. Buje (eje de hélice)
11. Piñón Fijo
12. Eje Hélice
13. Golilla Contenedora
14. Bolón Amortiguador de Hélice
15. Goma Sello
16. Resorte Acumulador



Escala Gráfica



Transformaciones internas en el proceso de transmisión de energía mecánica a través de ejes, pedal biela, plato y piñones, la transformación interna es un cambio de la relación fuerza distancia y un cambio de dirección en el que varía el ángulo axial del eje de ordenamiento de la energía de rotación hacia la hélice.

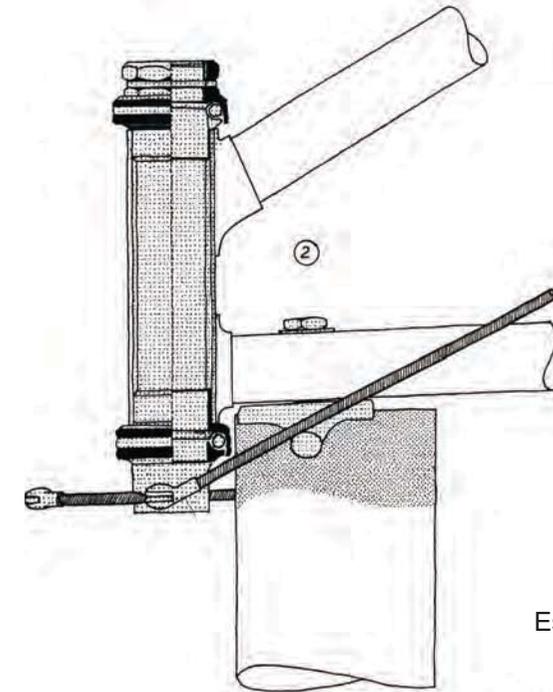
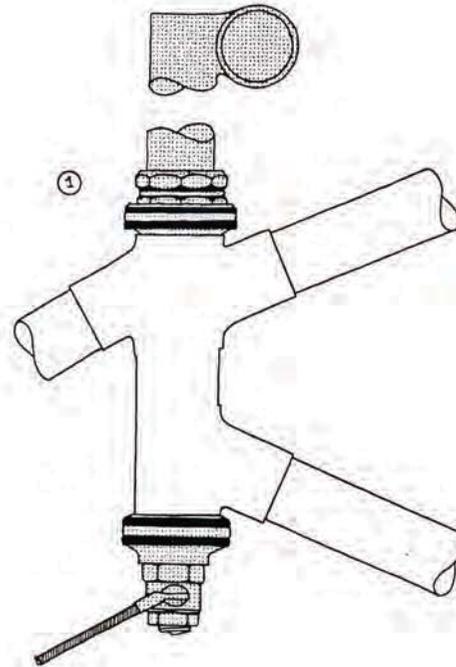
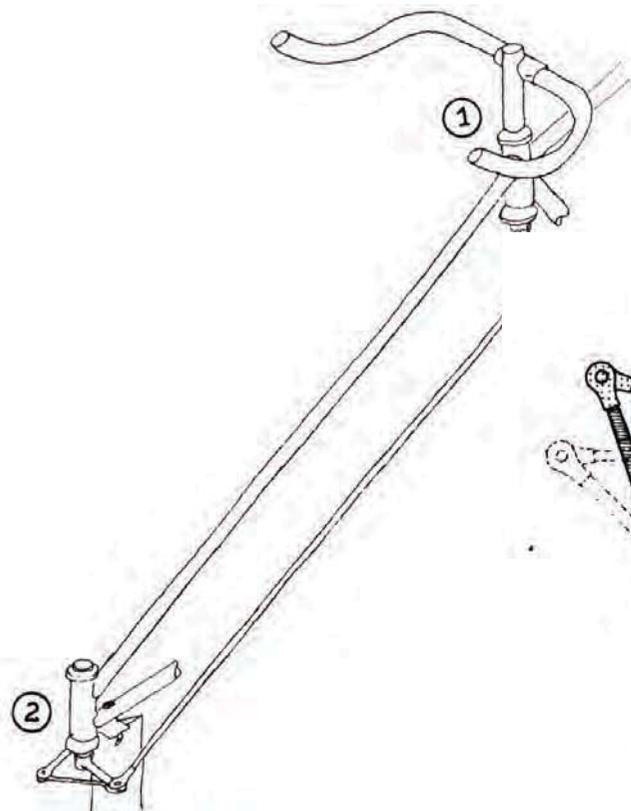
3.3 Sistema de Dirección

 Transformador de Tipo

 Transformador Interno

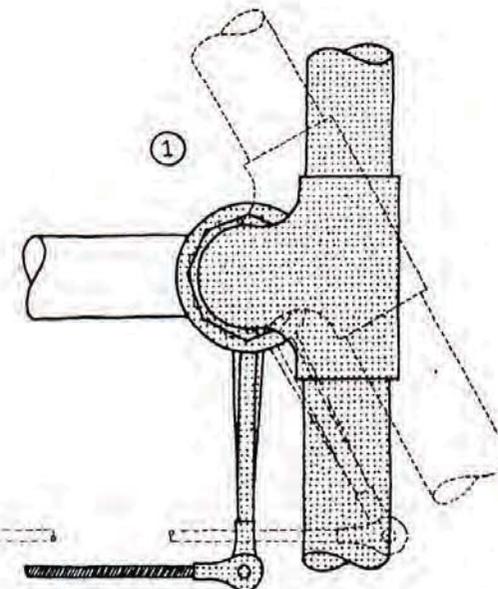
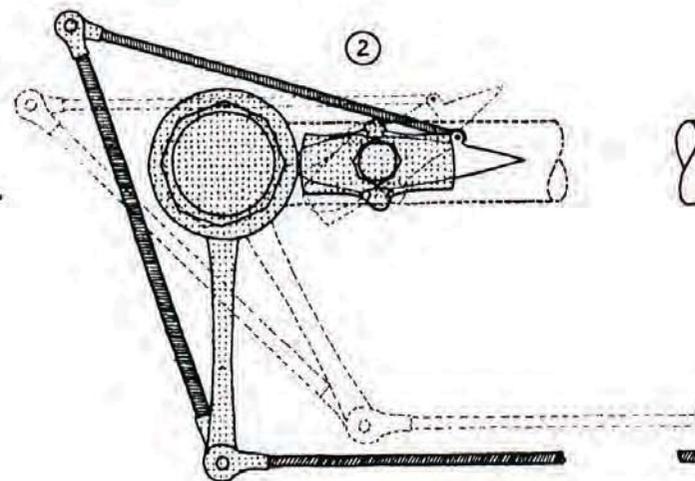
 Transmisión

 Transformaciones Internas: el mecanismo de dirección manual (manubrio) transforma un movimiento de rotación en traslación de una varilla de transmisión, y este en otro de rotación.



Escala Gráfica

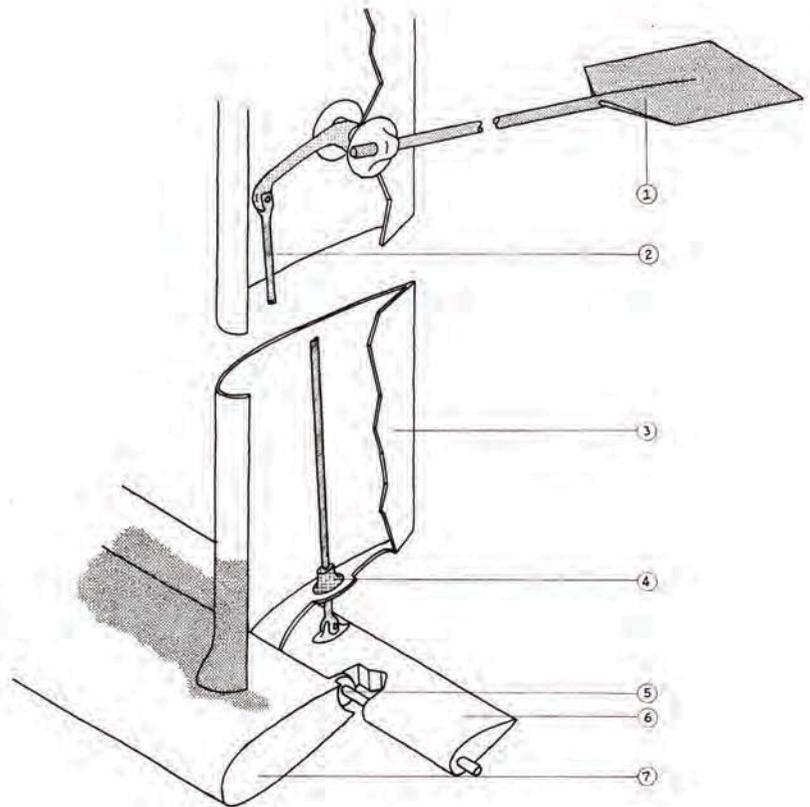
0 1 5 10cm



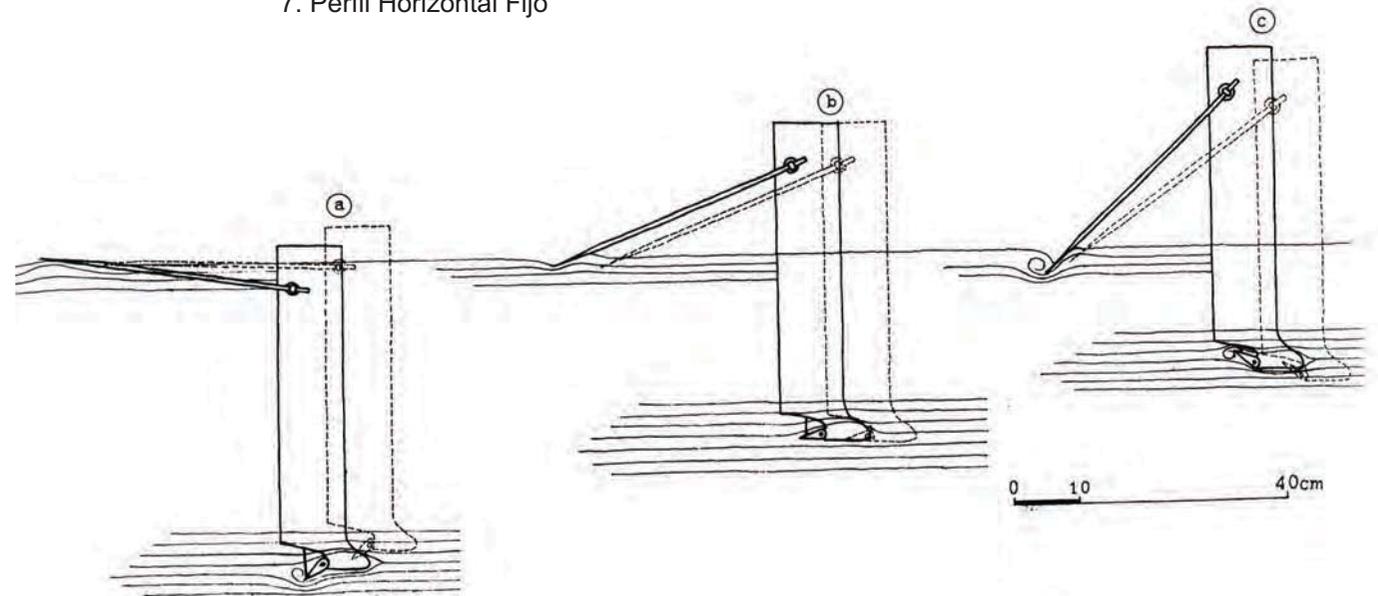
Escala Gráfica

0 1 5 10cm

3.4 Seguidor de Superficie

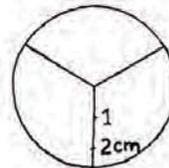


1. Brazo Espátula
2. Vara de Transmisión
3. Perfil Vertical de Dirección
4. Sello de Goma
5. Eje de Bisagra
6. Perfil Horizontal Móvil
7. Perfil Horizontal Fijo



-  Transformador de Tipo
-  Transformador Interno
-  Acumulador
-  Transmisor

Escala Gráfica



 Transformador de Tipo: el seguidor de superficie actúa transformando la energía hidrodinámica en un movimiento mecánico y este a su vez en sustentación hidrodinámica.

A. Si la nave está detenida el perfil está totalmente sumergido y la espátula en la superficie, colocando el perfil móvil en posición de elevarse cuando tome velocidad.

B. Al encontrarse la nave a la velocidad crucero la espátula queda en el ángulo óptimo para mantener el perfil a una altura constante.

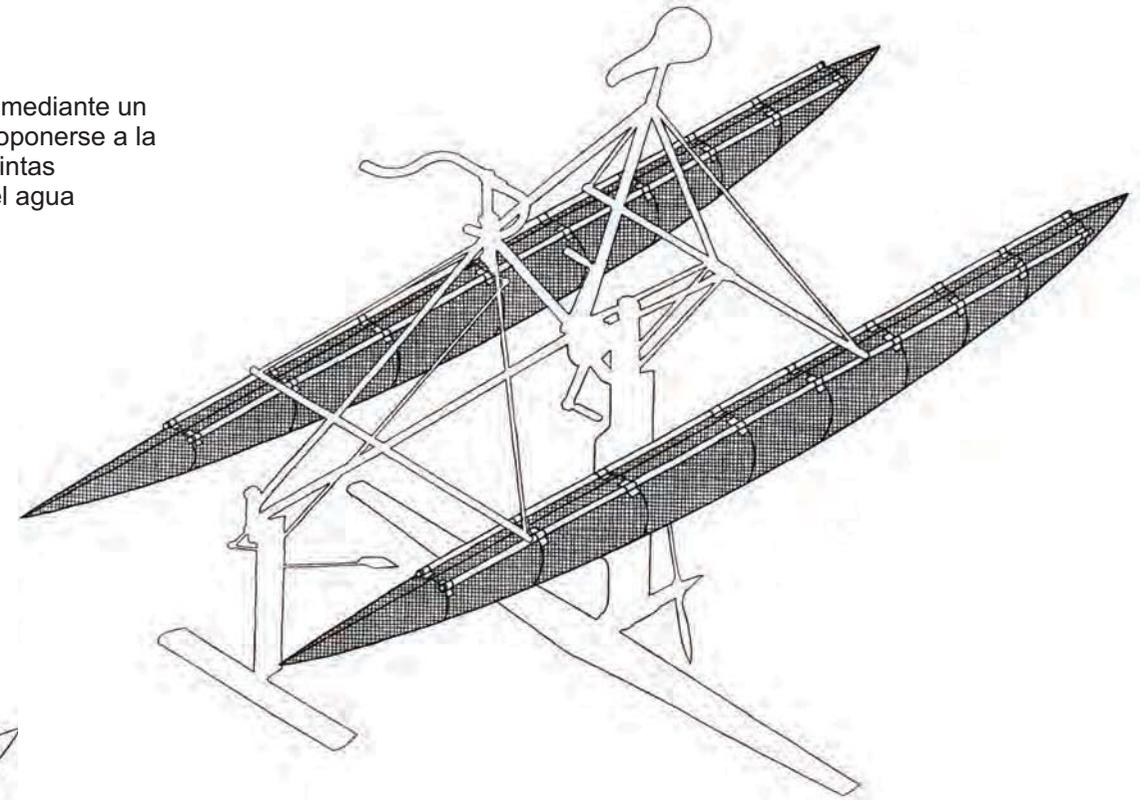
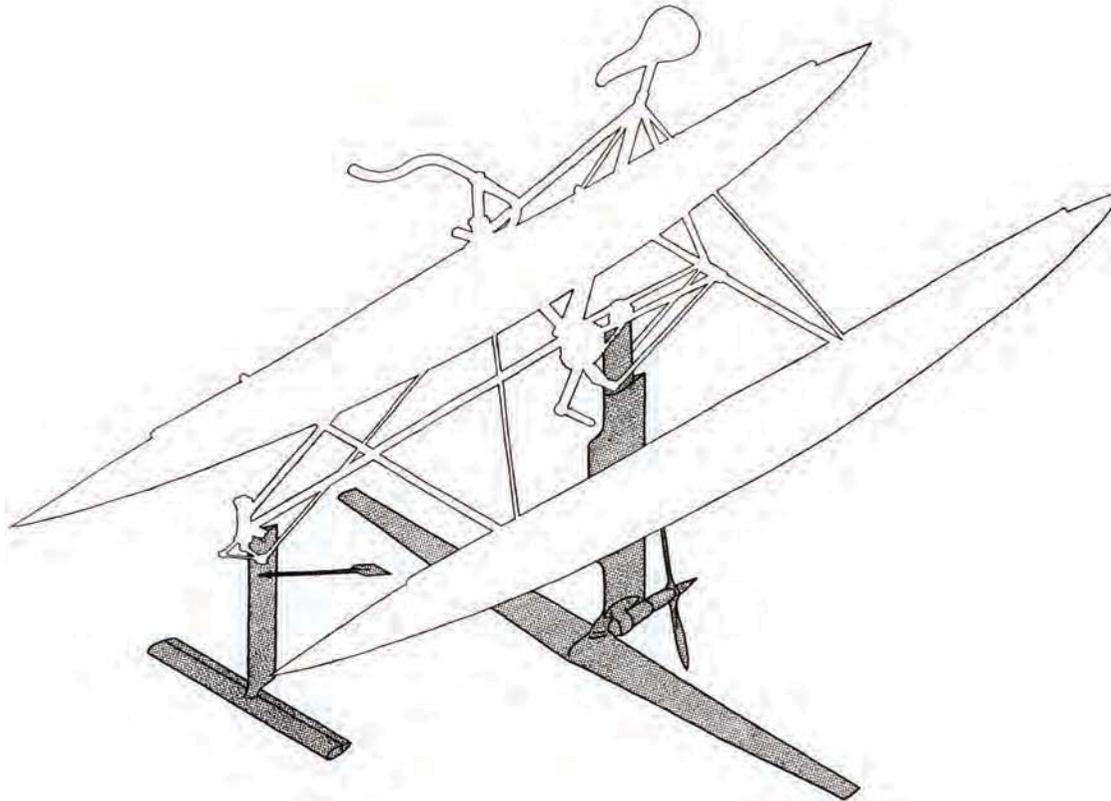
C. Si la nave llega a superar esta altura, la espátula accionará el perfil que obligará a descender el perfil.

Acumulador

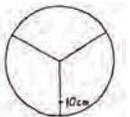


Es acumulador domo estanque de presión. Es un recipiente elástico y hermético, y mediante un aparato adecuado de transformación, se puede obtener de él una fuerza capaz de oponerse a la atracción gravitacional. Conjugando la relación de equilibrio de dos densidades distintas (cantidad de libras por pulgadas cuadradas). Y la fuerza de empuje producida por el agua (superficie en contacto con el agua).

Axonométrica General Sistema Hidrodinámico



Escala Gráfica

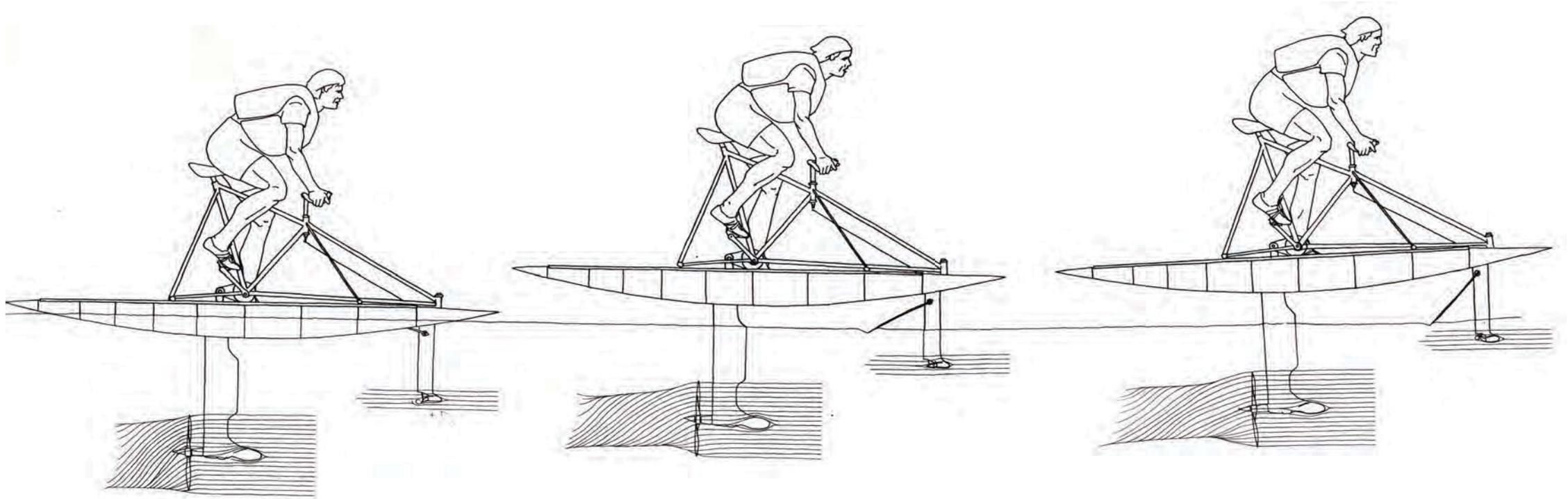


Hélice



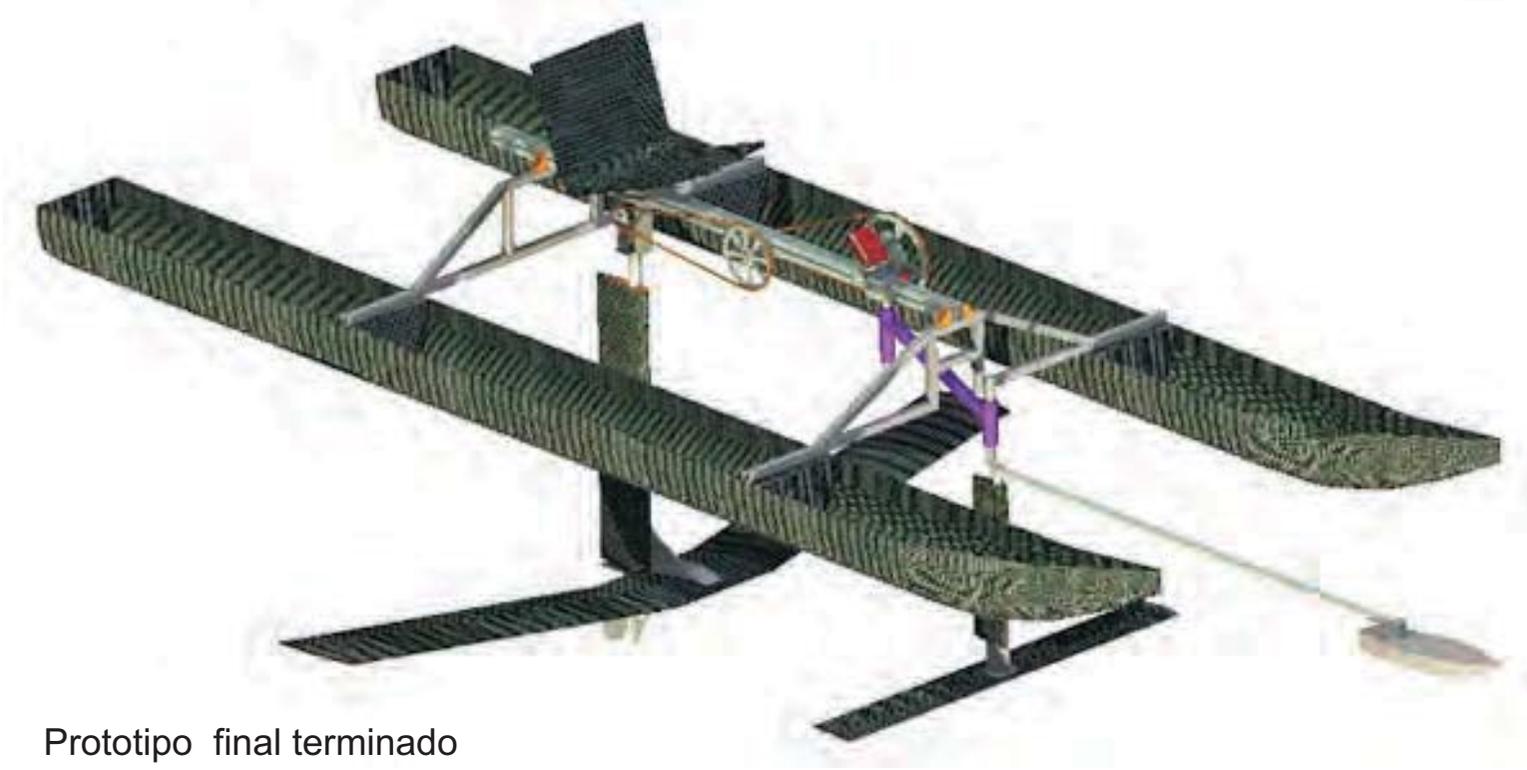
Transformador de Tipo

Una sección de pala de una hélice, al avanzar, y considerada como perfil hidrodinámico, genera un empuje debido al ángulo de ataque. Al mismo tiempo, y por la misma razón del ángulo de ataque, le da un impulso al agua, dirigido en sentido oblicuo y hacia atrás. La hélice produce por consiguiente, un chorro de agua por efecto de presión y succión de su perfil, similar al chorro de agua que produce la rueda a palas por efecto de la simple presión contra el agua. El caudal de agua, cuyo diámetro corresponde aproximadamente al diámetro de la hélice, está siendo aspirado desde la proa hacia la hélice, en exacta concordancia con la succión producida por la cara respectiva de la caras de hélice.



En la misma zona de la hélice, el caudal de agua aspirada recibe una aceleración equivalente a un fuerte impulso hacia atrás. Al aumentar así su velocidad, el chorro de agua reduce su diámetro, en conformidad con la teoría de Bernoulli. Pero debido principalmente a la fricción de la hélice, recibe a la vez un impulso rotativo, el chorro de agua en rotación sufre a su vez la fricción de las partículas de agua vecinas, por cuya razón va perdiendo velocidad y rotación a medida que se aleja de la hélice. El punto de mayor velocidad y rotación se encuentra inmediatamente detrás de la hélice, hallándose el chorro allí a la vez reducido a su menor diámetro.

Modelo 3D del prototipo Halifoil



Prototipo final terminado



Desafíos del proyecto

Este proyecto forma parte de una investigación realizada por un grupo de estudiantes de la Universidad de Dalhousie, Canadá.

Los desafíos que implicaban este proyecto eran numerosos. Cada parte de la nave debía mantenerse tal ligera como fuese posible, y de este modo cumplir con los requisitos en cuanto a la energía del prototipo.

La posición de los perfiles hidrodinámicos y del conductor de la nave debían ser ajustables, para permitir cambiarlos a medida que se iba corrigiendo el prototipo.

Uno de los principales problemas es asegurar la estabilidad del perfil. Problemas de aspectos aerodinámicos, hidrodinámicos, control de sistemas y resistencia de los materiales.

1.1 Marco

Garrett Landry y Foster son las marcas que trabajaron en el diseño y la construcción del marco del Halifoil. Estas partes complejas del proyecto implicaron modelar en 3D para lo cual se utilizó SolidEDGE V16, análisis de FEA con ANSYS y Unigraphics. También fue necesario asegurar ajustabilidad del marco, como además la integración para todos los componentes de la hidronave.

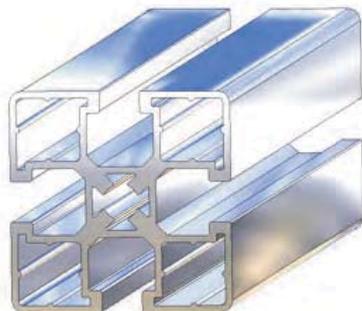
El marco elegido resuelve los problemas de peso, fuerza y requisitos de ajustabilidad, para esto, el marco consiste en tres sub – ensambles parciales:

- a Ensamble delantera del apoyo
- b Ensamble posterior del apoyo
- c Marco superior ó perfil transversal del marco

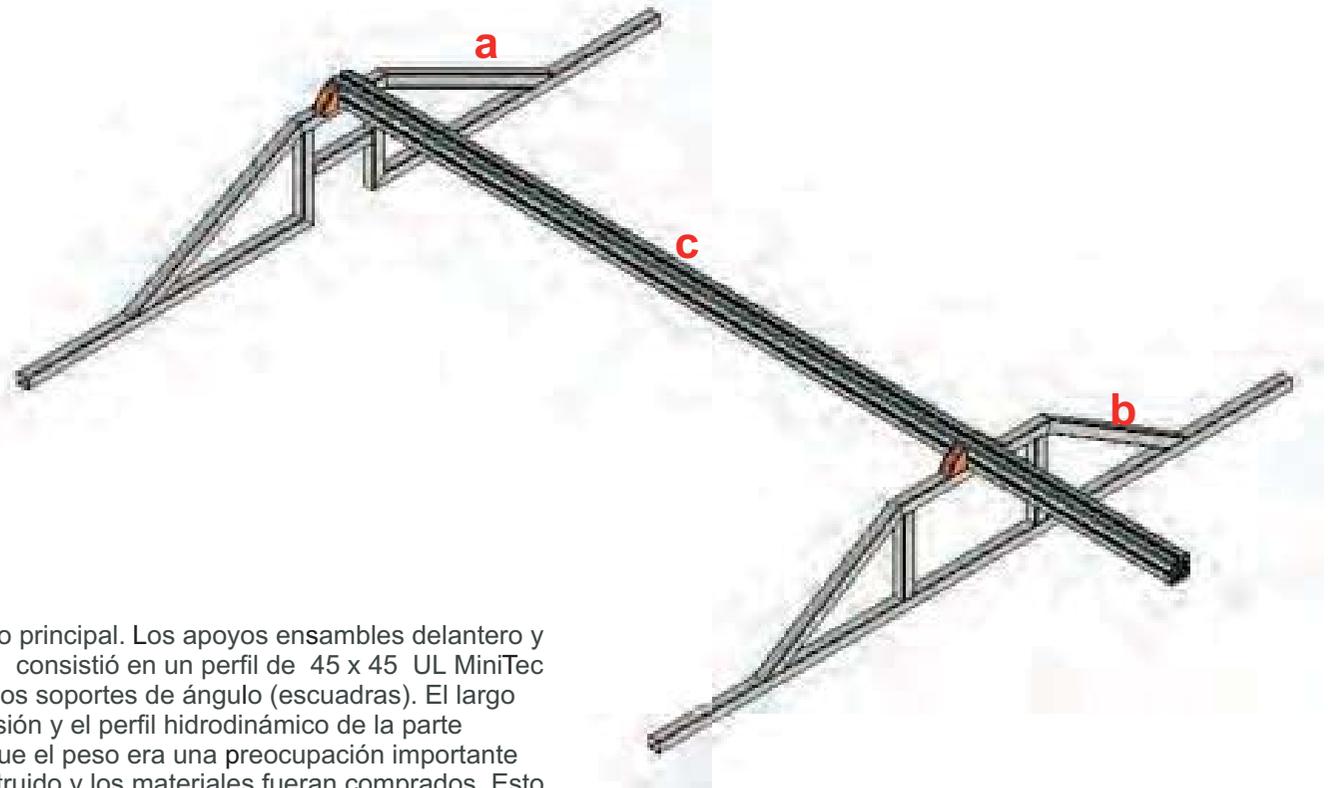
Otros sub-ensambles parciales y piezas fueron montados o apernados al marco principal. Los apoyos ensambles delantero y posterior de apoyo se hacen a partir del perfil 1" x 1", 0.62". El perfil transversal consistió en un perfil de 45 x 45 UL MiniTec unidas a los apoyos transversales usando las tuercas cuadradas de MiniTec y los soportes de ángulo (escuadras). El largo total del marco es de 1.5 metros. Permitted la ajustabilidad del asiento, la impulsión y el perfil hidrodinámico de la parte posterior, el montaje del perfil hidrodinámico delantero y los pedales. Puesto que el peso era una preocupación importante del diseño, era de gran importancia el peso del marco antes de que fuera construido y los materiales fueran comprados. Esto permitió que se redujera al mínimo el peso mientras que mantenía fuerza y firmeza. El peso total del marco era 8.49kg.

Los ensambles de apoyo se construyen de aluminio de 1" x 1".

El perfil longitudinal se construye de un perfil de aluminio (extruido) de 45x45



Piezas de montaje



Montaje y manejo del perfil hidrodinámico delantero



1.2 Proceso Constructivo

Marco completo



Primer plano del perfil longitudinal. Sistema ensamble del marco longitudinal.



Características:

- Liviano
- Fácil de montar con los cascos y el resto de los componetes de la nave
- Los ensambles delantero y trasero son ajustables al perfil transversal del marco



Proceso de soldado de las escuadras que reciben el perfil longitudinal a uno de los marcos transversales.



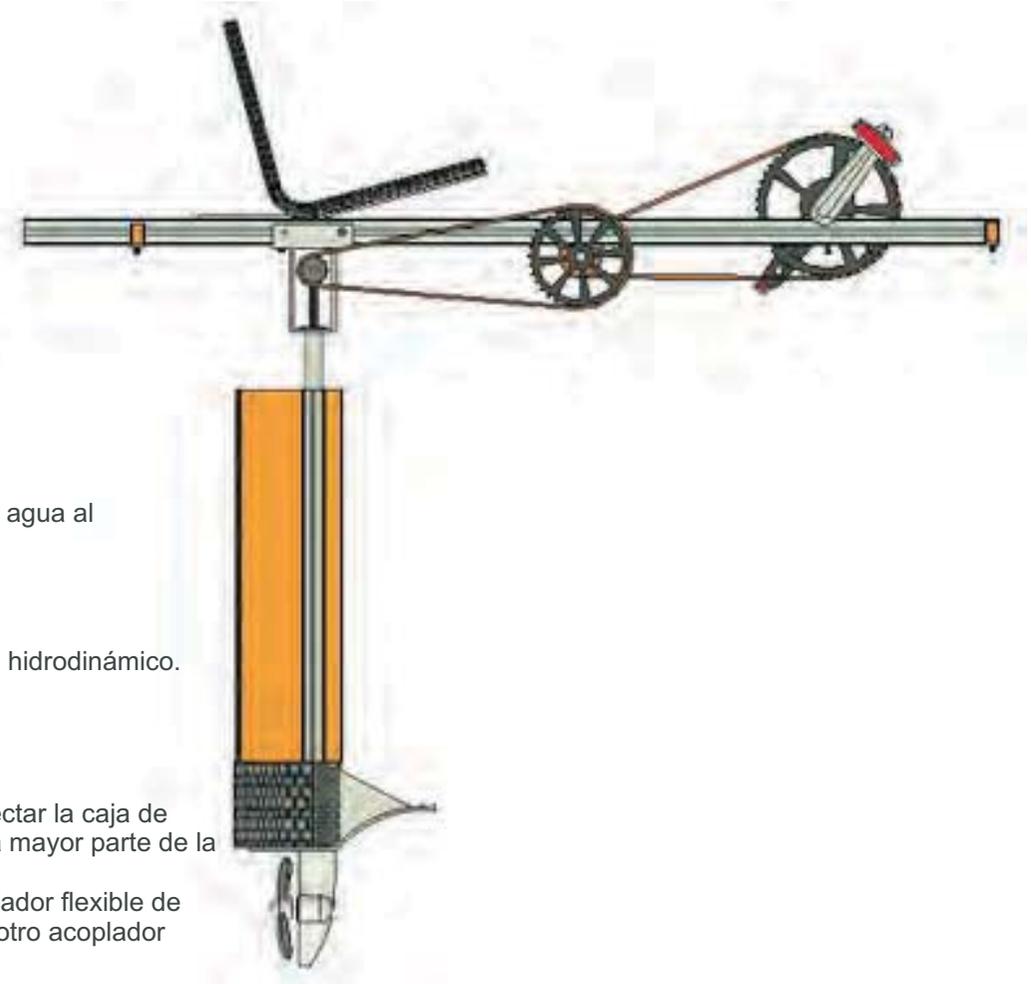
Tosa le estructura es pulida antes de ser soldada.



El sistema de transmisión ó tren de engranaje fue diseñado y construido por Garrett Landry y la marca Foster.

Uno de los desafíos principales con este proyecto era encontrar medios de transmitir energía de los pedales en el frente de la hidronave al propulsor en la parte posterior. Se consideraron varias opciones para lograr esto, incluyendo el uso de cadenas y de ejes. Se decidió utilizar una hélice de agua más que una de aire, debido al aumento en la complejidad del diseño del proyecto, pues una hélice de aire sería necesario importarla.

Para la elección de la hélice se tiene un alto grado de flexibilidad en la selección de ésta, puesto que los apoyos disponibles se pueden unir rápidamente a la hidronave para probar, y así escoger el propulsor más conveniente para el prototipo.



El sistema de impulsión debe ser capaz de transmitir energía de la persona a una hélice sumergida.

La hélice debe estar perceptiblemente debajo de la superficie del agua para asegurar que no saldrá del agua al momento de elevarse.

El sistema de impulsión debe ser ajustable a tener en cuenta diversas alturas del jinete.

La transmisión entre la parte posterior del prototipo y el apoyo debe viajar a través de un estrecho, tubo hidrodinámico.

El sistema de impulsión debe ser bastante fuerte soportar la energía de la persona.

El diseño final del sistema de transmisión se modeló en SolidEdge. Se utilizaron dos cadenas para conectar la caja de engranajes superior. Los cocientes del engranaje son 53x22 y 32x12 del frente a mover hacia atrás en la mayor parte de la prueba.

La energía se transmite de los pedales a la caja de engranajes posterior y entonces a través de un acoplador flexible de unas 3/8", luego la energía se transmite por el interior de la caja de engranajes, para luego unirse con otro acoplador flexible. La hélice hace girar entonces en el cociente deseado concerniente a los pedales.



La energía que aplica la persona va desde una disco de 53 dientes a uno de 22. Luego la energía se transmite desde un anillo de 32 ó 42 dientes a un piñón de 12 dientes que se encuentra en la caja de engranajes.

Se utilizaron 9 cadenas de velocidad para la construcción del prototipo.

En la fotografía de la izquierda se puede observar el puntal posterior con ambas cajas de engranajes montadas, y el material de la base de la espuma en el lugar que aguarda la capa de la fibra de vidrio. La hélice fue cambiado durante la prueba.

El puntal posterior consiste en muchas piezas, las cuales se encuentran soldadas. La cubierta superior de la caja de engranajes fue trabajada a máquina fuera de dos bloques sólidos de aluminio y posteriormente apernadas juntas.

El puntal posterior es también el interfaz con el perfil hidrodinámico trasero, y permite además un ángulo de ataque ajustable, formado por arco - soporte.



Mike Lovas y Mijanou Jodoin fueron los responsables del diseño de los cascos del Halifoil. Utilizaron SolidEdge V16 para diseñar los cascos y para determinar los esfuerzos y estimaciones del modelo. Construyeron modelos a escala para probar en el tanque del remolque la resistencia que éstos oponían.

Los datos de la resistencia del tanque del remolque fueron aceptables y la construcción de los cascos comenzó. El equipo utilizó un método de la construcción de Plug>Mold>Hull, creando con éxito dos cascos idénticos de fibra del carbón..

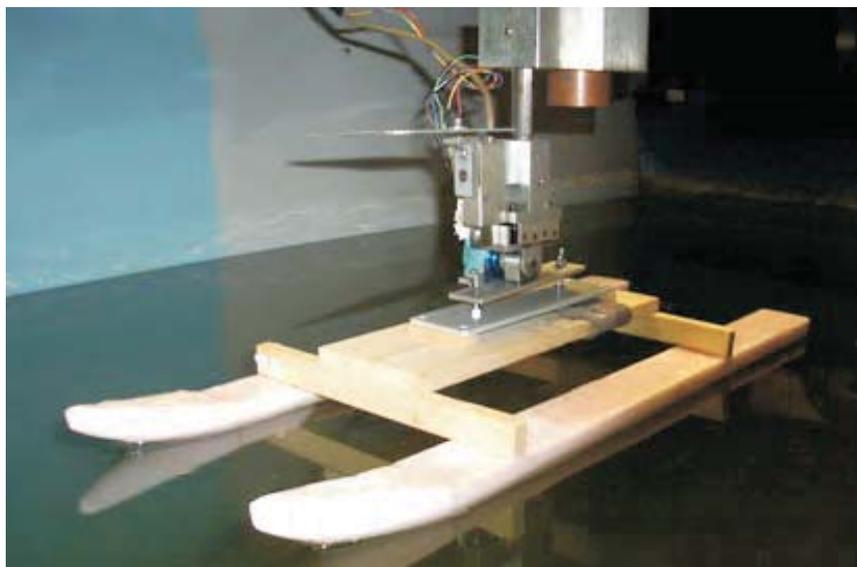
Teoría

El diseño del catamarán del doble-casco fue elegido debido a sus características excelentes de estabilidad, y su facilidad de la ajustabilidad. El tren de engranaje, el marco, y el perfil hidrodinámico eran fácilmente adaptables con este diseño. Las dimensiones totales de los cascos son los 4m largos, con un fondo redondo de 28 centímetros de diámetro y un travesaño posterior para reducir la fricción hacia abajo de la fuerza y de la piel. La sección representativa del casco fue elegida para maximizar el cociente del volumen del casco al área superficial mientras que se mantenía un casco estilizado. Se tuvo siempre en cuenta la relación volumen (y de esto la superficie de área mojada) - resistencia.

Se utilizó el programa computacional SolidEdge para crear un modelo 3D, de que permitió la determinación exacta del centro de la flotabilidad, el bosquejo para cualquier esfuerzo dado y el peso aproximado de cada casco. Se aseguró exactitud entre los modelos 3D y el producto final.

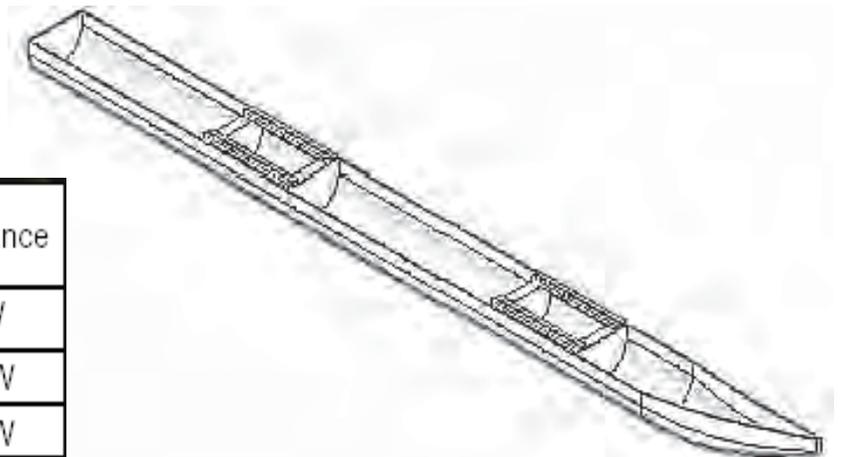
Se utilizó el número de Froude para determinar las velocidades del remolque para el modelo escala 1:8. El modelo fue utilizado durante las pruebas del tanque del remolque para determinar la resistencia de los cascos.

Se construyeron modelos a escala de los cascos para ser probados en el tanque de remolque de la universidad.



Los datos que se obtuvieron en el tanque de remolque en cuanto a la resistencia fueron aceptables, lo que permitió la construcción de los cascos

Ship Velocity	Model Velocity	Resistance
6km/hr	0.589m/s	52W
8km/hr	0.786m/s	109W
10km/hr	0.982m/s	149W



Proceso constructivo

La construcción implicó tres procesos:

- Fabricación de un modelo
- Crear un molde a partir del modelo
- Fabricación de dos cascos idénticos del molde.

Construcción del Modelo

Lo primero es crear un modelo del casco, del cual se obtendrá el molde para la construcción de los prototipos finales. Para esto, se construye un mesón de madera sobre el cual se montara el modelo. Posteriormente se construyen secciones transversales del casco, las que serán montadas en el mesón de madera.



Una vez que se han cortado todas las secciones transversales, se disponen en el mesón, conformando así el modelo del casco. Luego se rellenan los espacio que hayan quedado y posteriormente se pule la superficie, dejando la superficie lo mas lisa posible, ya que será ésta la que va a darle forma a la superficie que estará en contacto con el agua.



Construcción del molde

El siguiente paso a seguir, fue cubrir el modelo con una capa de gelcoat. Previo a esto, el modelo fue encerado para evitar que se pegara al molde.

Luego de la capa de gelcoat, se cubre con fibra de vidrio, para luego ser impregnado con resina poliéster. Una vez seco, se extrae el modelo del molde. Producto de que se pegó en algunas zonas, es necesario rellenar algunas grietas ocasionadas en el proceso de extracción.



Construcción de los cascos

Una vez listo el molde, es encerado para luego obtener los cascos originales.

Se utiliza fibra de carbón para los cascos finales.

Del molde se obtienen los dos cascos que darán origen al catamarán.



Los perfiles hidrodinámicos fueron diseñados por Philip Dennis y James Gregson. El primer paso implicó una profunda evaluación teórica y los cálculos relacionados con el caso específico del proyecto. Después de esto, se construyó un modelo de la escala, el cual sería probado en el tanque del remolque de Dalhousie.

Los perfiles fueron construidos y montados con éxito al modelo del Halifoil. Estos perfiles permitieron que nuestro barco levantara del agua durante la prueba.

Los resultados obtenidos con respecto a los perfiles hidrodinámicos y la estabilidad modelo fueron positivos.

Los perfiles hidrodinámicos deben ser capaces de sustentar la hidronave y a su conductor.

Los perfiles hidrodinámicos deben ser estables una vez que la hidronave salga del agua.

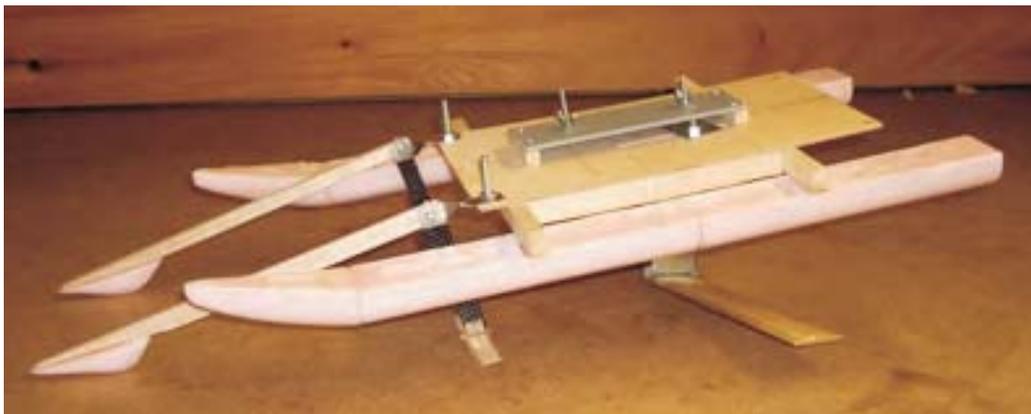
Los perfiles hidrodinámicos deben ser lo suficientemente fuertes para aguantar las



Se utilizó la teoría aerodinámica básica para asegurar la primera preocupación que fue el tipo de perfil que se utilizaría.

La estabilidad, que ha sido también un aspecto muy importante del proyecto. La cual se verificó parcialmente con la prueba del modelo a escala, aunque no fue del todo estable en el prototipo final.

Prueba del modelo a escala

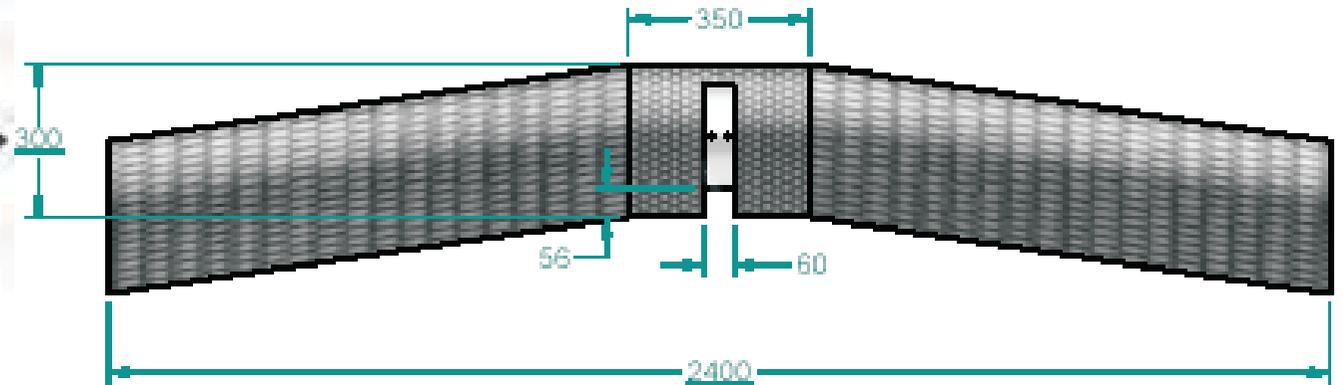
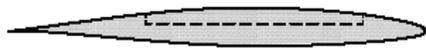


La prueba del modelo fue utilizada para verificar parámetros y geometría del perfil hidrodinámico. Aunque la aerodinámica simple puede predecir la elevación y la resistencia del perfil fácilmente, predecir la estabilidad de un diseño es más difícil. Por lo tanto se recurre al modelo a escala para conseguir una idea para la dinámica del posterior prototipo.

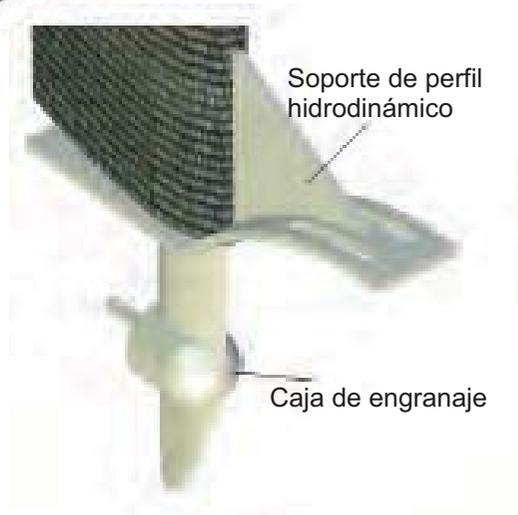
Se construyeron dos modelos de perfiles hidrodinámicos, uno recta y otro con 7 grados del diedro. Ambos fueron probados en el tanque de remolque. Gracias a las pruebas se logró comprobar que la incorporación de un ángulo diedral ofreció una mayor estabilidad.

Perfil hidrodinámico trasero

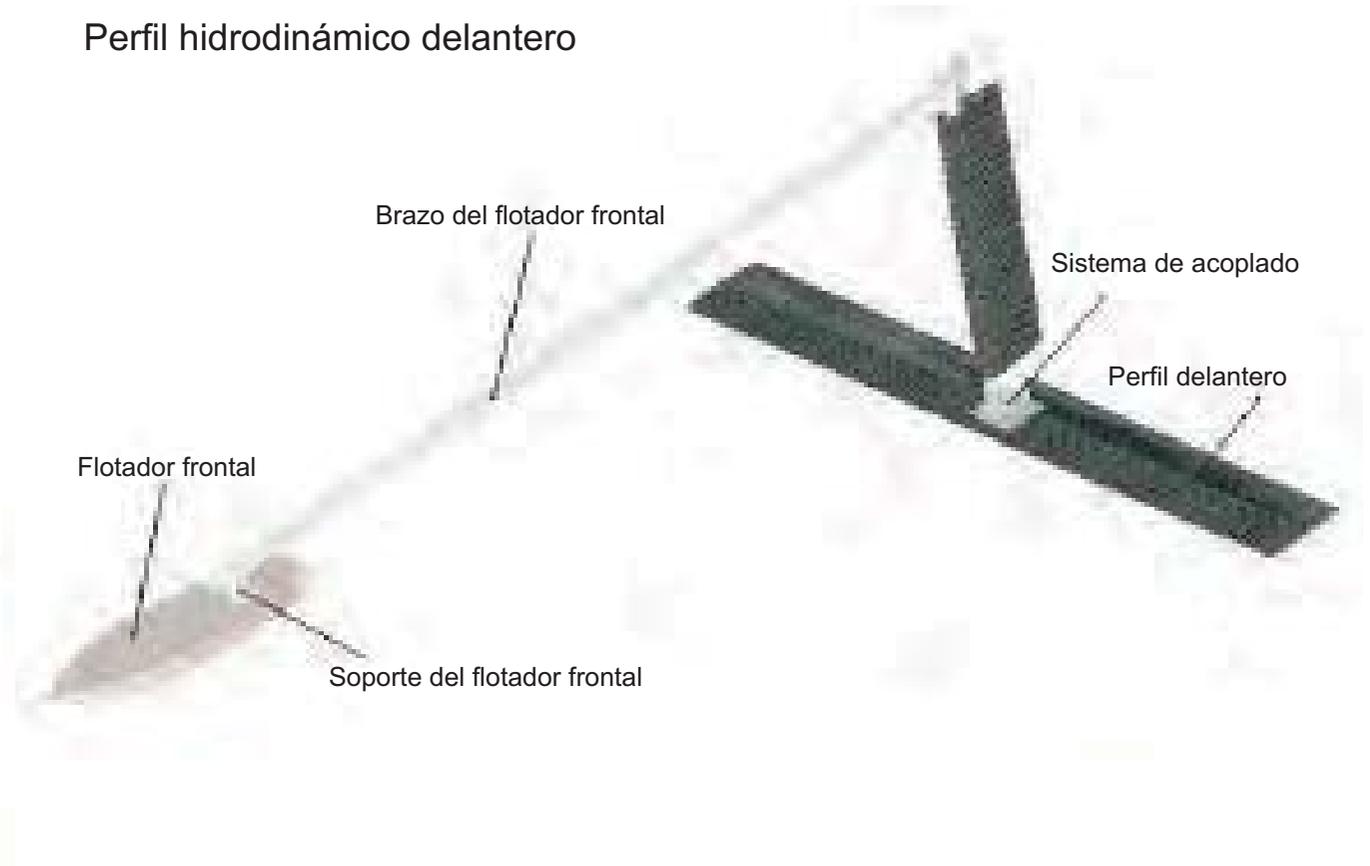
Perfil utilizado: NACA 65-209
 Cuerda: 30 cms.
 Envergadura: 240 cms.



Sistema de montaje



Perfil hidrodinámico delantero



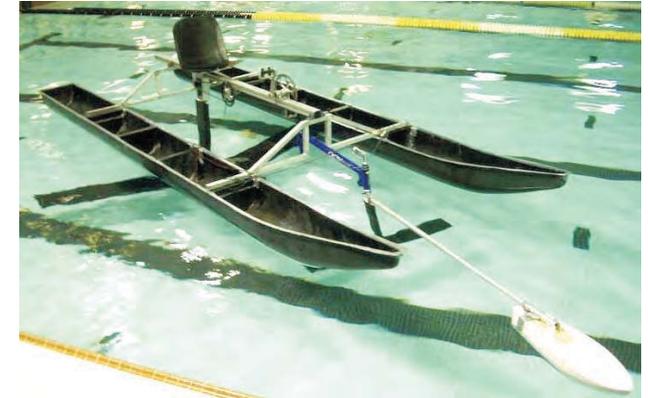
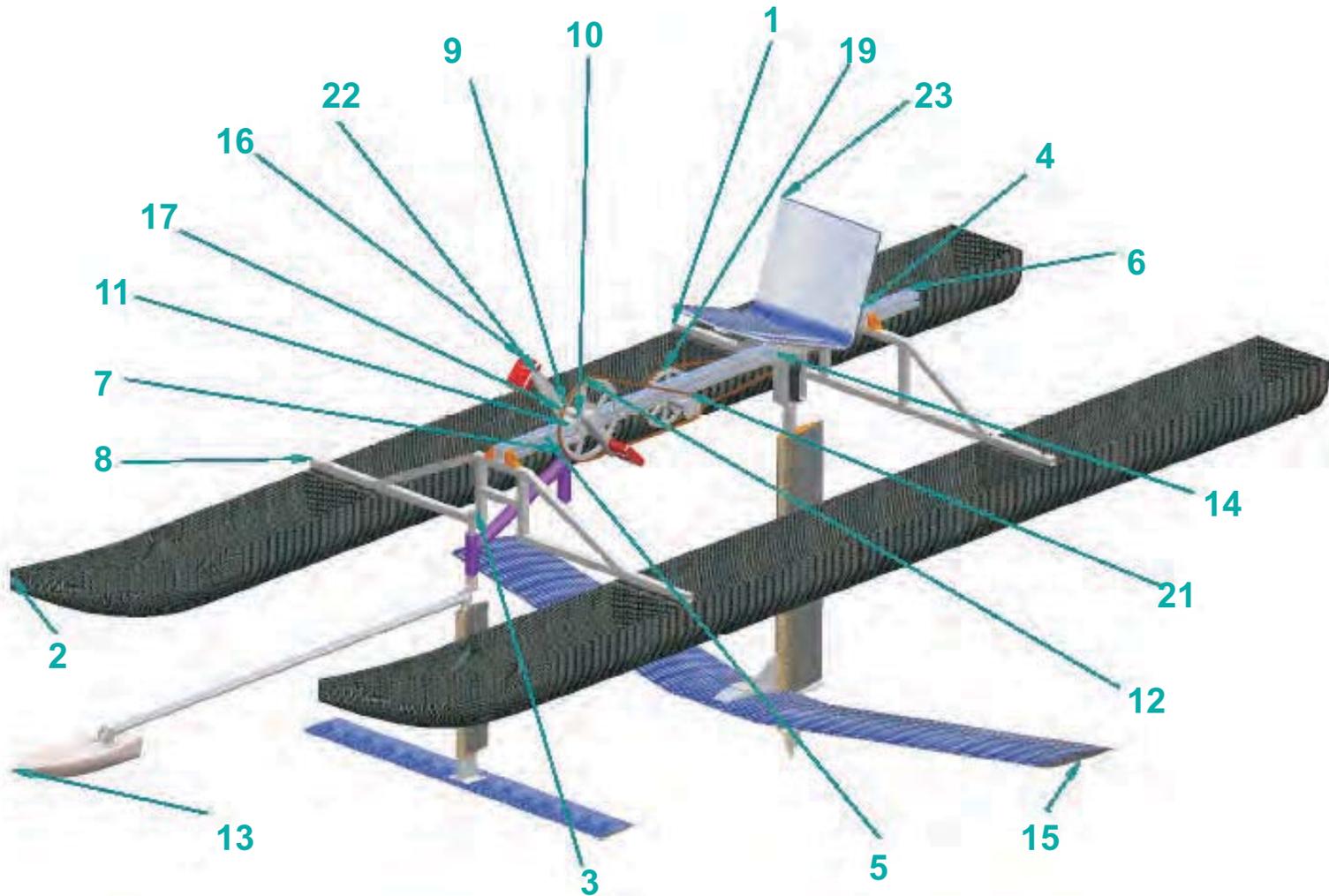
Proceso constructivo

Los perfiles hidrodinámicos se construyen a partir de secciones de poliestireno de alta densidad para formar la base principal del perfil. Una vez que las secciones se encontraban unidas entre sí, se recubrieron con dos capas de fibra de carbón, para posteriormente aplicar la sustancia epóxica sobre la fibra y luego introducirla en una especie de "bolsa al vacío" para obtener la terminación deseada.



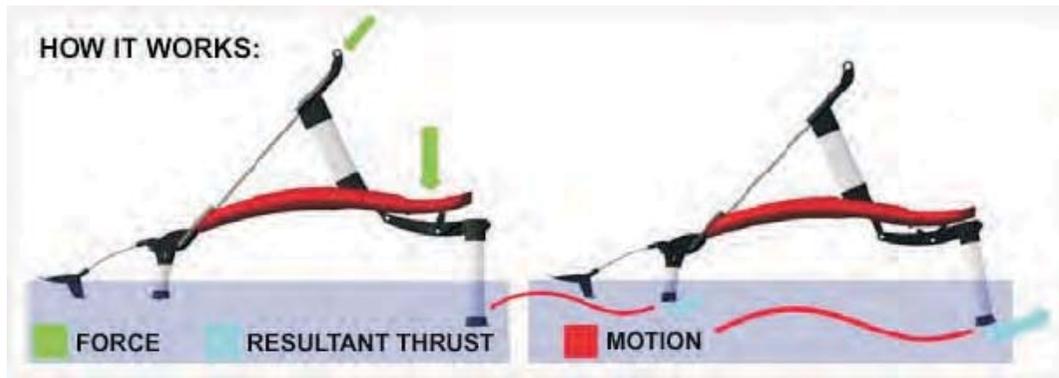
El sistema de fijación del perfil hidrodinámico trasero se hizo mediante una pieza de montaje, la cual fue pegada al perfil transversal con una sustancia epóxica. La pieza estaba prevista de las consideraciones necesarias para prevenir la corrosión. El resultado fue una pieza fijada fuertemente al perfil transversal. Sin embargo la fijación al perfil vertical se hizo mediante pernos, los cuales no fueron del todo efectivos, pues se produjo posteriormente un problema de torsión entre el perfil vertical y el transversal. El perfil hidrodinámico delantero se hizo de una manera similar al posterior.





Item number	Title	Material	Quantify
1	Rear cross brace assembly		1
2	Hull	Pre - preg Carbon fiber	2
3	Steerer tube	Steel	1
4	Mini-tec 25mm angle brackets		4
5	Sea tpost	Alumini um	1
6	45 x 45 UL 2000 Mini-tec		1
7	Trek OCLV 5900 Bike frame	OCLV 110 Carbon fiber	1
8	Front cros brace assembly		1
9	BB shel	Steel	2
10	M8 x 25 socket head cap	Steel	9
11	M8 T - Slot nut - Minitec	Steel	2
12	Crankset (ri ght arm) 53T		1
13	Front foil assembly		1
14	Rear 9s sprocket 11T		1
15	Rear foil & Drive assembly		1
16	Pedals		2
17	Square taper BB		2
18			1
19	Middle 32 tooth sprocket		1
20			1
21	Middle 22 tooth sprocket		1
22			1
23	Seat	Carbon	1

Uno de los vehículos de propulsión estudiados por su similitud con el pez volador (pertenece a la familia de los hidrofoils), es el pumpabike, se había hecho un análisis previo donde se mostraba la particularidad de esta embarcación de no tener cascos y haber suplido los mecanismos de transmisión para lograr el movimiento, cambiando estos por un juego de pivotes y sistemas de resorte, que van de la mano con la destreza del cuerpo para lograr la sustentación y avance de la embarcación.



En el esquema se muestra como al aplicar la fuerza (principalmente en dos puntos que son en la superficie donde se esta de pie y el manubrio), se logra un cambio en el ángulo, tanto del ala trasera como de la delantera, a la vez que se genera un impulso. Estos esfuerzos combinados generan por una parte el avance de la embarcación junto con la sustentación generada por los perfiles hidrodinámicos.



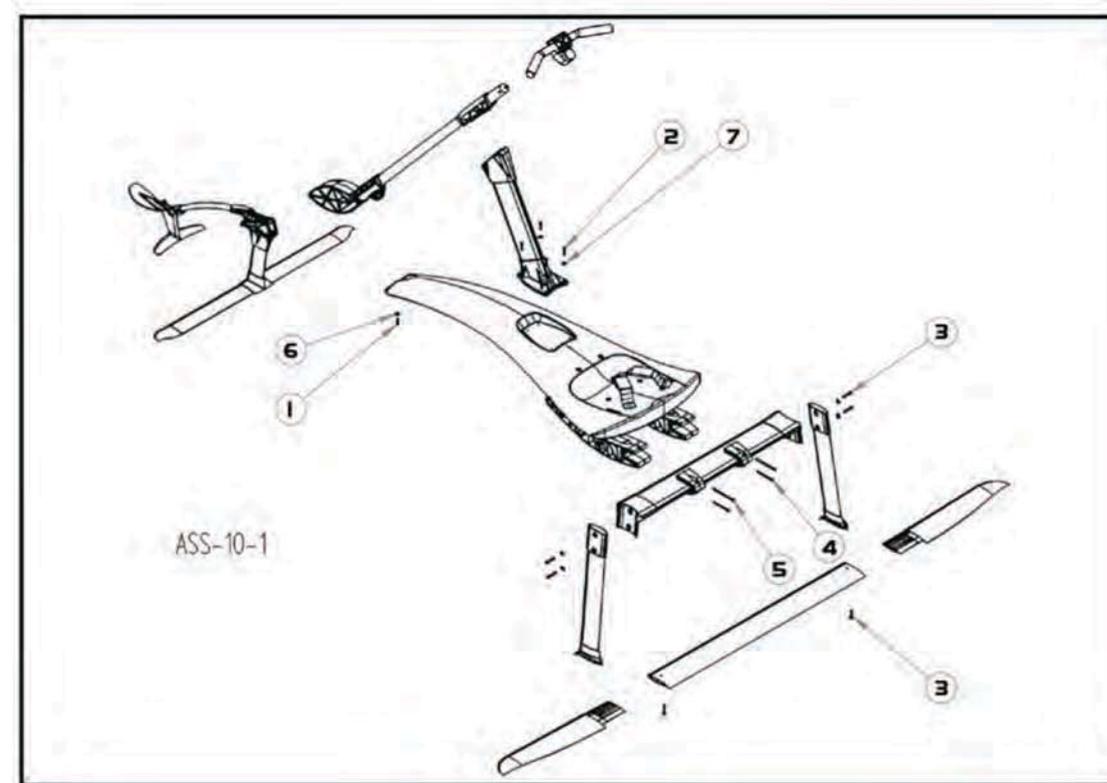
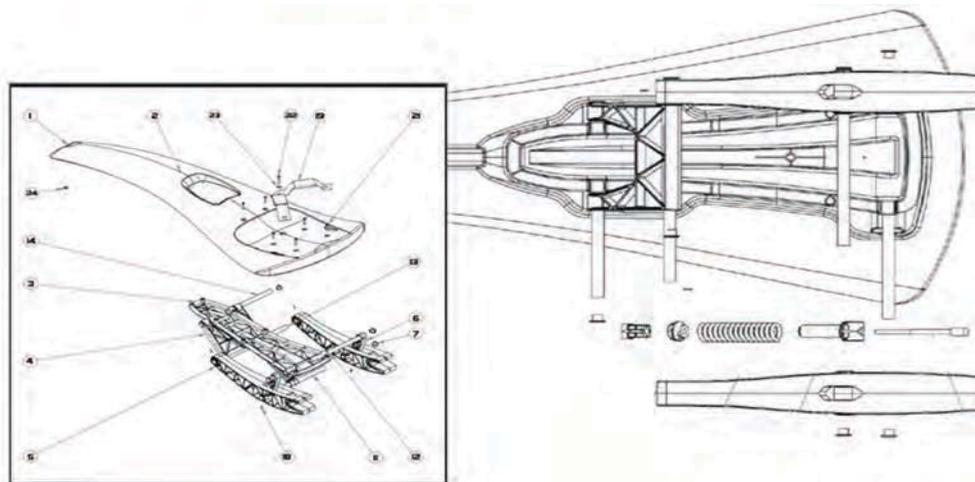
Los logros principales de este diseño son la reducción de la resistencia al eliminar los flotadores, haber alcanzado una muy buena estabilidad y principalmente el eliminar todo tipo de mecanismos externos como es el mecanismo de transformación de energía por medio de pedales y alcanzar la simpleza del juego del movimiento para lograr la sustentación.

- 1-cuerpo
- 2-ala delantera
- 3-par de alas verticales
- 4-ala vertical izquierda
- 5-ala vertical derecha
- 6-soporte del tubo direccional
- 7-tubo direccional
- 8-manubrio
- 9-barra de soporte _alas verticales
- 10-extremos ala mayor
- 11-extremo izquierdo
- 12-extremo derecho
- 14-juego de pernos y tuercas

Especificaciones Técnicas

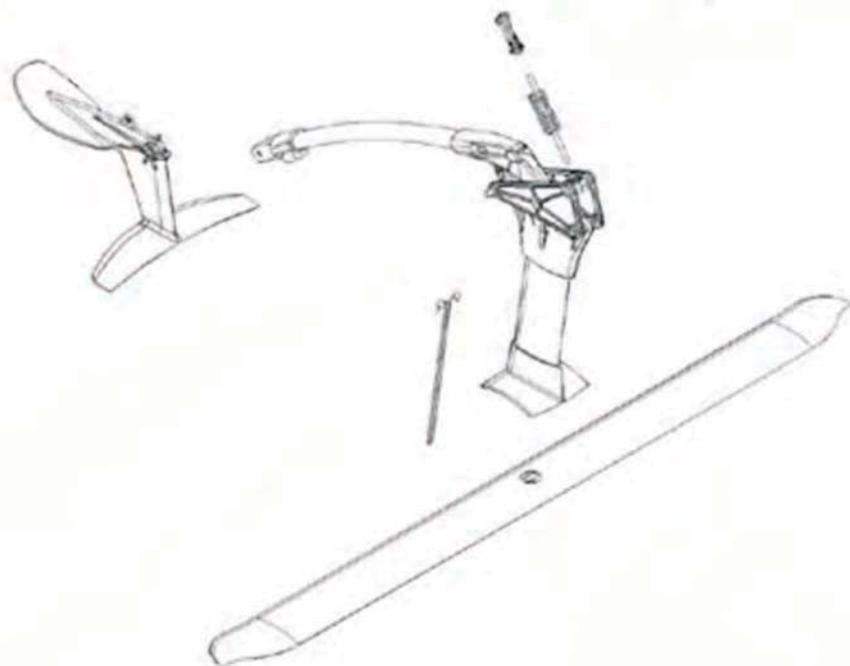
Velocidad máxima	30 kph
Peso	14 kgs
Máx peso soporte	110 kgs
Min peso soporte	35 kgs
Tiempo de armado	10-15 min.

Detalle del cuerpo, superficie que soporta el cuerpo y mecanismo de movimiento



La parte más importante del modelo se encuentra bajo la plataforma donde se apoya el cuerpo, aquí se ubica un sistema de bielas y resortes que genera el impulso de restitución; es el impulso necesario para que la embarcación vuelva a su posición original, donde las alas se encontraban casi en posición vertical, esto para recibir nuevamente la fuerza del peso del cuerpo y generar un nuevo esfuerzo de sustentación y empuje. Esto se repite constantemente y debe realizarse en intervalos de tiempo de similar duración para que funcione correctamente.

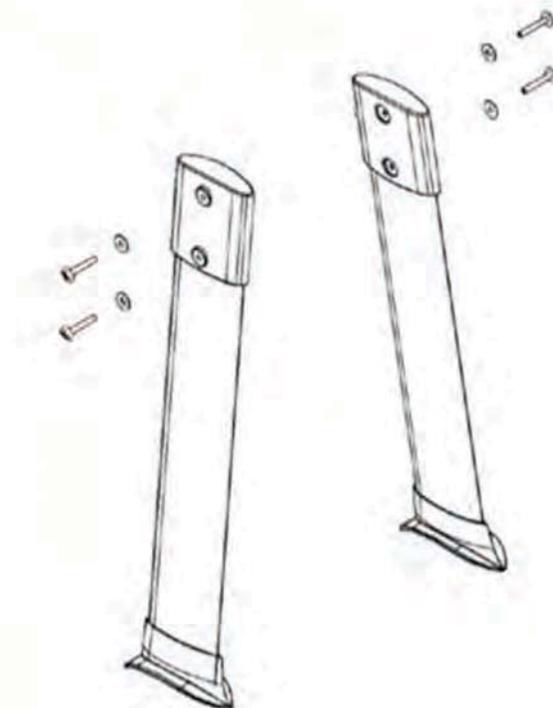
Conjunto de piezas que componen el perfil delantero, ésta aporta el 20% de la sustentación. además del ala hay una pieza en forma de paleta, en el extremo, que aporta estabilidad a la nave .



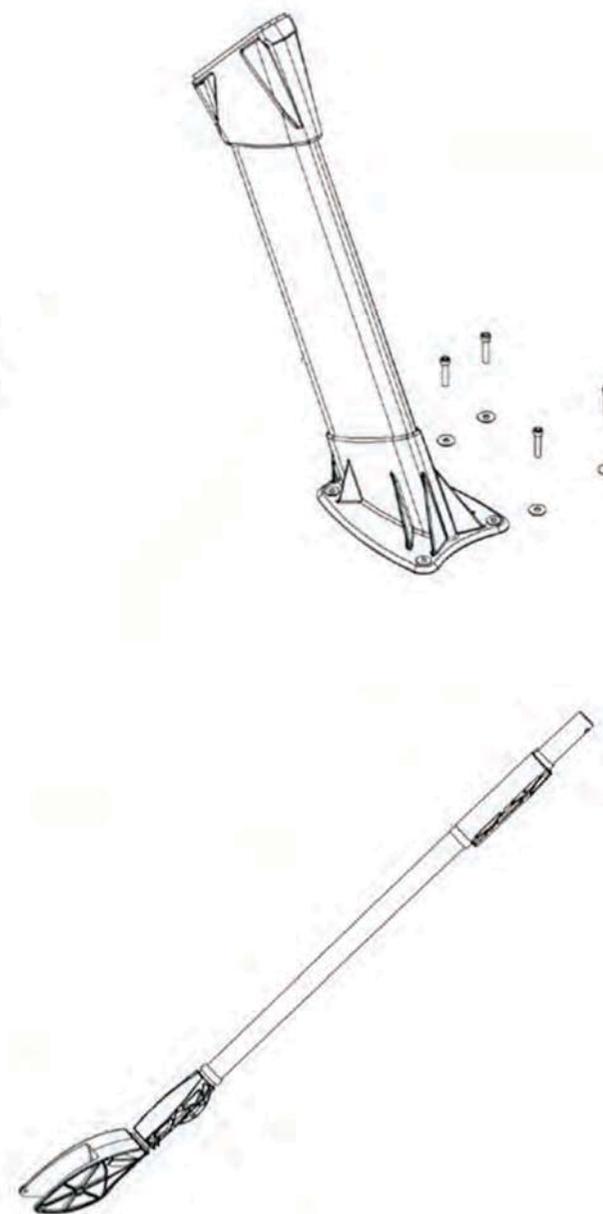
Una de las piezas clave de la embarcación, es la doble ala delantera, una de ellas (la de tamaño medio) es la responsable de la sustentación delantera, esta ala va unida a otra vertical que hace las veces de timón, esta conectada al manubrio y con el giro de este se logra el cambio de dirección. El ala menor es parte de la última pieza que está encargada de ayudar en la estabilidad de la embarcación evitando que cabecee.

Unión entre el cuerpo y el tubo direccional, corresponde a un perfil alar simétrico por que entra en contacto con el agua.

Tubo direccional no necesita un perfil por que no entra en contacto con el agua



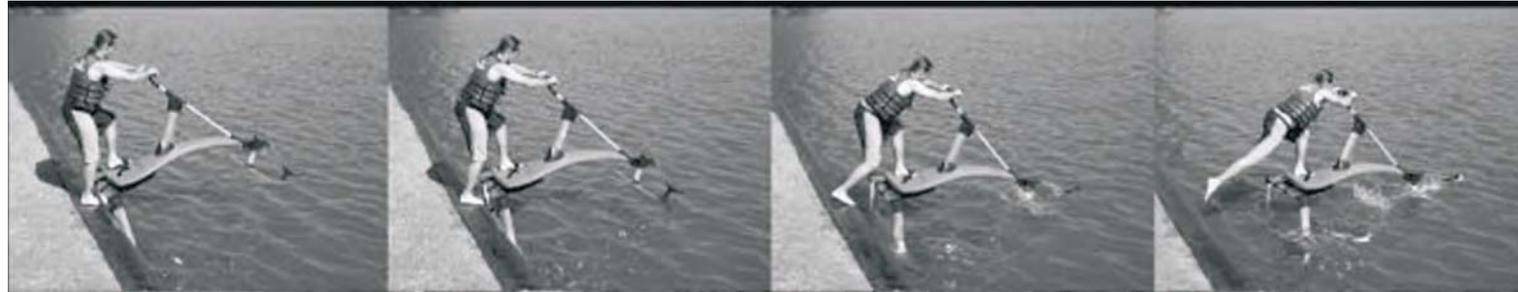
Perfiles verticales, corresponde a un perfil alar simétrico para desviar el flujo de agua lo mejor posible y disminuir el roce. Corresponden al soporte del perfil hidrodinámico trasero



Como una particularidad del diseño de este objeto se encuentra la desarmabilidad lo que permite disminuir su espacio considerablemente y guardarlo en un espacio reducido.



El desplazamiento necesita de un impulso inicial, para eso se necesita alguna plataforma en altura o una embarcación menor. Luego del primer impulso se realizan pequeños saltos en la plataforma que se ubica sobre el ala mayor. los saltos tienen que ser sincronizados, con un cierto ritmo para alcanzar el movimiento ondulatorio que permite el avance y la sustentación.



si se deja de realizar el movimiento el objeto se unde hasta la parte del cuerpo, que corresponde a la plataforma donde se para el usuario. a partir de ese punto el deslizador se mantiene a flote.



Además del empuje continuo que necesita el modelo para mantenerse a flote, es necesario además de un empuje inicial hacia adelante, como punto de partida y que hace entrar en funcionamiento los perfiles hidrodinámicos.

Tanto las alas como la estructura deben ser vacías y se debe evitar que el agua entre en ellas, esto para asegurar que el modelo sea autosustentable y no se unda al estar posado inmóvil sobre el agua. Se busca como mejora que se mantenga a flote incluso con el peso del cuerpo, esto para ver si se puede lograr prescindir de el empuje inicial



aquaskipper 3

Otro modelo de vehículo de transmisión humana sin mecanismos es el aqua skipper, básicamente el mecanismo funciona de la misma forma que en el modelo anterior, pero tiene una diferencia en el mecanismo de resorte, esta simplificado; en este caso el resorte es una pieza, una barra curva que une las dos secciones que pibotean en la parte central de la embarcación. Al aplicar el peso esta barra se curva aun mas acumulando energía que luego al ser liberada genera el esfuerzo de restitución que devuelve la embarcación original.



En la sección delantera este modelo no posee la pequeña ala que tiene el modelo anterior, pero si tiene un elemento que da estabilidad y mantiene un cierto ángulo de ataque del ala delantera. Los demás elementos que constituyen estos dos modelos deportivos se mantienen sin variaciones, incluso las proporciones de la estructura y tamaño de las alas es prácticamente la misma.

Estudio y objetivos

Parte del estudio de las embarcaciones deportivas con hidroperfiles consiste en el desarrollo de un modelo de pruebas a escala 1:2 de este sistema llamado pumpabike. El propósito es el estudio del funcionamiento del sistema teniendo como metas fundamentales:

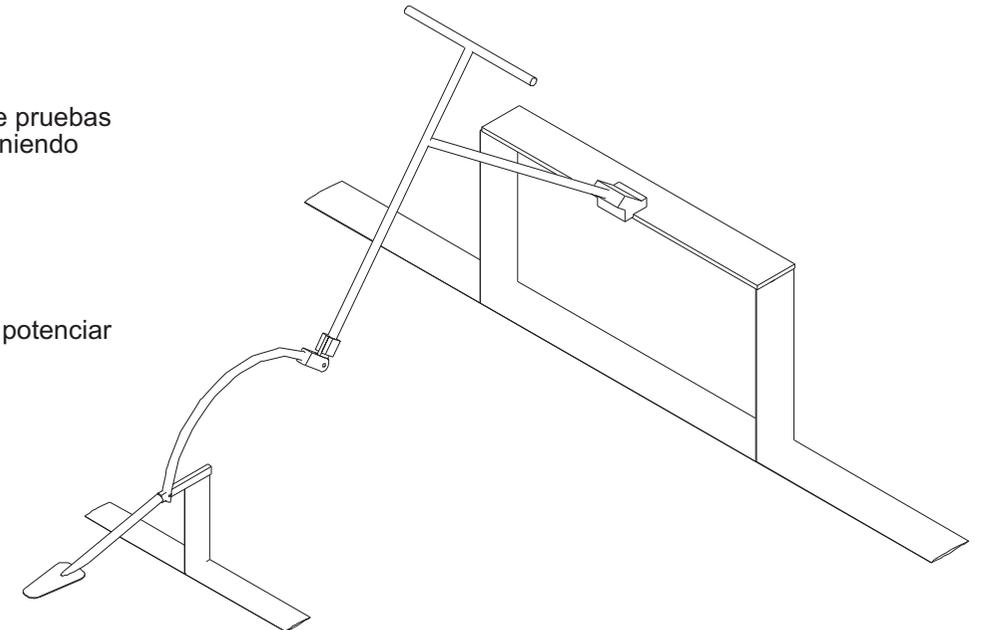
- El desarrollo de un perfil hidrodinámico que logre de manera eficiente el avance y sustentación.
- Lograr entender y desarrollar los principios que permiten el funcionamiento del aparato.
- Identificar las piezas y mecanismos principales del sistema.

Como meta final esta la construcción de un prototipo que además de funcionar de manera eficiente se logren potenciar

Primer acercamiento a la forma

La primera parte del estudio de este modelo trata de encontrarse con la forma y con sus tamaños. Como un primer acercamiento a esto se construye un dibujo tomando como referencia los únicos datos con los que contamos que son fotografías con las cuales podemos sacar medidas y proporciones, teniendo algunos datos previamente como por ejemplo el tamaño del perfil hidrodinámico mayor.

Además contamos con algunos videos que son de mucha utilidad para lograr entender el funcionamiento y tratar de determinar los principios responsables de su avance y sustentación.



modelo a escala 1:8

Dada la escala trabajada y los materiales usados la maqueta no representa una buena experiencia para comprobar la sustentación, en este caso comprobar si el modelo es autosustentable no es posible ya que la densidad y espesor de los materiales no están escalados. Tampoco es posible verificar la fuerza de sustentación generada por las alas por un problema de tamaño. Es necesario tener una experiencia 1:1 para poder hacer un buen análisis del modelo y obtener todos los resultados deseados ya que para que el modelo avance requiere de la destreza del cuerpo, requiere de un contacto directo que desaparece al escalar el modelo.



Sistema de pivotes

Para que el modelo pueda cambiar los ángulos de ataque tanto de el ala trasera como el de la delantera necesita de un sistema de pivote. El modelo, al igual que la versión original posee 2 pivotes:

Uno que sostiene parte de la sección de la estructura y que esta directamente relacionado con el cambio de ángulo del ala trasera. Un segundo pivote que sostiene el ala delantera y cambia su ángulo a medida que el modelo avanza.

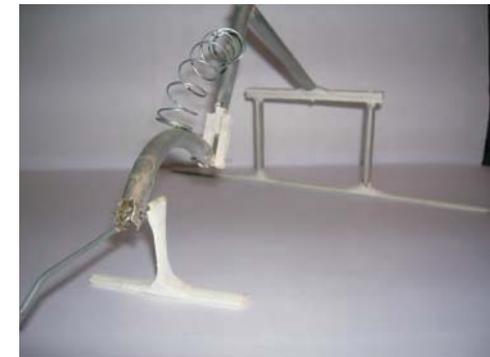
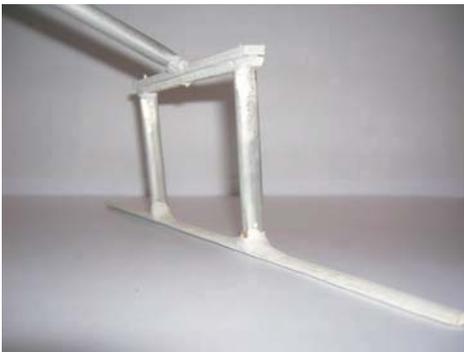


Dirección del empuje

Una de las primeras hipótesis que nacen de la interacción con el modelo esta relacionada con la dirección del empuje, el empuje que genera el cuerpo no es vertical hacia abajo sino que tiene una cierta inclinación hacia delante, esto es lo que genera un cambio en el ángulo de ataque, y por consiguiente, en la sustentación.

Fuerza de restitución

No basta solo con el empuje que hace el cuerpo para que el modelo se mantenga a flote y avanzando, se necesita además de una fuerza de restitución, es decir, de un elemento que devuelva el modelo a su posición original para comenzar con un nuevo empuje. Para este efecto el modelo posee un elemento probablemente de fibra de vidrio o de carbono que acumula energía cuando se genera el empuje y la libera cuando este cesa. Representado en nuestro modelo a escala por un resorte que se comporta de la misma forma.

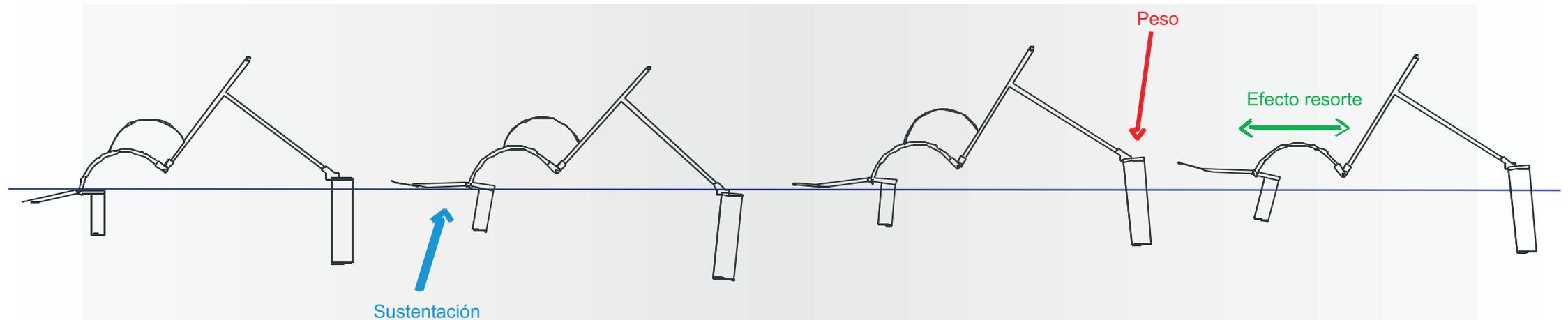


En el primer dibujo se puede ver como ambas alas permanecen verticales ya que no hay ningún peso sobre ellas.

Al pasar al segundo dibujo se puede apreciar como la fuerza ejercida por la persona genera un aumento del ángulo de ataque del ala trasera aumentando la sustentación. A su vez el ala delantera que tiene un pivote libre es empujada hacia arriba por la fuerza que ejerce el agua, lo cual genera también un aumento en el ángulo de ataque cuando.

Cuando el efecto de la fuerza comienza a disminuir entra en juego el resorte que une la estructura con la pieza delantera. Este resorte acumuló la energía entregada por el peso y ahora la libera empujando los pivotes en sentido contrario lo que hace cambiar el ángulo de ataque a uno negativo, lo que evita que el modelo salga del agua.

Cuando esta fuerza comienza a disminuir vuelve a la posición inicial, ahí es cuando se debe dar un nuevo empuje para comenzar de nuevo el ciclo y mantener una sustentación constante.



Primer modelo de pruebas



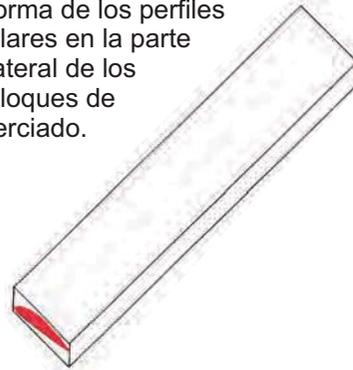
Esta primera etapa de Taller de titulación culmina con la construcción de un modelo a escala del pez volador. Basándonos en los planos de éste, y en la investigaciones realizadas, el modelo se construye con el propósito de ser probado en el canal de pruebas de la Universidad Austral de Valdivia.

1.1 Perfiles hidrodinámicos

1 Lo primero que se realiza es el corte del terciado marina en bloques que permitan posteriormente inscribir el volumen de los perfiles hidrodinámicos.



2 Luego se marcan la forma de los perfiles alares en la parte lateral de los bloques de terciado.



3 Los bloques de madera son cepillados para sacar el exceso de madera, y así darle la forma del perfil marcado.



Madera a cepillar



4 Una vez cepillada, el ala es lijada para terminar de darle la forma al perfil. Luego se le aplica una capa de masilla mágica para darle un mejor acabado a la superficie del ala.



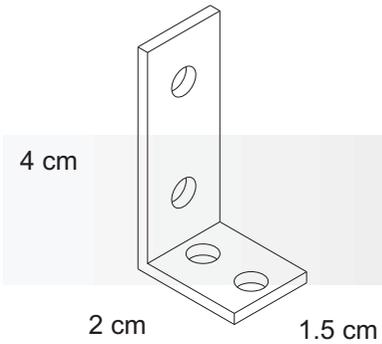
Montaje y fijación

Se realiza un sacado tanto al ala vertical, como al ala horizontal. De este modo, la pieza que fijará ambas alas quedará ubicada internamente.

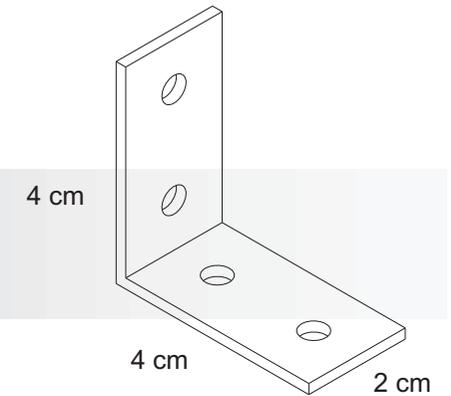


Construcción de piezas en "L" de aluminio, éstas cuentan con los orificios que permitirán posteriormente remachar la pieza al ala correspondiente. Cada ala vertical se fija al ala horizontal mediante dos de estas piezas.

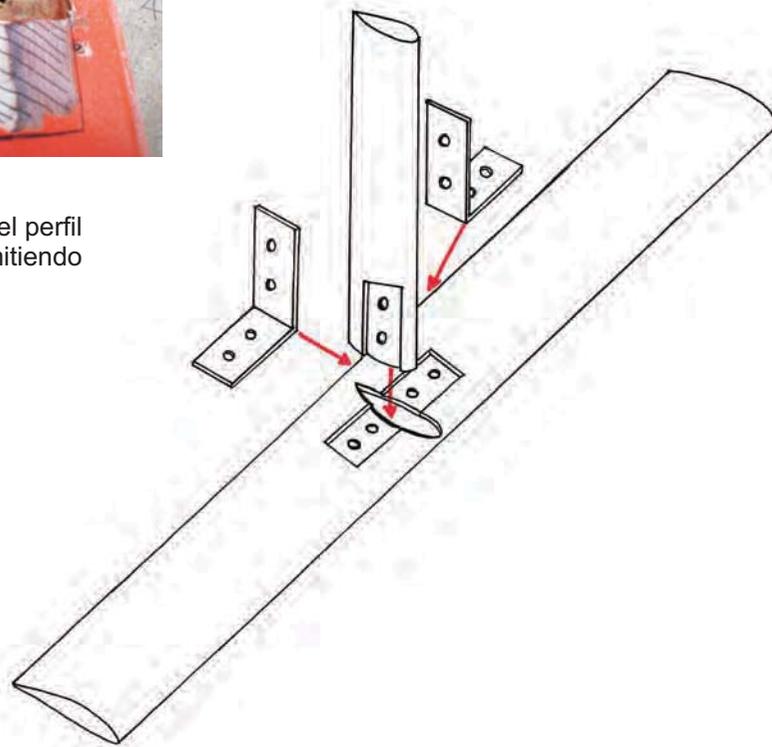
Pieza ala chica



Pieza ala grande



También se realiza una perforación en la superficie del perfil horizontal con la forma del perfil del ala vertical, permitiendo así un mejor montaje de ambas partes.



Se realiza la unión de las alas, mediante las piezas de vínculo, las cuales van remachadas a la madera.

Posteriormente se rellena con masilla mágica para volver a darle la forma del perfil.



Refuerzo perfil hidrodinámico horizontal

Se realiza un refuerzo del ala horizontal para contrarrestar la fuerza de tracción a la cual está sometida el ala en su parte inferior. Para esto se construye con una pletina de fierro esta pieza, la que será ubicada del mismo modo que las piezas de fijación.



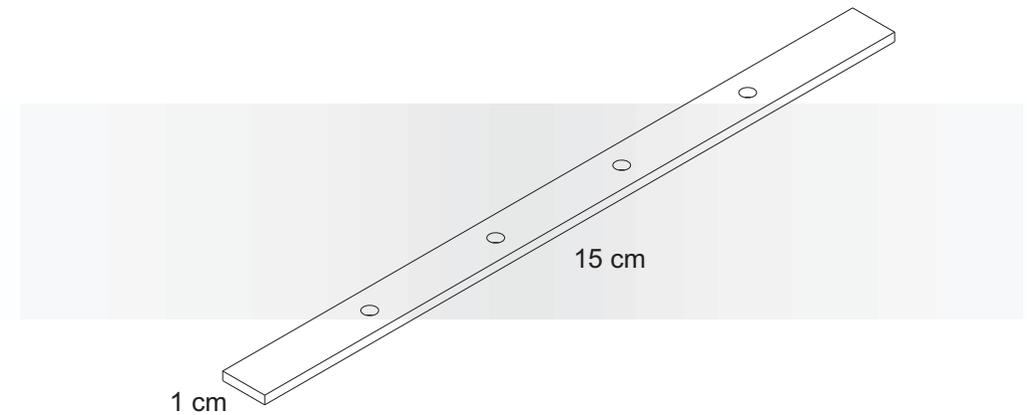
Pletina de fierro



Se realiza el sacado correspondiente para poder colocar la pieza.

La pletina se fija en la parte inferior del perfil mediante 4 remaches. Posteriormente se rellena con masilla mágica el orificio para volver a dar la forma del perfil alar.

Fijación de los perfiles hidrodinámicos a la estructura



Las alas deben ser fijadas a los flotadores. Para esto se corta un perfil de aluminio el cual permitirá unir los dos flotadores y a la vez ubicar en él los hydrofoils.

1.2 Primer sistema de fijación

Posteriormente se construye una pieza que va a permitir fijar el ala. Esta pieza hace posible regular la altura de esta mediante dos pernos ajustables.



Al ajustar los pernos, éstos juntan las pletinas (que tienen la forma del perfil), presionando, de este modo, el perfil hidrodinámico vertical.

Para una mejor fijación del ala, la parte que se encuentra en contacto directo con ella lleva una goma, a modo de antideslizante, impidiendo que los hidroperfiles se bajen de su posición.

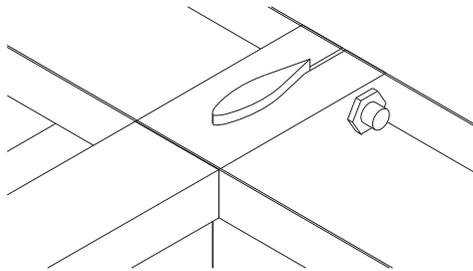
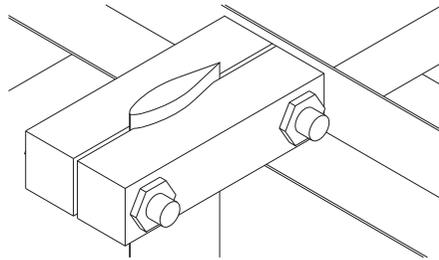
Ambos perfiles hidrodinámicos se fijan de la misma forma. De este modo quedan listos para ser fijados en el catamarán.



1.3 Segundo sistema de fijación

Se realiza un segundo sistema para fijar las alas, puesto que tras la primera prueba del modelo, nos percatamos que el anterior permitía el pivoteo del hidropel. El nuevo sistema de fijación consta de un perfil de aluminio en "U", el cual lleva en su interior un bloque de madera con la forma del perfil alar. Se ajusta, al igual que el anterior, mediante pernos que aprisionan el perfil.

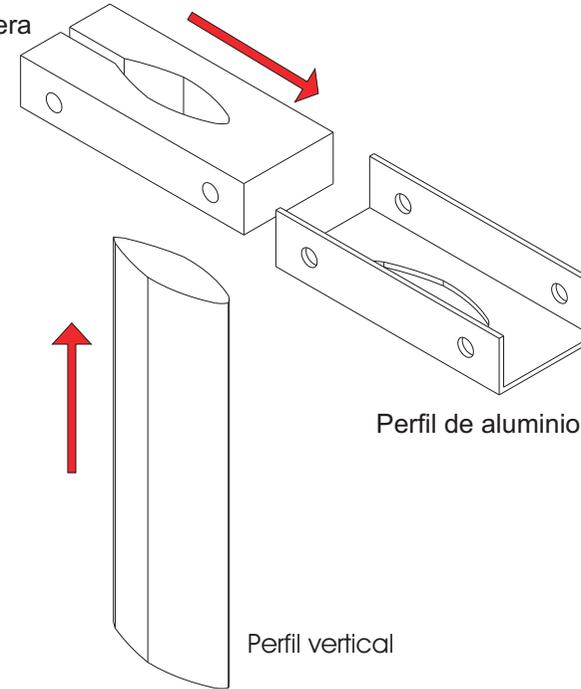
El perfil hidrodinámico delantero se fija mediante una pieza de madera, la cual posee dos pernos que permiten apretar el perfil hidrodinámico vertical. La pieza de madera se fija al perfil de aluminio; de la estructura central; mediante remaches.



Sistema de fijación perfil pequeño

El perfil hidrodinámico trasero se fija similar al delantero, se utiliza también una pieza de madera, la que posee un perno que permite apretar el perfil vertical. La pieza de madera se fija al perfil de aluminio transversal.

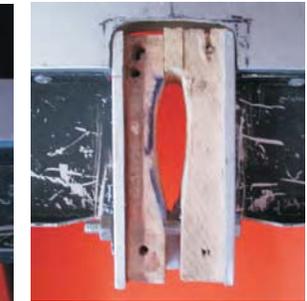
Bloque de madera



Perfil de aluminio

Perfil vertical

Sistema de fijación perfil grande



1.4 Cascos catamarán

Para construir los flotadores del catamarán se utilizan tubos de PVC de 11 centímetros de diámetro y 90 centímetros de largo.

Estos son marcados para posteriormente darles la curvatura necesaria del flotador.

Se utiliza pistola de calor para ablandar el PVC y así poder curvar los tubos y darles la forma de los flotadores. Son curvados en ambos extremos.



Una vez curvos, se coloca una goma en el diámetro interno de lo que será la proa del catamarán, esto permitirá posteriormente fijar a presión las puntas de los flotadores.



Aplicación de agorex a la goma



1.5 Proa y popa

Para realizar las puntas de proa y popa de los flotadores se utiliza espuma de poliuretano (preparación de dos componentes en proporción 1:1).

Se construyen bloques sólidos de poliuretano (utilizando envases plástico de molde). Posteriormente se realiza un proceso en el cual se le da la forma a mano, una especie de tallado del bloque.

Una vez dada la forma aproximada se lijan las piezas para darle un mejor acabado.



Una vez lijadas proas y popas, se aplica masilla mágica para dar firmeza y a la vez igualar la forma de de las piezas homólogas.

La masilla también es lijada, otorgándole a los modelos el acabado de la superficie.



Fijación al catamarán

Las puntas de proa se fijan mediante la goma interna de los flotadores, quedando puestas a presión.

Las puntas de popa se fijan antes de aplicarles masilla mágica en las superficies. A diferencia de la proa, en la popa se coloca un plástico polietileno, para impedir cualquier filtración de agua.

Proa



Popa



Una vez colocadas las piezas en los flotadores, se vuelve a aplicar masilla mágica en la unión de estas con los flotadores. Posteriormente, para un mejor sellado y pegado, se aplica una capa de sycaflex en la misma zona.



1.6 *Proceso de pintado modelo*

Una vez que lo flotadores están listos, son pintados con esmalte spray negro. Luego son barnizados con “barniz poliuretano”.



Finalmente los perfiles hidrodinámicos son pintados para posteriormente ser montados en la estructura del catamarán.

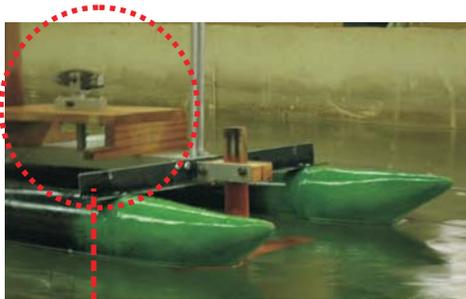
1.7 *Armado*

Los hidroperfiles se fijan a los flotadores mediante remaches pop. Se fijan siguiendo las medidas reales del “Pez volador”.



1.8 Arreglos realizados en el canal de pruebas

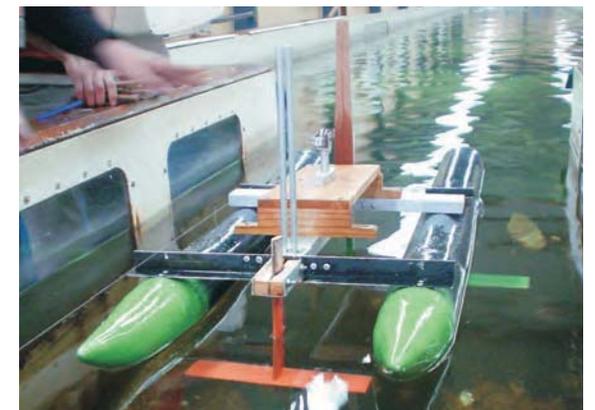
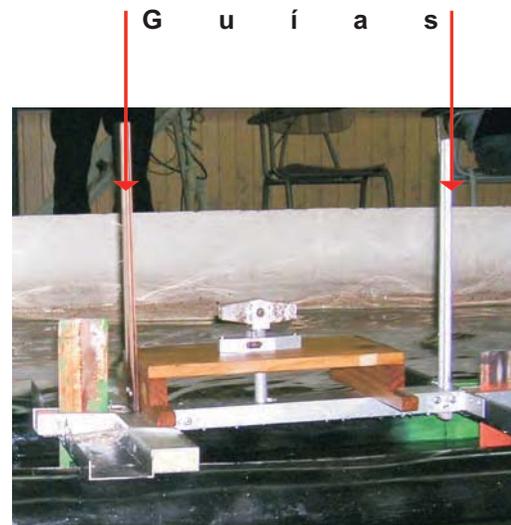
Para poder realizar las pruebas en el canal, se debe colocar una plataforma de madera sobre el modelo, puesto que la



El soporte está compuesto de dos partes, una de ellas es de madera y va fija al modelo y que posee un agujero en el centro por el cual pasa la otra pieza que va unida al cable que mueve al modelo. El cable, a su vez, se conecta a un motor que permite el remolque del modelo.

Además de incorporar esta pieza, se disponen tanto en la popa como en la proa guías, de este modo se evita que el modelo se desvíe, manteniendo así una dirección recta.

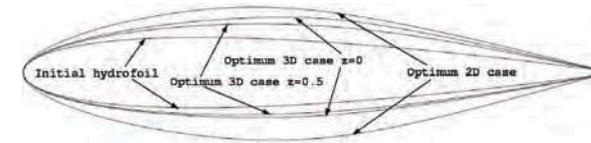
Detalle de la pieza conectora



2.1 Aspectos técnicos del modelo

El primer estudio previo de los perfiles hidrodinámicos nos llevó a dar con éste perfil que nos permitió realizar distintas combinaciones de curvaturas alares.

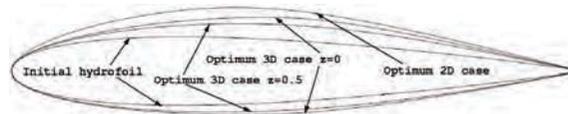
Para el modelo se construyeron 4 perfiles hidrodinámicos. Dos perfiles delanteros y dos perfiles traseros, para poder realizar distintas combinaciones al momento de probar el modelo.



Primer par de perfiles hidrodinámicos

Perfil horizontal:

Para este perfil se considera la curva superior más pronunciada, y para la curva inferior la segunda curva. De este modo la curva superior es más pronunciada que la curva inferior, lo cual producirá una diferencia de presión que permitirá que el modelo se levante.



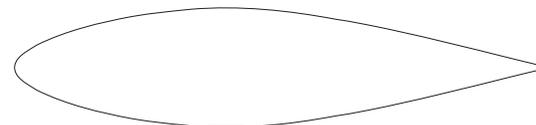
Los dos perfiles horizontales de este juego de hidroperfiles tienen la misma forma alar, ajustándose a los tamaños reales de "pez volador"

Cuerda hidro perfil grande: 6.5 cms
Cuerda hidroperfil chico: 4.5 cms

Perfil vertical:

Para éste se utiliza un perfil simétrico, de modo que el agua fluya del mismo modo a ambos lados del perfil. Se utiliza en mismo tipo de perfil en los dos perfiles verticales.

Cuerda hidroperfil grande: 5.5 cms
Cuerda hidroperfil chico: 4.4 cms

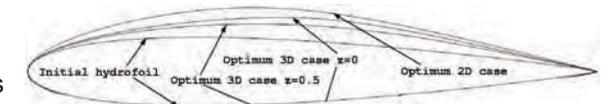


Segundo par de perfiles hidrodinámicos

Perfil horizontal:

Para este perfil se mantiene la curva superior (utilizándose la más pronunciada), para la curva inferior se utiliza la menos pronunciada, de modo que la diferencia entre la superior y la inferior es mayor.

Cuerda hidroperfil grande: 6.5 cms
Cuerda hidroperfil chico: 4.5 cms



Perfil vertical:

Para este perfil se utiliza la misma forma que tienen los hidrofoils anteriores, es simétrico. Se utiliza el mismo para el ala grande que para el ala pequeña, siempre siguiendo los tamaños del "pez volador".

Cuerda hidroperfil grande: 5.5 cms
Cuerda hidroperfil chico: 4.4 cms

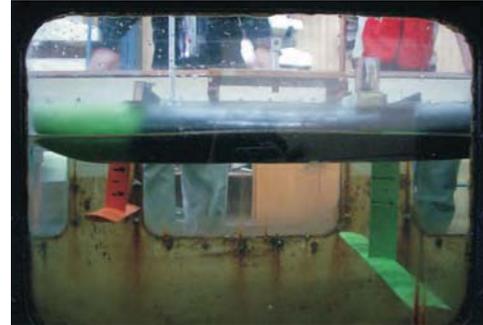
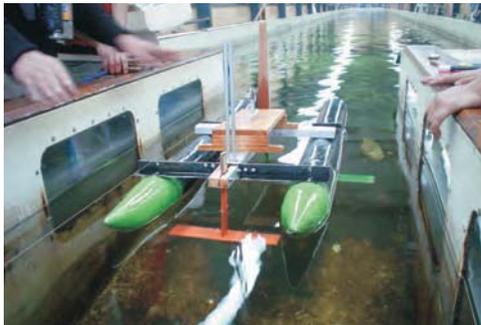
Este par de alas presenta un cambio en el ángulo de ataque. Se disminuye el ángulo del ala pequeña, y se aumenta el del ala trasera.

Se realizó una prueba del modelo en Puerto Montt, donde éste fue remolcado por el catamarán que se encuentra en la embarcación amereida. De esta experiencia pudimos saber que los primeros hidrofoils construidos sustentaban al modelo, aunque la turbulencia provocada por el catamarán dificultaban las pruebas. Es por esto, que la prueba real del modelo en el canal de pruebas, puesto que tirándolo desde el catamarán, el modelo debía pasar por las olas producidas por éste, lo que dificultaba ver el real funcionamiento de modelo..

2.2 Pruebas en el canal de Valdivia

En Noviembre del año 2005 se realizan las primeras pruebas con un modelo a escala del "pez volador".

Se realizaron alrededor de 25 pruebas de remolque del modelo, en las cuales se pudo comprobar la eficiencia de los perfiles hidrodinámicos construidos en esta oportunidad



Las primeras pruebas del modelo se realizan con el primer juego de alas construido.

En las primeras pruebas realizadas el modelo no se levanta, lo que llevó a probar distintas posiciones de las alas, ya sea, variando el ángulo de ataque o la profundidad de éstas.

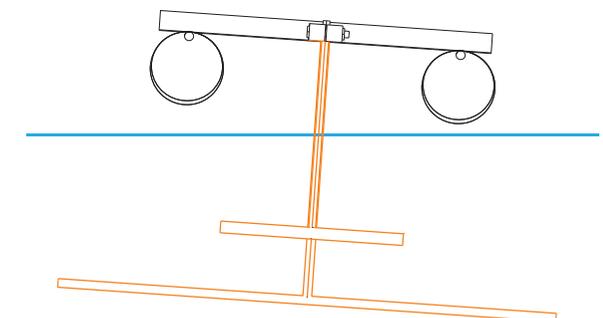
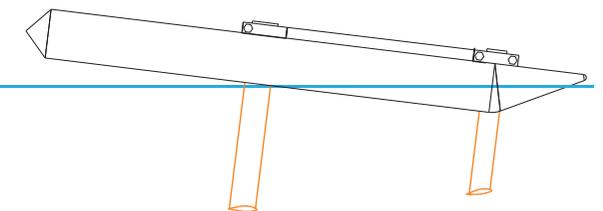
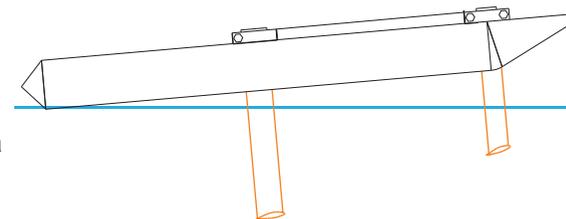
Las primeras pruebas que se realizaron se hicieron siguiendo las medidas originales del pez volador. De este modo el modelo no logró elevarse.

Luego se aumentó el ángulo de ataque del hydrofoil delantero. Éste se aumentó en exceso, con lo cual el modelo elevó la proa bruscamente, para luego encabuzarse.

Posteriormente se disminuye el ángulo de ataque del hidroperfil delantero, y se aumenta el ángulo del hidroperfil trasero. El modelo se eleva, pero tiene problemas de estabilidad, se escora levemente a babor, al parecer, por problemas constructivos (ya que los cascos no tenían en mismo peso).

Luego se realizan pruebas tratando de igualar los pesos de los flotadores. Primero se le colocan 700 gramos a estribor, y 500 a babor. Esto por la diferencia de pesos que había entre los flotadores. Con esto el modelo se escoró a estribor. Por lo tanto en la siguiente prueba se colocaron 600 y 500 gramos respectivamente. Con estos pesos el modelo se eleva, pero al llegar a los 1.9 m/s se escora a estribor.

Se realiza un prueba cambiando el ala trasera, por la otra que tenía mayor ángulo de ataque. Este cambio produce un mayor levantamiento de la popa (7 centímetros aproximadamente), sin despegarse por completo del agua.



Luego se realiza una prueba con 250 gramos a babor. El modelo levanta sólo la popa y se escora a estribor.

Posteriormente se vuelve a cambiar el ala trasera por la anterior, ya que había dado mejores resultados. Las siguientes pruebas se hacen con los primeros hydrofoils, haciendo sólo cambios en la posición de éstos.

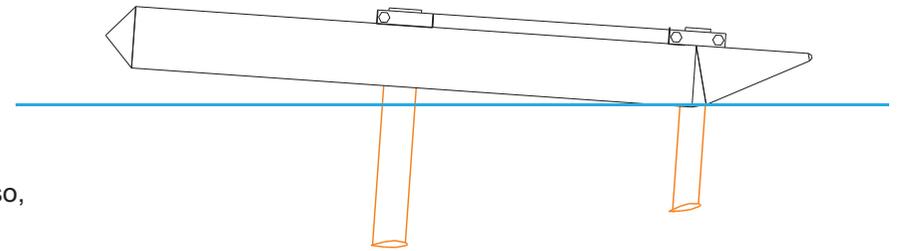
Se aumenta el ángulo del perfil delantero, con lo que el modelo no funciona. Luego se vuelve a aumentar el ángulo del ala delantera, y se disminuye un poco el ángulo del ala trasera. Con esto el modelo se eleva en exceso, lo que lo hace completamente inestable, pues el centro de gravedad se eleva demasiado. El modelo se levanta alrededor de 18 centímetros.

Después levantamos el ala trasera,. Con este cambio el modelo se eleva cuando llega a los 1.9 m/s, y a los 1.92 el modelo se escora a babor.

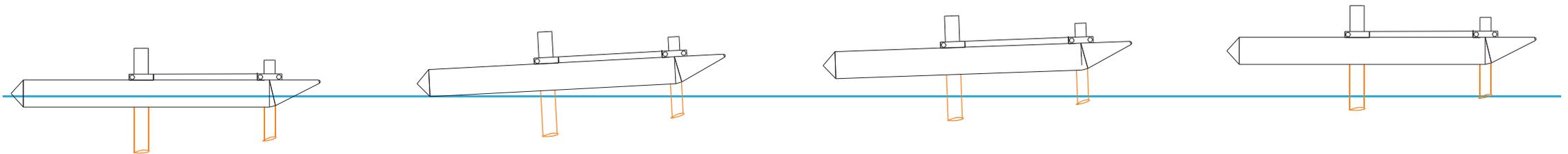
En las siguientes pruebas las alas comienzan a subirse, dejando una menor parte del perfil sumergido, de este modo el modelo no se eleva tanto, y se hace más estable.

Luego las alas se levantan, hasta el punto que la pequeña que sumergida 12.5 centímetros, y la grande 25 centímetros bajo el nivel del agua.

Luego de esta cambio el modelo logra elevarse entre 10 y 12 centímetros, manteniéndose estable, sin escorarse. Las mejores resultados se logran entre los 1.9 y los 2.1 m/s.



2.3 Secuencia del desempeño



Traspaso de mts/seg a Nudos:

La velocidad en mts/seg (velocidad que arroja el canal de pruebas) se divide por 0.5144 para tener la velocidad con que se desplaza el modelo en nudos. Luego para tener la velocidad a la cual se desplazaría el prototipo, el resultado anterior se multiplica por la raíz cuadrada de la escala.

El modelo pesa alrededor de 5 Kilogramos, sin embargo el peso del modelo a escala debería ser de 12 kilogramos.

A una velocidad de 1.9 m/s, es decir a 3.69 nudos, el modelo se eleva. Lo cual quiere decir que el prototipo real se elevaría a 5.22 nudos.

A una velocidad de 2.1 m/s, es decir a 4.08 nudos, el modelo también logra elevarse establemente. A escala real, esto sería 5.77 nudos.

Finalmente el ala delantera y el ala trasera, logran los mejores logros con 15° y 5° de inclinación respectivamente en su ángulo de ataque..





2.3 Análisis de la estela

Baja velocidad · Casco en contacto con el agua

Cuando el modelo se desplaza a bajas velocidades, se comporta como un catamarán normal, por tanto el casco va en contacto con el agua. Al existir una superficie mayor en contacto con el agua la estela es mas gruesa y parte desde la popa del catamarán con el mismo ancho de este y se van engrosando hacia atrás.

Si se observa mas detenidamente se puede notar una ola que se forma en la proa, esta se va abriendo con mas inclinación que las de popa y no alcanza a juntarse con el resto, pero es la que más efecto tiene sobre la velocidad de desplazamiento por que es la que se forma cuando el catamarán se abre paso por el agua.



Al elevarse el casco se elimina el roce se éste con el agua, actuando el flujo sobre una pequeña área que corresponde a los perfiles hidrodinámicos, lo que se ve reflejado en la diferencia que presentan las estelas en los dos momentos.

Alta velocidad · Cascos fuera del agua

A una velocidad determinada comienza a actuar la diferencia de presión, levantando los cascos del agua. Es en ese momento cuando se observa una considerable disminución de la estela que deja el modelo. A pesar de ser mucho más delgada, se comporta de una manera similar, partiendo muy angosta y enanchándose hacia atrás. Esta diferencia en el tamaño de las estelas es la que evidencia la disminución en el efecto de roce sobre el modelo



Segundo modelo de pruebas 

Todos los modelos previos desarrollados del "Pez Volador" presentan distintas aplicaciones de la hidroala que dará la sustentación a la nave.

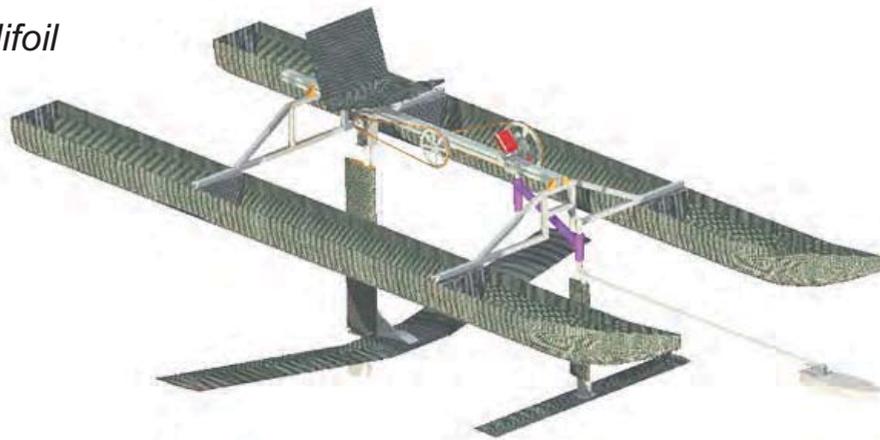
1.1 *Pez Volador*

El primer caso es el del prototipo original, diseñado y construido por Alec N. Brooks y Allan V. Abbott., estudiado también como proyecto de título de un alumno de la escuela. El modelo presenta 2 perfiles horizontales, uno más grande que el otro, vinculados a la nave por un único perfil vertical. Dicha nave presentaba muchos problemas de estabilidad, sobre todo al bajar la velocidad, en el momento en que los flotadores vuelven a tocar la superficie del agua.

Las proposiciones formales que se mantendrán en el nuevo modelo serán::

- tamaño y ubicación del perfil hidrodinámico
- sistema de impulsión por hélice y pedales
- flotadores (se realizarán pruebas con 2 tipos distintos de flotadores.)
- cambio de ángulo de ataque del perfil delantero.

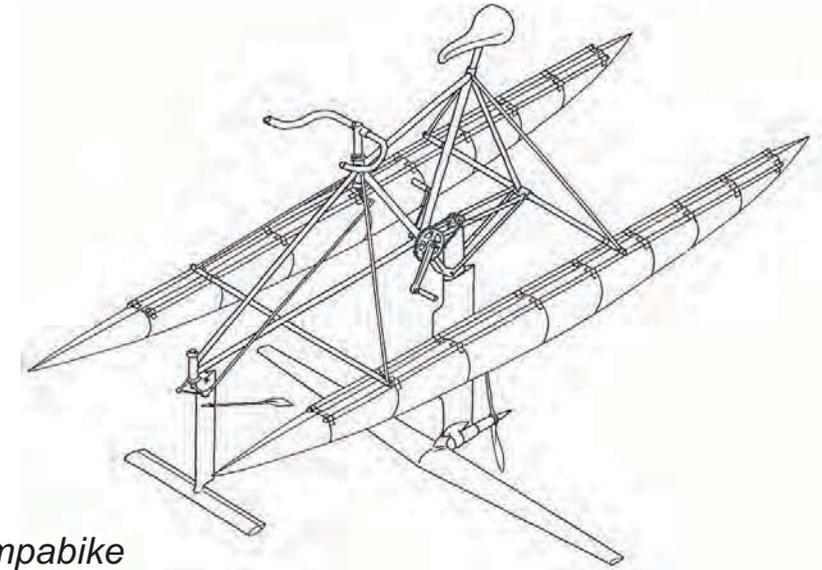
1.2 *Halifoil*



En un segundo modelo, desarrollado por un grupo de estudiantes de la Universidad de Dalhousie, Canadá, también se usaron 2 perfiles horizontales, pero intentando lograr mayor estabilidad, a uno de ellos se le dio un ángulo diedro, ya que este al escorarse la nave, le da mayor restitución.

De esta propuesta, se mantendrá:

- ángulo diedro para el perfil trasero
- centro de gravedad más bajo por la ubicación del conductor
- sistema de impulsión por hélice y pedales
- cambio de ángulo de ataque del perfil delantero



1.3 *Pumpabike*

En otros modelos como el pumpabike o el aquaskipper, que si bien su forma es absolutamente distinta a la del Pez, su relación es el uso de la hidroala como principal mecanismo, pero en este caso, la sustentación se logra mediante la deformación de la nave por la fuerza ejercida por el conductor, su propio peso y su movimiento, de modo que el perfil cambia su posición y la nave avanza.

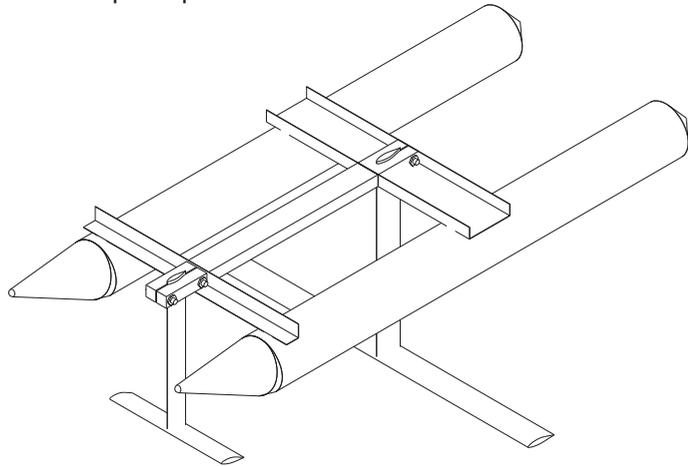
Del pumpabike se adquiere:

- doble perfil vertical, para aumentar la estabilidad de la nave
- cambio de ángulo del perfil delantero



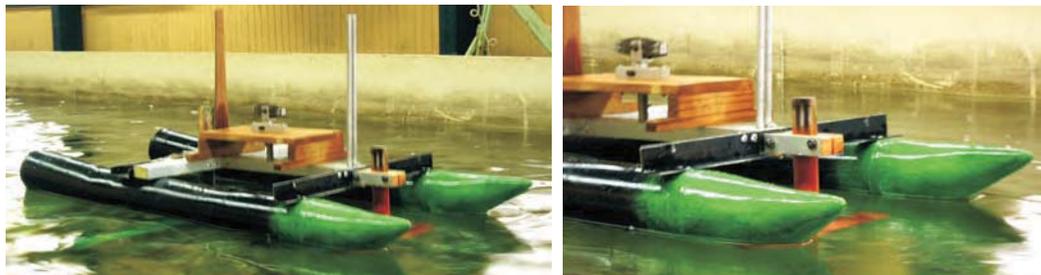
1.4 Prototipo a escala

Luego de estudiar las distintas aplicaciones del perfil hidrodinámico, principalmente en modelos deportivos en los que se usa un perfil alar para obtener la sustentación, se construyó un modelo, escala 1:2, para el que se conservaron las medidas del pez volador original (manga, eslora, profundidad y ubicación de los perfiles alares) con el que se realizaron pruebas en el canal de la Universidad Austral de Valdivia. Los resultados fueron muy positivos, ya que el perfil elegido para la nave se desempeñó muy bien, dándole la sustentación necesaria para que se elevarse.



Con una profundidad de 12,5 cms el perfil pequeño y 25 cms el perfil grande, los resultados obtenidos fueron:

A 1.9 m/s (3.69 nudos) se eleva. A escala real se elevaría a los 5.22 nudos.
A 2.1 m/s (4.08 nudos, también se eleva. A escala real sería 5.77 nudos.



Principales resultados obtenidos en el canal

Escora

Debido a el drástico cambio en el centro de gravedad en el momento en que los flotadores pierden contacto con el agua, trasladándose todo el peso al las verticales, el prototipo se escoraba con leves irregularidades generadas por su propio desplazamiento.

Angulo de ataque

Se debe variar repetidamente el angulo de ataque de los perfiles, ya que en ellos radica la sustentación que generará, el comportamiento durante la trayectoria y la

A su vez, se debe determinar la relación entre el angulo de ataque delantero y el trasero, ya que, por ser el delantero el que determina el momento de despegue de la nave, influirá en el angulo del perfil trasero y por consiguiente, en la sustentación que este generará.

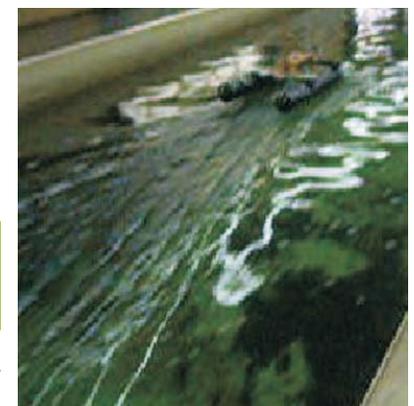
Profundidad de los perfiles

En un comienzo, los perfiles estaban a 25cms el ala delantera y 42 cm el ala trasera, de profundidad, con lo que el pez no logró elevarse. Posteriormente las medidas se modificaron a 12,5 cm y 25 cm, con las que si se elevó. Cabe considerar que el pez no fue probado con los 12 kgs que debía pesar (suma del peso de la nave y el conductor a escala) sino que con 5 kgs.

En conclusión, es valido plantear que una de las variables para lograr la sustentación requerida, además del tipo de perfil y el ángulo de ataque, es la profundidad de la misma.

$$\frac{\text{Mts/seg}}{0.5144} = \text{Nudos}$$

Para obtener la velocidad real, el resultado se multiplica por la raíz cuadrada de la escala



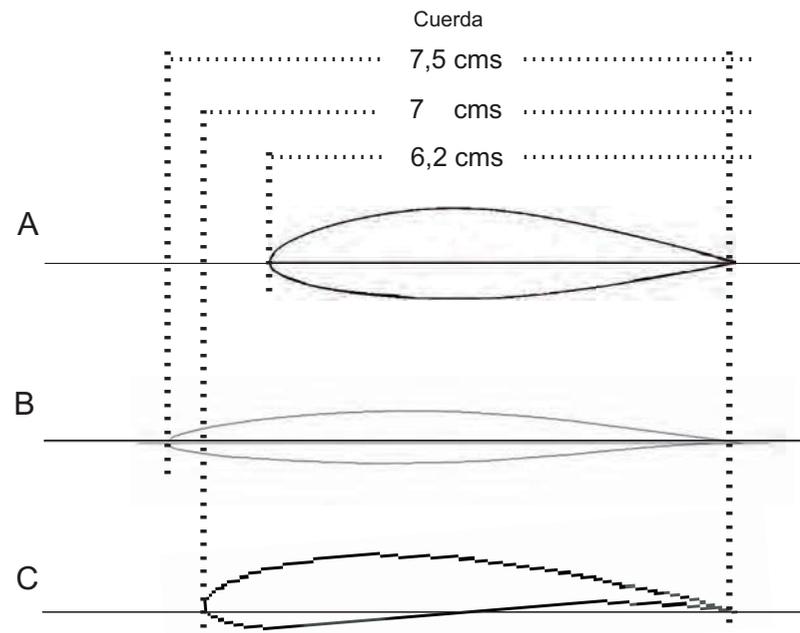
Para la nueva proposición, se utilizarán los mismos parámetros dimensionales del prototipo a escala realizado anteriormente, pero con modificaciones, principalmente en los perfiles hidrodinámicos. En este caso, ambos perfiles serán regulables en profundidad y el perfil trasero tendrá la posibilidad de variar su ángulo, para realizar pruebas como perfil en T o con distintos ángulos.

Tipo de perfil

Existen muchos perfiles alares distintos, clasificados con un nombre y número según su curvatura.

Para el modelo, se usarán 3 perfiles distintos:

- el mismo perfil utilizado en las pruebas del canal.
- naca 65209 utilizado en los estudios del Halifoil
- Un perfil de doble curvatura, para estudiar su desempeño

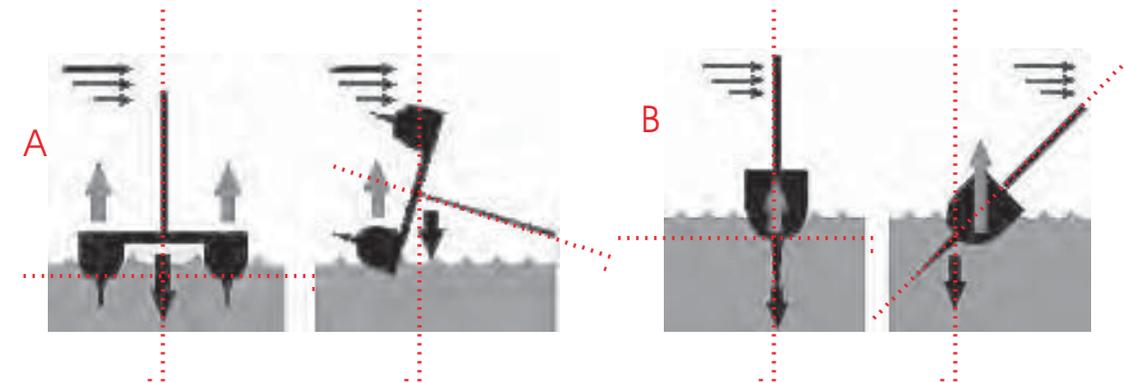


Estabilidad

El prototipo a escala del Pez con el que se hicieron las pruebas del canal sólo poseía un ala vertical unida a cada perfil, en la que se apoyaba la nave al levantarse del agua, perdiendo estabilidad. Para contrarrestar este efecto, sin aumentar mucho el roce, se le agregó un perfil vertical más en el ala delantera, y dos en la trasera, puesto que se necesitaba un tercero en la mitad para ubicar el mecanismo de transmisión a la hélice. Así se logra mejorar ampliamente la estabilidad de la nave.

La estabilidad de una embarcación depende principalmente de su manga y la altura de su centro de gravedad y de su centro de boyantez.

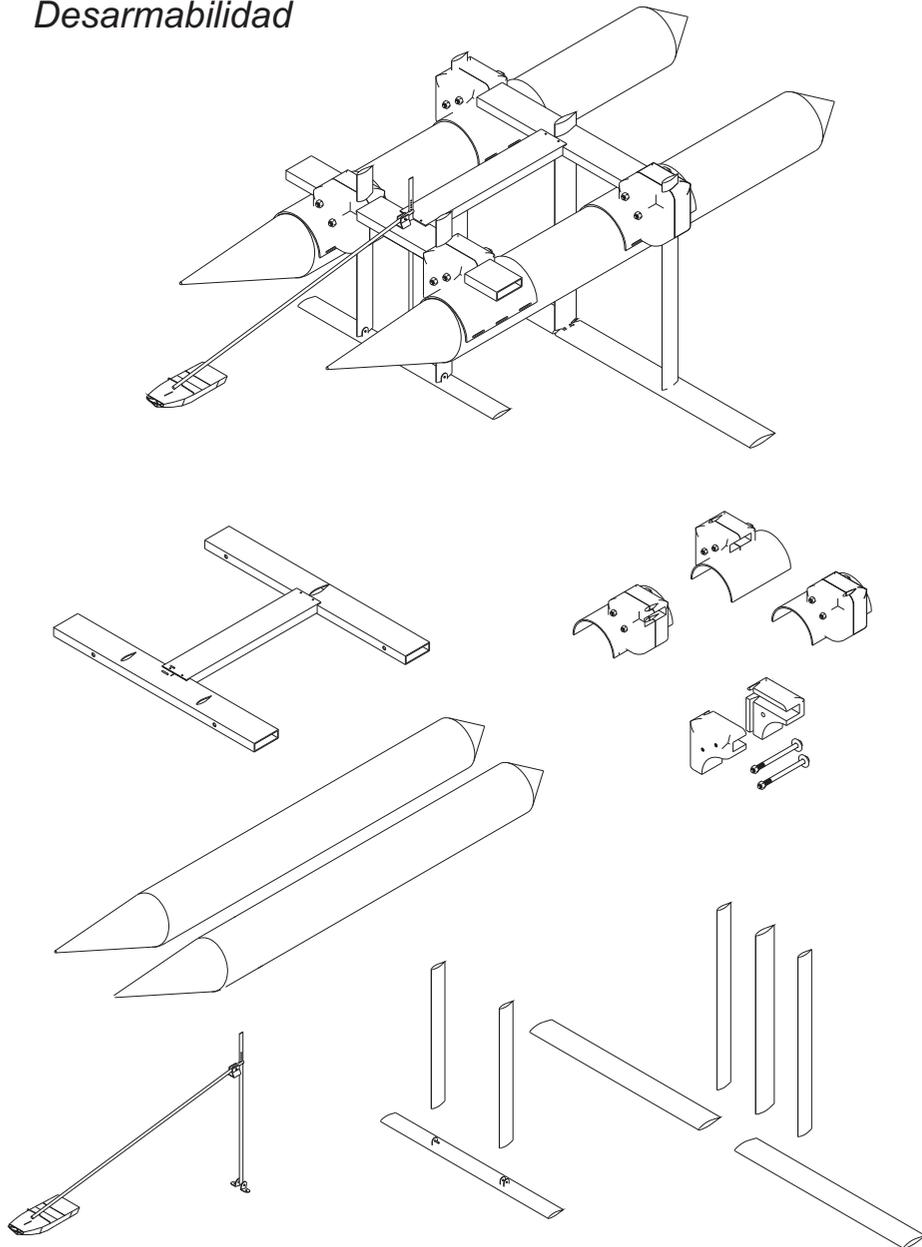
En el caso de las embarcaciones de más de un casco, como son los catamaranes, trimaranes y polinésicos, se tiene una gran manga y por lo mismo, una gran estabilidad.



Como se ve en la imagen superior, para que un catamarán llegara a volcarse debe alcanzar un ángulo de escora mucho mayor que el monocasco.

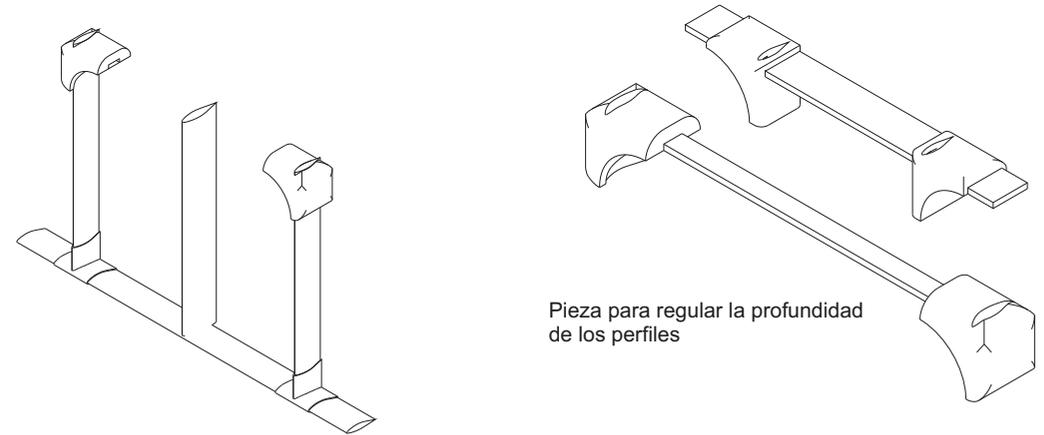
El Pez Volador al tener los cascos en contacto con el agua tiene una gran estabilidad. Para mantener esta estabilidad en el momento es que se eleva se decide vincular los flotadores con 2 alas verticales en cada extremo en vez de una en el centro, de manera que tendría una mayor manga logrando mejor estabilidad.

3.1 Desarmabilidad



Se diseña una nueva propuesta, cuyas principales diferencias con los modelos anteriores radica en el tamaño y tipo de perfil hidrodinámico utilizado, la cantidad de alas verticales y 2 modelos distintos de flotadores, para estudiar el desempeño de uno u otro en el momento en que la nave se eleva

Ya que es un modelo de estudio, la profundidad de las alas, así como el ángulo diedro del perfil trasero y el ángulo de ataque del perfil delantero serán regulables, para así determinar cual es la optima ubicación de cada uno para lograr el mejor desempeño de la nave.

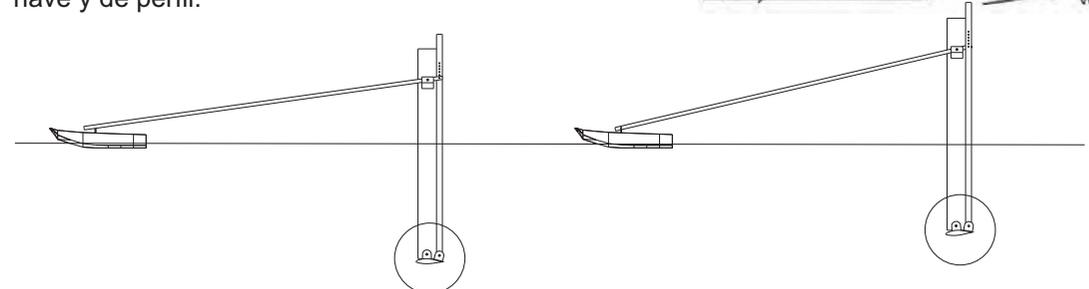
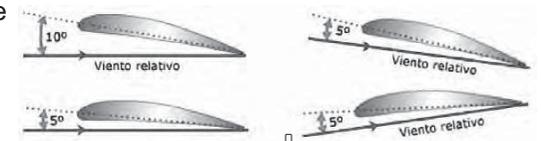


Pieza para regular la profundidad de los perfiles

Ángulo de ataque del perfil delantero

El ángulo de ataque es determinado por la posición del perfil alar con respecto a la dirección del fluido por el que se desplaza.

Para toda nave que utilice un perfil alar existe un ángulo máximo y uno mínimo, equivalente para todo tipo de nave y de perfil.

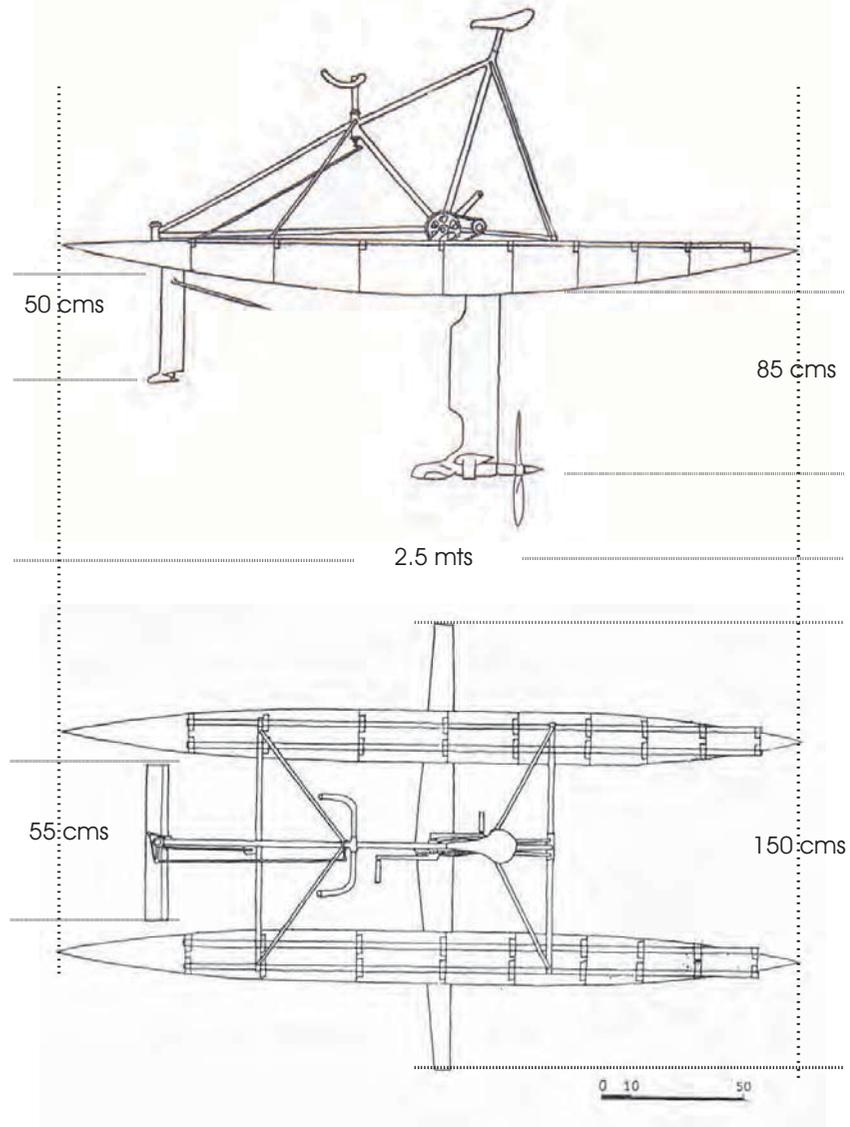


En el modelo a escala este ángulo será auto regulable, ya que tendrá un seguidor de superficie conectado al mismo perfil delantero, que cambiará su ángulo, según la altura a la que se eleve el modelo.

3.2 Distribución de los pesos

Para construir el modelo a escala con el que se hicieron las pruebas en el canal de Valdivia, se tomaron como referencia las medidas del Pez Volador original. (Este modelo puede llegar a velocidades alrededor de los 13 nudos.)

Las principales medidas de referencia fueron: manga, eslora, profundidad y envergadura de las alas, así como también su ubicación proa-popa.



Postura. Forma en que recibe el cuerpo



Postura en uno de los prototipos existentes

Uno de los puntos a considerar es la postura que adquiere el cuerpo al maniobrar la persona esta embarcación deportiva.. No es un punto menor ya que para determinar esto hay otras variables que considerar como la influencia que tiene en el cambio de posición del centro de gravedad, en el rendimiento que se logra al mantenerse pedaleando, la forma en que se distribuyen los pesos entre otros.

Proposición

Teniendo en cuenta las variables, se han desarrollado dos propuestas de la interacción del cuerpo con el objeto



Una de ellas es con una cierta inclinación hacia delante a modo de las bicicletas de competición o las motos de velocidad. Lo que se pretende es facilitar el esfuerzo del conductor al pedaleo, disponiendo su propio peso hacia el frente, permitiéndole lograr un mayor rendimiento y velocidad del modelo y por ende, su óptimo funcionamiento. (Que los flotadores se eleven del agua)

Por otra parte, una posición en la que se va más recostado sobre la embarcación. Esta postura, por un lado, perjudica en cierto rango la velocidad de la nave, pero por otro, favorece la estabilidad de la misma, ya que baja su centro de gravedad.



De modo que la nueva propuesta pretende combinar ambas posiciones, en pos de obtener una relación equitativa entre velocidad y estabilidad.

4.1 Hidroalas de fibra de vidrio y resina. Primera propuesta



En un comienzo, los perfiles se construyeron en fibra de vidrio, para lo que se hicieron **moldes de las alas del prototipo anterior.**

Para evitar que la mezcla se adhiriera a la madera, esta se cubre con adhesivo plástico y sobre este, cera desmoldante. para cubrir con **gelcoat y fibra de vidrio.** Luego de un par de horas se endurece y se separa del ala. Se obtiene entonces una matriz para la construcción de las alas.

Para facilitar la exclusión del objeto fabricado de la matriz, se construye la



Materialidad: fibra de vidrio



Relación de mezcla de resina

La fibra se recorta de la medida justa del molde de gelcoat y se aplica sobre ella la preparación de resina, catalizador y acelerante.

La dosis utilizada fue: por cada 100 grs de resina
1,2 ml de acelerante
0,3 ml de catalizador

Esta relación permite construir una forma de fibra bastante resistente. El tiempo de secado es al rededor de 1 día y medio.



Armado perfiles

Cuando se ha completado el tiempo de secado se retira del molde de gelcoat y se obtienen las curvas finales de fibra. Se marca sobre el perfil el tamaño exacto requerido y se corta lo sobrante, para posteriormente lijarlo. Para unir las 2 partes que formaran cada ala, se le vuelve a aplicar fibra y resina en las uniones, para lograr el perfil final.

La superficie del perfil debe ser lo más prolija posible, ya que esto podría generar perturbaciones en el agua que no favorecerán el funcionamiento del ala.



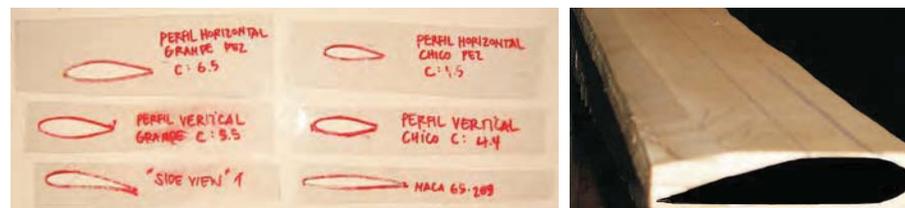
4.2 Hidroalas de madera. Segunda propuesta

Los perfiles construidos en fibra no podrán ser utilizados, ya que la superficie debía ser perfectamente hidrodinámica, lo que no se logró, por lo que se vuelve al antiguo método de construcción: con madera (terciado) cepillada y pulida.

1

Se corta la tabla a la medida de cada perfil .

- 4 **perfiles verticales** simétricos de 50 cms de largo x 4 cms d ancho (cuerda)
- 3 **perfiles horizontales grandes** de 1 mt de largo, por 6,2 cms , 7 cms y ... respectivamente
- 1 **perfil horizontal chico** de 40 cms de largo x 4,5 cms de ancho (cuerda)



- 2 Se marca cada silueta de perfil en la madera dimensionada correspondiente, para cepillarla y darle la forma requerida.



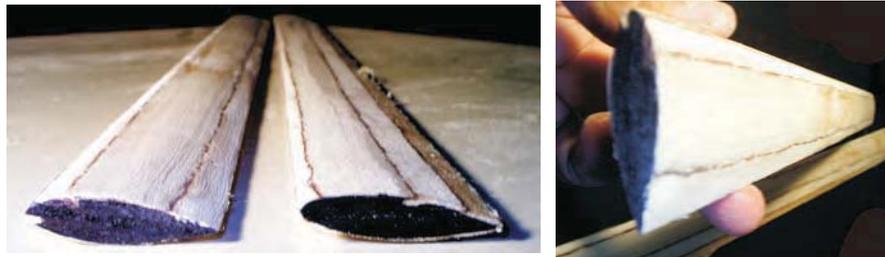
En el caso del perfil alar de doble curvatura, la curva de abajo fue necesario hacerla con una sierra,, puesto que se necesitaba lograr una curva homogénea y equivalente a lo largo de todo el perfil. Para esto se construyó una cuña, para fijar el perfil en una posición y se reguló la galleta, de modo que bajara cada vez la misma distancia, y no llegara a cortar el perfil completamente.



Lijado y enmasillado perfiles

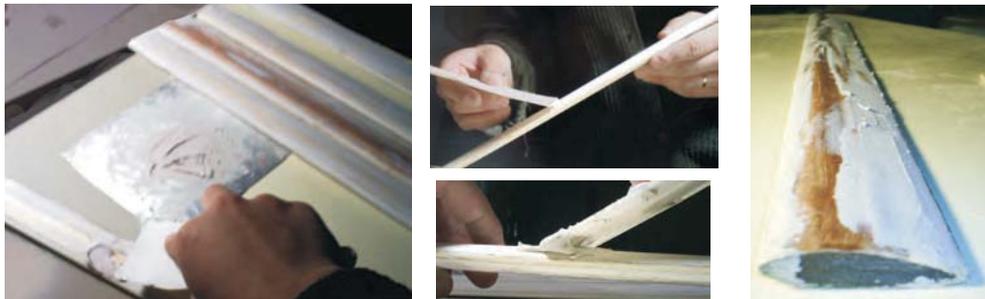


Para lograr una **superficie** lisa e hidrodinámica, el perfil se lija y luego se pule, verificando siempre que la **cuerda no varíe en toda su extensión**. La veta propia del terciado da cuenta de cualquier irregularidad de la curva



Cuando el perfil alar tiene alguna irregularidad en la superficie, genera turbulencias y estas a su vez, afectan la sustentación.

Es propo del perfil generar cierta turbulencia, pero es necesario disminuirla lo mayor posible, para lograr un trayecto lo más estable posible.



Para obtener un acabado más prolijo, se enmasillan las irregularidades de la superficie, y se vuelve a lijar el perfil, proceso que se repite hasta lograr una perfecta **superficie lisa**.

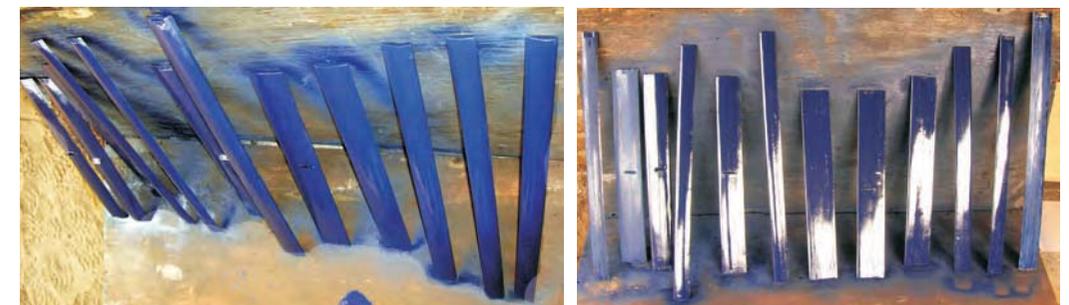


Sellado y pintado perfiles



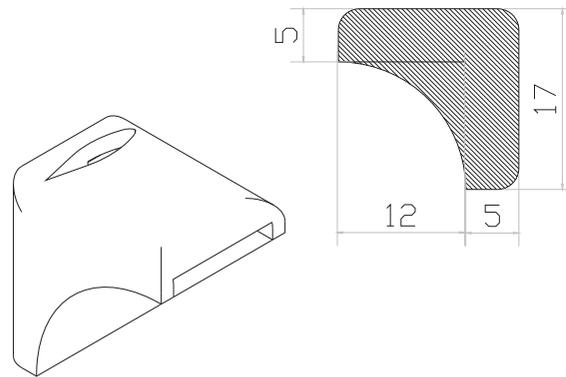
Previo al proceso de pintado, los perfiles se cubren con sellador, para evitar que la madera sufra por los efectos del agua en ellos.

Finalmente los perfiles se pintan con compresor, para lograr cubrirlos con una película homogénea de pintura.



4.3 Pieza fijación de perfiles verticales

Sobre cada flotador, se ubican dos piezas semicilíndricas, de su mismo diámetro, que van adosadas con velcro a la mitad superior. Sobre ellas, las piezas que afirmarán cada perfil vertical.

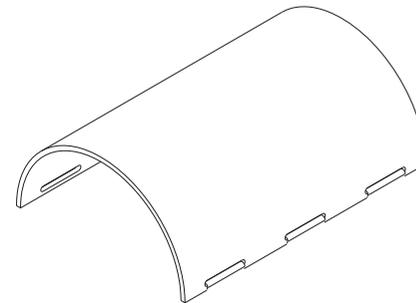
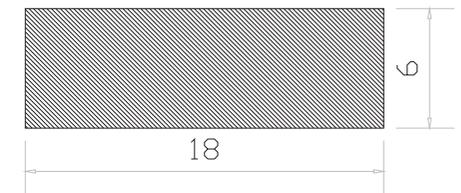
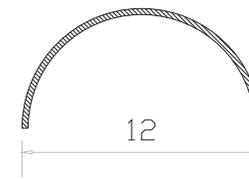
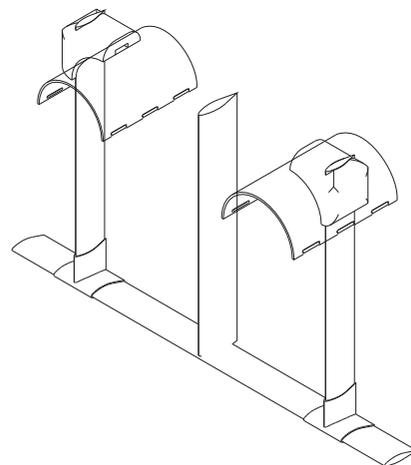


La pieza semicilíndrica vincula la pieza ajustable a los flotadores, y ubica las alas en un punto específico a lo largo de la nave. Por la curvatura interna se le adhiere velcro, para fijarla al flotador, evitando que se deslice y cambie la ubicación de las hidroalas con el empuje del agua.

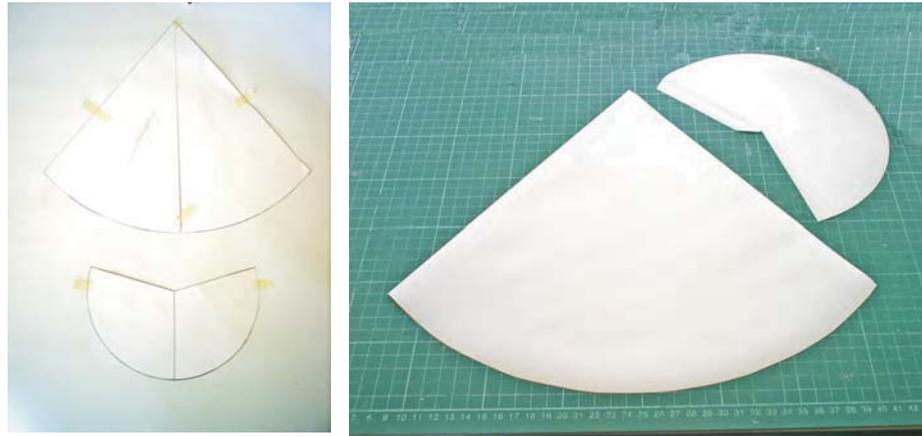
El diámetro se determina según el de los flotadores y este a su vez, por el volumen necesario para desplazar cierta cantidad de agua equivalente al peso total de la nave.



Esta pieza recibe al perfil rectangular que armará la estructura general de la nave y a su vez, al afirmar el perfil vertical, determinará la altura a la que este se ubique.



4.4 Flotadores



Primero se realiza el marcado de las piezas en la tela covernil, para posteriormente corarlas. Luego los bordes por donde se aplicará el pegamento son lijados para que este se adhiera mejor.



Las piezas que corresponden a la popa de los cascos llevan las valvulas. Estas se pegan por el interior de la tela del mismo modo que el resto de las superficies.

Proa y popa son construidos independientemente del flotador. Una vez que las 3 partes que lo conforman están listas se arma.



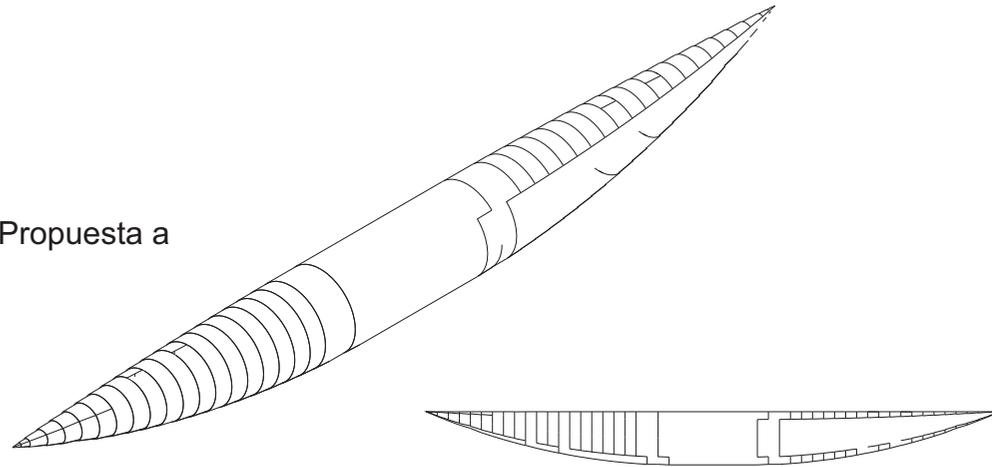
Para el proceso de pegado es necesario aplicar calor. Como se mencionó anteriormente, previo a esto se liján las zonas a pegar. Luego se aplica una fina capa de pegamento en ambas zonas.

Después de 15 minutos se inicia el proceso de pegado. A medida que se van uniendo las zonas con pegamento se aplica calor y a su vez, se prensa la zona que se está pegando. De este modo se logra fundir la tela y que los flotadores queden herméticamente sellados.

Dependerá fundamentalmente del tiempo de prensado la calidad del pegado.

Vistas de los flotadores armados.

Propuesta a

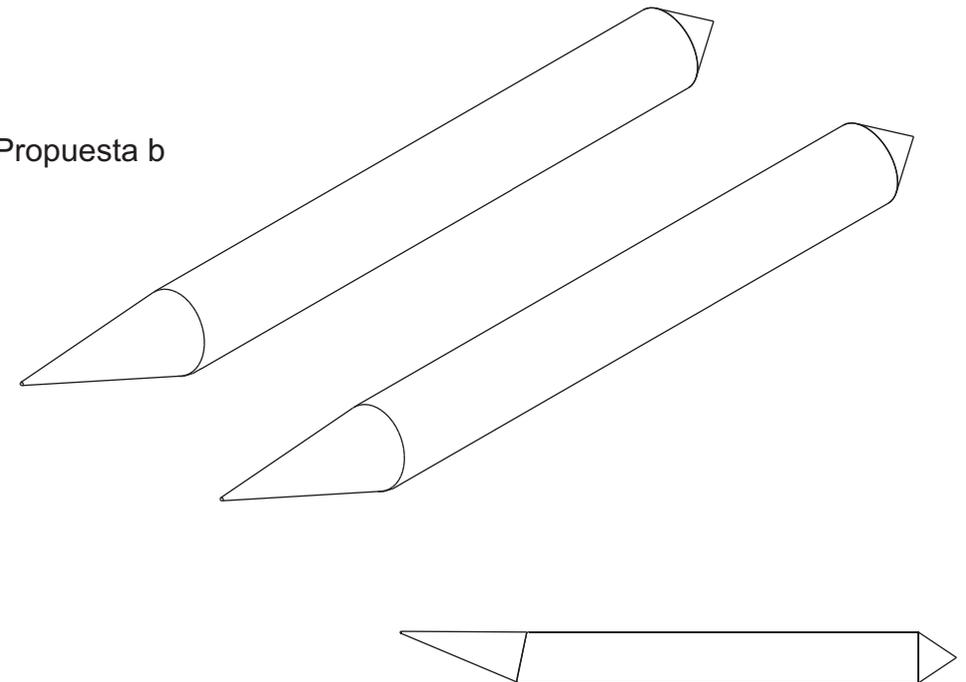


Se construyen 2 flotadores distintos adosables a la estructura, para realizar pruebas con ambos y determinar como influyen en el momento de despegue del prototipo.

La planimetría de la propuesta a es más compleja que la de la propuesta b, ya que al ser más curvada requiere más cortes y por consiguiente, mayor superficie de pegado y de una potencial fuga de aire.



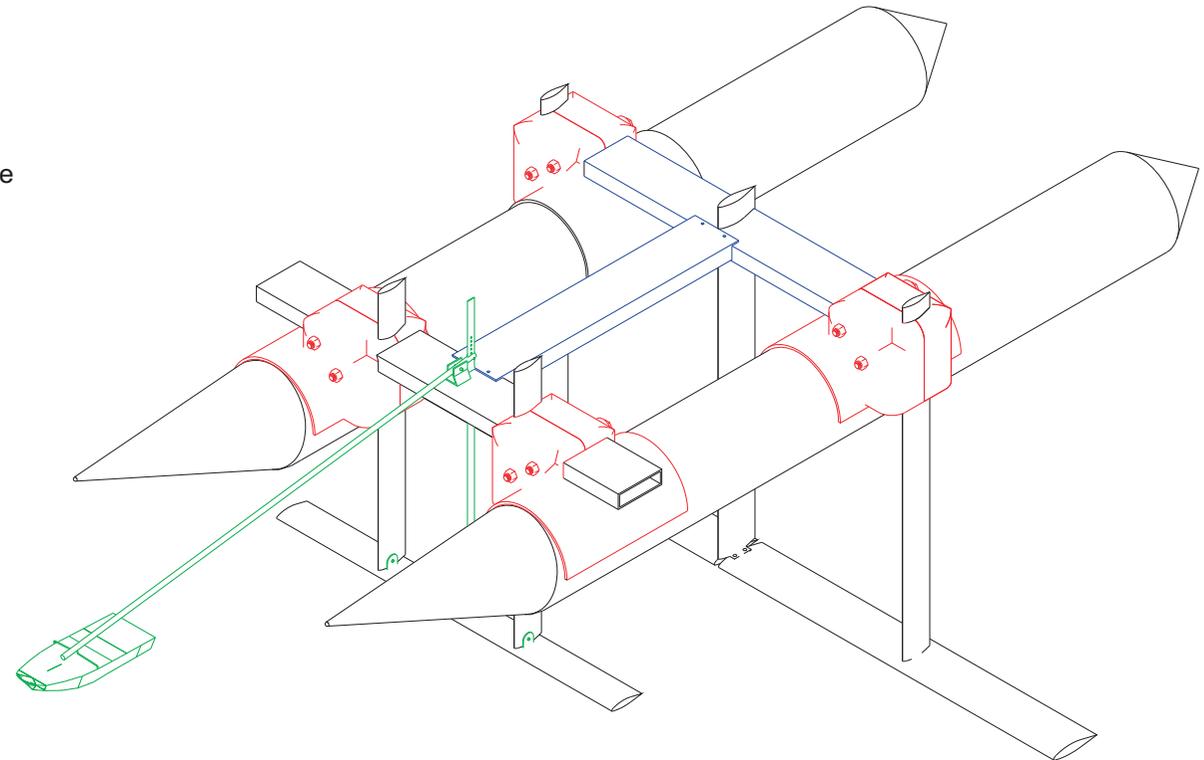
Propuesta b



5.1 Características del modelo

Luego de los estudios teóricos y los resultados obtenidos en el canal de pruebas, se proyecta y construye un nuevo modelo. En él se podrán regular todos los parámetros variables de su funcionamiento, para determinar cuales son las que logran un óptimo funcionamiento. Principalmente:

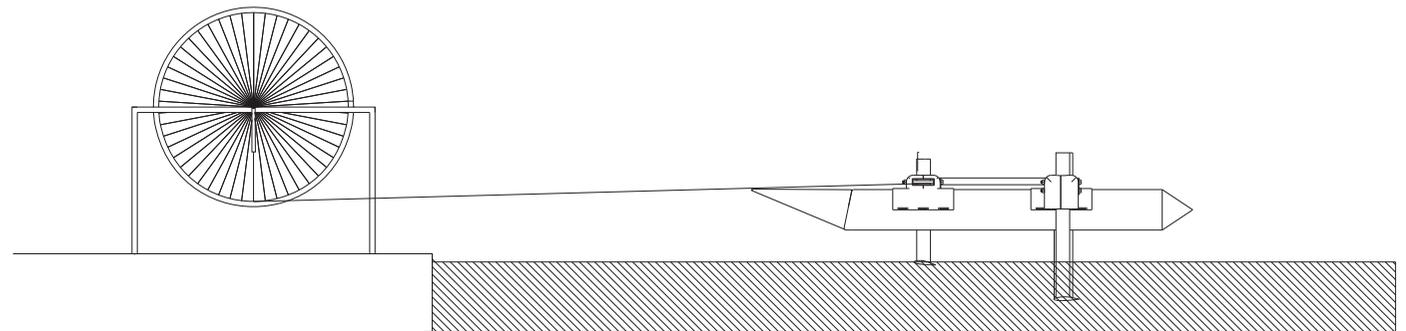
- . Estructura desarmable para cambio de perfiles delantero y trasero.
- . Sistema regulador de ángulo de ataque del perfil delantero.
- . Ubicación regulable de pesos y por tanto, centro de gravedad.



5.2 Sistema de remolque

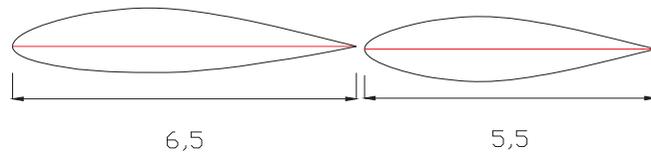


El sistema de remolque consiste en una rueda de bicicleta de 28 cm de radio montada sobre un caballete de madera, con una manivela para accionarla manualmente. El modelo es remolcado por un tensor enrollado en el perímetro de la rueda.



5.3 Primer par de perfiles T-T

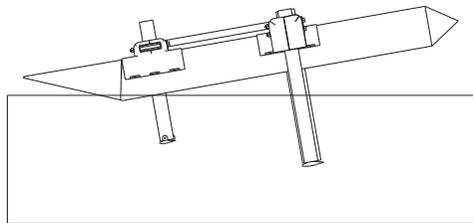
Perfiles traseros ,
envergadura:75 cm



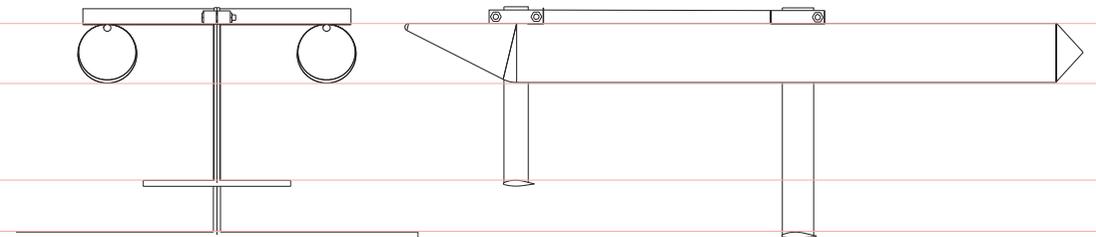
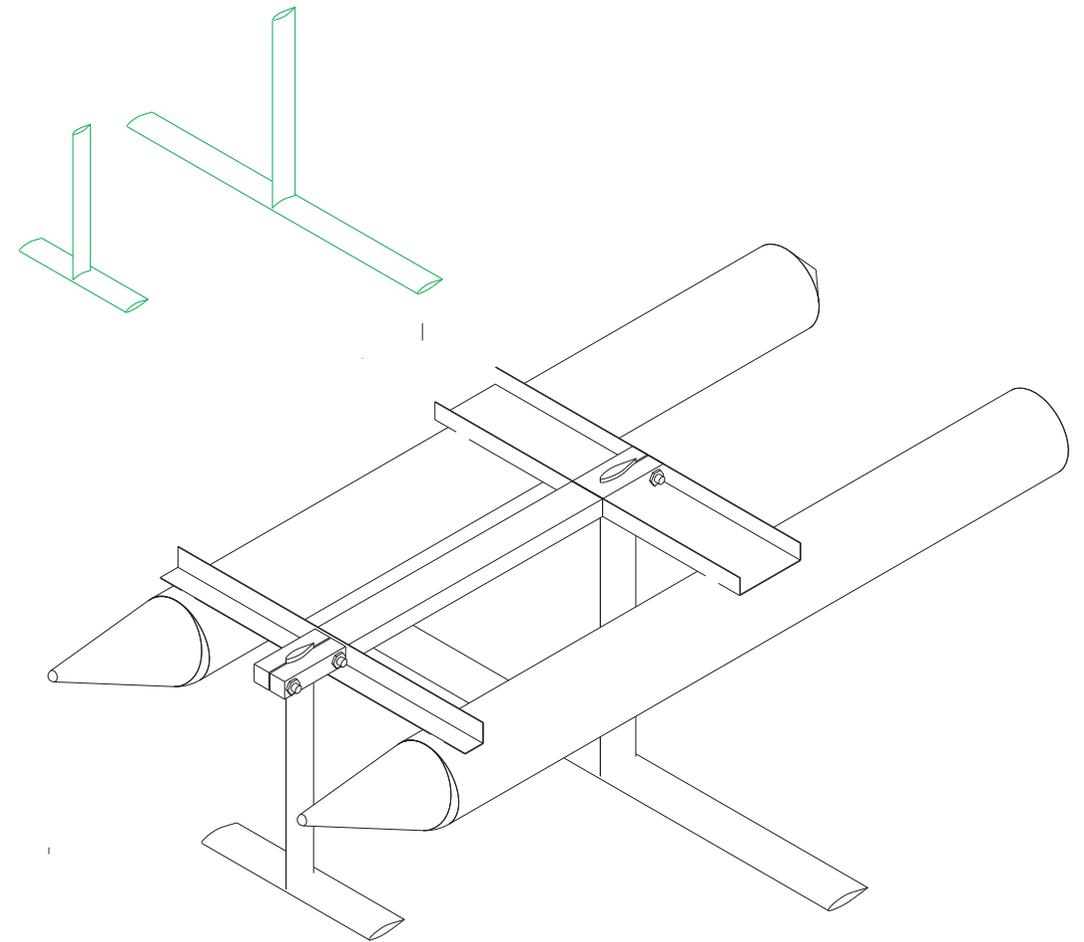
Perfiles delanteros,
envergadura:27.5 cm



Como conclusión de las pruebas realizadas en el canal de pruebas de Valdivia se determinó construir un nuevo modelo a escala, en el que fuera posible regular factores como la profundidad de los perfiles hidrodinámicos o el ángulo de ataque, etc.

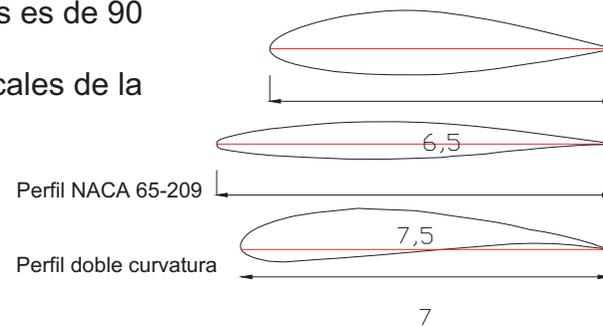


Así también, para mejorar su estabilidad se consideraría construir dos perfiles verticales, y de este modo evitar que el peso de la estructura recaiga en un solo hidropérfil.

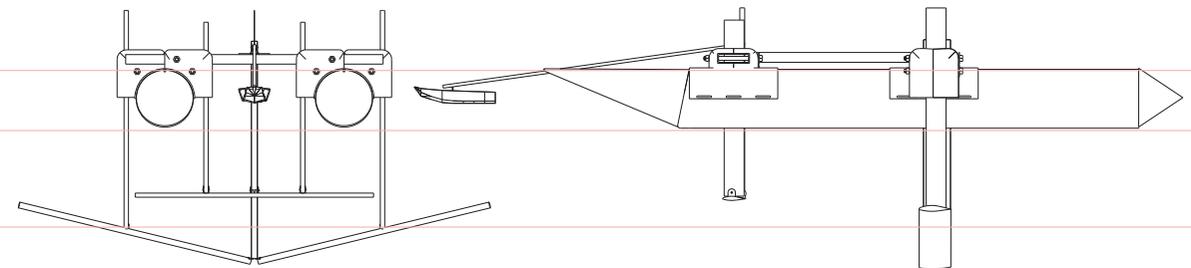
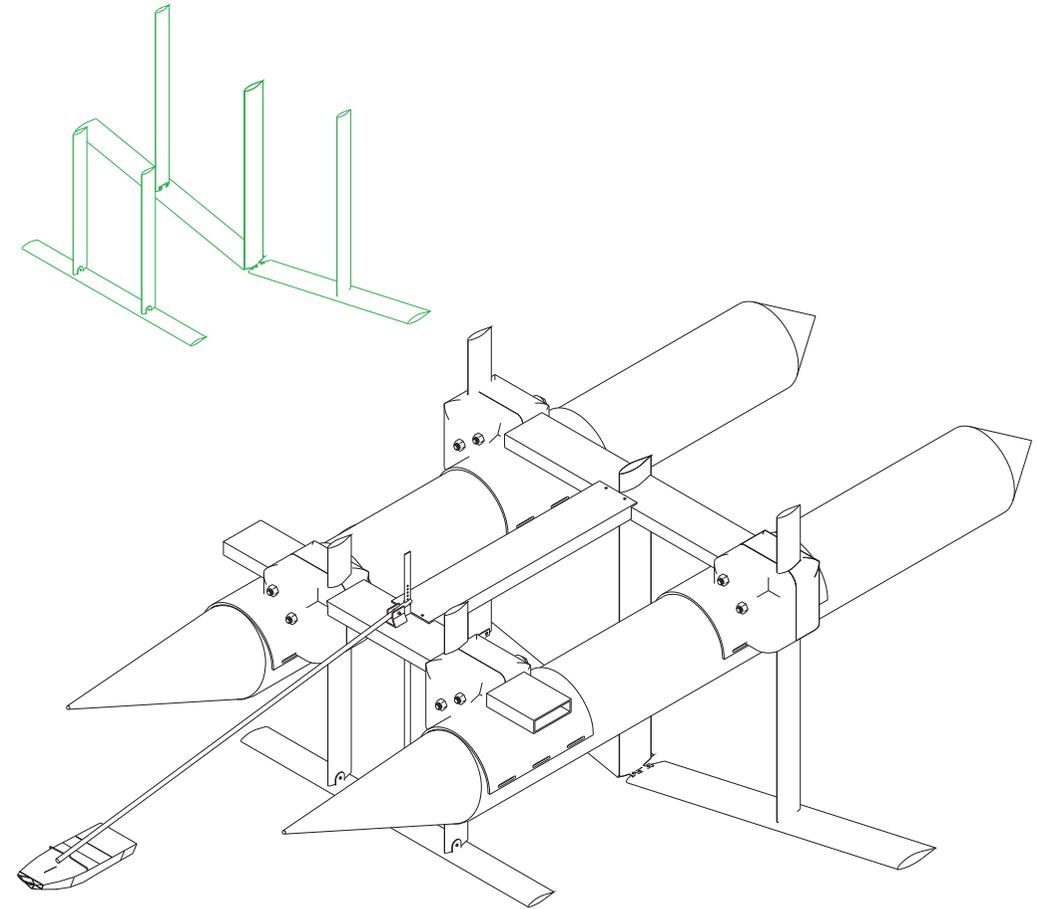
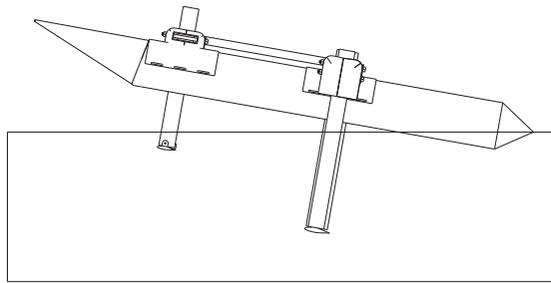


5.4 Segundo par de perfiles T-V

La envergadura de estos tres perfiles es de 90 cm, y su ángulo de ataque de 0°. Se utilizan los mismos perfiles verticales de la experiencia anterior



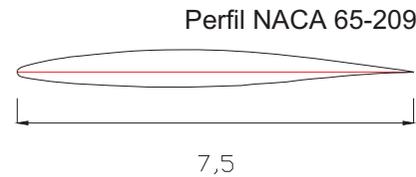
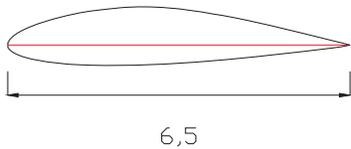
El modelo aún no logra estabilizarse. Se escora y cabecea. En algunas pruebas no logra elevarse, debido a que el seguidor de superficie es demasiado sensible a las turbulencia del agua, sin lograr darle al perfil horizontal delantero el ángulo de ataque necesario para generar las diferencias de presión.



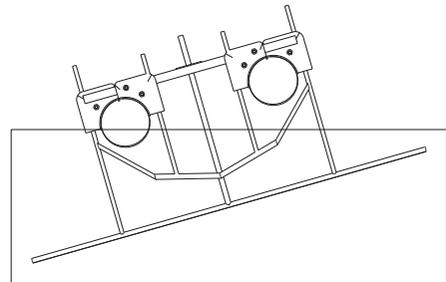
5.5 Tercer par de perfiles V-T

El ángulo diedro del perfil delantero es de 140° , y la envergadura de cada parte del perfil horizontal mide 30 cm. El ángulo de ataque de este perfil es de 5° .

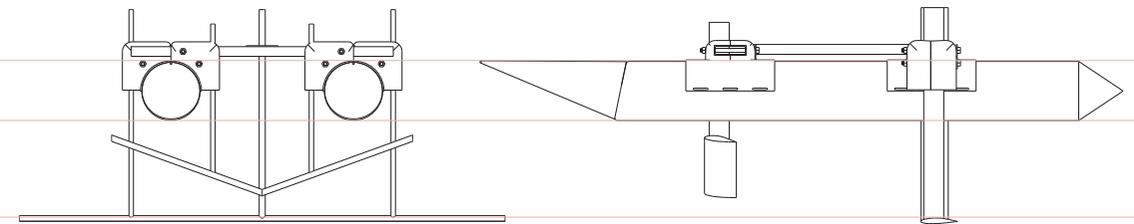
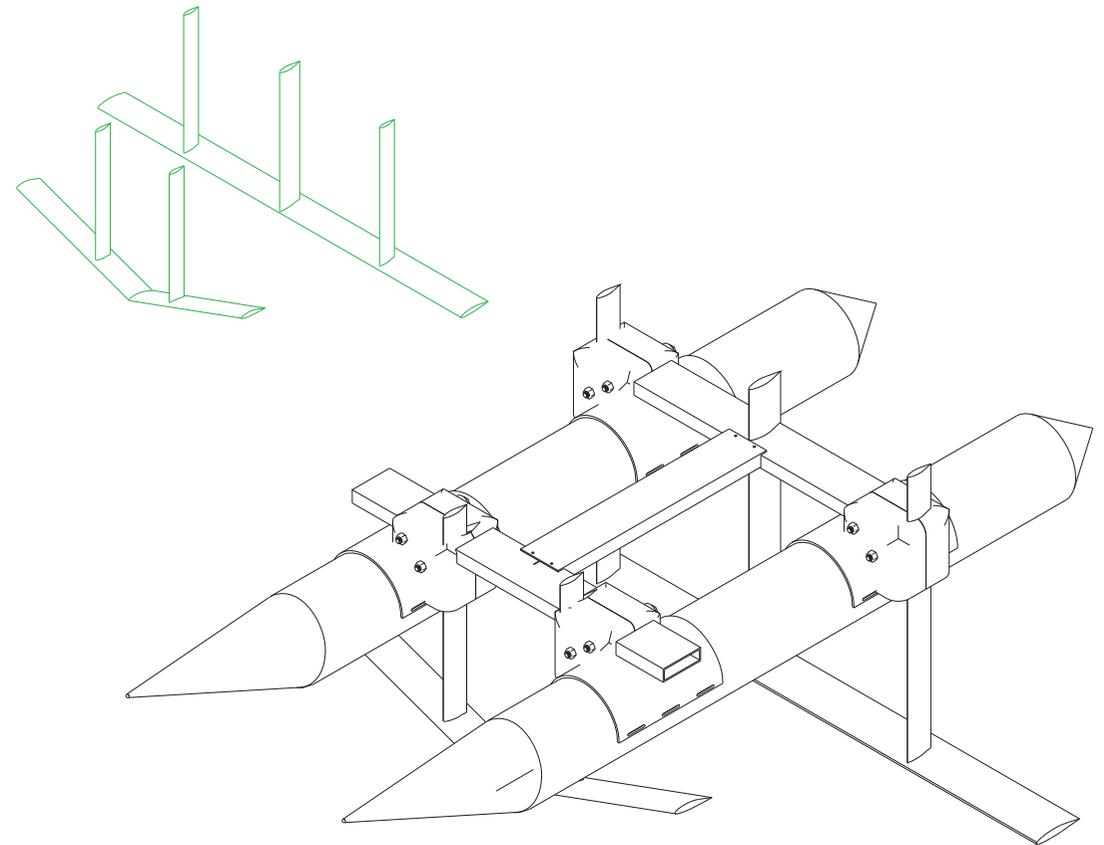
Perfil horizontal trasero es el mismo utilizado en la prueba anterior.



Con los perfiles invertidos, diedro delantero y en T trasero, la nave se eleva con mayor facilidad del agua, pero su estabilidad no es constante. Se piensa que ella dependerá de su posición al elevarse; es decir, si al comenzar a ascender se escora, se mantendrá escorado, y si se eleva adrizado, se mantendrá igual.

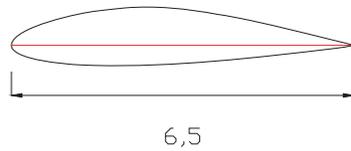


Sin el peso correspondiente se mantiene elevado, pero escorado. Con el peso, no logra mantenerse elevado, por lo que se aumentara tanto la cuerda como el espesor del perfil delantero, para producir una mayor superficie de sustentación.

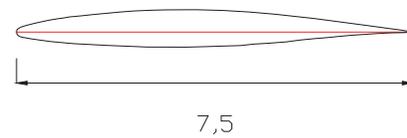


5.6 Cuarto par de perfiles **V doble - T**

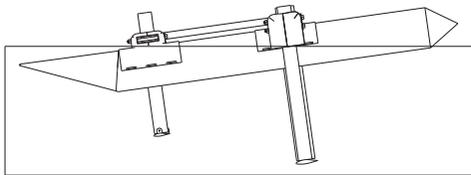
El ángulo diedro de este perfil es de 160° , y su ángulo de ataque de 5° .



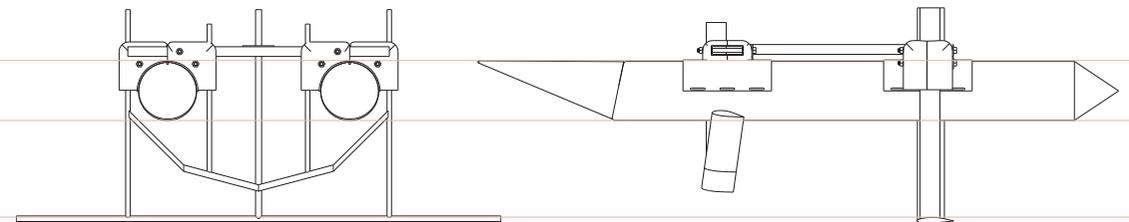
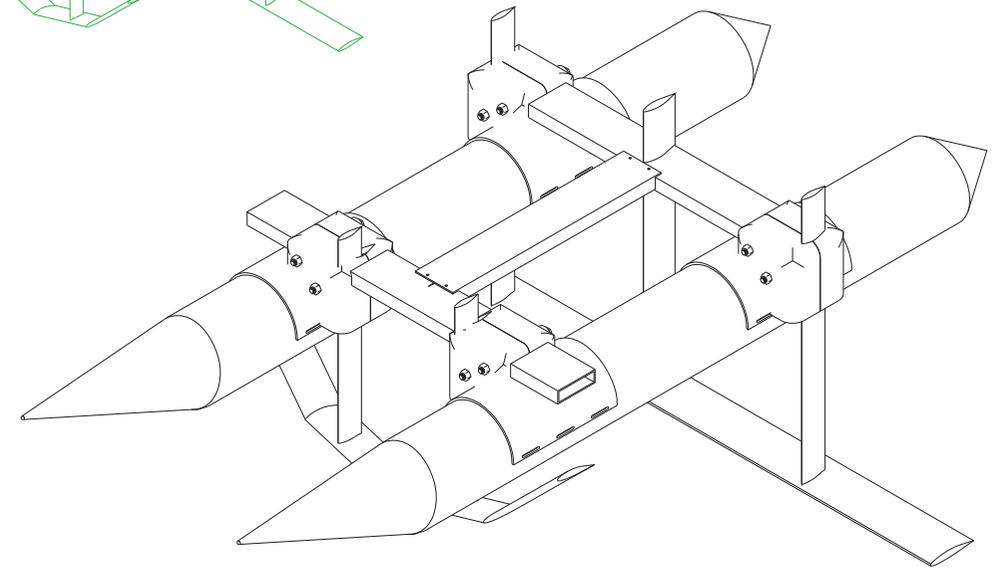
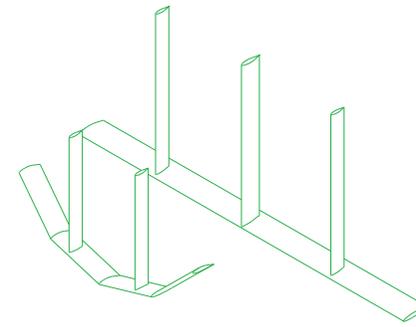
Perfil horizontal trasero es el mismo utilizado en la prueba anterior.



En pos de mejorar la estabilidad del modelo, se le da un segundo ángulo al perfil delantero. El nuevo perfil logra producir la sustentación necesaria para mantenerse en "vuelo" con el peso correspondiente, pero aún se escora indistintamente hacia babor y estribor, logrando de vez en cuando elevarse adrizadamente.



Es importante considerar la ubicación del centro de gravedad de la nave sobre el perfil de mayor envergadura, ya que de lo contrario, su desempeño será defectuoso.



5.7 Quinto par de perfiles / FINAL T-T

Perfil delantero

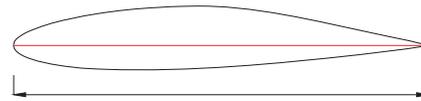
Envergadura: 66 cm
Ángulo de ataque: 5°



6,5

Perfil trasero

Envergadura: 90 cm
Ángulo de ataque: 3°



7

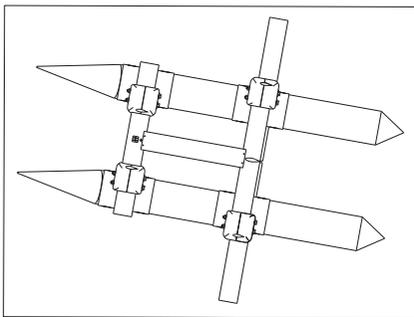
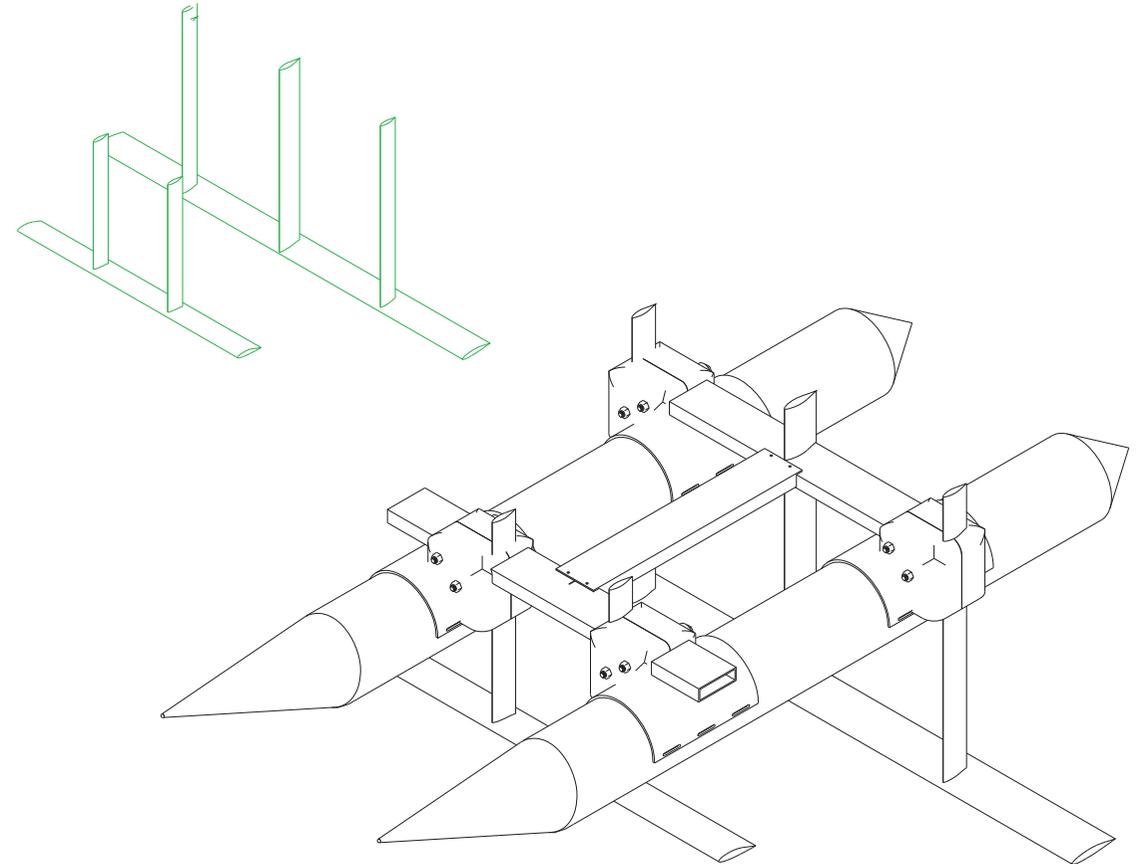
Perfiles verticales



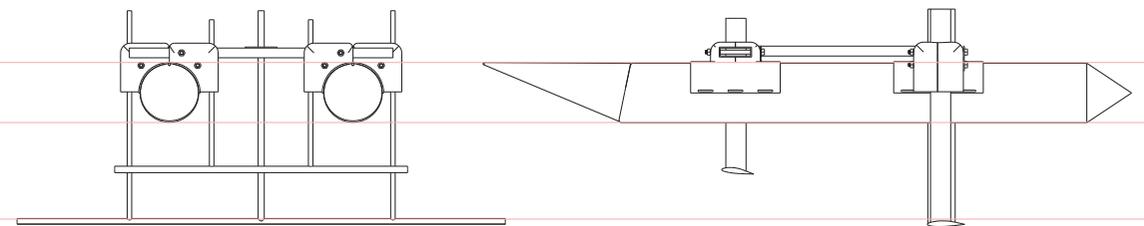
5,5



4



Finalmente se vuelve la primera combinación de perfiles hidrodinámicos (T-T) con perfiles de mayor envergadura y espesor, con los cuales el modelo logra elevarse a un ritmo constante sin cabecear. Su dirección aún es muy sensible, por lo que se considerará un timón que le permita mantener el rumbo.



5.8 *Secuencia del desempeño en algunas de las pruebas realizadas*

Una vez construido el modelo de pruebas fue necesario llevarlo a un lugar que tuviese condiciones similares a las que tendrá al ser construido a escala real. El propósito es lograr la mejor posición y combinación de las alas para que la velocidad y la sustentación sean óptimas. Para esto se eligió el estero de ritoque, ya que tiene la profundidad suficiente para los perfiles alares y las condiciones adecuadas para las pruebas.

Para impulsar el modelo se usó un mecanismo construido con una rueda de bicicleta. Esto permitió probar la sustentación que generaban las hidroalas, pero no calcular con exactitud la velocidad a la cual se levanta el modelo.

Para construir el prototipo a escala real será necesario ir al canal de pruebas de Valdivia, donde las velocidades podrán ser calculadas, además de la resistencia que ofrece la embarcación, tanto con los cascos en el agua como sustentado por las alas, para finalmente calcular la hélice que se utilizará.



En pruebas anteriores el problema a solucionar era el cabeceo de la embarcación, ya sea por falta de sustentación en el ala delantera o por su pérdida repentina.

Una vez solucionado el problema de la sustentación, el próximo paso es solucionar el problema de la estabilidad. En la secuencia se observa en el nro 4 el momento donde se encuentra mas alto el casco, esto en detrimento de la estabilidad. Cualquier variación en las condiciones del medio provocan la escora de la embarcación.

En el cuadro 9 se aprecia como la embarcación, por efecto de la escasa estabilidad, se escora hacia estribor.



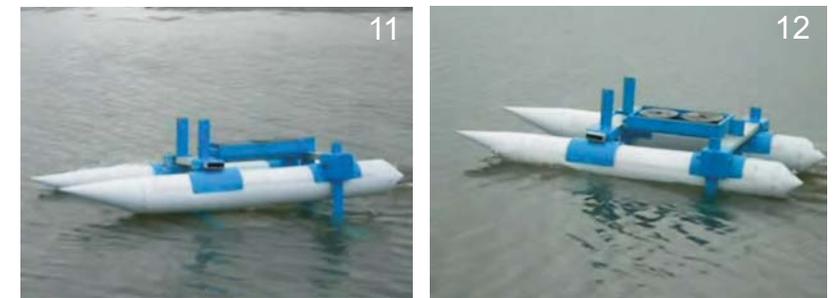


Se hicieron, en el día final de pruebas, aproximadamente 9 pruebas. En la mayor parte de ellas el problema que se presentaba con mayor frecuencia era el problema de la escora.

Por lo general el modelo se mantenía por momentos estable, pero por la altura de los perfiles era muy susceptible a escorarse.



En el cuadro 7 se observa la embarcación en un momento de estabilidad. En el cuadro 8 se ve como se escora hacia estribor. Luego entre el cuadro 9 y el 10 intenta estabilizarse para luego escorarse en sentido contrario.





Finalmente y luego de varias pruebas se logra una configuración que logre mantener la embarcación estable durante todo el tramo por el que se desplaza el modelo.

En esta secuencia se aprecia como la embarcación se ve estabilizada en cada uno de los cuadros y cuando se quita el impulso desciende suavemente, a diferencia de las pruebas anteriores en las que al quitarle el impulso se generaba el cabeceo y el modelo caía abruptamente al agua.



Aunque con esta combinación de variables el modelo se desempeña bien, la altura a la que se eleva es excesiva, lo que afecta considerablemente la estabilidad y dirección de la nave.

Para solucionar esto, la distancia entre los cascos y los hidroperfiles horizontales se reduce lo suficiente como para que los cascos se eleven lo mínimo posible sobre la superficie del agua.





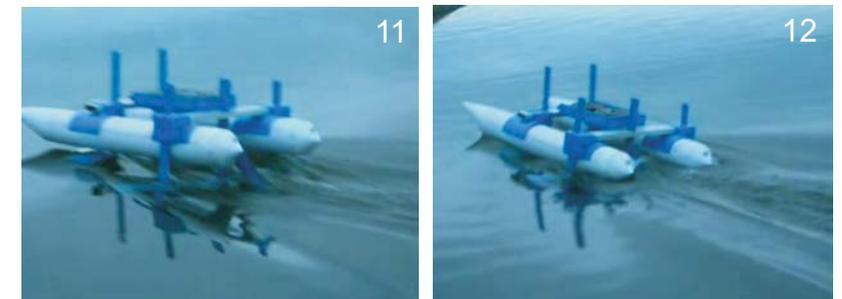
Como prueba final se ubican los perfiles alares mas cerca de los cascos, de manera que logra solucionarse el problema de estabilidad, y principalmente del roce que generara al estar en contacto con el agua, logrando mayor velocidad.

Con esta nueva configuración se logra una muy buena estabilidad, que se mantiene durante todo el recorrido del modelo por el tramo en que se realiza la prueba.



Habiendo logrado un desempeño constante y exitoso, se tiene una base segura para llevar al canal de pruebas de Valdivia. El paso siguiente es determinar cual es la hélice óptima para este tipo de embarcación, para así concluir con un prototipo del Pez Volador construido a escala real.

este tipo de proyectos requiere un período de pruebas como este ya que a pesar de que existen modelos computacionales y formulas matemáticas para calcular el tipo de perfil, es necesario tener la experiencia en el lugar con las condiciones que este entrega.



modelo quaskipper 3

Construcción matrices hidropfiles

El aquaskipper tiene 5 perfiles hidrodinámicos de distintos tamaños cada uno. Para cada uno se construye una matriz distinta, construida de cartón y mica.

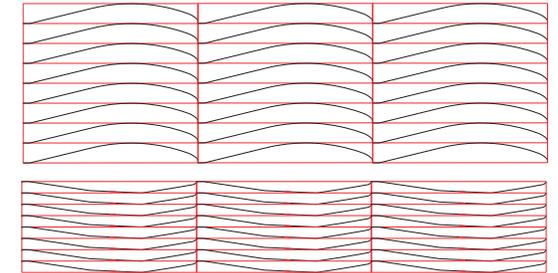
1. Un dibujo del corte del perfil se corta por la cuerda y se dibujan independiente la curva de arriba y la de abajo, en un cartón piedra, una cantidad "x" de veces, para luego cortarla.

2. Cada curva debe ser exactamente igual que la otra, puesto que la superficie del perfil debe quedar perfectamente lisa e hidrodinámica.

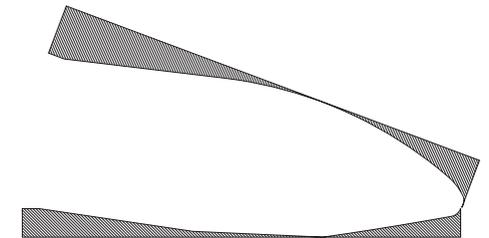
3. Se pega en un cartón de la medida del perfil que se quiera y en él se ubican equidistantes cada un de las piezas recortadas en cartón previamente.

4. Se unen los cartones con la curva de arriba y la de abajo, y se cubre con una mica cortada a la medida de los dos cartones.

El tamaño de la matriz depende del perfil que se quiera obtener



Vista lateral de la matriz



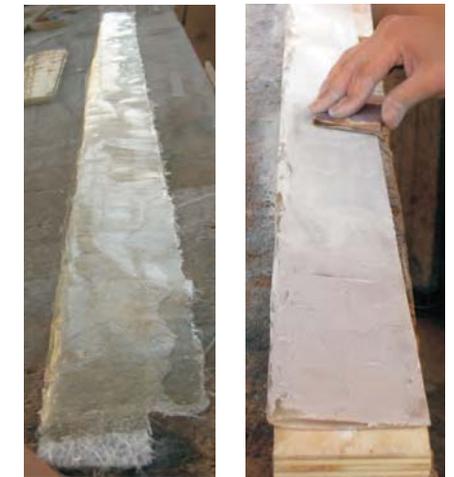
Construcción hidropfiles de resina y fibra de vidrio

1. Se aplica cera desmoldante a la mica, se corta la fibra del tamaño necesario y vierte la resina sobre la fibra.

2. Se cierra, poniendo un carton sobre el otro y se deja endurecer.

3. Una vez listo, se abre y se retira de la matriz, para pulir los bordes y poner masilla donde sea necesario.

4. Se lija y corrigen las imperfecciones que pueda tener la superficie.





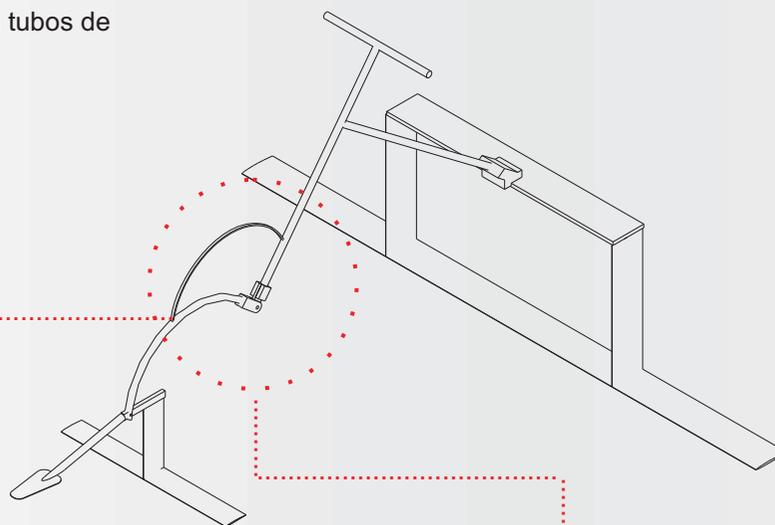
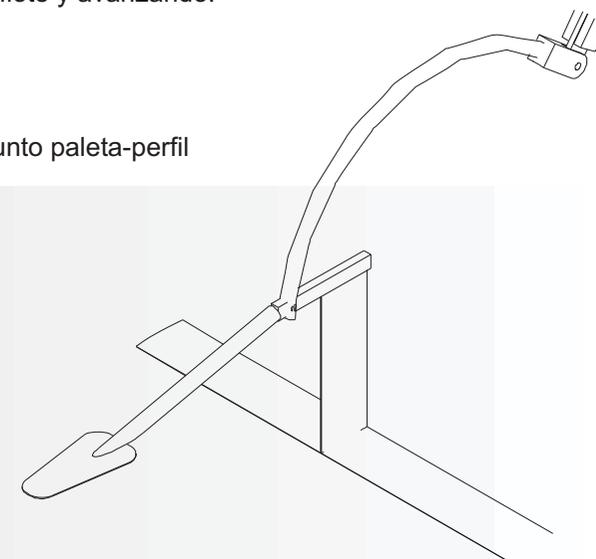
A pesar de ser una parte importante del estudio, no basta con lograr obtener el tamaño del modelo, se necesitan entender las razones de su comportamiento y una buena forma de lograrlo es reconociendo las partes que lo componen y como estas funcionan

Las piezas principales son tres. Se trata de un juego de pivotes y un sistema de resortes que termina en el ala delantera, la cual tiene hace las veces de timón y de estabilizador.

El mecanismo de pivote acompañado por una pieza que actúa como un resorte genera una fuerza de restitución que devuelve el modelo a su posición inicial, todo este sistema al interactuar con la fuerza aplicada por el cuerpo crea un movimiento ondulatorio permanente que mantiene la nave a flote y avanzando.

La estructura del aquaskipper esta construida con tubos de aluminio de $\frac{1}{2}$ pulgada.

Conjunto paleta-perfil

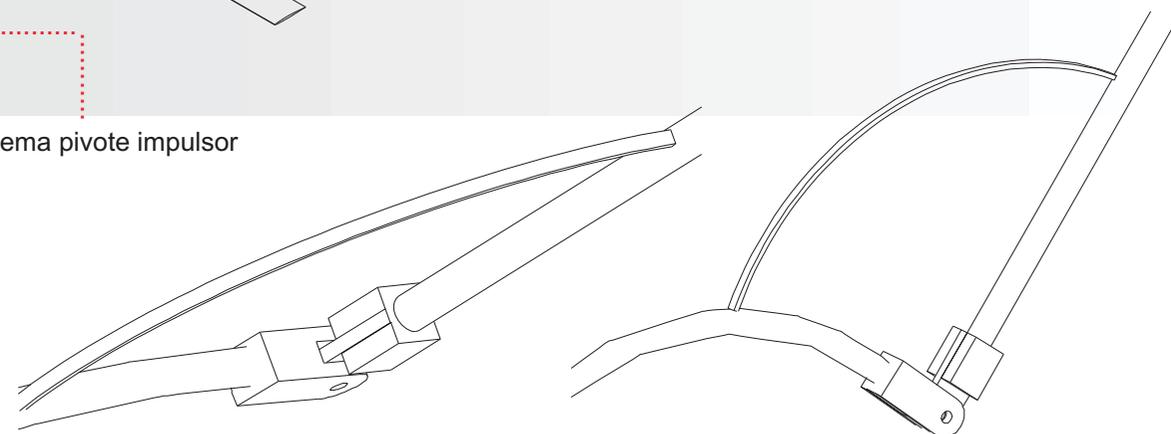


La materialidad de la pieza que conecta la parte fija con la parte móvil del prototipo debía tener la capacidad de resistir al esfuerzo al que será sometido, volviendo a su posición inicial constantemente si fatigarse.

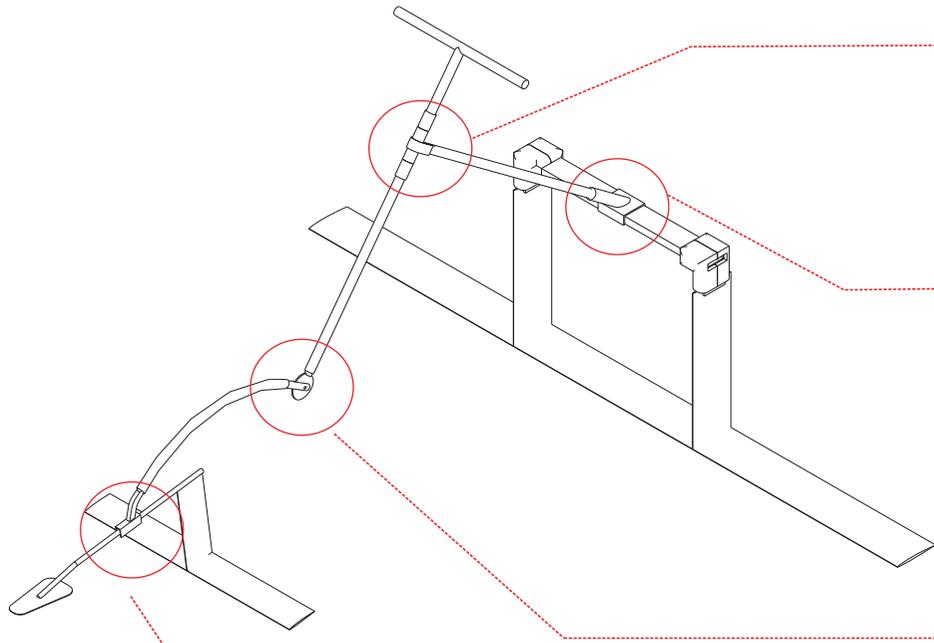
Para esto se uso una pletina de acero fleje de 2 cm de ancho.



Sistema pivote impulsor



1.1 Estructura

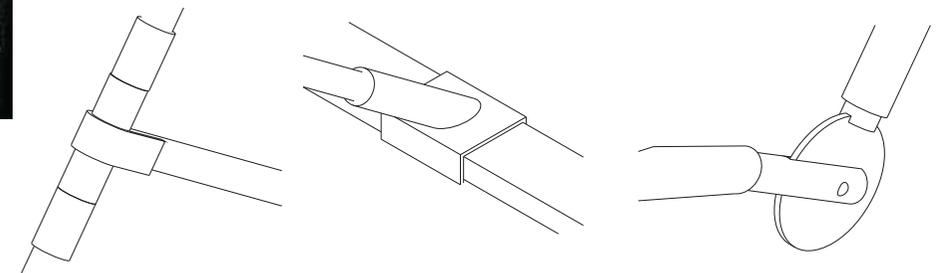


Si bien las alas son la parte más importante de este tipo de embarcación, necesita de una estructura firme que permita fijarlas de forma adecuada sin que estas sufran modificaciones en su posición o deformaciones que puedan afectar el efecto de sustentación o el movimiento fluido del aparato.

La estructura además debe ser lo suficientemente firme como para soportar el peso de una persona adulta de aproximadamente 80 kg y además soportar el esfuerzo constante de este peso sobre la superficie del agua.

Además de la estructura se debe construir una serie de mecanismos que son los que permiten, junto con las alas, que la embarcación se sustente sin la necesidad de usar cascos. Para que la estructura cumpla con la firmeza que se necesita, se usaron perfiles y tubos de aluminio de un grosor de 3 y 4 mm respectivamente.

Dado que el aluminio es relativamente blando, para el caso de las piezas de ensamble o aquellas que son parte de los mecanismos de movimiento, se usó fierro soldado, de esta forma se asegura la firmeza de las uniones y se reduce el juego de los ejes.





Dado que en gran parte este prototipo está hecho de materiales reciclados, la primera etapa del proceso de construcción de la estructura es encontrar las piezas que sean del tamaño y grosor adecuados. Luego viene el proceso de corte y después el de desbaste, terminando esta parte con el lijado para que la pieza pueda ser pintada posteriormente.

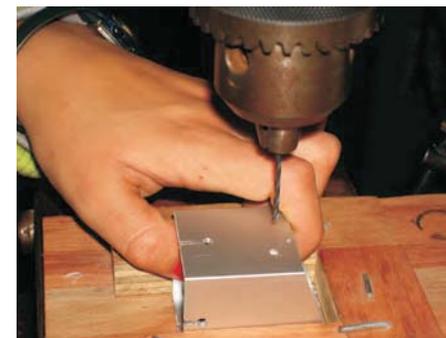
Una vez que se tienen las partes lijadas se deben soldar para formar las piezas de ensamble, en el caso del hierro, o se deben remachar, en el caso del aluminio. De esta forma se van generando elementos con partes móviles tanto de hierro como de aluminio.

Muchas de las partes que corresponden a uniones o ensambles se deben hacer perforaciones para posteriormente fijar temporalmente con un perno. Esta forma temporal de fijar la estructura en algunas partes es fundamental para mantener la desarmabilidad de la embarcación, siempre procurando cuidar mucho de la firmeza de aquellas partes que reciben mayores esfuerzos por efecto del peso de la persona y la resistencia del agua.



Es fundamental mantener la desarmabilidad de la embarcación

Como la estructura va a estar en constante contacto con el agua, tanto dulce como salada, el último paso debe ser aplicar una pintura que permita retardar el proceso de oxidación, esto solo para aquellas piezas hechas de hierro ya que en el caso del aluminio posee una mayor resistencia natural a la corrosión, por tanto no necesita pintura.



1.2 Perfiles hidrodinámicos

En la construcción de las alas para los modelos de pruebas se utilizó una técnica en la cual se cepilla un listón de madera hasta obtener el perfil alar deseado. En este caso en que se quiere construir un ala a escala real, la técnica antes usada no nos resulta conveniente. Esto por dos razones principalmente: se quiere que el ala aporte la mayor sustentación posible y para esto se ha pensado en que el ala tenga un espacio casi vacío en su interior y por otra parte, la técnica de cepillar deja un perfil que no tiene la resistencia suficiente para soportar las fuerzas que interactúan en la sustentación y empuje del prototipo.



con ayuda de matrices se construyen cuadernas de madera

La primera tarea fue lograr obtener, por medio de cortes a retazos de terciado, el perfil alar que consideramos, luego hacer en cada una de las alas dos calados rectangulares donde se van a fijar dos listones de madera que permitirán estructurar el ala.

Se unieron una cantidad de 8 de estas cuadernas por medio de dos listones de madera que tienen unas franjas que las acoge, uniéndolo luego los 2 listones para que la cuaderna quede presionada entre ellos. de esta forma se asegura que las cuadernas queden ubicadas en la misma posición y reduce la posibilidad de que el ala se flecte al aplicarle una fuerza.

Luego se ubicaron dos laminas delgadas de madera para revestir este esqueleto y comenzar a formar el ala, esta es la primera capa de varias que tendrán que ser ubicadas posteriormente para estructurar más el ala.





Cuando ya se tienen las dos láminas de madera puestas sobre el esqueleto se pasa a lijar el ala para eliminar las imperfecciones y ajustarse al perfil alar que se quiere. Tratando, en lo posible, de no debilitar mucho la madera ya que es parte importante de la estructuración del ala.

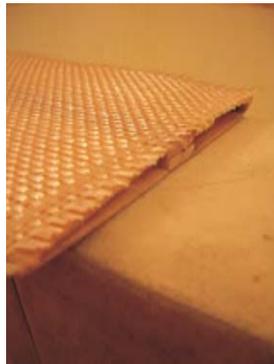
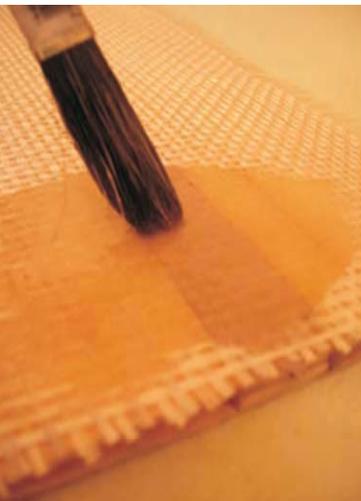
la estructura de madera por si sola no es suficiente para soportar los esfuerzos



Ya se tiene el ala del tamaño y del perfil alar adecuado, pero esta estructura por si sola no es suficiente para soportar los esfuerzos, más bien es la estructura de soporte, la base para el paso que viene que es el revestimiento de fibra de vidrio.

Para el revestimiento en fibra de vidrio primero se aplica una capa de resina de poliéster, esto para tapar todas las grietas e imperfecciones que la madera pueda tener.

Después de esta primera capa se agrega la fibra de vidrio (tela 270) que le da a la estructura resistencia a la tracción. Se usa este tipo de fibra por el acabado que se logra y por que tiene buena resistencia en los dos sentidos.



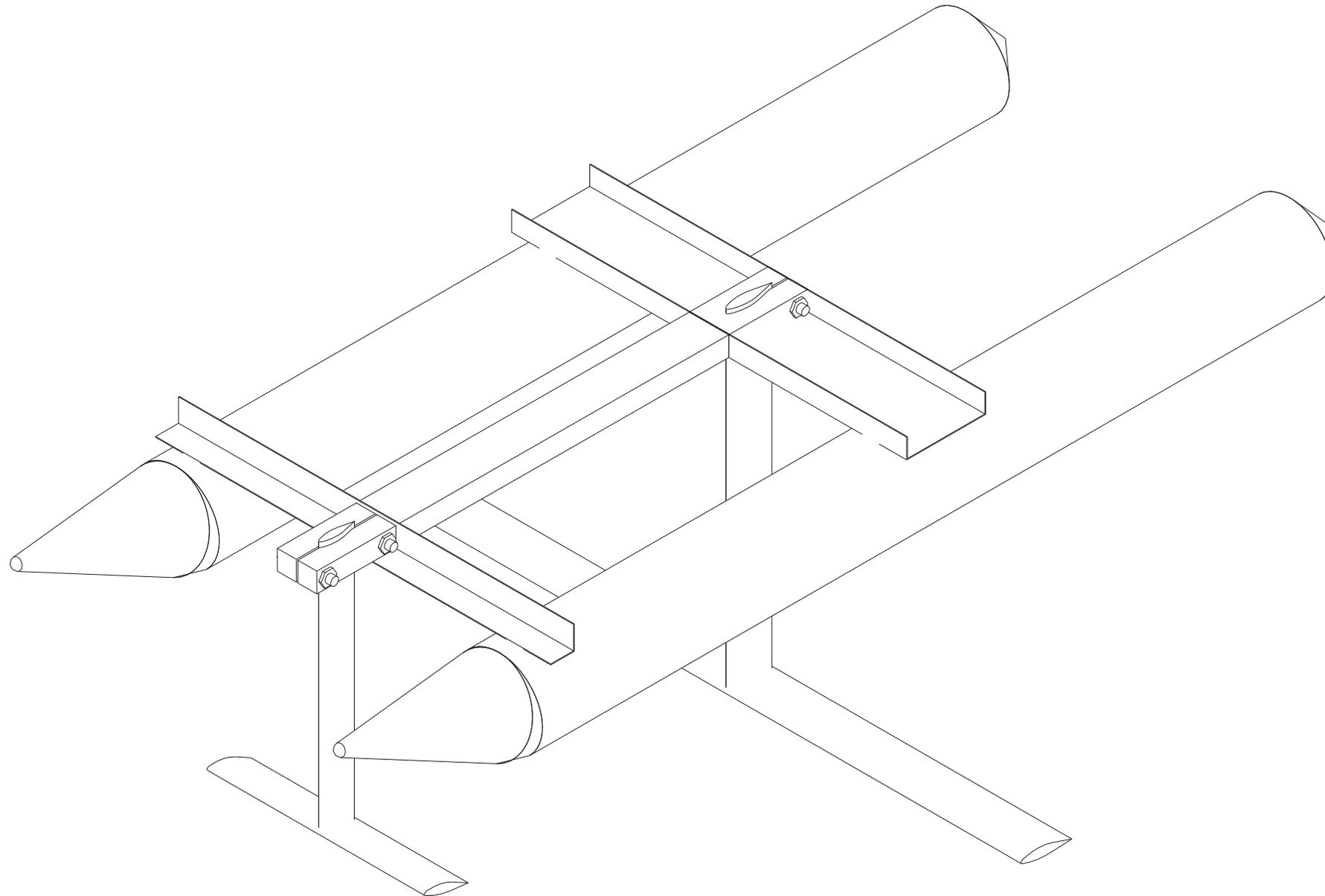
Después se le agrega otras dos capas más de resina
Para lograr que el ala quede lo más firme posible.

Finalmente se lija la ultima capa de resina para dejar la superficie lo mas lisa posible y evitar que genere mucha resistencia al fluido.

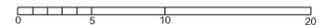
en pruebas posteriores por medio de moldes se construye solo la parte externa del ala con fibra de vidrio agregando aproximadamente dos capas, luego se rellena el interior con espuma de poliuretano obteniendo la misma dureza que con el sistema de cuadernas.

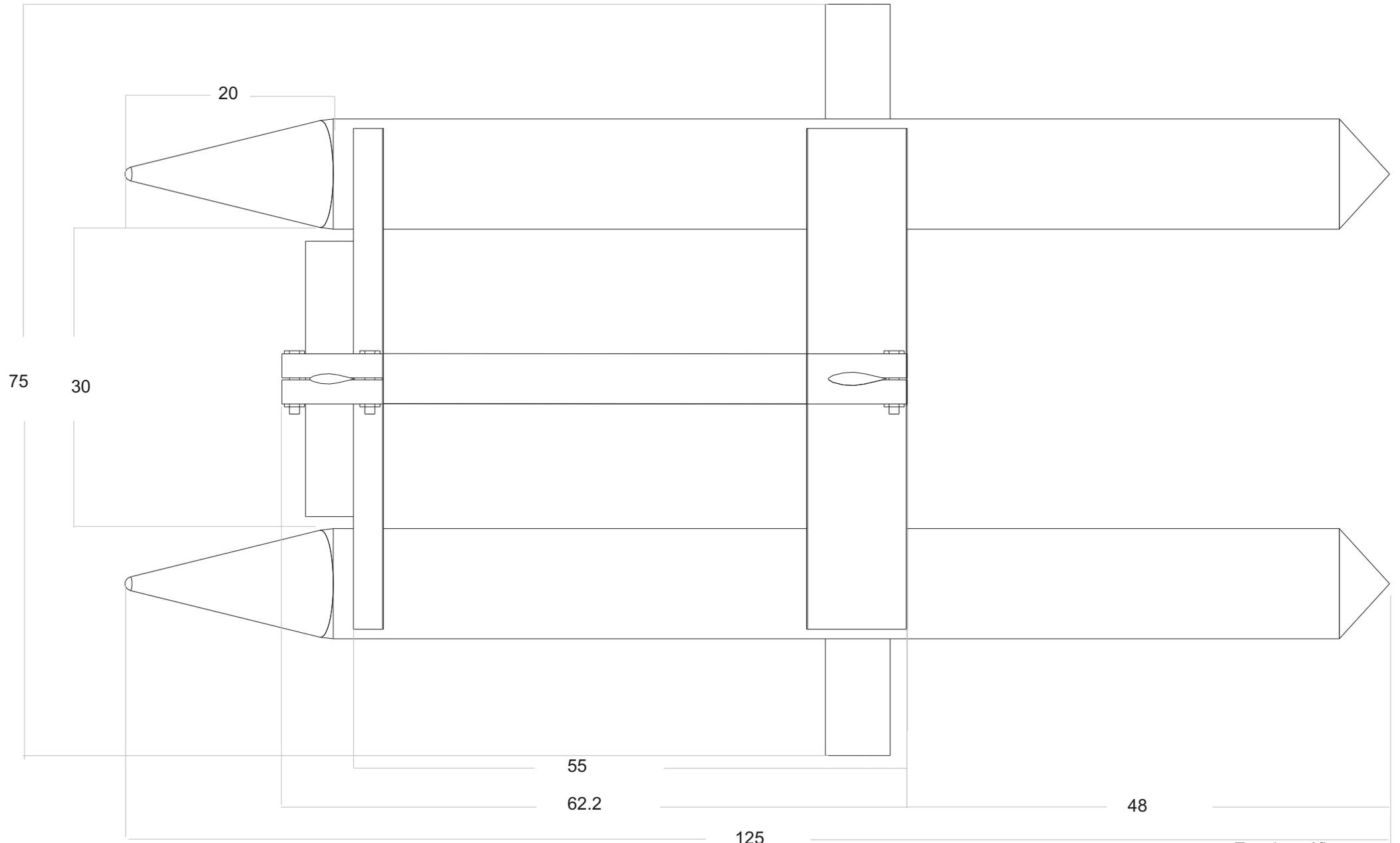


primer modelo de pruebas 

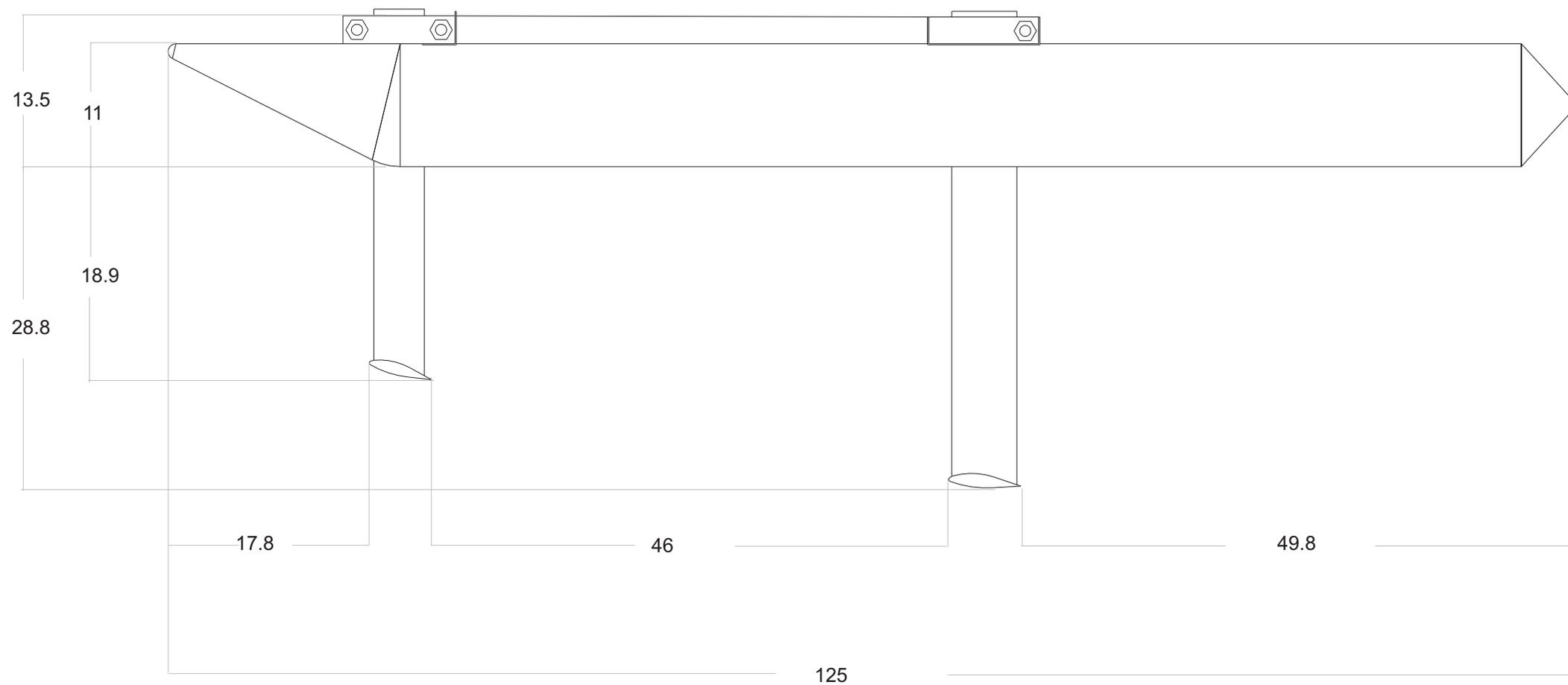


Escala gráfica



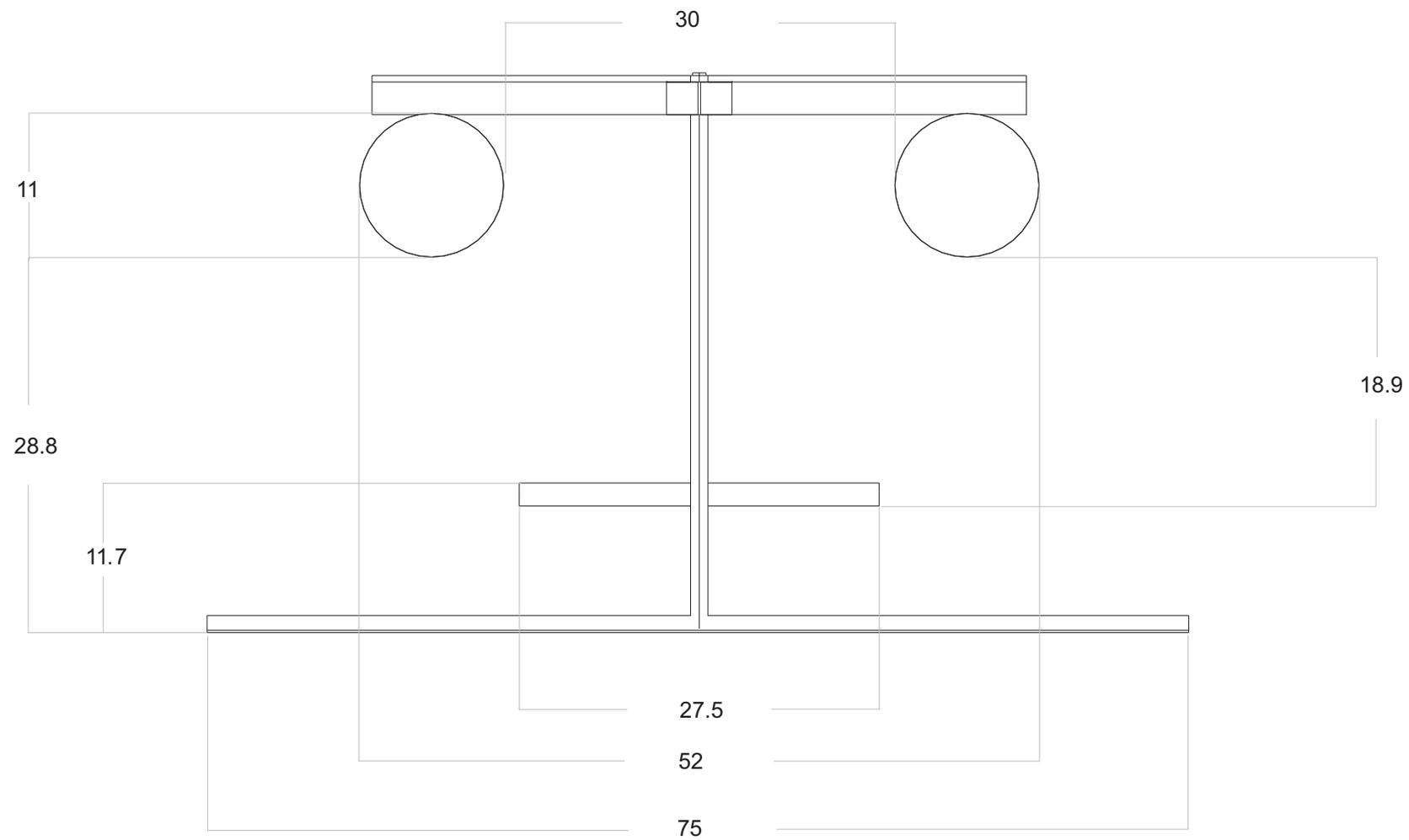


Vista Lateral



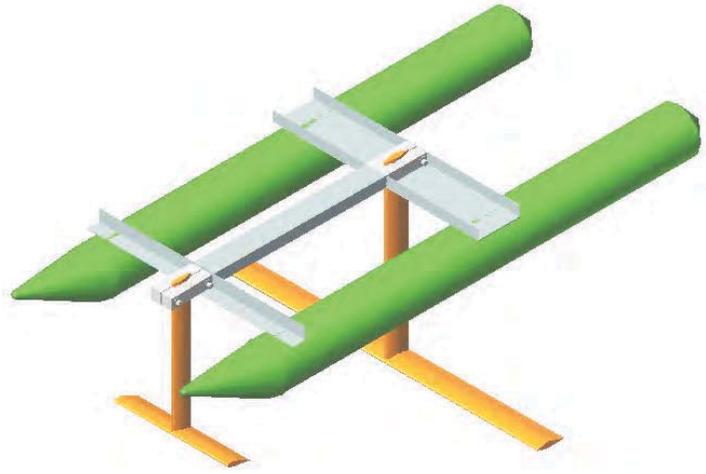
Escala gráfica





Escala gráfica

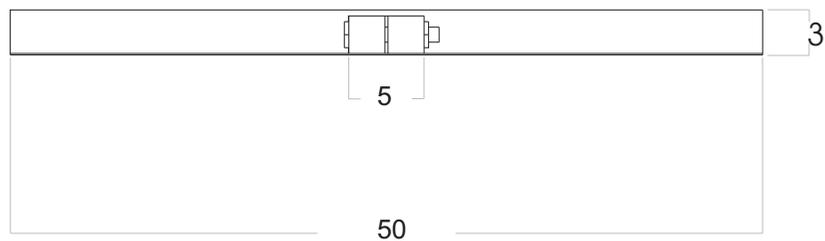




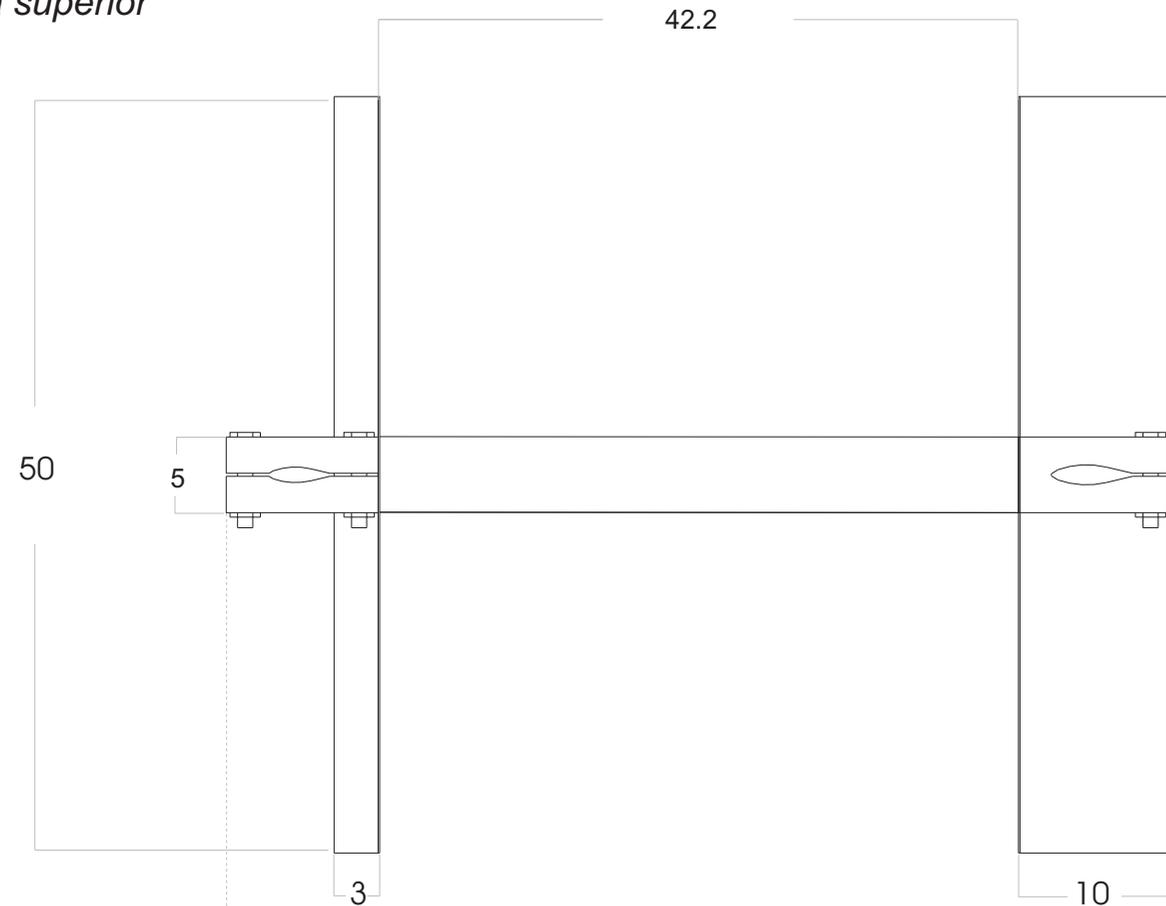
El modelo se compone de 4 partes fundamentales:

- Dos cascos
- Una estructura centra, la cual vincula los cascos y los perfiles hidrodinámicos
- Perfil hidrodinámico delantero
- Perfil hidrodinámico trasero

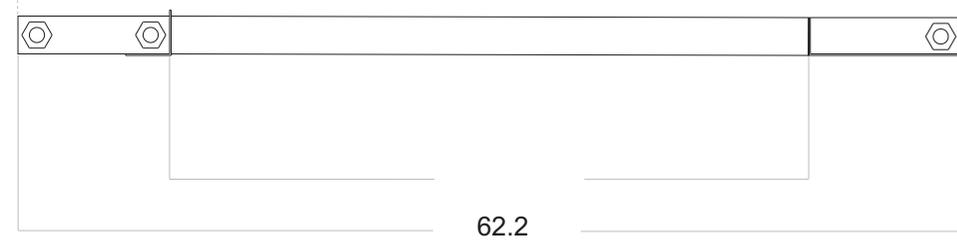
Vista frontal

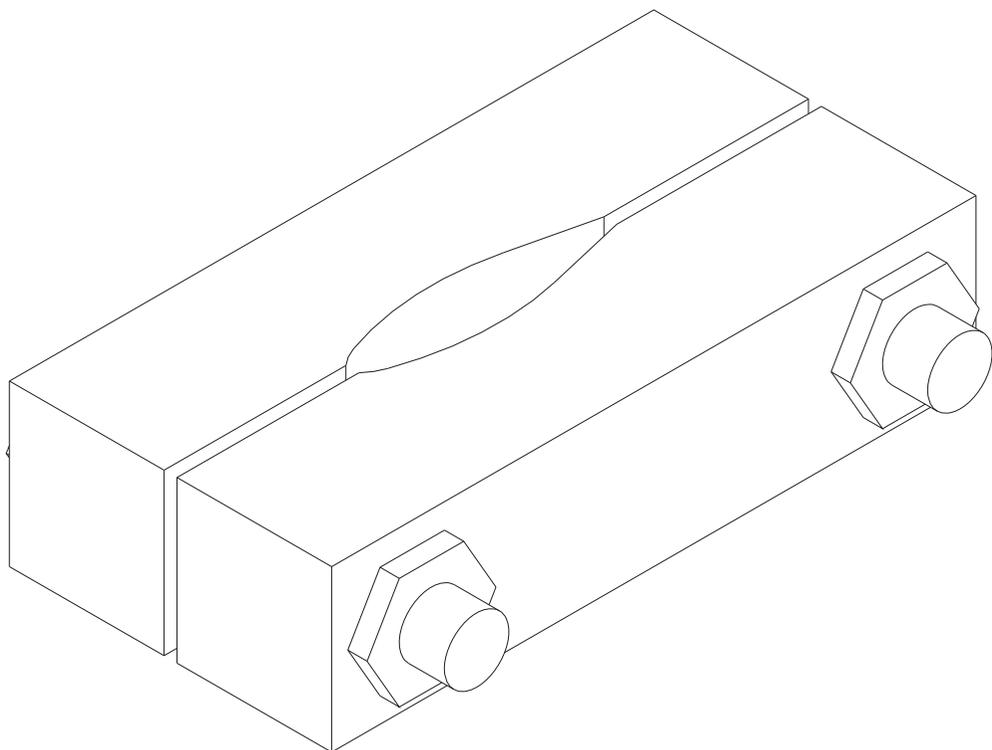


Vista superior

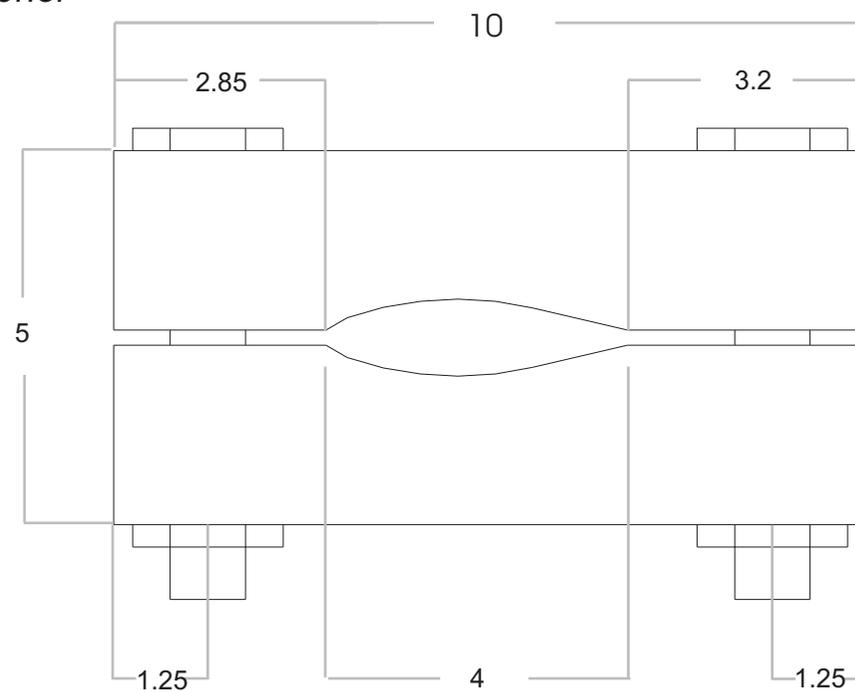


Vista lateral

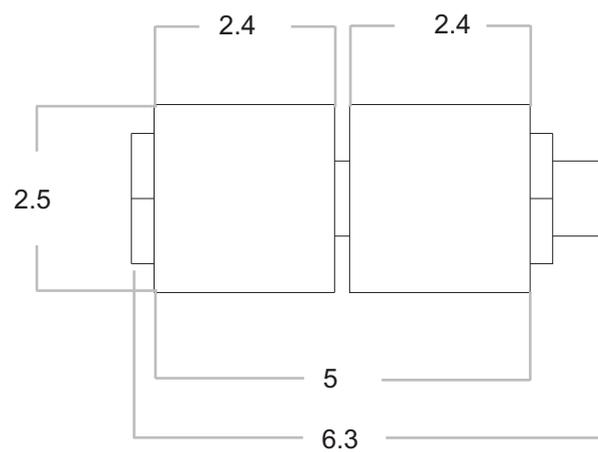




Vista superior

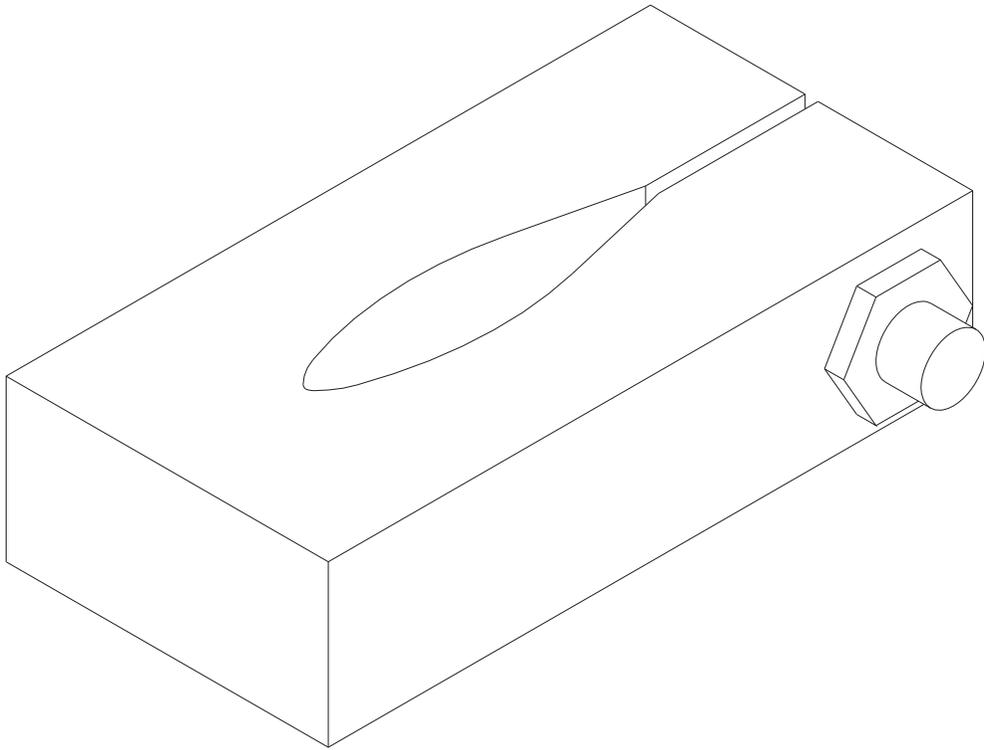


Vista frontal

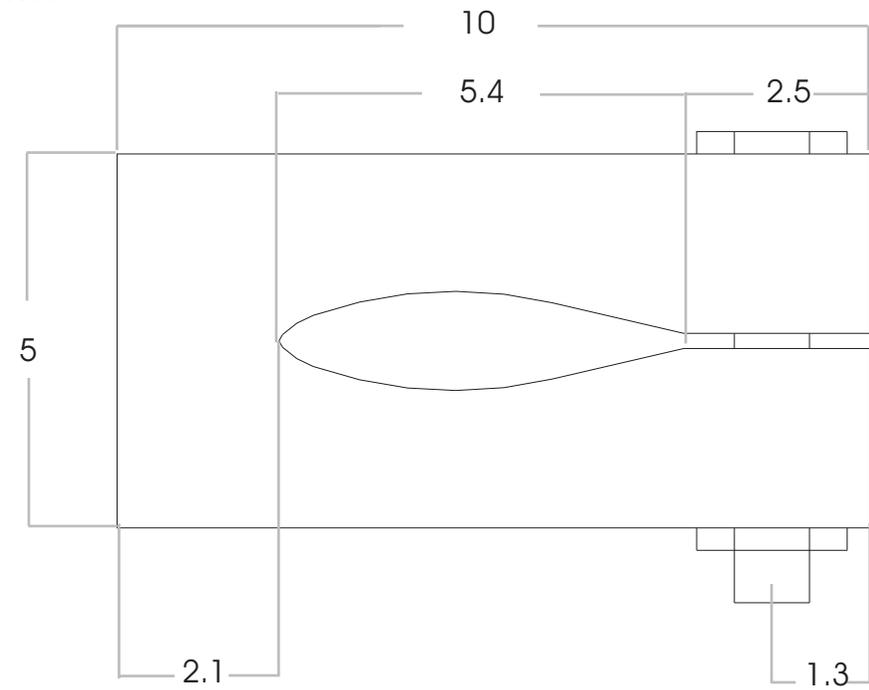


Vista lateral

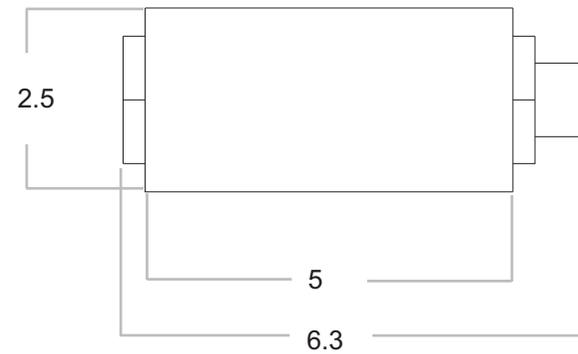




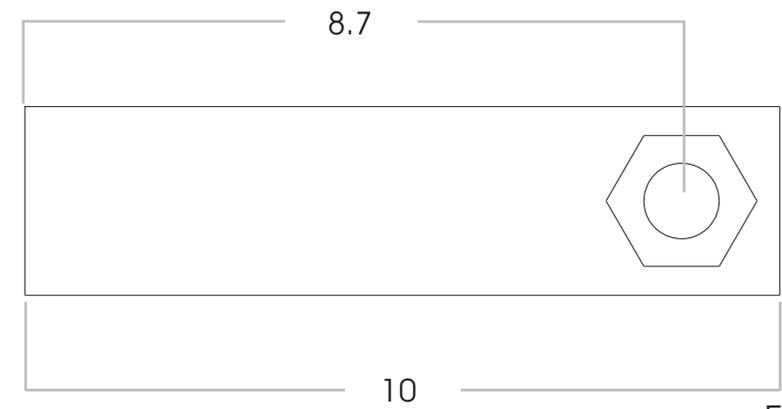
Vista superior



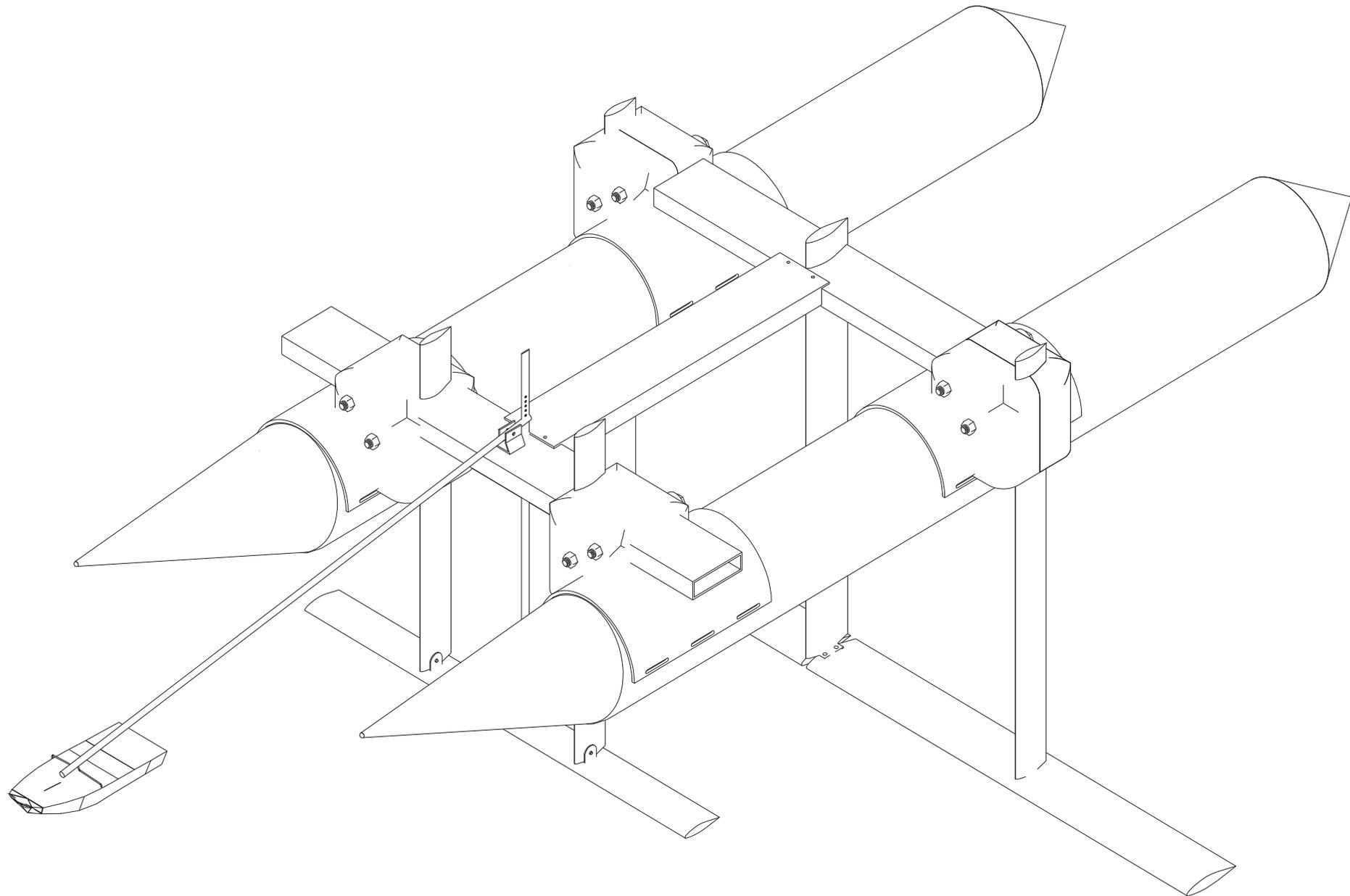
Vista frontal

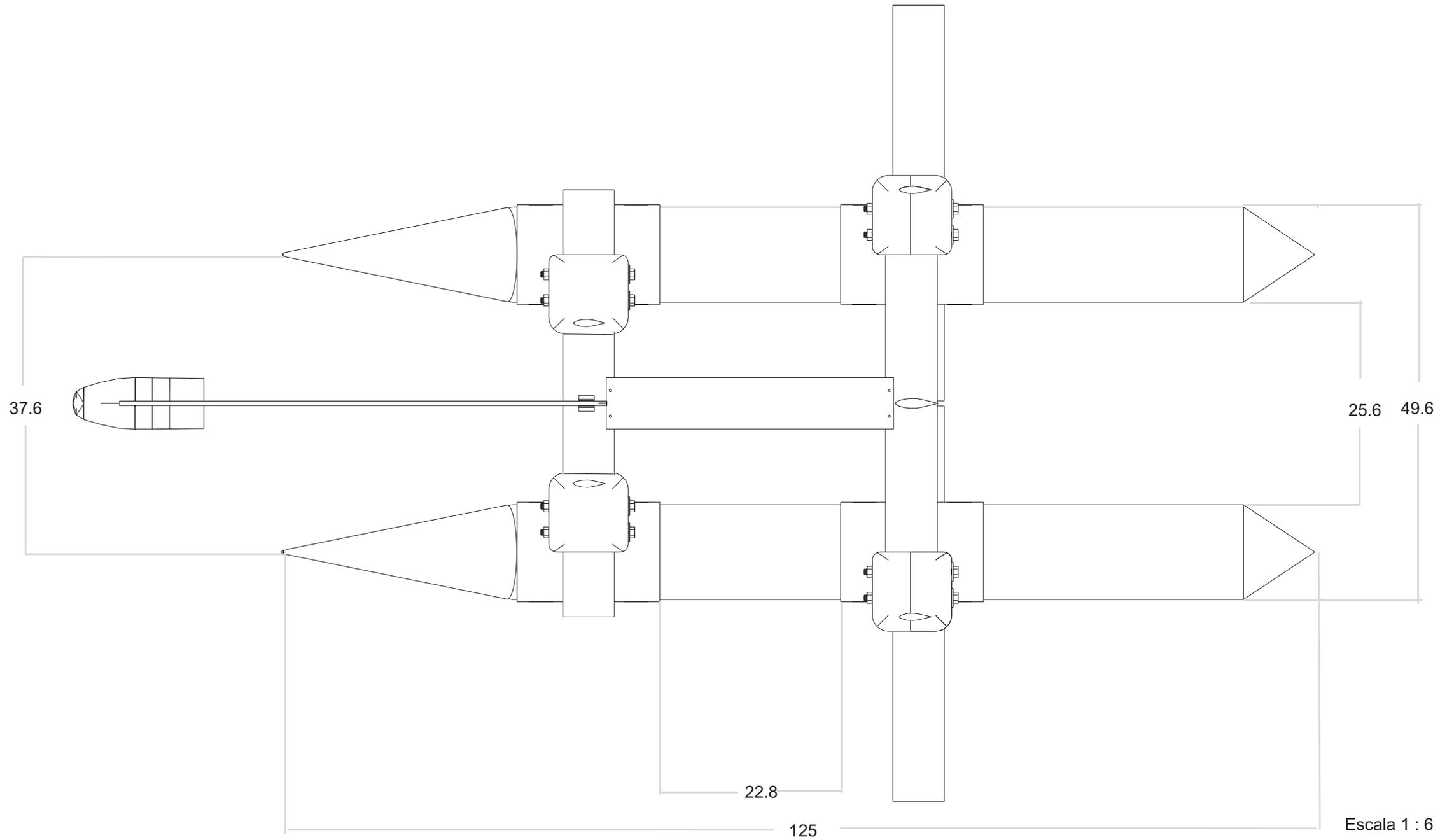


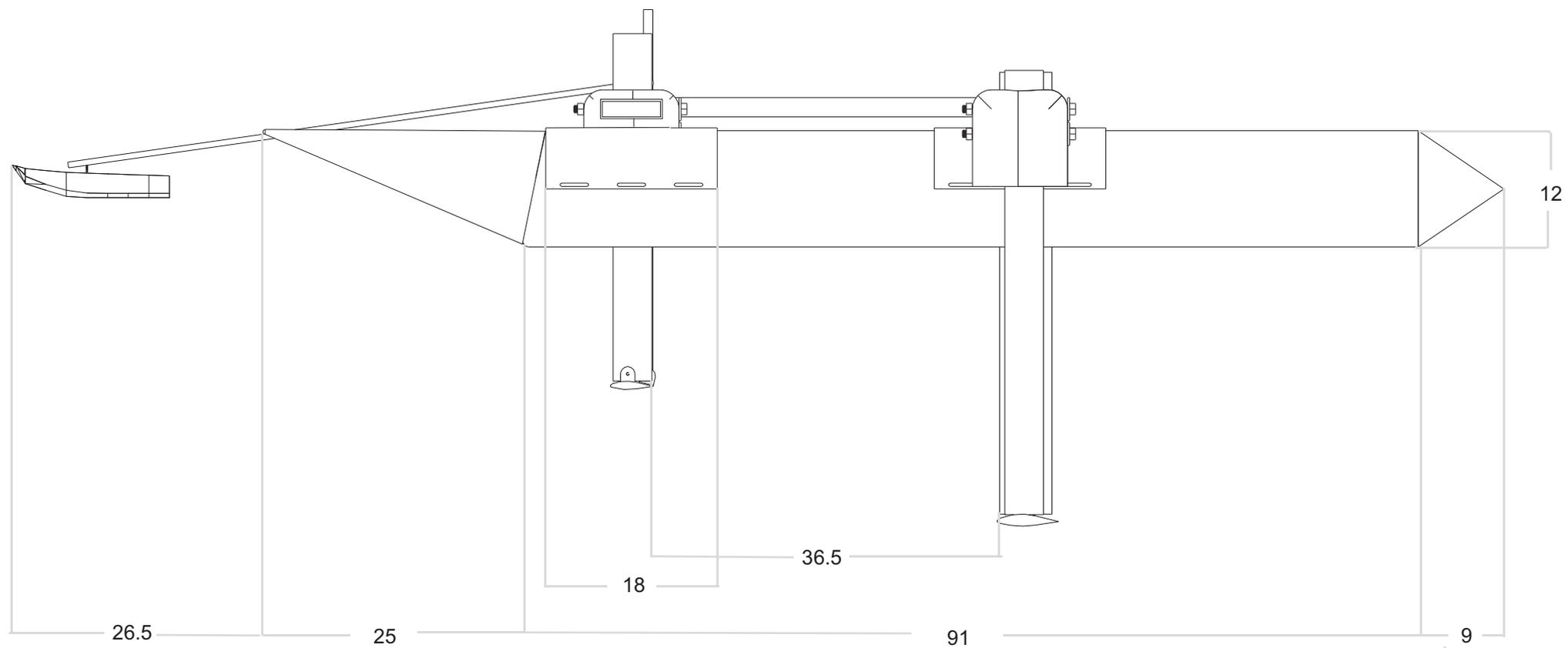
Vista lateral

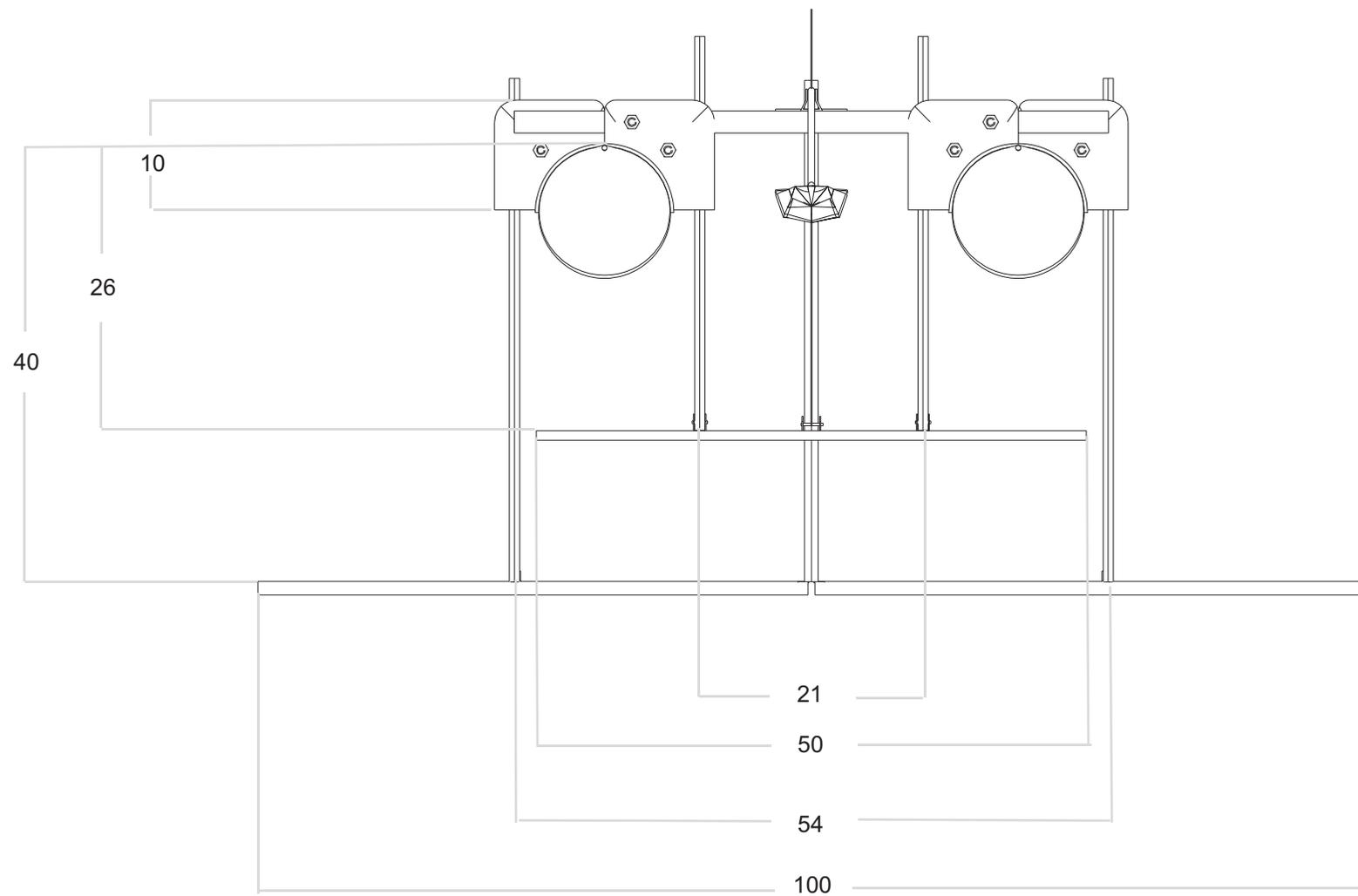


Escala 1 : 1







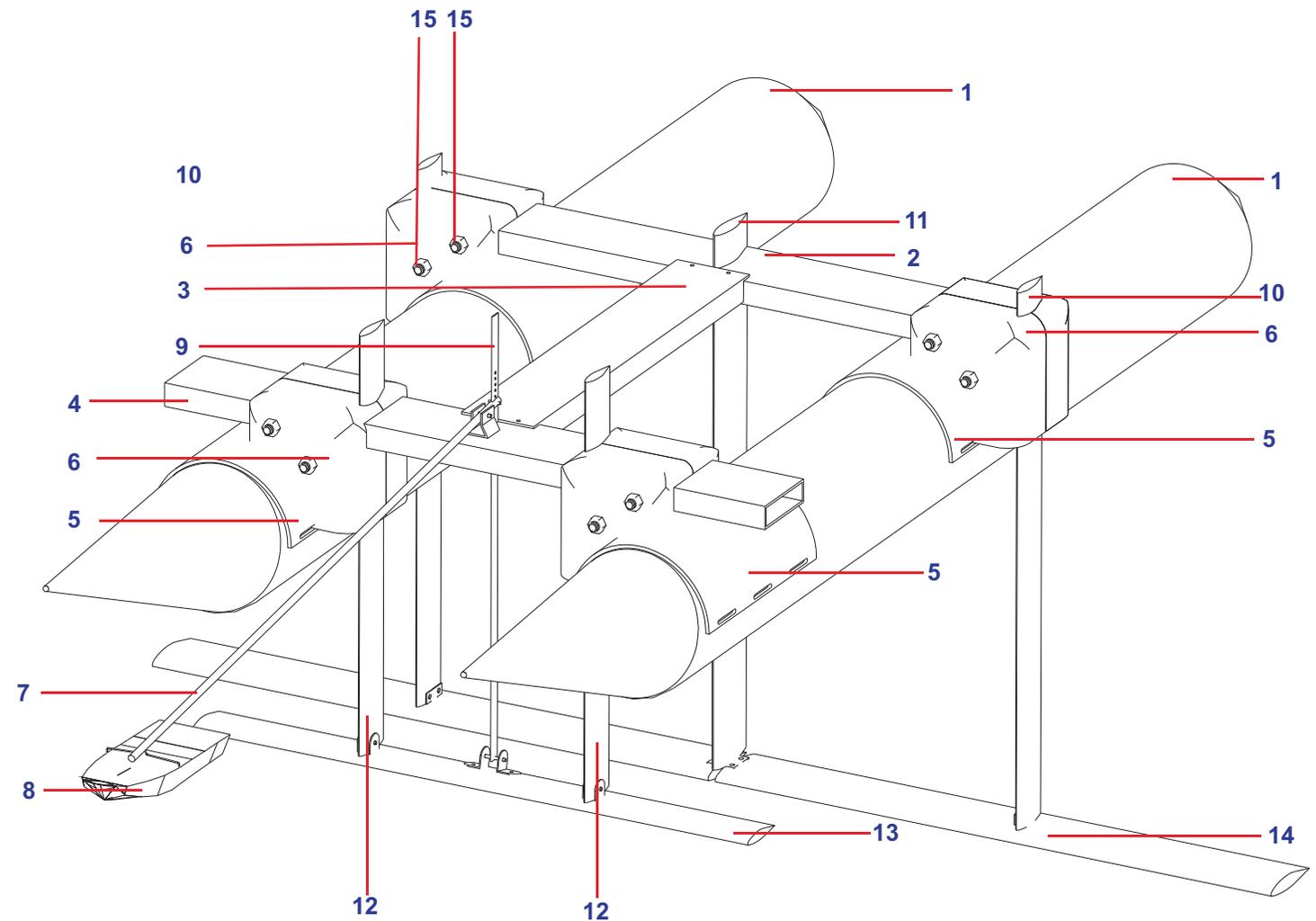


A este modelo se le realizan diversos cambios, con respecto al modelo realizado durante la etapa anterior. Unos de los principales objetivos es hacerlo desarmable y que tenga mayor posibilidad de ajustabilidad.

Incorporación de ángulo diedro.

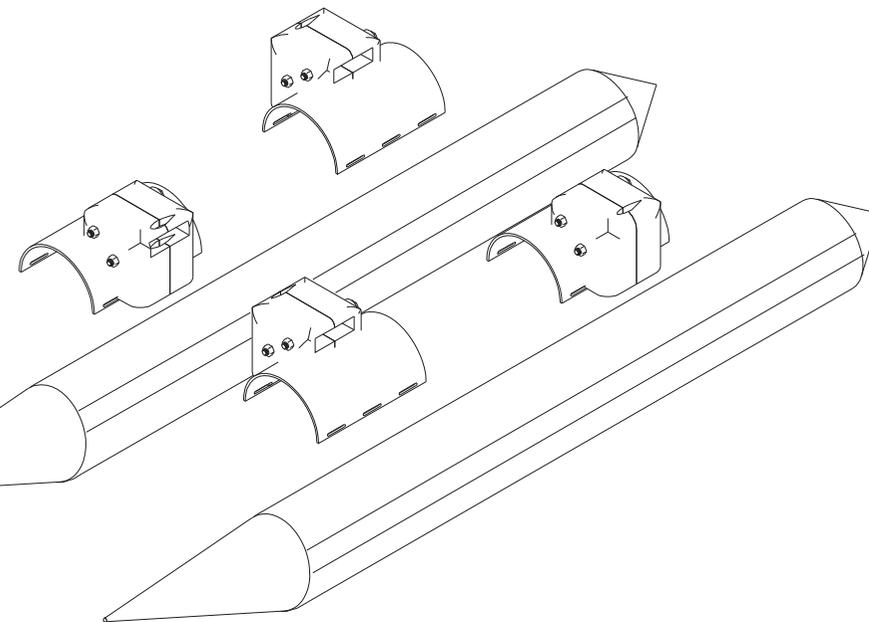
Uno de principales cambios realizados en este modelo es la incorporación del ángulo diedro, de este modo se podrá comprobar si ésto ayuda con la estabilidad del modelo, esto, para una posterior realización del prototipo.

1. Cascos inflables
2. Perfil de aluminio transversal trasero
3. Perfil de aluminio longitudinal central
4. Perfil de aluminio transversal delantero
5. Monturas de cascos inflables
6. Piezas de ensamble _ Fijador de perfiles verticales
7. Brazo del seguidor de superficie
8. Flotador del seguidor de superficie
9. Vara de transmisión
10. Perfiles verticales Hidrodinámico simétricos traseros
11. Perfil vertical Hidrodinámico simétrico trasero
12. Perfiles Hidrodinámicos vertical simétrico delantero
13. Perfil Hidrodinámico horizontal trasero
14. Perfil Hidrodinámico horizontal delantero
15. Pernos de unión de piezas



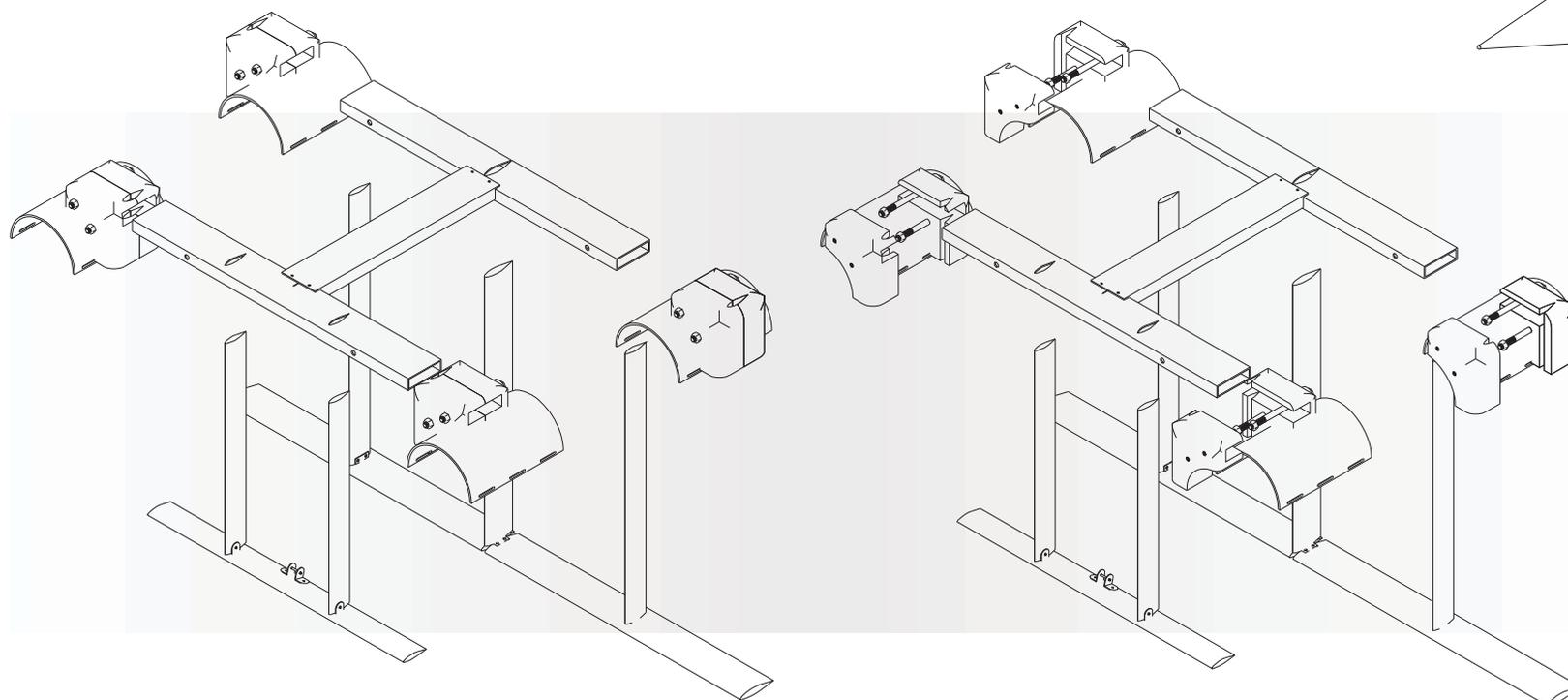
6.1 Unión de las monturas a los cascos inflables:

Las monturas de fibra que permiten conformar el total del modelo se fijan a los cascos inflables mediante un sistema de velcro. Una parte del velcro va pegado por el interior de la pieza. Éste se une a la otra parte del velcro que se encuentra en la parte cilíndrica del flotador. Este velcro está pegado a lo largo del flotador para poder permitir cambiar la posición de las piezas en caso de que sea necesario.



6.2 Unión de las monturas a la estructura central

Las monturas de fibra tienen las piezas que reciben a los perfiles de aluminio. estas piezas se abren en dos partes para permitir la entrada de los perfiles hidrodinámicos verticales y de este modo apretarlos y dejarlos fijos en la estructura.



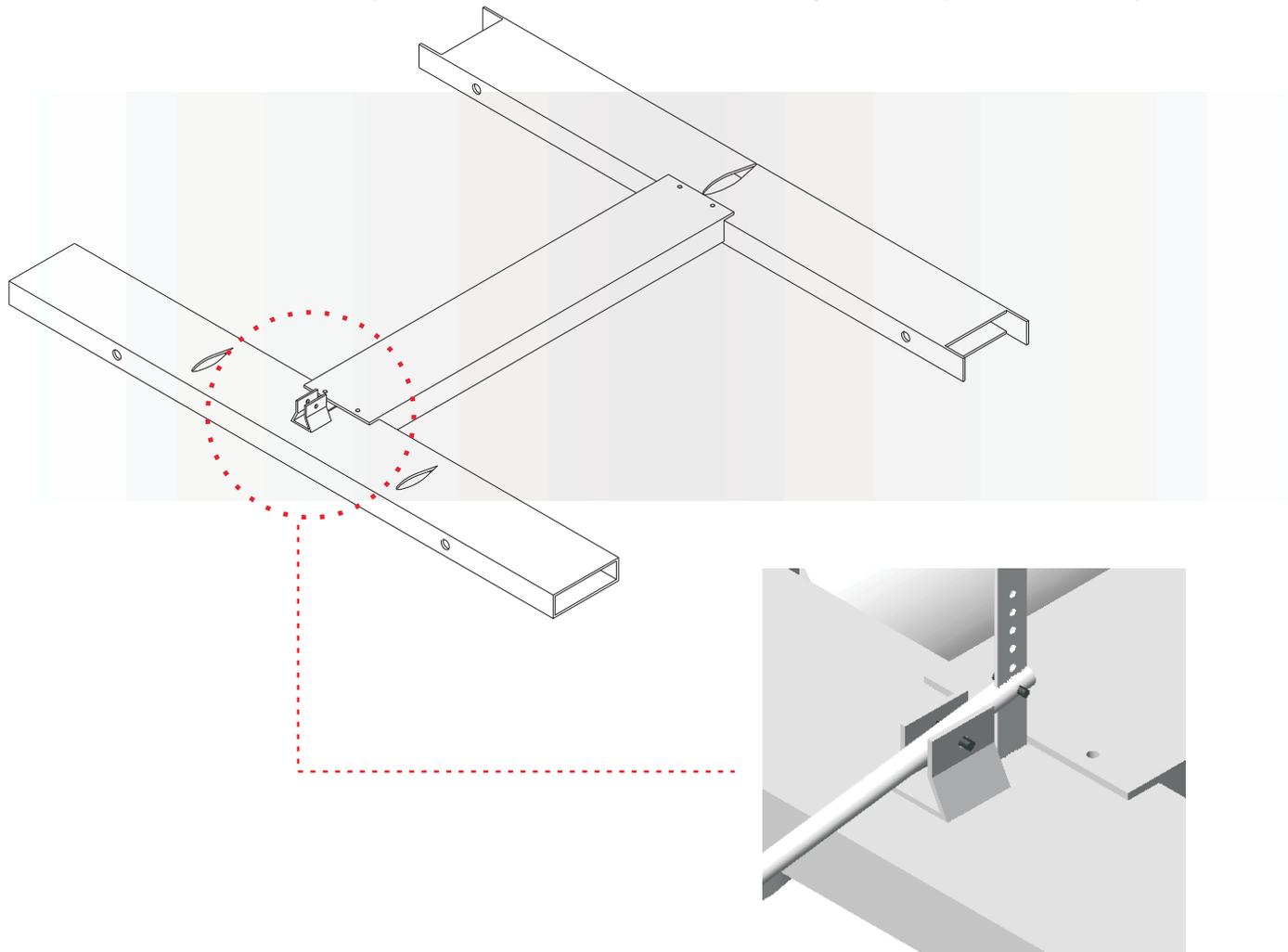
Una mitad de la pieza que va sobre la montura va remachada a ésta, la otra mitad es móvil para permitir la entrada del perfil vertical. Se aprietan mediante dos pernos, uno de los cuales atraviesa el perfil de aluminio, asegurando al mismo tiempo la fijación de éstos.

Esta pieza permite estructurar el modelo. Permite la unión de ambos cascos, esto mediante las piezas de fibra que van sobre las monturas de los cascos.

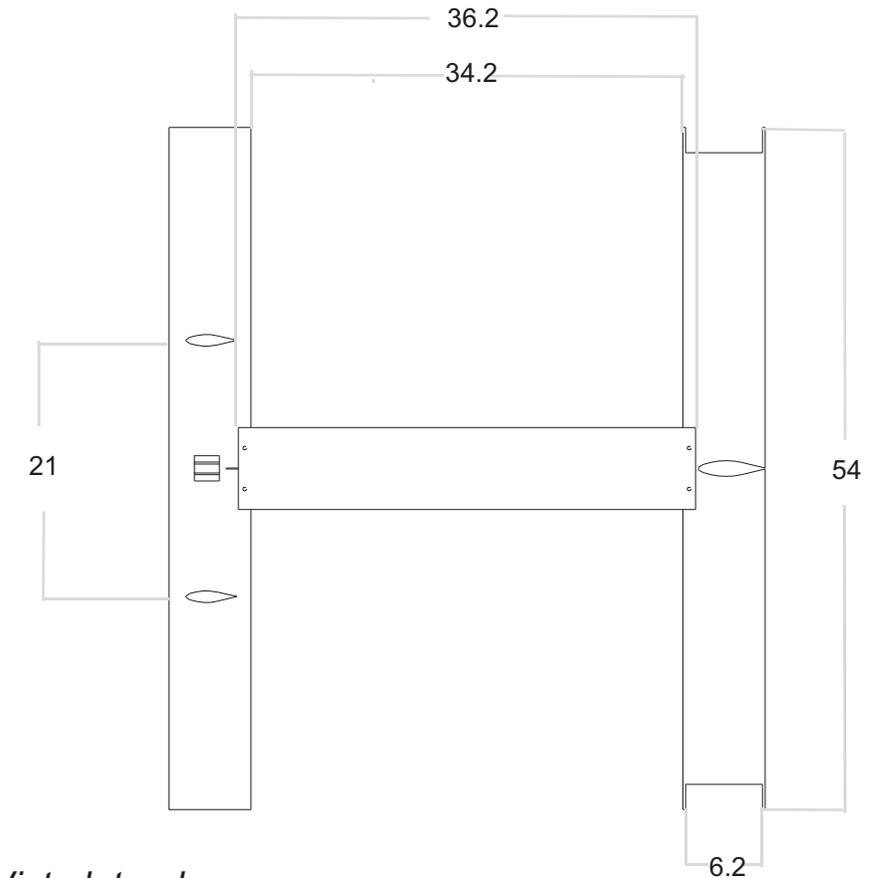
Los perfiles hidrodinámicos delanteros pasan por el perfil de aluminio. Esta parte a su vez, recibe al eje del brazo del seguidor de superficie, además tiene la ranura que permite el paso de la vara de transmisión de éste.

El perfil vertical central trasero atraviesa el perfil correspondiente a la parte de popa del modelo, se fija mediante una goma que permite su deslizamiento suave al momento de cambiar la altura de los perfiles hidrodinámicos.

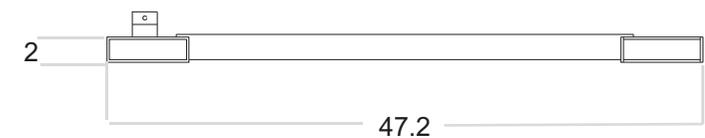
Esta pieza de aluminio se fija al resto de la estructura mediante los pernos que pasan por las piezas que van sobre las monturas de los cascos. Cada perfil transversal es atravesado a babor y a estribor por uno de estos pernos.



Vista superior



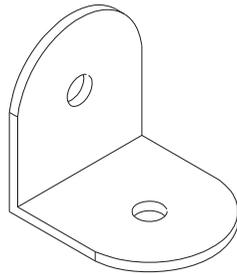
Vista lateral



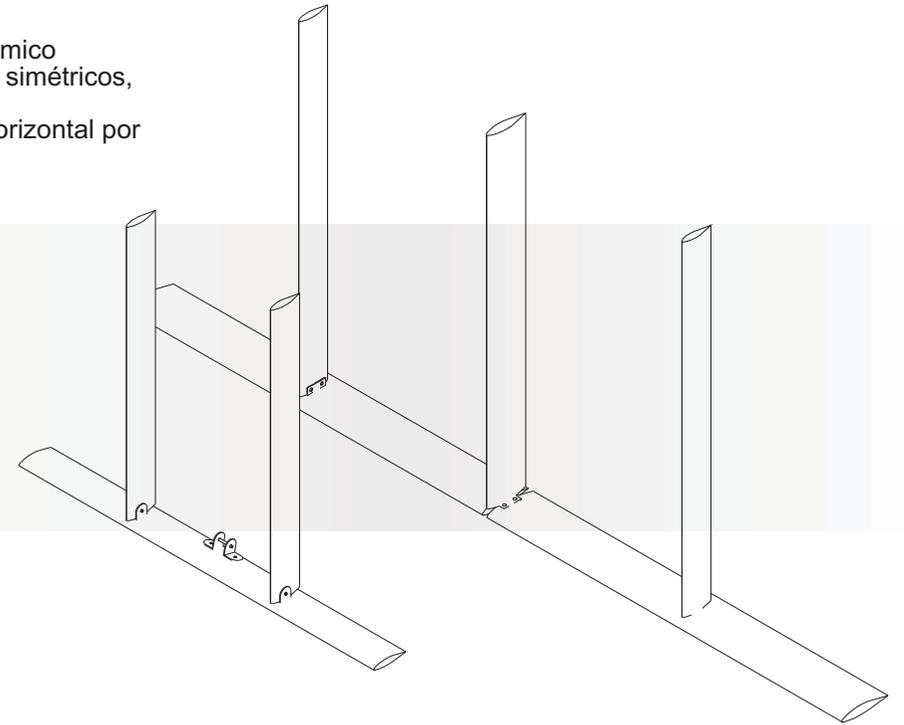
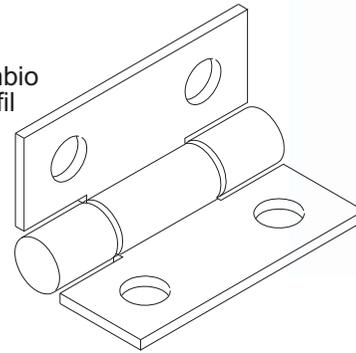
Los perfiles hidrodinámicos traseros se fijan mediante bisagras que permiten cambiar el ángulo diedro de este perfil. El perfil hidrodinámico horizontal trasero se encuentra dividido en dos partes, el cual se une mediante el perfil hidrodinámico central trasero, el cual, a su vez tiene dos bisagras que permiten esta unión. Se fija también, por dos perfiles verticales simétricos, de menos cuerda que el central, de modo de evitar el roce del agua. Las bisagras van fijadas a los perfiles hidrodinámicos verticales, de este modo se puede cambiar el perfil hidrodinámico horizontal por otro de distinta forma.

Piezas de fijación

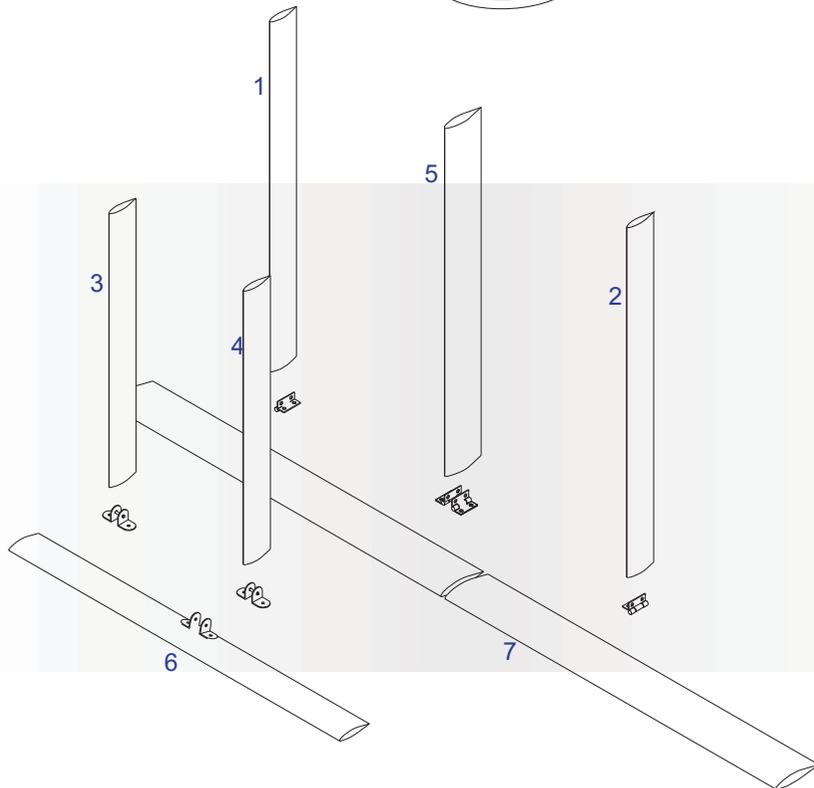
"L" que sirve de eje de unión de los perfiles hidrodinámicos, además de servir de eje para la vara de transmisión que permite el cambio de ángulo de ataque.



Bisagra que permite el cambio de ángulo diedro en el perfil horizontal trasero.



El perfil hidrodinámico horizontal delantero se fija a dos perfiles verticales simétricos. A diferencia del trasero, éste se fija mediante dos ejes que van en los perfiles verticales delanteros, y de este modo permitir el cambio de ángulo del perfil mediante la vara de transmisión.



1, 2, 3 y 4 : perfiles hidrodinámicos de 4 centímetros de cuerda.

5 : perfil hidrodinámico simétrico de 5.5 centímetros de cuerda.

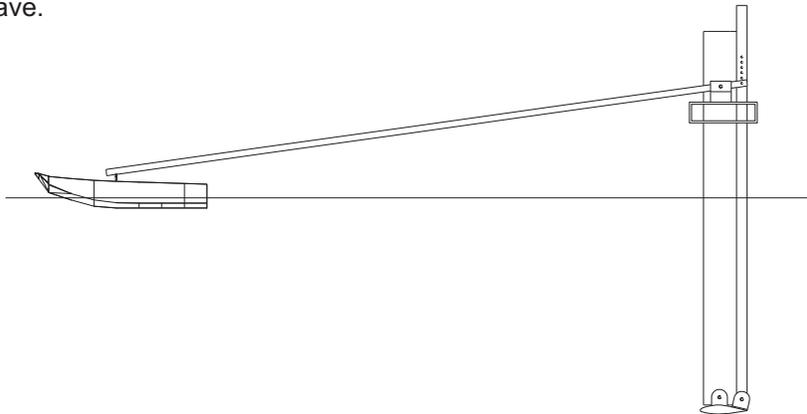
6: perfil hidrodinámico asimétrico de 4.5 centímetros de cuerda.
Envergadura: 50 centímetros.

7: perfil hidrodinámico asimétrico de 6.2 centímetros de cuerda.
Envergadura: 100 centímetros.

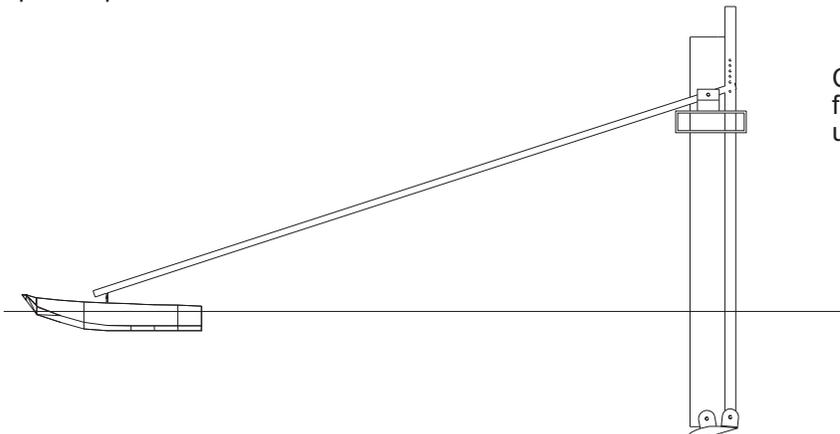
El seguidor de superficie actúa transformando la energía hidrodinámica en un movimiento mecánico. Se encuentra ubicado en el perfil de aluminio delantero que une los perfiles hidrodinámicos. Si la nave está detenida el perfil hidrodinámico está totalmente sumergido y el flotador se encuentra en la superficie a nivel de flotación de los cascos inflables.

La nave al tomar velocidad, despega del agua, elevándose sobre ésta. Ésto produce que la vara de transmisión se eleve cambiando así el ángulo de ataque del perfil hidrodinámico delantero. Con ésto la nave se eleva hasta cierto límite, pues pierde sustentación al cambiar el ángulo de ataque negativamente.

Momento 1: perfil sumergido, flotador a nivel de flotación del resto de la nave.



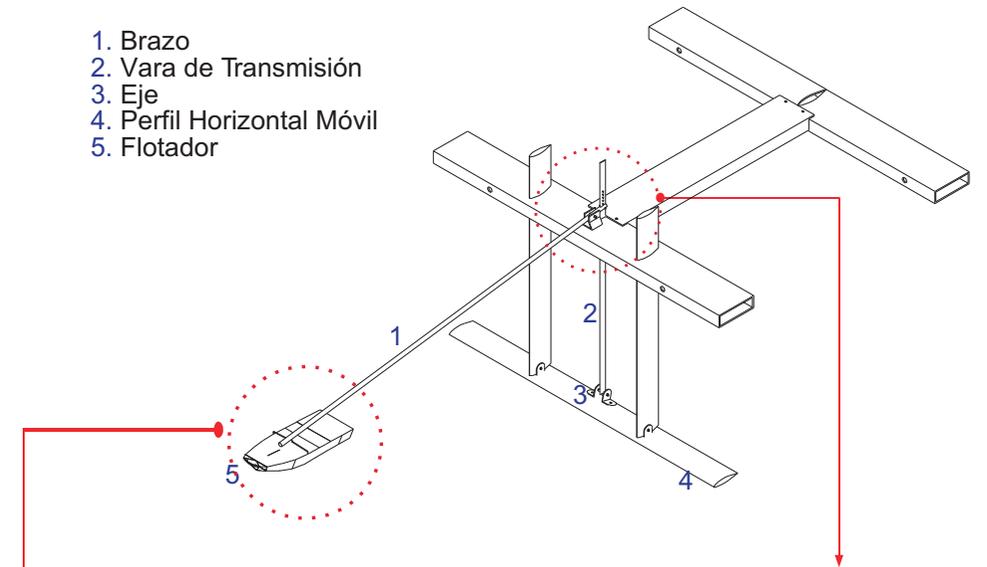
Momento 2: perfil elevado, vara de transmisión cambiando el ángulo de ataque del perfil hidrodinámico



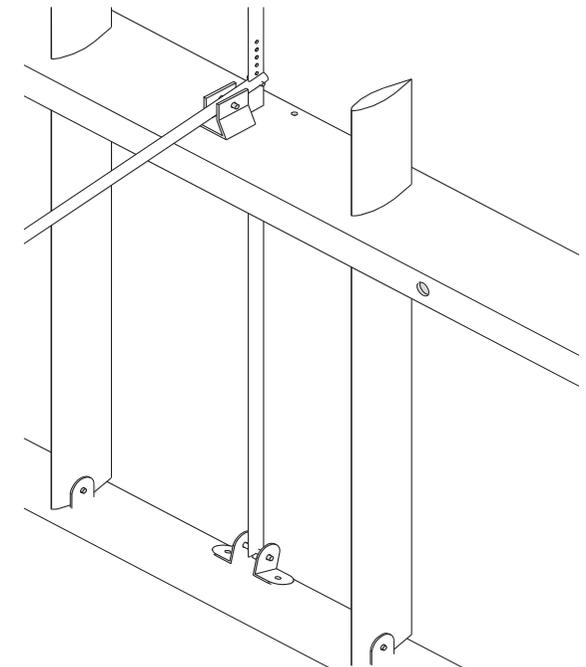
Casco de fibra de vidrio, fijado mediante un eje que lo una al brazo del flotador.



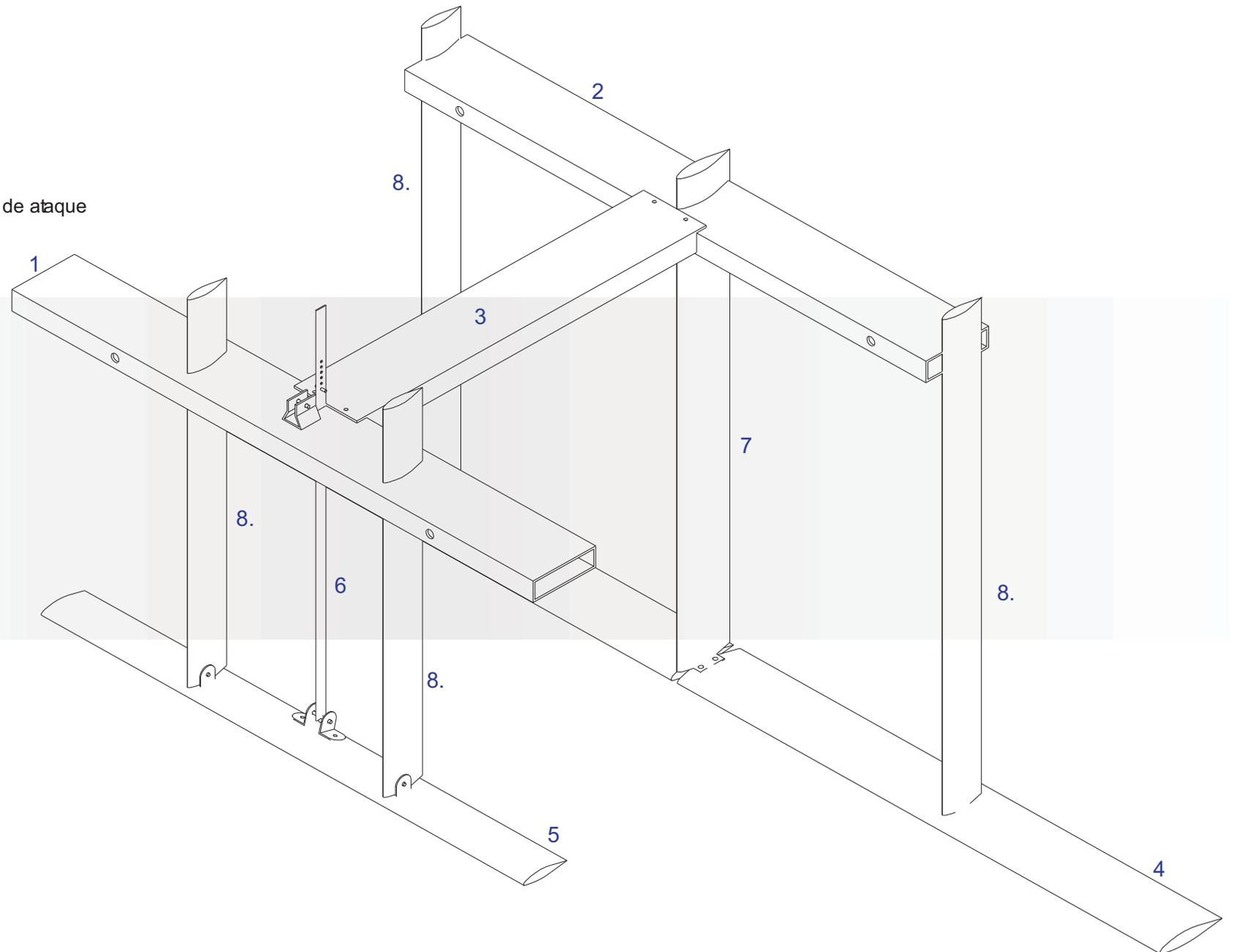
1. Brazo
2. Vara de Transmisión
3. Eje
4. Perfil Horizontal Móvil
5. Flotador



Eje al cual se fija el brazo del flotador, el cual se fija al mismo tiempo a la varilla de transmisión que cambia el ángulo de ataque del perfil delantero.

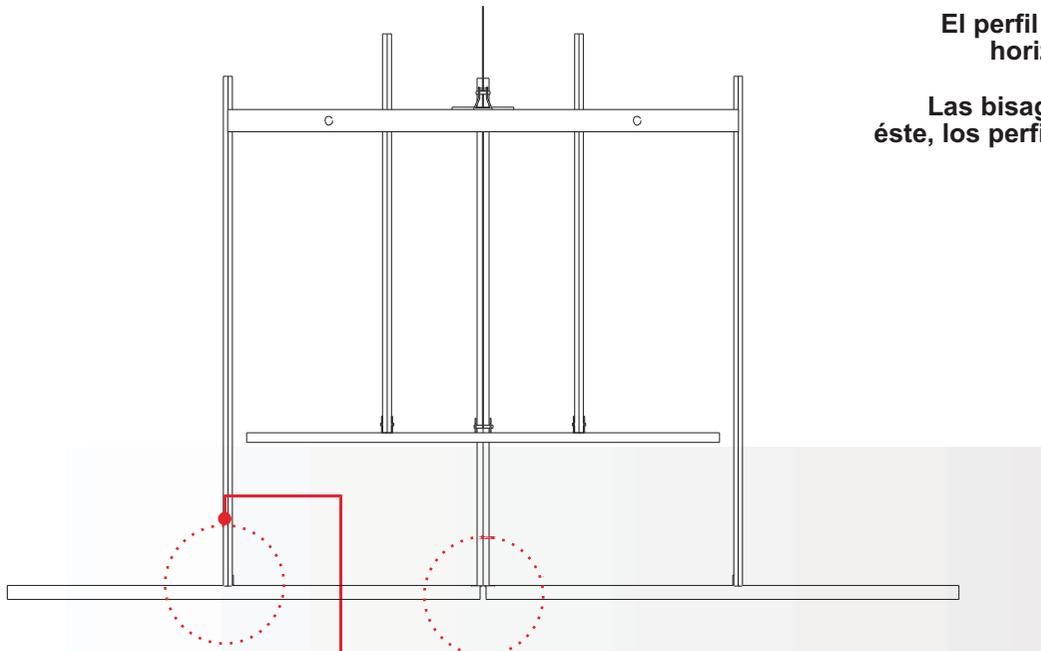


1. Perfil de aluminio transversal delantero
2. Perfil de aluminio transversal trasero
3. Perfil aluminio longitudinal central
4. Perfil hidrodinámico horizontal trasero
5. Perfil hidrodinámico central delantero
6. Vara de transmisión para cambio de ángulo de ataque
7. Perfil hidrodinámico vertical central trasero
8. Perfiles hidrodinámicos simétricos

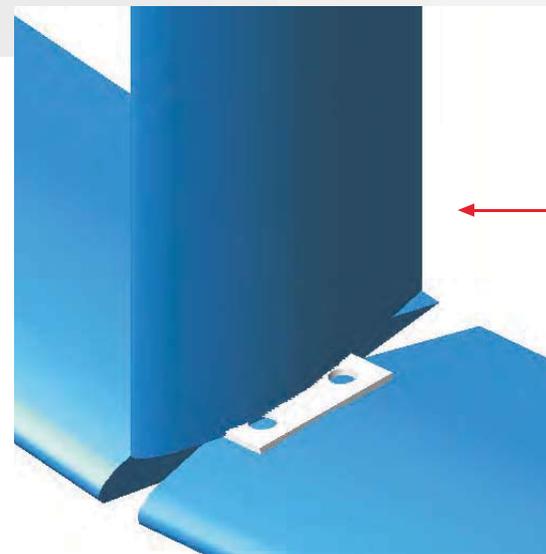
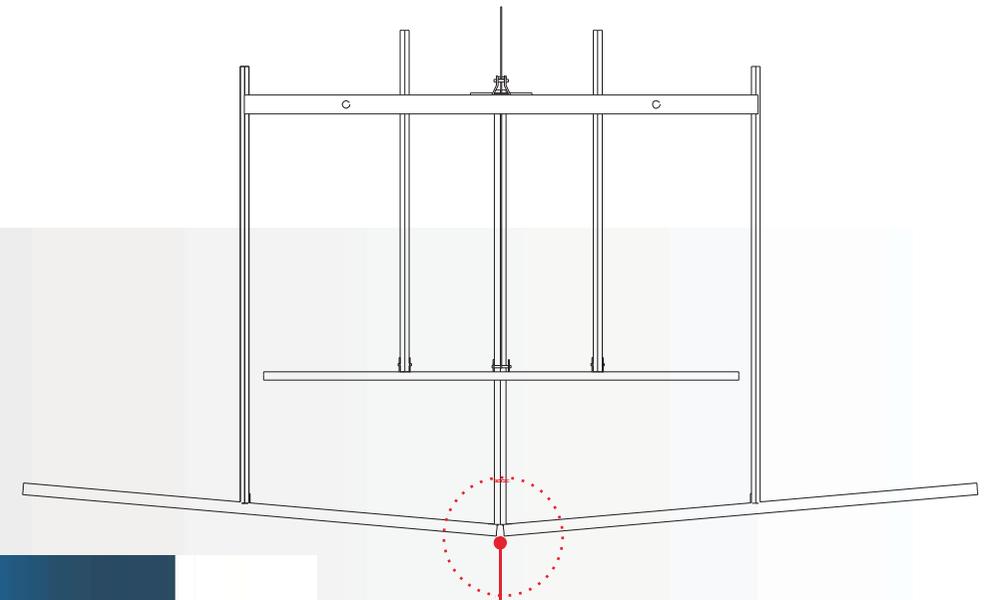


El perfil horizontal trasero permite el cambio de su ángulo diedro. Puede pasar de una perfil completamente horizontal a un ángulo hasta un ángulo, que por razones de estabilidad, no debe superar los 10 grados.

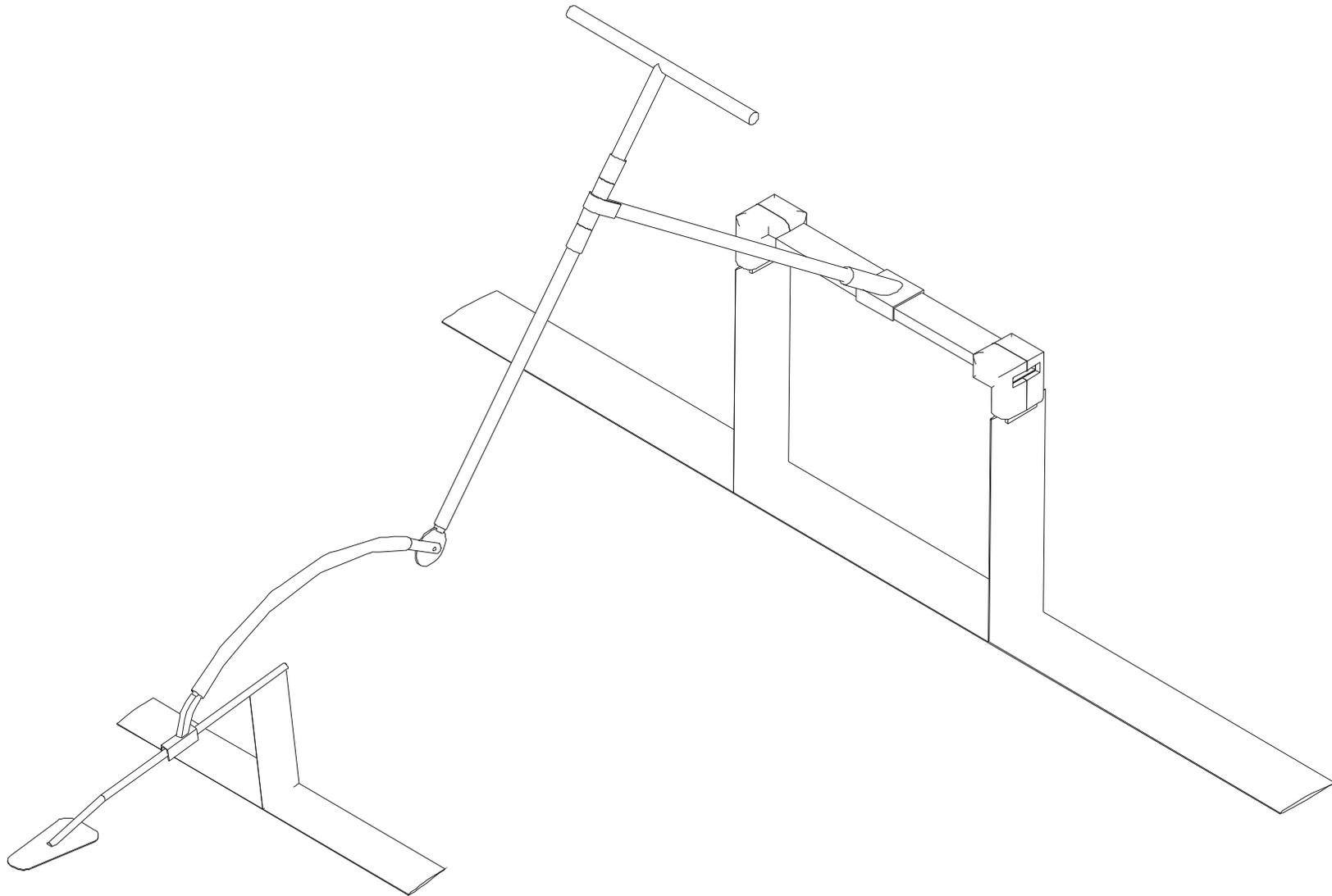
Las bisagras que posee el perfil hidrodinámico vertical permiten este cambio de ángulo. Para lograr aumentar éste, los perfiles verticales traseros deben deslizarse hacia arriba, cambiando también en ángulo con respecto al perfil horizontal.

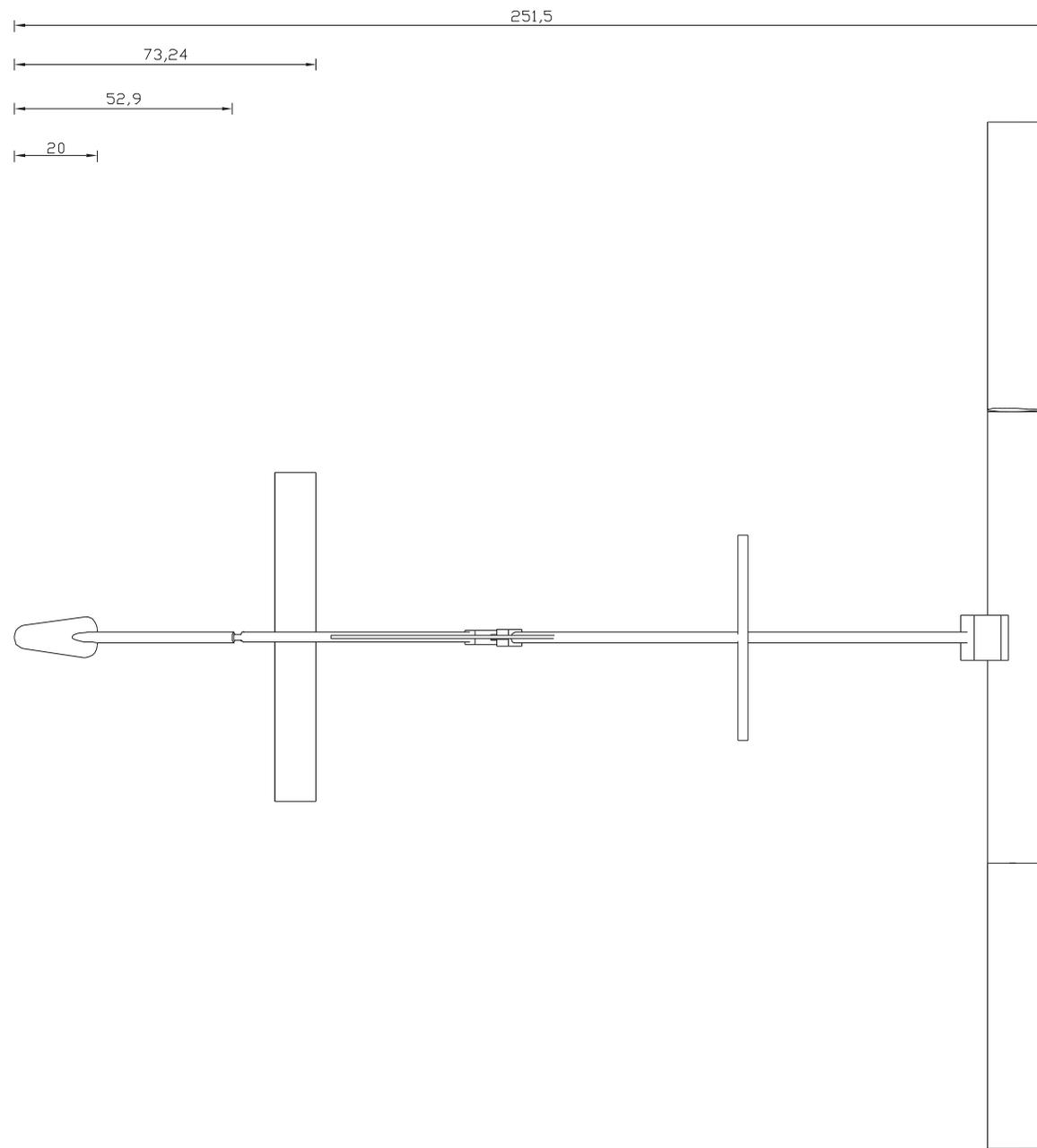


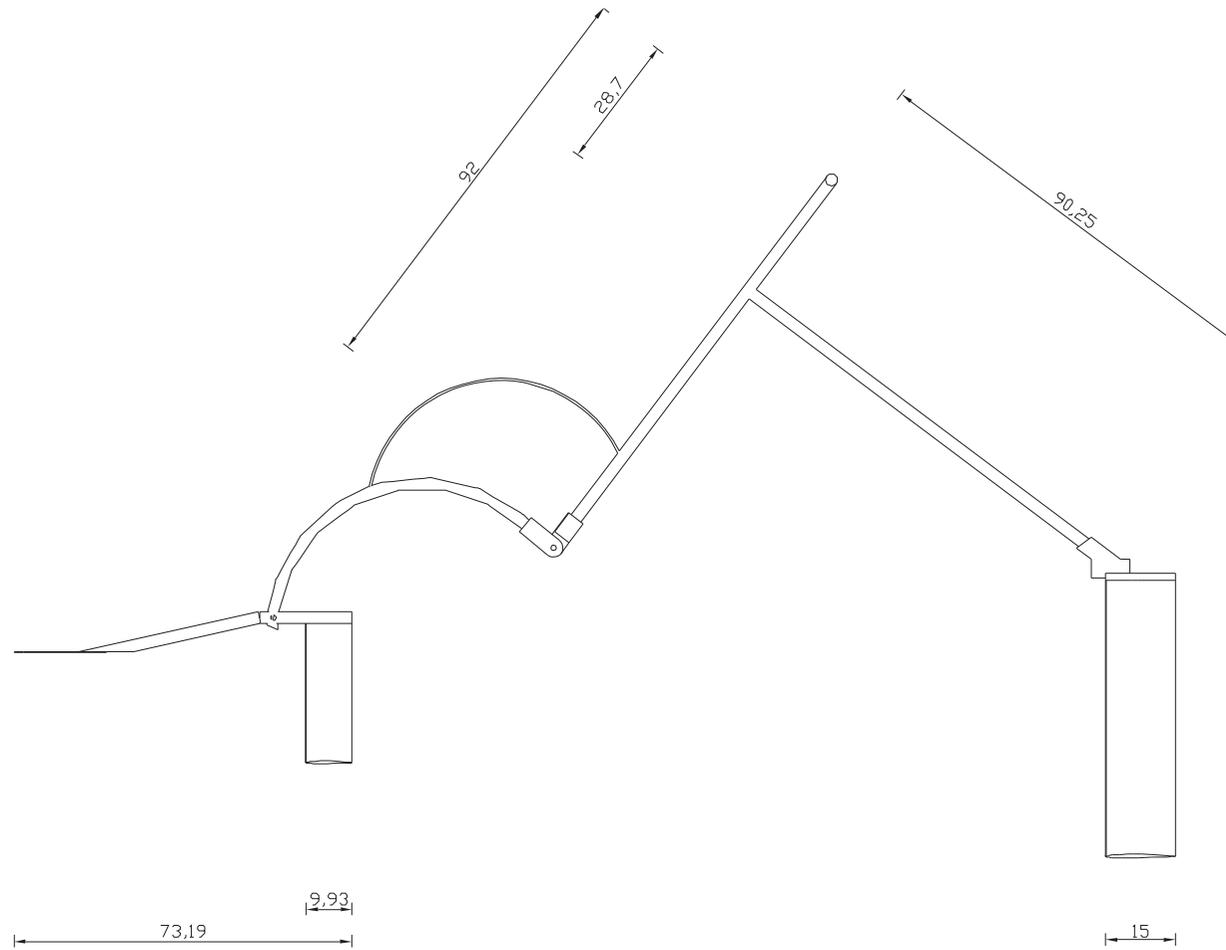
Perfil vertical trasero babor / la bisagra permite que los perfiles adopten el nuevo ángulo.

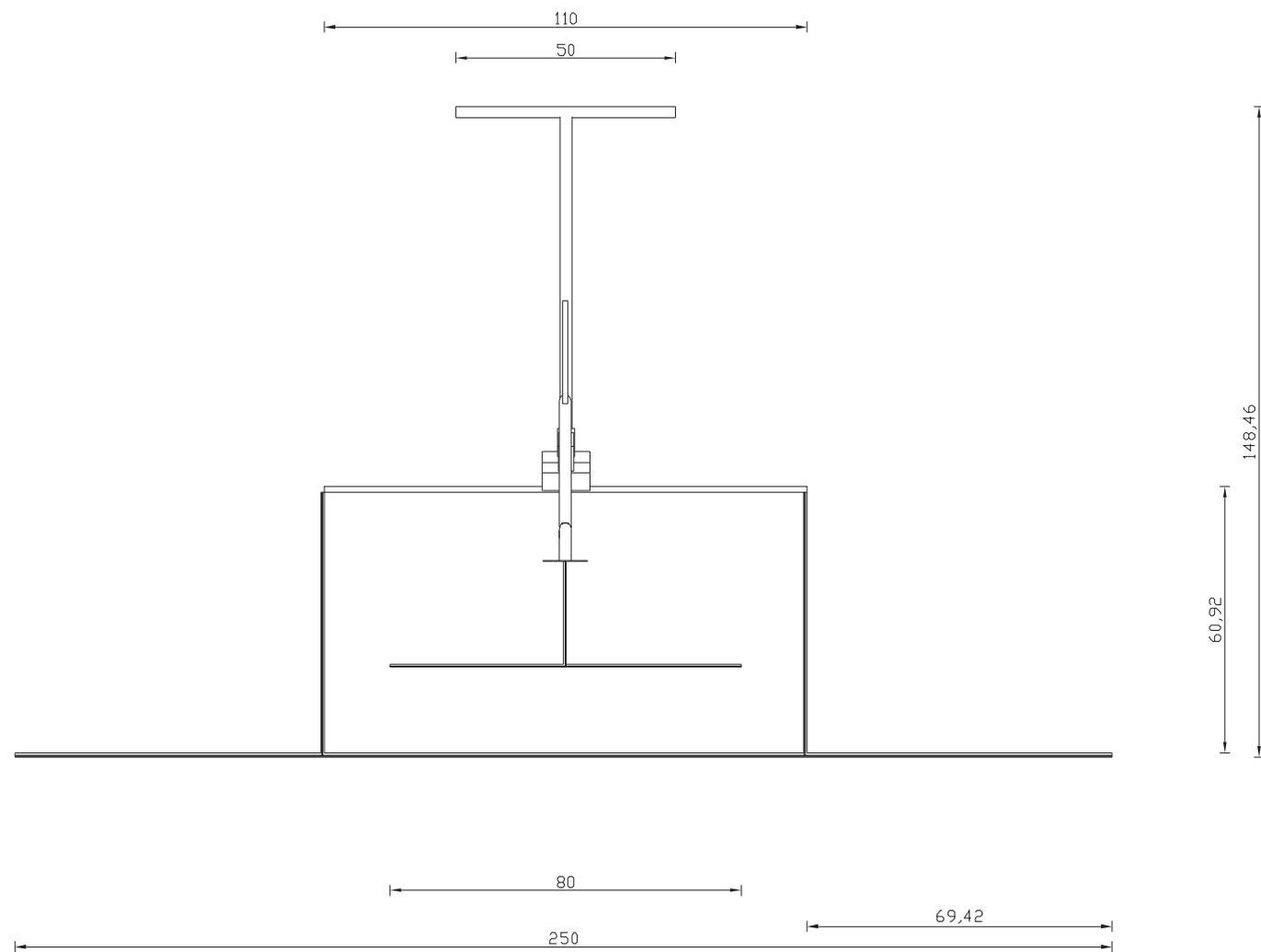


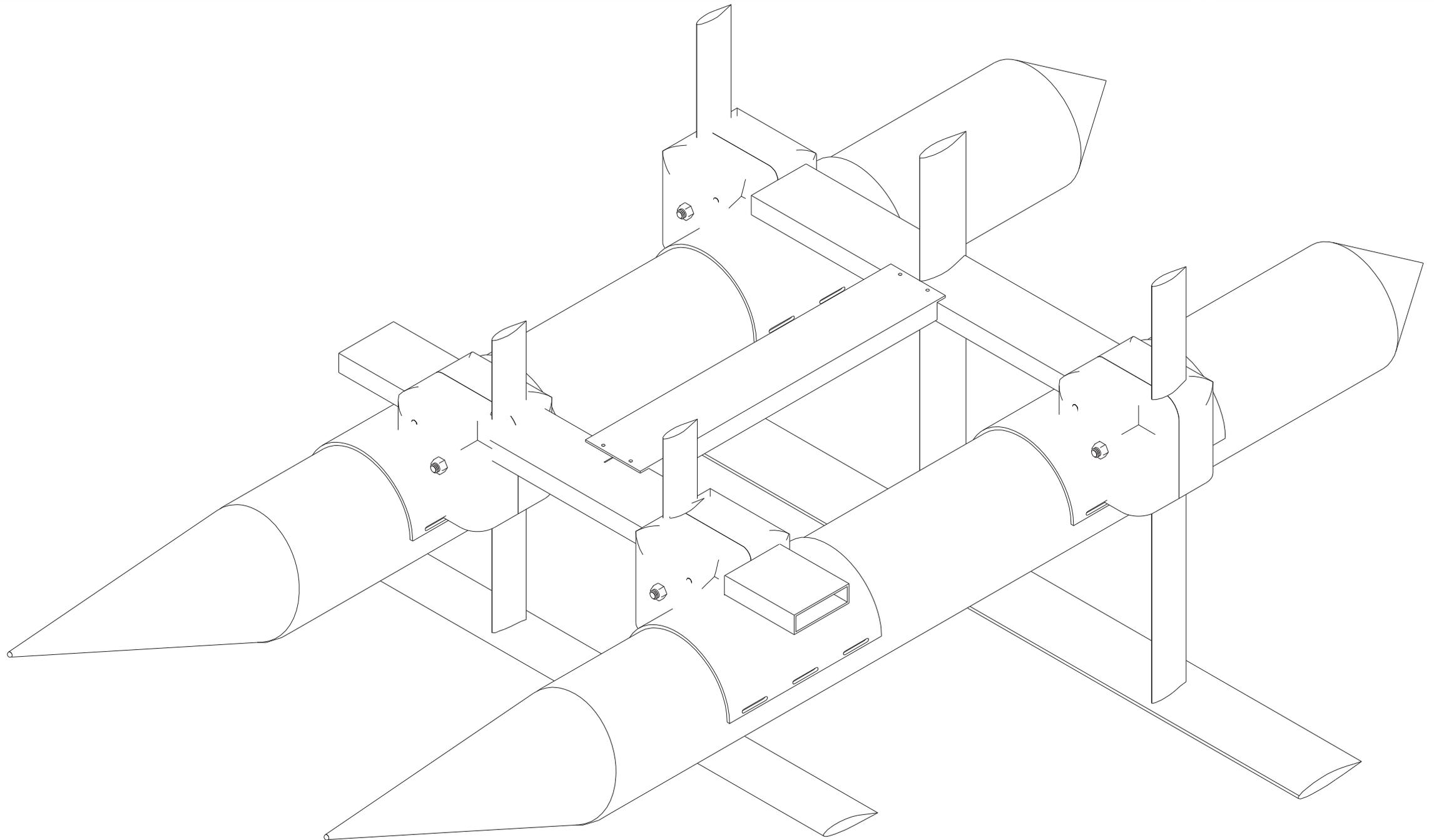
Perfil vertical central: las dos bisagras que posee permite unir los perfiles que componen el perfil hidrodinámico horizontal, y a su vez, adopta el ángulo que se desee darle.

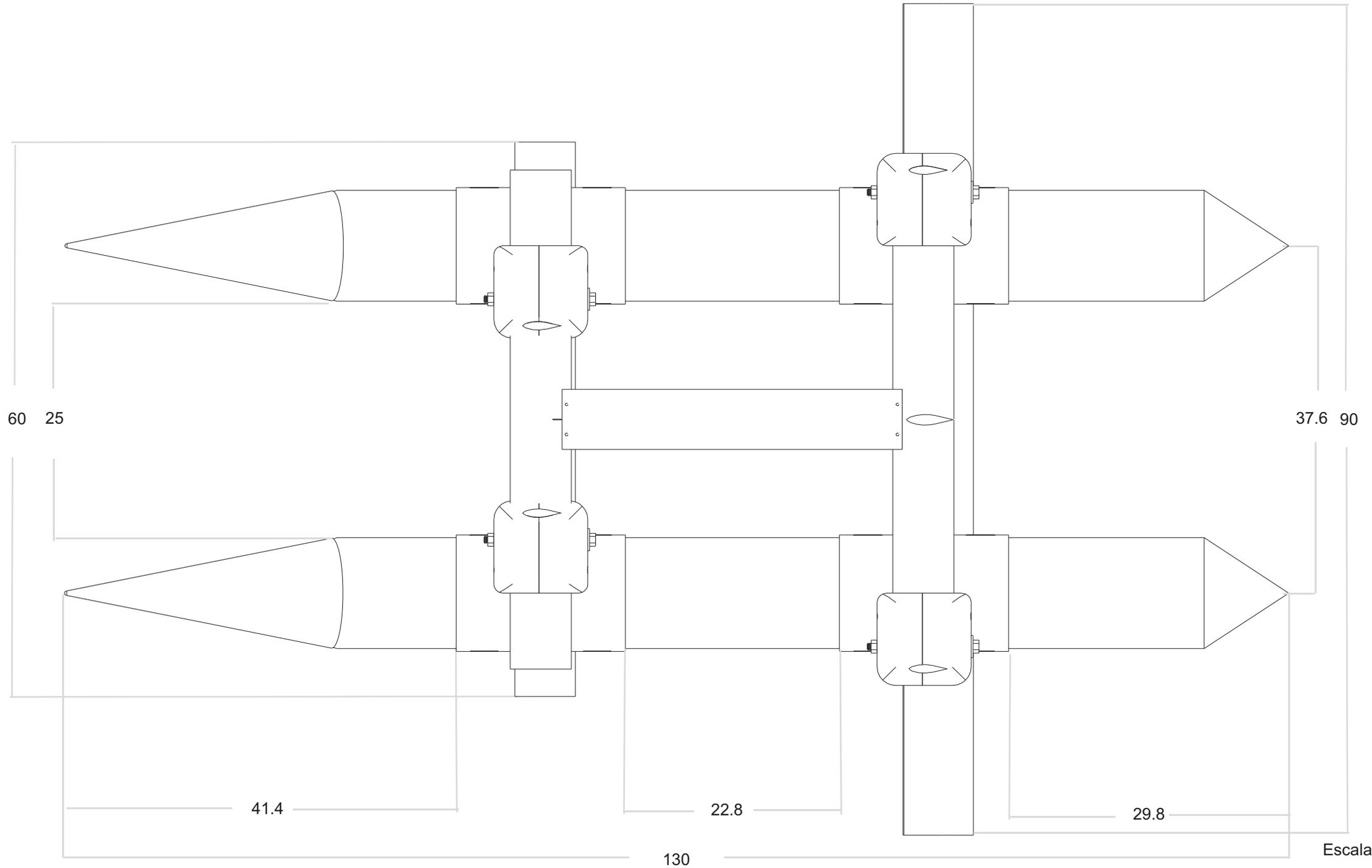


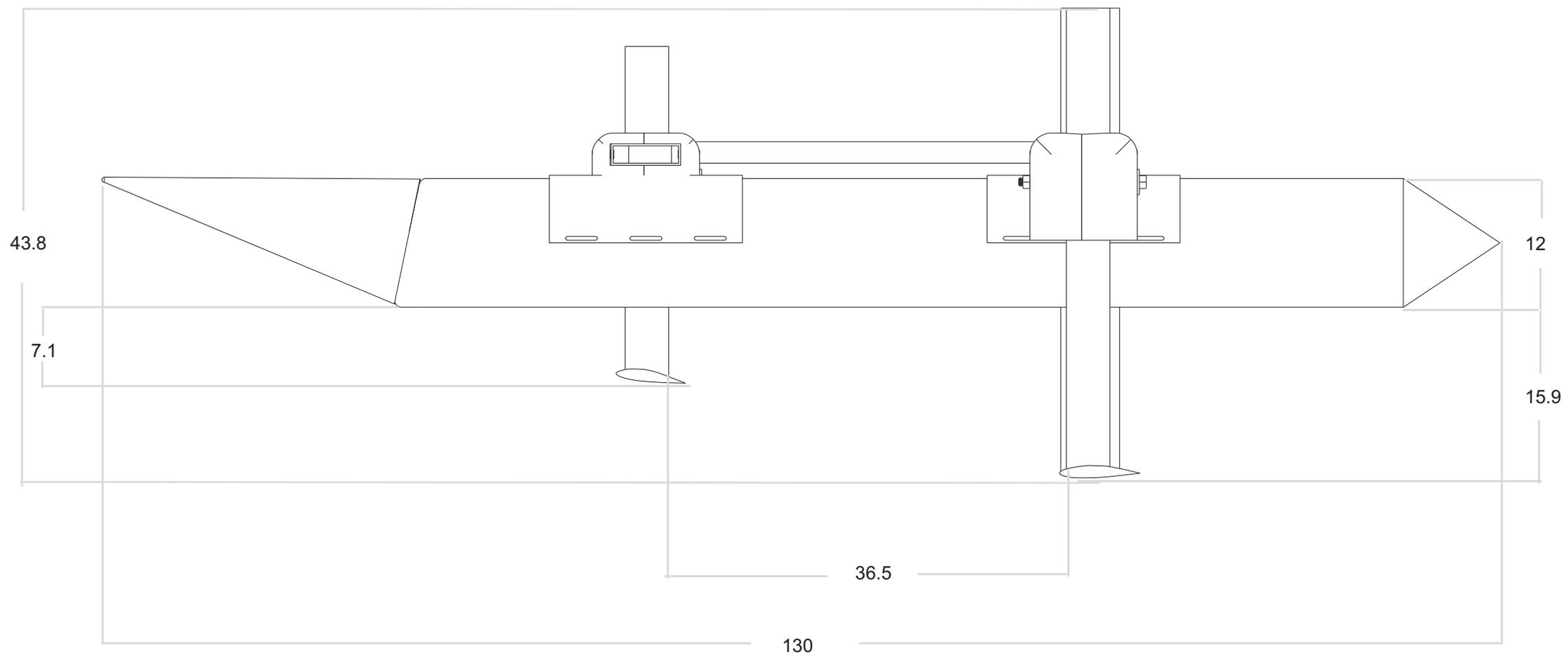


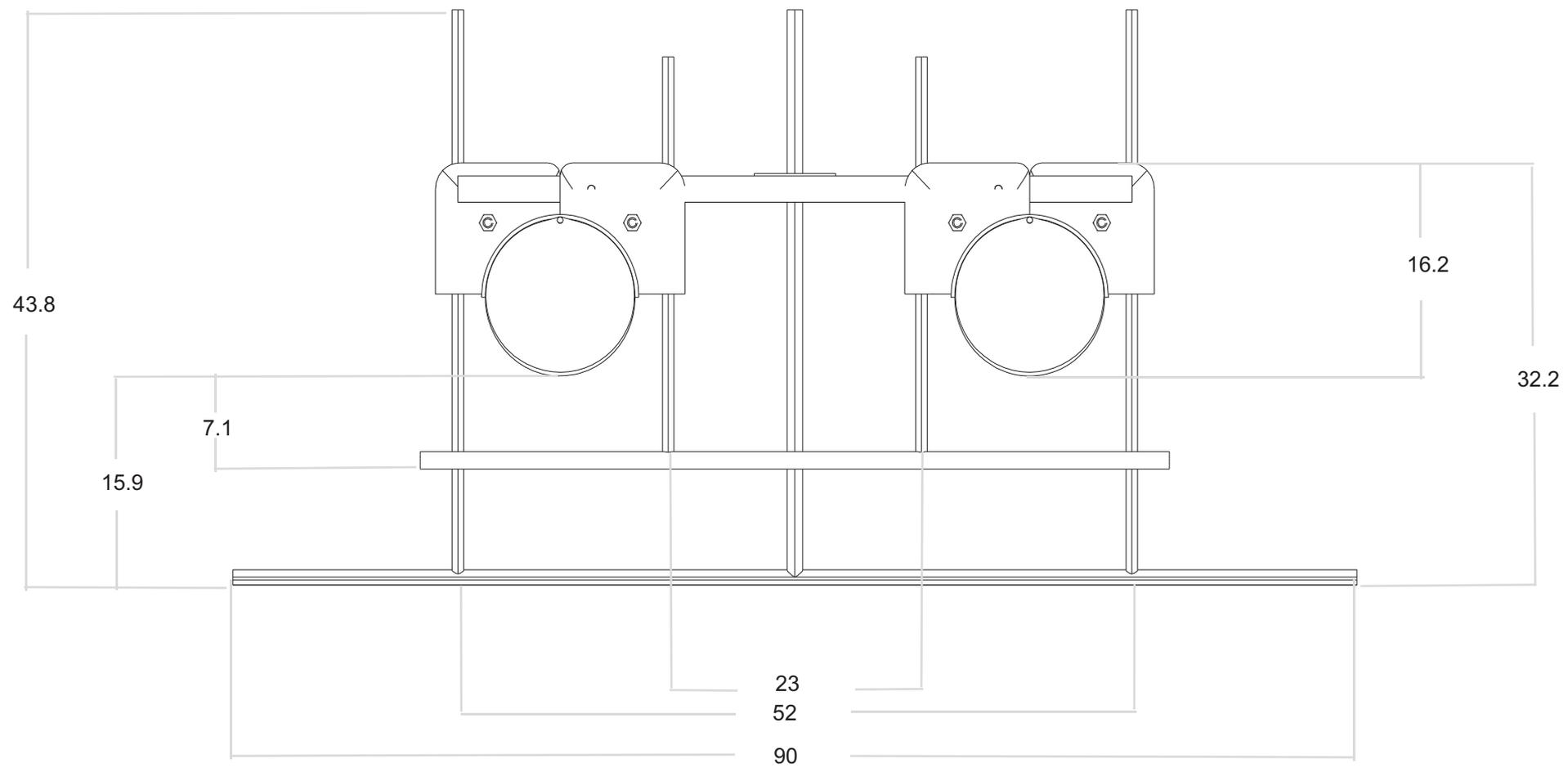


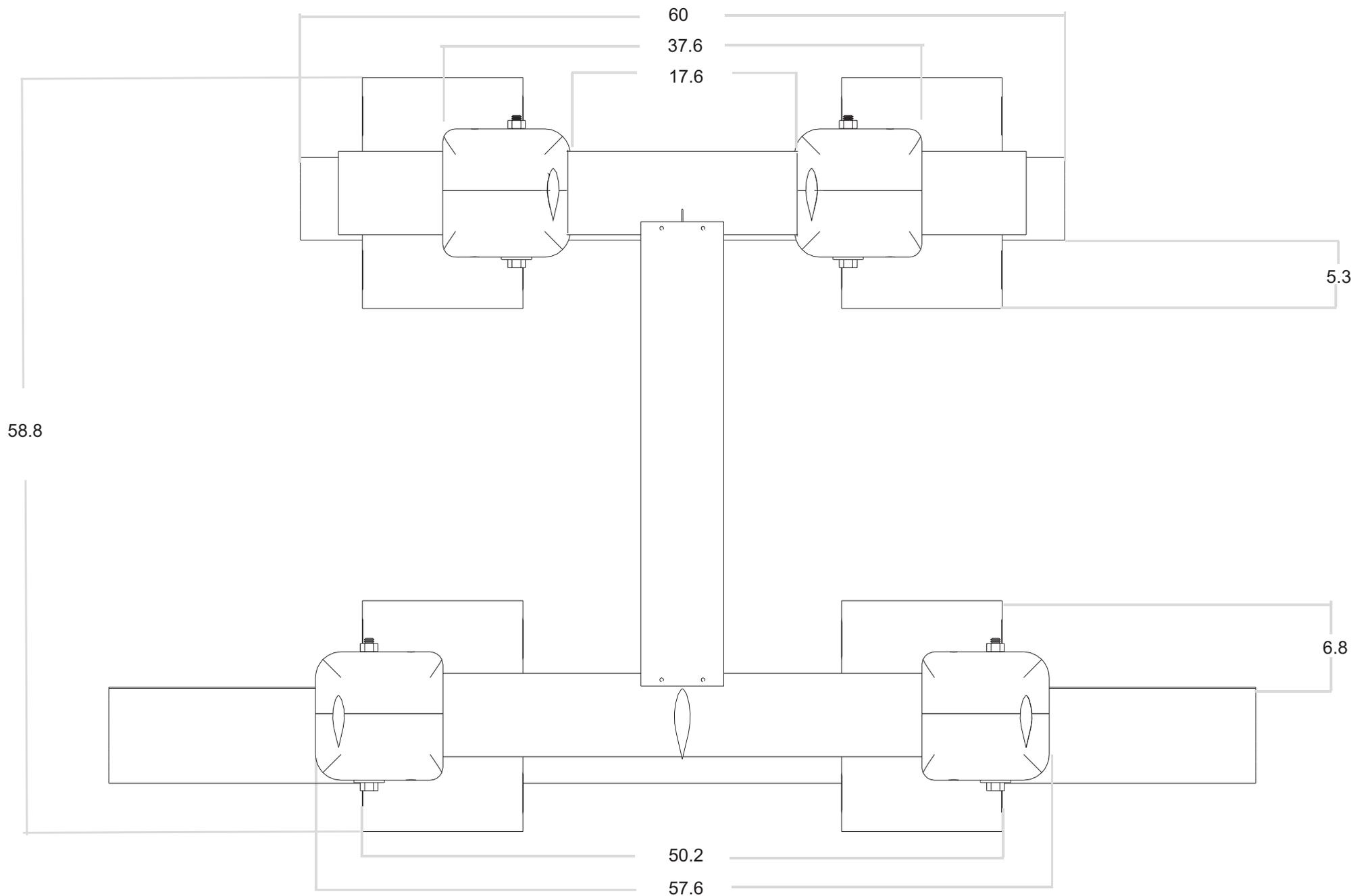




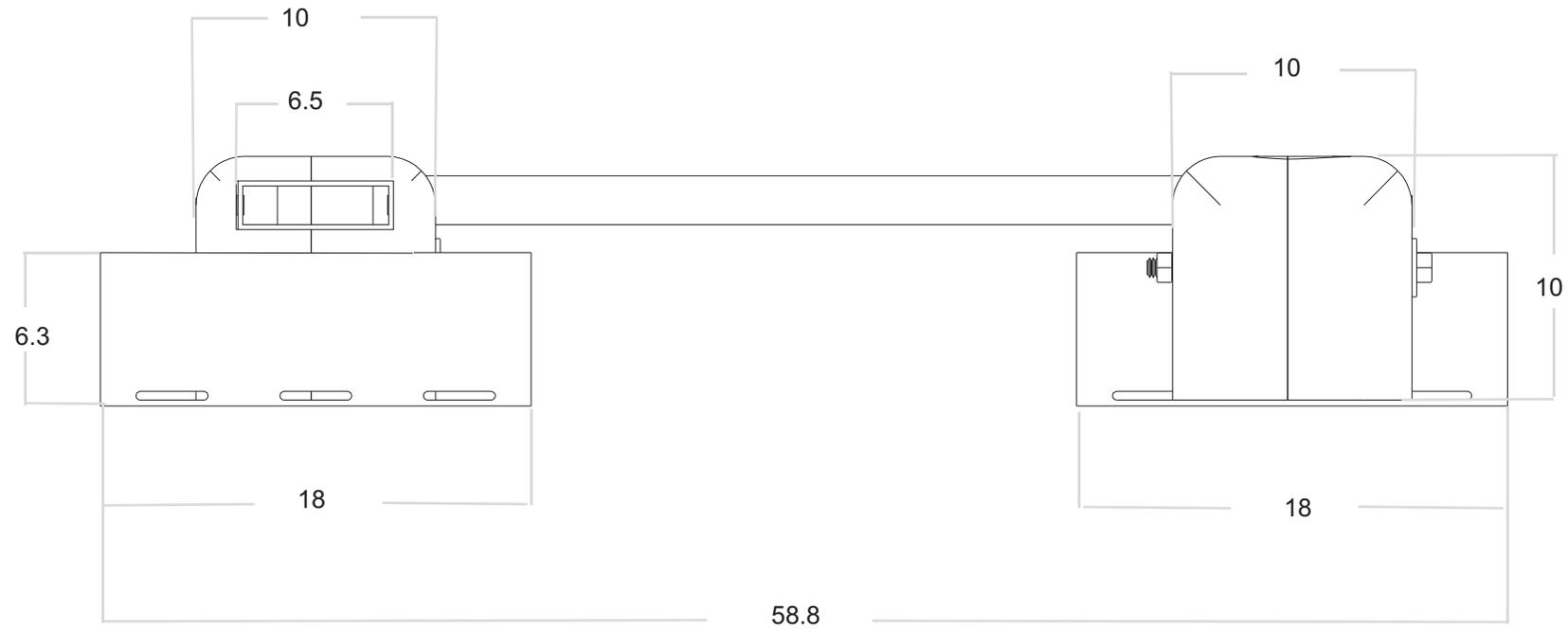




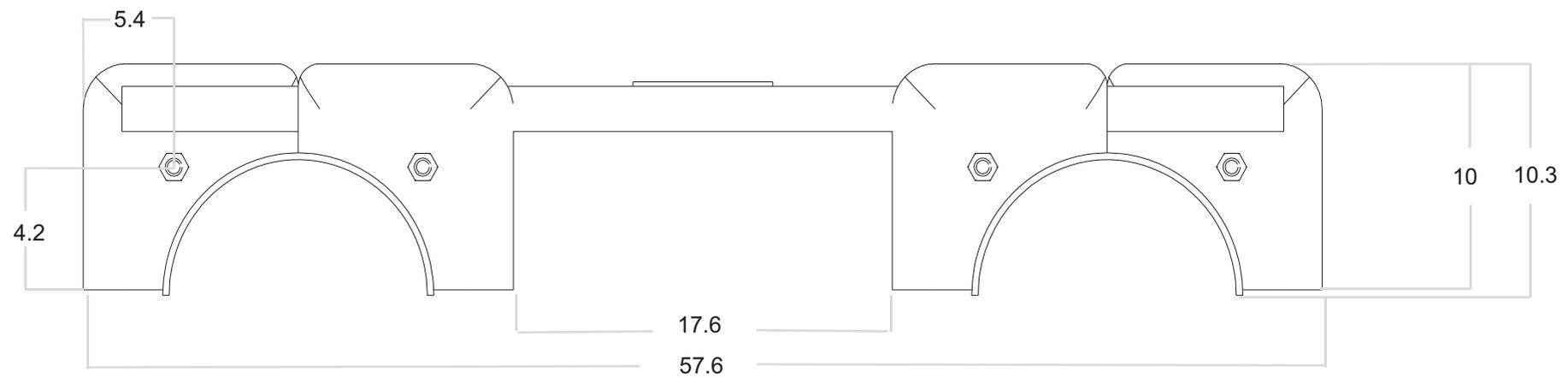




6.1 Vista lateral



6.2 Vista frontal



Fundamentos de Hydrofoil y sus aplicaciones

1. <http://www.foils.org/>
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrofoil>
3. http://www.me.dal.ca/~dp_04_5/hydrofoil-foils-theory.htm
<http://club.telepolis.com/mgarciasa/mar/tecnica.htm>

Estas páginas Web tratan sobre los fundamentos del hydrofoil y sus aplicaciones. Sobre las consideraciones que se deben tener al momento de diseñar uno. También se encuentra información sobre la principal aplicación del hydrofoil, que es resolver el problema de la resistencia de las olas, elevando el casco por encima del agua.

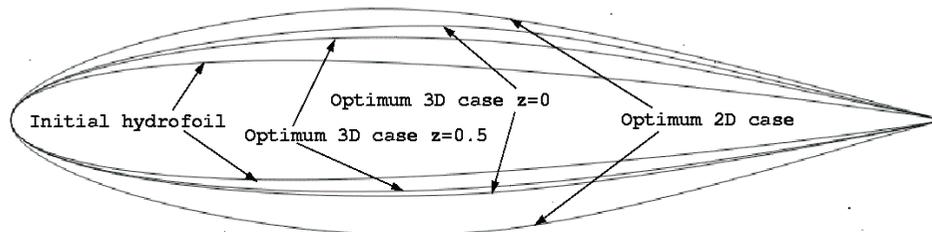
Principios Aerodinámicos

1. <http://www.kitebuggy.com.ar/terminos.htm>
Diccionario. Definiciones de la terminología y conceptos del perfil alar.
2. <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Launchpad/5249/aerodinamica/fuerzaaero.htm>
3. [Http://www.ceeo.tufts.edu/ldaps/htdocs/Spanish/Physics/drag.html](http://www.ceeo.tufts.edu/ldaps/htdocs/Spanish/Physics/drag.html)
4. [Http://www.hangar57.com/Sustentacion.htm](http://www.hangar57.com/Sustentacion.htm)
5. [Http://www.inicia.es/de/vuelo/PBV/PBV14.html](http://www.inicia.es/de/vuelo/PBV/PBV14.html)
6. <http://www.aviacionulm.com/aerodinamicaintroduccion.html>

Las páginas anteriores contienen información sobre los principios aerodinámicos. "Una fuerza aerodinámica es generada cuando una corriente de aire fluye sobre y por debajo de un perfil".

1. [Http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/foil2.html](http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/foil2.html)

Página que contiene programas en línea con los cuales se puede cambiar variables tanto en el perfil como en las características del medio en el cual se desplaza. Con lo que se obtienen resultados en base a los datos ingresados.



Perfil alar:

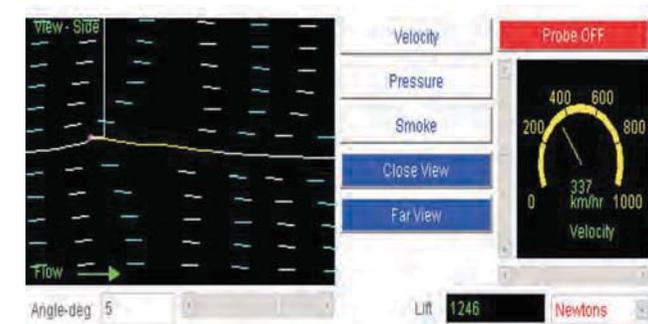
1. <http://web.mit.edu/2.972/www/reports/hydrofoil/hydrofoil.html>

"Hydrofoil: es una hoja o un ala debajo del agua usada para levantar el casco del barco hasta que está totalmente fuera del agua".

En esta página se explica como calcular la eficiencia del ala según la forma que tenga y las variables externas que influyen en él.

2. http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/BUENOS_AIRES/62/tecnolog/perfiles.htm
3. [Http://www.desktopaero.com/appliedaero/airfoils1/airfoilhistory.html](http://www.desktopaero.com/appliedaero/airfoils1/airfoilhistory.html)
4. [Http://www.tspeer.com/Hydrofoils/generic.pdf](http://www.tspeer.com/Hydrofoils/generic.pdf)
5. http://www.csulb.edu/colleges/coe/ae/ae_dept/images/pdf/asme_paper.pdf

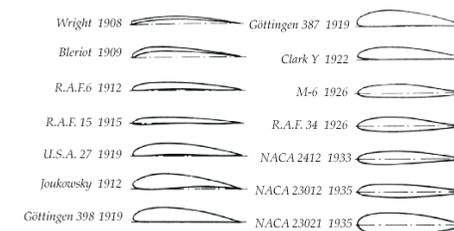
"Historia del desarrollo de la superficie de sustentación". Breve reseña sobre la evolución y desempeño de distintas secciones de ala a lo largo de los años.



1. http://www.scs.gmu.edu/fam/fluids_pics/optimization.html

En las siguientes páginas Web se encuentran temas relacionados con la forma de los perfiles alares. Contiene información sobre la terminología de los perfiles.

Se presenta una superposición de perfiles óptimos. Perfiles que fueron utilizados en el modelo de prueba construido recientemente el año 2005 por alumnos de esta Universidad.



2. MECÁNICA

Estudio de la bicicleta

1. <http://www.mundocaracol.com/bicicletos/historia.asp>
2. <http://www.amigosdelciclismo.com/articulos/>
3. <http://www.marca.es/perico/perico/consejos/bicicleta/historia.html>



Esta dirección Web esta especializada en “todo tipo de información relacionada con el ciclismo. Artículos de opinión, de historia del ciclismo, utilidad de la bicicleta, etc. Variedad de informes y reportajes, todos ellos con un denominador común, el ciclismo.”

Vehículos de impulsión hidromecánica

4. www.humanpoweredboats.com
5. <http://lancet.mit.edu/deccavator/History.html>
6. <http://www.foils.org/gallery/misc.htm>



Vehículos de impulsión humana

7. <http://www.pumpabike.com/Site1/>
8. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn7414>
9. <http://www.gocart-scooterstore.com/pumpabike.html>
10. <http://www.jumpusa.com/aquaskipper.html>

Las páginas Web anteriormente señaladas contienen principalmente galerías de fotos de diversos vehículos de propulsión humana, además de la evolución de éstos a lo largo de la historia. Contienen también videos donde se puede observar el funcionamiento de los vehículos.

11. [http://www.etsin.upm.es/Noticias/mdy06/mdy_04/ponencias/Papers/16-lzar/BN\(16\).pdf](http://www.etsin.upm.es/Noticias/mdy06/mdy_04/ponencias/Papers/16-lzar/BN(16).pdf)

Este artículo, hace referencia a un proyecto de embarcación, impulsado a vela e hidrofoil, el que en teoría podría superar el record actual de velocidad de embarcaciones a vela, de 46,5 nudos.

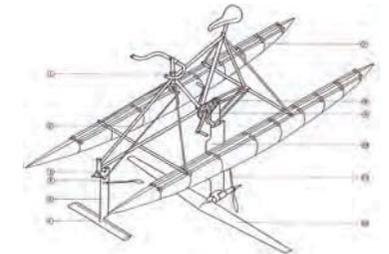


12. “Hidronaves de tracción humana” Scientific & American, Investigación y Ciencia Alec N. Brooks, Allan V. Abbott y David Gordon Wilson Número de la revista: 125 / Páginas: 76 83 / 1987

Este corresponde a un artículo de la revista Scientific & American publicado el año 1987 que habla sobre las naves de tracción humana, de cómo el hombre, en búsqueda de velocidades cada vez mayores para este tipo de embarcaciones, abre un nuevo campo de estudio, que es el uso de hidrofoils.

15. Carpeta de Técnicas del Diseño: “Pez volador II” hidronave de propulsión humana Marcos García Alvarado . 1989

Esta carpeta contiene un completo desarrollo del Pez Volador II, mediante planos y un despiece de la nave. Corresponde a un estudio realizado donde se explica la composición de su sistema mecánico, neumático e hidrodinámico.



Proyecto de estudiantes canadienses. Halifoil

16. http://www.me.dal.ca/~dp_04_5/index.htm

Esta página Web contiene información sobre el prototipo de una hidronave de propulsión humana construida por un grupo de estudiantes canadienses, correspondiente a un proyecto del departamentote Ingeniería Industrial de la Universidad de Dalhousie. Se presentan los estudios previos, proceso constructivo y videos de prueba del modelo y prototipo de la nave.

