



Universidad Politécnica de Cartagena

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica
Trabajo Fin de Grado**

Grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas Marinos



Hovercraft de salvamento y rescate

Autor: Fco. de Borja Martínez Botella

Tutor: Bienvenido Alonso Pardo

Departamento de Tecnología Naval

Cartagena, Octubre 2016

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a Bienvenido Alonso, por aceptar ser mi tutor en este proyecto.

A mis padres y mi hermana, por estar siempre ahí.

A los Leones, porque sin vosotros este Grado hubiera sido más largo.

Y para terminar, a dos norteños, Pablo y Andrés, por tener siempre una solución.

Gracias a todos.

INDICE

Antecedentes.....	5
Objetivo	10
Metodología.....	14
1. Generalidades	15
1.1.Perfil de misión.	15
1.2 Planos y documentos	17
2. Determinación de las principales dimensiones.	18
2.1.Dimensiones principales	18
2.2.Parámetros de uso.....	18
2.3.Selección tentativa de dimensiones.....	19
3. Determinación del caudal requerido para el levantamiento.....	23
3.1.Determinación de la superficie del colchón de aire.....	23
3.2.Determinación del perímetro del colchón de aire	24
3.3.Determinación de la relación de presiones del colchón de aire.	24
3.4.Determinación del caudal necesario de aire.....	25
4. Empuje.....	31
4.1.Ventiladores axiales y Hélices.	31
4.2.Determinación del empuje requerido.....	31
4.3.Descripción y características de los ventiladores propuestos.	32
4.4.Cálculos para la determinación del empuje.....	34

5. Control	37
5.1.Descripción de maniobras	37
5.2.Guiñada.....	38
5.3.Balance	41
5.4.Cabeceo.....	42
5.5.Dispositivos de Control.	42
5.6.Controles de dirección.	50
6. Faldón	51
6.1.Tipos de Faldón.....	51
7. Flotación y estabilidad	65
7.1.Determinación de las características geométricas de los volúmenes de flotación.....	65
7.2.Obtención de la fuerza de flotación.....	66
7.3.Condiciones de Estabilidad	67
7.4 Estabilidad dinámica longitudinal	79
7.5 Francobordo	81
8. Construcción	82
8.1.Parámetros de construcción.....	82
8.2.Requerimientos de construcción.....	96
9. Conclusiones	98
ANEXO 1 Disposición General	101
ANEXO 2 Control de Pesos	103

Antecedentes

Un aerodeslizador, también conocido como vehículo de colchón de aire es, en el sentido más general, un medio de transporte sustentado por un colchón de aire interpuesto entre el aparato y la superficie líquida o sólida, sobre la que se desplaza.

En el campo de la náutica hubo muchas tentativas, teóricas o prácticas, para reducir la resistencia debida al rozamiento del casco, interponiendo aire entre éste y el agua. El aire comprimido puede sustentar una carga, y sirviéndose de un ventilador resulta relativamente sencillo conseguir la necesaria diferencia de presiones.

En 1875, el ingeniero naval inglés William Froude les propuso a B. Tideman, constructor en jefe de la Marina Holandesa, aplicar la "lubricación" por aire en cascos de fondo plano, y aunque el primer aerodeslizador propiamente dicho se construyó en la segunda mitad del siglo xx, los experimentos con vehículos de colchón de aire aparecieron mucho antes. En 1877, Sir John Thornycroft, ingeniero naval y diseñador británico de embarcaciones, patentó un vehículo de tipo revolucionario, provisto de una cámara hueca en su fondo, en la que se bombeaba aire a fin de reducir la resistencia hidrodinámica del casco. No obstante, su capacidad era demasiado limitada para conseguir el efecto de colchón, y el diseño se archivó hasta que Christopher Cockerell, un ingeniero electrónico, intuyó que la esencia del problema era la manera que se introducía el aire en la cámara.

Para probar su idea, Cockerell utilizó dos latas una más grande que la otra, un compresor y una balanza de cocina. Introdujo una lata dentro de la otra, de manera que los dos extremos abiertos quedaran hacia abajo, e insertó la tobera del compresor por un agujero practicado en la parte cerrada de la lata mayor. Fijó el compresor, con la tobera dirigida hacia abajo, en una barra vertical, y apoyó la lata sobre la balanza. Hecho esto, bombeó aire en el espacio entre las dos latas, y el plato descendió.



Figura A.1. Muestra el arreglo del experimento de Cockerell demostrando el principio de la cámara plena y corriente de chorro perimetral.

Cockerell ya había intentado un experimento similar con una sola lata abierta por el extremo y, también en este caso, el plato de la balanza fue empujado hacia abajo, pero con menos fuerza que en el segundo experimento. El 12 de diciembre de 1955, Cockerell depositó la patente y se dirigió al gobierno británico con el propósito de conseguir ayuda financiera para el desarrollo del invento. Las autoridades, intuyendo su posible aplicación al transporte, clasificaron la investigación como información ultrasecreta.

En 1958, el ingeniero logró el apoyo oficial de la NRDC (National Research and Development Council), que firmó un contrato con la Saunderson-Roe (fábrica de aviones constructora de los helicópteros Westland) para el primer ACV del mundo, el SR.N1, experimentado el 7 de junio de 1959.

El SR.N1 era una balsa de forma ovalada, con un motor radial de nueve cilindros Alvis Leonidas para avión, con 435 hp de potencia, montado verticalmente en el centro. Dicho motor accionaba un ventilador axial que funcionaba en un conducto y suministraba aire para formar el colchón, con una hendidura para las toberas horizontales a fin de permitir el desplazamiento y el control del vehículo. En realidad, sólo se levantaba 25 cm, lo que limitaba sus posibilidades de movimiento a superficies muy lisas y aguas en calma. No obstante, el 25 de julio de 1959, el SR.N1 zarpó de Caláis y cruzó el canal de la Mancha, llegando al puerto de Dover en un tiempo aproximado de 2 horas.



Figura A.2. Arriba se muestra la imagen del SR.N1.

A partir de entonces, las únicas modificaciones importantes incorporadas al proyecto del aerodeslizador han consistido en añadirle una faldilla flexible de caucho duro alrededor del casco (lo que le permite superar obstáculos terrestres y viajar sin sacudidas sobre las olas) y en la separación entre propulsión y sustentación (lograda con diferentes motores).

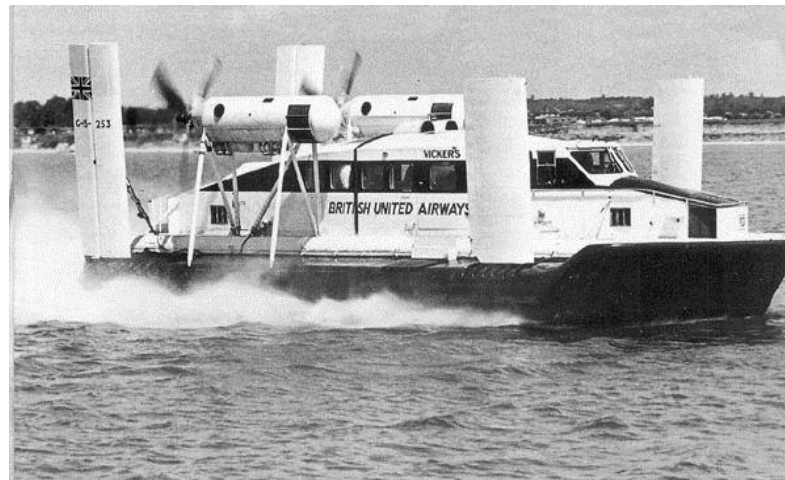


Figura A3. Imagen del Vickers VA-3, que efectuó el primer servicio comercial del mundo con vehículos de colchón de aire a través del río Dee, en la Bahía de Liverpool el 20 de Julio de 1962.

A partir del 20 de julio de 1962, cuando el primer pasajero comercial utilizó un aerodeslizador, el nuevo vehículo se difundió con suma rapidez y se empleó básicamente para el transporte de mercancías (en especial vehículos) y personas. Sus inconvenientes (autonomía limitada y bajas prestaciones con mar agitado) quedan ampliamente compensados por la facilidad de uso. El aerodeslizador puede hacerse a la mar desde una superficie de cemento, de este

modo los pasajeros pueden subir a bordo con toda comodidad y embarcar los vehículos usando la rampa de acceso que algunos modelos de aerodeslizador cuentan, como en el ejemplo de la siguiente imagen.



Figura A4. Muestra la imagen del SR.N4 provisto de una rampa.

Como se comprenderá, el aerodeslizador atrajo pronto la atención de los estados mayores militares, por su posible empleo como transporte militar. Para los técnicos en logística, esto casi representa la realización de un sueño: un vehículo verdaderamente anfibia, capaz de transportar gran parte de un batallón de infantería, completamente equipado, desde mar abierto a tierra firme, sin necesidad de reducir velocidad. Por otra parte, el hecho de que el aerodeslizador resulte prácticamente inmune a los dos sistemas de defensa estática más difíciles de neutralizar (las barreras submarinas y las minas) constituye una indudable ventaja tanto para las operaciones de desembarco como para las patrullas costeras, y especialmente para misiones de cazaminas.

Además de las aplicaciones puramente militares, el aerodeslizador encuentra amplio uso en los servicios de patrullaje, como la guardia costera: su capacidad para patrullar en aguas poco profundas transportando la carga de un camión lo hace muy valioso para operaciones de socorro y emergencia.



Figura. A5. Muestra la imagen de un ACV destinado a patrullaje y rescate.

Los ACV más pequeños, del tamaño de un automóvil, también han encontrado su mercado como vehículos de patrulla, en especial a lo largo de los ríos. Un uso especial de los aerodeslizadores, experimentado por vez primera en Canadá en 1973, es como rompehielos.

En este caso, la capacidad para navegar por bajos fondos permite a esta singular embarcación trabajar con éxito incluso por zonas inalcanzables para los rompehielos normales. La rotura del hielo se logra gracias a la formación, bajo la superficie helada, de grandes burbujas de aire generadas por el movimiento del vehículo.



Figura A6. Imagen de un rompehielos de la Guardia Costera de los EE.UU.

Objetivo

Diseñar un vehículo de colchón de aire, de peso máximo operacional de 881 kg, fabricado en fibra de vidrio, además de mostrar el tema de manera general.

Calcular y diseñar un primer prototipo de vehículo de colchón de aire con características de tipo de salvamento.

Los principales objetivos de este vehículo es validar su viabilidad, y como tal, dentro de la parte de alcance, no se contempla el realizar los cálculos estructurales dentro de un panorama completo y detallado, por las siguientes razones:

- La construcción de este vehículo de colchón de aire es completamente en materiales compuestos, lo cual implica que no existe una estructura tipo tradicional, es decir con elementos metálicos con un perfil transversal conocido o tipo tubular.
- La estructura que, en sí misma es prácticamente una membrana integrada y con base en materiales compuestos, no se comporta como una estructura a base de elementos metálicos, adicionalmente a ello el comportamiento de los materiales compuestos no responde de manera similar a dichos materiales metálicos, es decir no se verifica una isotropía (esfuerzos homogéneos en todas direcciones), ni tampoco una diferencia clara entre un límite de esfuerzos de tipo elástico (recuperable), de cedencia (no recuperable), pero si repentinamente de falla (ruptura)
- Al ser una estructura tipo monocasco, el análisis estructural no puede ser hecho de manera tan sencilla con los métodos tradicionales, aunque nos apoyaremos en la ISO 15215 para el escantillonado

Justificación de porqué un vehículo de colchón de aire

En España, la construcción de vehículos con base de colchón de aire, o ACV, no se ha desarrollado de manera razonable, sin embargo, se propone el uso de estos vehículos para operaciones de salvamento y rescate por su capacidad y rapidez de operación.

Es por ello que se propone el desarrollo del ACV, y que plantea las siguientes características:

- Un buen diseño de ACV es superior a una embarcación (barco, bote, lancha, etc.) porque ofrece menor resistencia al avance, lo que hace que también se requiera menor potencia para operar.
- Un ACV es 100% más eficiente que una embarcación con dimensiones y capacidad similar. La escasez y aumento en el precio del combustible hará que un ACV sea una forma atractiva de transporte en un futuro, es probable que algún día todas las embarcaciones se rijan por el principio de un ACV.
- El desplazamiento de un ACV es más silencioso que el de una embarcación, porque el ACV va sobre el agua y no a través de ella.
- Tiene la ventaja de que al viajar encima del agua disminuye el riesgo de una colisión en contra de un obstáculo no visible debajo de la superficie del agua y tampoco pone en riesgo el sistema de propulsión, con la ventaja de no disminuir la velocidad. Es más seguro para las personas que rodean al ACV (como pueden ser: Bañistas, nadadores, esquiadores, buzos, etc.), debido a que no existe un casco rígido y un elemento propulsor dentro del agua.
- Un ACV elimina la necesidad de un lugar especial para abordar la embarcación (muelle, embarcadero, etc.).

El hovercraft puede navegar sobre:

- Tierra
- Agua
- Hielo
- Nieve
- Fango
- Arena
- Grava
- Asfalto o Cemento
-

Aplicaciones recreativas de hovercraft:

- Paseos sobre arena
- Pesca
- Buceo
- Caza

Aplicaciones comerciales de un hovercraft:

- Rescate en inundaciones.
- Paseos turísticos.
- Servicio de transbordador.
- Rescate en hielo quebradizo.
- Aprovisionamiento en áreas pantanosas.
- Conservación de cultivos.
- Trabajos hidrográficos.
- Explotaciones diversas en zonas lejanas.
- Transporte de refugiados.
- Asistencia en casos de desastre.
- Tareas de control y vigilancia.
- Preservación de la fauna y el medio ambiente.
- Empleo militar.

Metodología.

Para el diseño, el cálculo y la construcción del hovercraft, se plantea la siguiente metodología:

1. Se consideran las especificaciones del vehículo como son:
 - Un vehículo de salvamento y rescate.
 - Pequeñas dimensiones
 - Debe contar con espacio adecuado para un piloto, un sanitario y dos personas..
 - Acceso fácil a la cabina.
 - Potencia suficiente para cumplir los requerimientos de operabilidad.
 - Cumplir con el mínimo de seguridad como puede ser la capacidad de flotabilidad.

2. Se definen los parámetros a cumplir o requerimientos del diseño, esto es:
 - Peso máximo del vehículo
 - Carga útil.

3. Una vez propuestos los requerimientos se propone el siguiente proceso de diseño, es decir:
 - Se define la secuencia de tareas para concretar el diseño, que va desde la definición de parámetros iniciales y sus propuestas hasta el proceso de construcción.

1. Generalidades

1.1. Perfil de misión.

1.1.1. Función de la nave.

Esta embarcación será diseñada para cumplir la función de ser un vehículo de rescate y salvamento.

1.1.2. Zona de operación.

La costa del Mar Menor y alrededores.

1.1.3. Radio de acción.

La embarcación tendrá un radio de acción correspondiente a las Zona 6, reglada en el Real Decreto 1434/1999, de 10 de septiembre, en el artículo 3 donde se establecen las siguientes

Zonas de navegación:

- Zona de navegación Oceánica. Le corresponde la siguiente Zona:
 - Zona «1». Zona de navegación ilimitada.
- Zona de navegación en Alta Mar. Comprende las siguientes Zonas de navegación:
 - Zona «2». Navegación en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 60 millas.
 - Zona «3». Navegación en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 25 millas.
- Zona de navegación en aguas costeras. Comprende las siguientes Zonas de navegación:
 - Zona «4». Navegación en la zona comprendida entre la costa y la línea paralela a la misma trazada a 12 millas.
 - Zona «5». Navegación en la cual la embarcación no se aleje más de 5 millas de un abrigo o playa accesible.
 - Zona «6». Navegación en la cual la embarcación no se aleje más de 2 millas de un abrigo o playa accesible.
- Zona de navegación en aguas protegidas. Le corresponde la siguiente Zona:
 - Zona «7». Navegación en aguas costeras protegidas, puertos, radas, rías, bahías abrigadas y aguas protegidas en general.

1.1.4. Tripulación.

2 Tripulantes

Se consideran tripulantes a todo el personal que haya superado con éxito los cursos recogidos en la Orden FOM/2296/2202 4 de septiembre, detallados en el ANEXO I de la misma orden, y además, tenga toda la documentación requerida en el artículo 32 Capítulo IV de la Orden de 18 de enero de 2000, Reglamento sobre despacho de Buques.

Todos los tripulantes del barco deberán estar incluidos dentro de la Lista de Tripulantes del barco, según artículo 16 Capítulo II de la anterior ley mencionada. En el ANEXO II de dicha ley hay un modelo de esa lista.

1.1.5. Capacidad de pasajeros.

2 Pasajeros

1.1.6. Estabilidad.

Al ser una embarcación rápida, se le aplica el Código Internacional De Seguridad Para Las Naves De Gran Velocidad. No obstante, en el mismo código se indica que para embarcaciones de este tipo, de menos de 6 metros de eslora, puede aplicarse cualquier método que resulte lógico para su estudio.

Por eso, se seguirán las normas y condiciones necesarias navegar seguro del “The Hovercraft Code” de la Maritime and Coastguard Agency, que es específico para hovercrafts menores de 24 metros y que no superen los 12 pasajeros.

1.1.7. Potencia y velocidad.

La propulsión del hovercraft será con Ventiladores.

1.1.8. Equipos de comunicaciones.

Según el REAL DECRETO 1185/2006, de 16 de octubre que aprueba el Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de los buques civiles españoles, en su artículo 63.1.b Buques de servicios de puerto de la clase S, especifica lo siguiente:

- Buques que no dispongan de espacios cubiertos habitables: un equipo de VHF fijo o portátil.

1.1.9. Equipos de Navegación

Según lo establecido en el Real Decreto 1434/1999, de 10 de septiembre, una embarcación de este tipo necesitara la previa autorización de la capitanía marítima correspondiente para navegar. La capitanía marítima fijara, también, las zonas donde se autoriza su navegación, así como los equipos que deben reunir. No obstante, en el presente proyecto se indica que equipos serán los necesarios para una embarcación que navegue en la Zona 6

- Luces de Navegación
 - Las embarcaciones de las Zonas 5,6 y 7, pueden llevar luces no homologadas, incluso a pilas, siempre que estén en buen estado y en navegación diurna exclusivamente.
- Líneas de Fondeo
 - Todas las embarcaciones deberán disponer de una línea de fondeo cuya longitud no podrá ser inferior a cinco veces la eslora de la embarcación.
 - La longitud del tramo de cadena será como mínimo igual a la eslora de la embarcación, excepto en las embarcaciones menores de 6 metros de eslora en las que la línea de fondeo puede estar constituida enteramente por estacha.
 - No son admisibles cadenas ni estachas empalmadas sin grillete.
 - Una embarcación de L=5, según una tabla del citado RD, deberá llevar las siguientes características de cadena, estacha y peso de ancla.
 - Peso de Ancla. (kg) 6 kg (anclas de alto poder de agarre)
 - Diámetro de Cadena (mm) 6
 - Diámetro de Estacha (mm) 10
 - Material de las cadenas : Acero Galvanizado o equivalente

- Material Náutico
 - Bocina de niebla. Puede ser a presión manual o sustituible por bocina accionada por gas en recipiente a presión. En este caso, se dispondrá de una membrana y un recipiente de gas como respetos.
 - Pabellón nacional
 - Espejo de señales
 - Código de señales, si se montan aparatos de radiocomunicaciones
- Otros Materiales.
 - Un mínimo de dos estachas de amarre al muelle, de longitud y resistencia adecuados a la eslora de la embarcación
 - Un bichero
 - Las embarcaciones con tripulación contratada, deberán contar con el botiquín prescrito en el Real Decreto 258/1999, de 12 de febrero, por el que se establecen las condiciones mínimas sobre la protección de la salud y la asistencia médica de los trabajadores del mar y la Orden PRE/930/2002, de 23 de abril (botiquines tipos A, B y C, según el alejamiento de la costa y tiempo de navegación).

1.1.10. Medios de Salvamento.

Según lo establecido en el Real Decreto 1434/1999, de 10 de septiembre, una embarcación que navegue en la Zona 6 necesitara:

- SEGURIDAD
 - Chalecos salvavidas para el 100% personas, certificado por SOLAS o CE, siendo la flotabilidad mínima requerida 100N según norma UNE-EN 395:1995

Según lo establecido en el Real Decreto 258/99, de 12 de febrero, en su Anexo II establece el tipo de botiquín que deberá llevar, en este caso es un tipo C.

1.1.11. Medios Contraincendios y de achique

Según lo establecido en el Real Decreto 1434/1999, de 10 de septiembre, una embarcación de 5 m de eslora necesitara:

- 1 Extintor tipo 21B
- Un balde
- Una bomba Eléctrica o manual La capacidad de las bombas no debe ser menor de (a
- una presión de 10 kPa):
 - Para bombas eléctricas 10 litros/min para $L \leq 6$ m.
 - Para bombas manuales, la capacidad debe alcanzarse con 45 emboladas por minuto.

1.2 Planos y documentos

La especificación y planos contractuales estarán redactados en castellano, así como los planos principales.

Todas las indicaciones, placas rotulo, etc., de todo el buque, estarán en castellano. Los libros de Instrucciones estarán en castellano y en inglés siempre que sea posible.

A la entrega del buque, el Constructor suministrara al Armador los planos y cálculos que se relacionan a continuación, los cuales corresponderán a la realidad del buque.

- Plano de Disposición General (ANEXO 1)

2. Determinación de las principales dimensiones.

2.1. Dimensiones principales

La determinación de las dimensiones principales, son la base de todo el diseño del vehículo.

En este capítulo se usará una metodología con base en el uso de relaciones numéricas específicas, las cuales fueron obtenidas a través de experiencias adquiridas por diferentes autores.

El diseño de un hovercraft es similar al de cualquier barco, el cual incluye un proceso iterativo de aproximaciones:

- Secuencia inicial de diseño conceptual.
- Diseño preliminar.
- Diseño detallado.
- Preparación de la fabricación de dibujos y documentos.

Los requerimientos del diseño dependen del uso del hovercraft (que pueden ser comerciales, militares, recreativos o de uso específico). Los parámetros de control serán diferentes de acuerdo a los rendimientos requeridos para estabilidad, resistencia al daño, inclemencias del clima, navegabilidad, maniobrabilidad, restricciones en la selección del motor.

Aunque no hay una aproximación generalizada para el diseño de un hovercraft, se recomienda la siguiente secuencia:

- Definir los parámetros de uso (Incluir carga útil, rendimientos y cualquier requerimiento en especial).
- Hacer una estimación inicial del peso. (Estructura, carcasa, planta motriz, sistema impulsor, combustible, accesorios)
- Determinar dimensiones del colchón.(Longitud, Ancho, Altura del colchón)
- Estimar parámetros de la planta motriz.

2.2. Parámetros de uso.

Para este proyecto se propone:

- Un vehículo de rescate y salvamento.
- Debe contar con espacio adecuado para cuatro personas.
- Acceso fácil a la cabina.
- Potencia suficiente para cumplir los requerimientos de operabilidad.
- Estabilidad y control necesario para navegar.
- Capacidad de flotación.
- Un aerodeslizador con el sistema de levantamiento y empuje integrado

Partiendo con lo anterior, tenemos que:

En un vehículo de colchón de aire con el sistema de levantamiento y empuje integrado es aquel que utiliza una sola fuente motriz para estas dos acciones. Una parte del flujo entregado por la hélice o ventilador y se dirige hacia el faldón para producir el levantamiento, y la otra parte del flujo se dirige hacia el empuje.

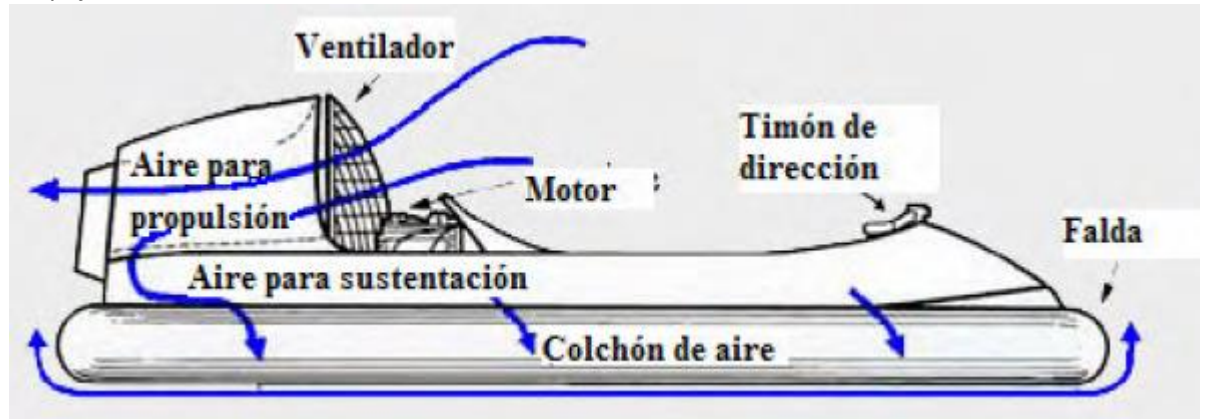


Figura 1.1. División de flujo del aire en un sistema integrado.

2.3. Selección tentativa de dimensiones.

Para empezar sabemos que la embarcación a proyectar tendrá pequeñas dimensiones. Se decide proyectar el hovercraft con 5 metros de eslora y con 2.5 metros de manga. Se decide restringir la embarcación a 2.5 metros de manga para que pueda ser transportado por carretera. Ahora, con las embarcaciones encontradas, según su relación eslora manga, obtendremos el peso y potencia medios para una embarcación de este tamaño. No obstante, para obtener un cálculo más exacto sobre el peso del hovercraft, va a modelarse en Rhinoceros y obtener el espesor y peso de los materiales a utilizar.

2.4. Estimación inicial de peso.

En el diseño de un hovercraft una de las primeras tareas es identificar el peso de cada uno de sus componentes. Algunos de estos valores fueron asumidos basándose en experiencias anteriores o bien revisando otros hovercraft similares al que estamos diseñando. El objetivo es obtener un valor estimado de peso total del vehículo de manera que podamos calcular la presión necesaria para generar la suspensión.

Una primera estimación de peso en porcentaje es la siguiente:

Componente	Porcentaje en
Estructura	40%
Planta motriz	15%
Combustible	5%
Carga útil	35%
Equipo	5%

Tabla 1.1 Estimación de peso en porcentajes.

Tomando en cuenta una variación en la carga útil y en la estructura, ya que se desconoce por el momento el peso exacto de las mismas.

2.4.1. Determinación de dimensiones.

- *Relación longitud/anchura (l_c/B_c) del colchón.*

La relación l_c/B_c influye directamente la velocidad del vehículo, su potencia y navegabilidad. En el caso de baja velocidad del vehículo se incrementa la relación l_c/B_c que proveerá navegabilidad, decreciendo la resistencia al avance a velocidad media, se incrementa el alcance y decrece el punto máximo de resistencia al avance. A partir de 1980 hubo una tendencia general a incrementar la relación l_c/B_c .

Un típico punto de partida para un hovercraft sería de 2.0-2.5 (l_c/B_c) tomando como una base rectangular plana con las esquinas redondeadas.

En nuestro caso, partimos con una relación de 2 ya que nos interesa tener una superficie grande para poder operar.


- *Relación presión/longitud (p_c/l_c) del colchón.*


En general, un hovercraft de pasajeros requiere una gran superficie y baja densidad de carga dentro, y por el contrario un hovercraft de tipo militar requiere gran superficie y alta densidad de carga. Un punto de partida del diseño de la densidad del colchón es estar en un rango entre 10 a 15 kg/m^3 , o si se trata de un hovercraft de tipo militar, mayor a 20 kg/m^3 . A mayores niveles de densidad, mayor será el ruido generado. Este parámetro influye en gran medida a la velocidad, la navegabilidad, la resistencia estructural del casco, el peso y las dimensiones principales de hovercraft


2.4.2. Datos de diferentes aerodeslizadores.

Se presentan las características principales (peso, longitud, potencia) de varios modelos de aerodeslizadores existentes en el mercado a nivel mundial, con el objeto de familiarizar y de dar una idea general de los mismos.

Nombre	SR.N1	
Peso	3.5 toneladas.	
Longitud	30 pies.	
Planta Motriz	Alvis Leonidas.	
Potencia	450 Caballos de Potencia.	
		Figura 1.2 SRN1.

Nombre	C.C.1 (Cushion craft 1)		
Peso	1.8 toneladas.		
Longitud	19 pies.		
Planta Motriz	Coventry Climax..		
Potencia	145 Caballos de Potencia.		
			Figura 1.3 CC1

Nombre	SR.N2		
Peso	27 toneladas.		
Longitud	60 pies.		
Planta Motriz	Cuatro	Blackburn Nimbus	
Potencia	800 Caballos de Potencia c/u.		
			Figura 1.4 SRN2

Nombre	C.C.2		
Peso	2.8 toneladas.		
Longitud	30 pies.		
Planta Motriz	Rolls Royce LV 8-41		
Potencia	250 Caballos de Potencia.		
			Figura 1.5 CC2

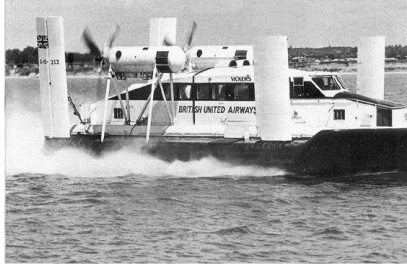
Nombre	V.A.3		
Peso	12.6 toneladas.		
Longitud	55 pies.		
Planta Motriz	Cuatro	Bristol Siddeley Turmo 603.	
Potencia	425 Caballos de Potencia (c/u).		

Figura 1.6 VA3


Nombre	C.C.5		
Peso	2 toneladas.		
Longitud	29 pies.		
Planta Motriz	Rolls-Royce V8		
Potencia	240 Caballos de Potencia		

Figura 1.7 CC5






Nombre	H.D.1		
Peso	8.5 toneladas.		
Longitud	50 pies.		
Planta Motriz	Dos	Coventry Climax (Levantamiento).	
	Dos	Rolls Royce Continental (propulsión)	
Potencia	80 Caballos de Potencia. (Coventry Climax) 145 y 310 Caballos de Potencia (Rolls Royce Continental)		


Figura 1.8 HD1


Nombre	SR.N3		
Peso	35 toneladas.		
Longitud	77 pies.		
Planta Motriz	Cuatro	Bristol Siddeley Gnome	
Potencia	1050 Caballos de Potencia. c/u		
			Figura 1.9 SRN3

Nombre	SR.N4		
Peso	165 toneladas.		
Longitud	130 pies.		
Planta Motriz	Cuatro	Bristol Siddeley Proteus	
Potencia	3400 Caballos de Potencia. c/u		
			Figura 1.10 SRN4

Nombre	SR.N5		
Peso	7 toneladas.		
Longitud	38 pies.		
Planta Motriz	Bristol Siddeley Gnome		
Potencia	900 Caballos de Potencia		
			Figura 1.11 SRN5

Nombre	SR.N6	
Peso	9 toneladas.	
Longitud	48 pies.	
Planta Motriz	Bristol Siddeley Gnome	
Potencia	900 Caballos de Potencia	

Nombre	H.D.2		
Peso	5 toneladas.		
Longitud	30 pies.		
Planta Motriz	Uno	Rover Turbine (Levantamiento).	
	Dos	Rover Turbine (propulsión)	
Potencia	150 caballos de Potencia c/u		Figura 1.13 HD2

Nombre	BH.7	
Peso	56 toneladas.	
Longitud	78.41 pies.	
Planta Motriz	Rolls-Royce Proteus 15M/541	
Potencia	4250 Caballos de Potencia.	


Nombre	ASV e2	
Peso	0.56 toneladas.	
Longitud	12.3 pies	
Planta Motriz	Rotax 582 UL	
Potencia	65 Caballos de Potencia	

Figura 1.15 ASV e2


Nombre	UH-13PT	
Peso	0.362 toneladas.	
Longitud	13 pies	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	15 Caballos de Potencia	

Figura 1.16 UH-13PT




Nombre	UH-13P	
Peso	0.419 toneladas.	
Longitud	13 pies	
Planta Motriz	Kohler (vertical)	
Potencia	25 Caballos de Potencia	


Figura 1.17 UH-13P

Nombre	UH-12T4	
Peso	0.374 toneladas.	
Longitud	12 pies	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	15 Caballos de Potencia	Figura 1.18 UH-12T4


Nombre	Neptune Sobol	
Peso	0.255 toneladas.	
Longitud	6.56 pies	
Planta Motriz	Rotax 582	
Potencia	64 Caballos de Potencia	Figura 1.19 Neptune Sobol

Nombre	UH-10T2	
Peso	0.272 toneladas.	
Longitud	10.5 pies	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	13.5 Caballos de Potencia	Figura 1.20 UH-10T2


Nombre	UH-10F2	
Peso	0.213 toneladas.	
Longitud	10 pies	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	16 Caballos de Potencia	Figura 1.21 UH-10F2


Nombre	UH-10F TRAINER	
Peso	0.190 toneladas.	
Longitud	10 pies	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	16 Caballos de Potencia	Figura 1.22 UH-10F Trainer


Nombre	UH-6F TRAINER	
Peso	0.092 toneladas.	
Longitud	6 pies	
Planta Motriz	Tecumseh (vertical)	
Potencia	3.5 Caballos de Potencia	Figura 1.23 UH-6F Trainer


Nombre	UH-12R	
Peso	0.430 toneladas.	
Longitud	12.5 pies.	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	10 Caballos de Potencia	
		Figura 1.24 UH-12R


Nombre	UH-13t	
Peso	0.545 toneladas.	
Longitud	13.8 pies.	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	28 Caballos de Potencia	
		Figura 1.25 UH-13t


Nombre	UH-14P	
Peso	0.613 toneladas.	
Longitud	14.6 pies.	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	20 Caballos de Potencia	
		Figura 1.26 UH-14P


Nombre	UH-15P	
Peso	0.590 toneladas.	
Longitud	15.8 pies.	
Planta Motriz	Tecumseh	
Potencia	30 Caballos de Potencia	Figura 1.27 UH-15P

Nombre	UH-15TA	
Peso	0.726 toneladas.	
Longitud	15.8 pies.	
Planta Motriz	Subaru	
Potencia	42.5 Caballos de Potencia	Figura 1.28 UH-15TA

Nombre	UH-16S	
Peso	0.772 toneladas.	
Longitud	15.8 pies.	
Planta Motriz	Subaru	
Potencia	85 Caballos de Potencia	Figura 1.29 UH-16S

Nombre	UH-17T	
Peso	0.998 toneladas.	
Longitud	17.3 pies.	
Planta Motriz	Subaru	
Potencia	100 Caballos de Potencia	
		Figura 1.30 UH-17T

Nombre	UH-19P	
Peso	0.952 toneladas.	
Longitud	19.4 pies.	
Planta Motriz	Subaru	
Potencia	100 Caballos de Potencia	
		Figura 1.31 UH-19P

Nombre	Skima 4 (4)	
Peso	0.475 toneladas.	
Longitud	4 metros.	
Planta Motriz	No proporcionada	
Potencia	25 Caballos de Potencia	
		Figura 1.32 Skima 4 (4)


Nombre	Skima 4 (3)	
Peso	0.4 toneladas.	
Longitud	4 metros	
Planta Motriz	*****	
Potencia	25 Caballos de Potencia	

Figura 1.33 Skima 4(3)

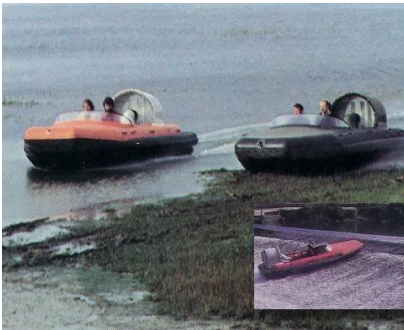
Nombre	Skima 4 (2)	
Peso	0.325 toneladas.	
Longitud	4 metros	
Planta Motriz	No proporcionada	
Potencia	25 Caballos de Potencia	

Figura 1.34 Skima 4 (2)

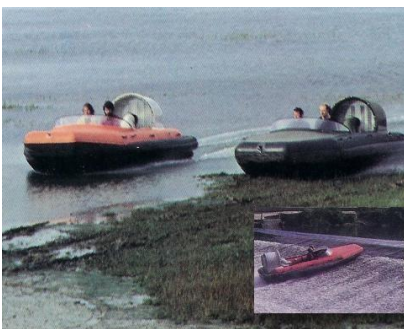
Nombre	Skima 4 (1)	
Peso	0.25 toneladas.	
Longitud	4 metros	
Planta Motriz	No proporcionada	
Potencia	25 Caballos de Potencia	

Figura 1.35 Skima 4 (2)

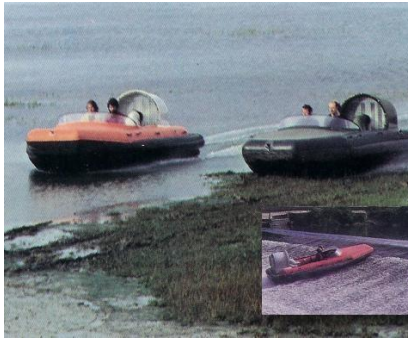
Nombre	Skima 4 Mk2	
Peso	0.55 toneladas.	
Longitud	5.03 metros	
Planta Motriz	No proporcionada	
Potencia	40 Caballos de Potencia	

Figura 1.36 Skima 4 Mk2

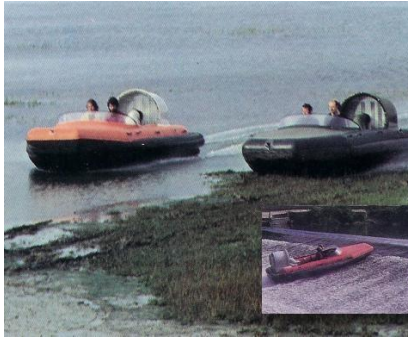
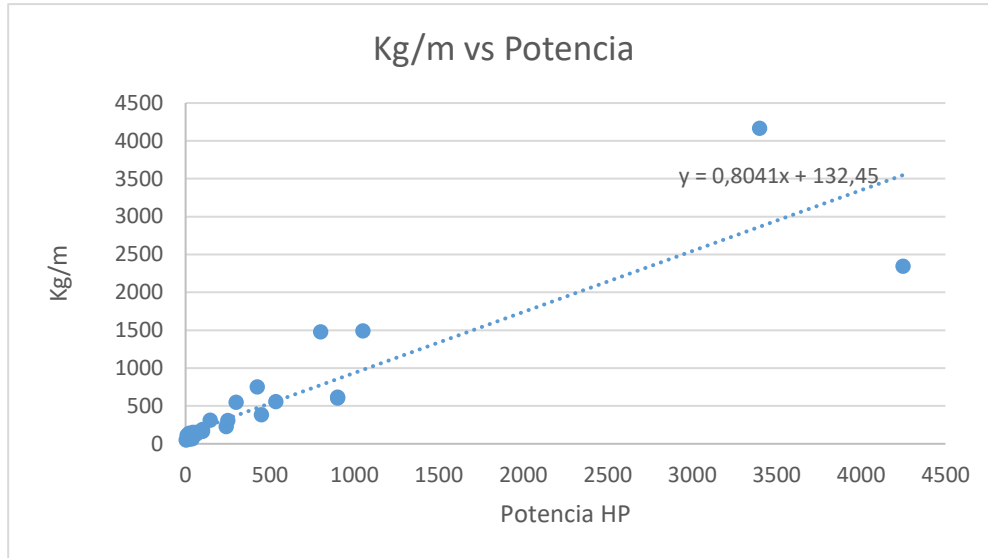
Nombre	Skima 4 Mk3	
Peso	0.33 toneladas.	
Longitud	5.03 metros	
Planta Motriz	No proporcionada	
Potencia	40 Caballos de Potencia	

Figura 1.37 Skima 4 Mk3

A continuación se recopilan los datos de peso/eslora y potencia de estos hovercraft, con la finalidad de hacer una gráfica comparativa entre ellos.

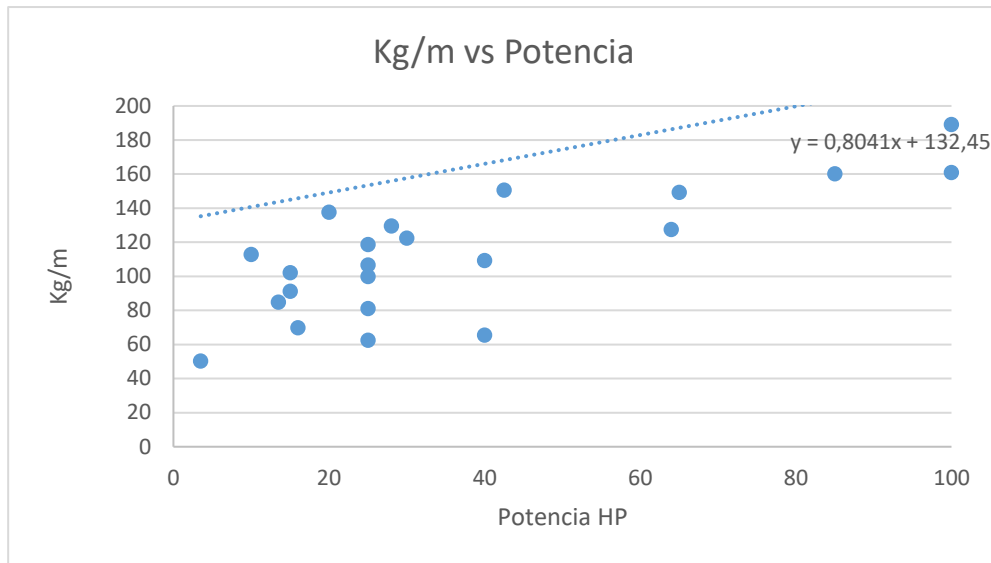
Peso/eslora Vs Potencia de diferentes tipos de aerodeslizadores



Gráfica 1.1 Comparacion de aerodeslizadores.

Debido a que en el gráfico anterior no se logra apreciar en forma clara, las características de peso/eslora y potencia de los vehículos que comprenden el segmento en el que se encuentra nuestro hovercraft, se genera la siguiente gráfica formada por vehículos de colchón de aire en un intervalo que no exceda una tonelada de peso y hasta 100 caballos de potencia.

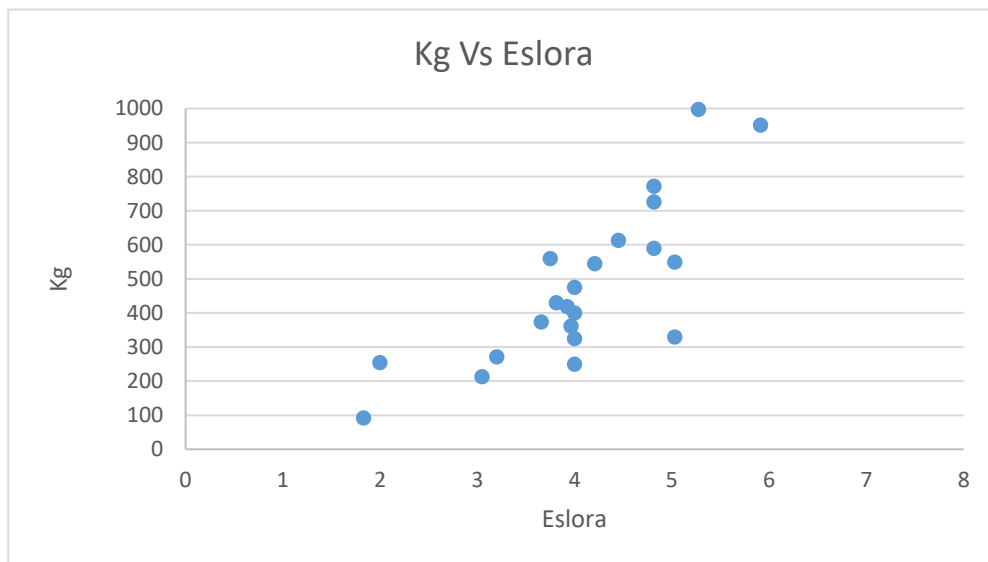
Peso Vs. Potencia de diferentes HOVERCRAFT



Gráfica 1.2 Intervalo al cual podría pertenecer nuestro hovercraft.

De la gráfica anterior, se aprecia que el aerodeslizador va a diseñarse a partir de un aparato pequeño que no requiera de gran potencia. Dado que se decide un aparato de uso de rescate, de un peso máximo operativo de unos 900kg.

Peso Vs. Longitud de diferentes aerodeslizadores



Gráfica 1.3 Peso máximo operacional contra la longitud de varios aerodeslizadores.

Con esta gráfica se concluye que para 5 metros de eslora es adecuado un peso estimado entre 300-1000 kg.

2.4.3. Cálculo del espesor de la embarcación

Según “the Hovercraft Code”, la construcción y equipamiento deben tener una adecuada resistencia y un fácil mantenimiento durante la vida útil esperada del hovercraft para las condiciones de la zona y de funcionamiento previstas.

A la hora de calcular el espesor, dicho Código nos recomienda el uso de la ISO 12215 Pequeñas embarcaciones. Construcción de cascos y escantillones.

Para un hovercraft de 5 metros, permite el uso del **Método Simplificado de Escantillonado** que hay en la norma.

Dicho método puede ser utilizado como una alternativa para las embarcaciones de vela con una longitud de casco de <9 m, y las categorías de proyecto C y D. Los escantillonados se pueden obtener para la construcción de GRP (un laminado), sandwich de GRP, aleaciones de acero, aleaciones de aluminio, madera o tablonés. Para materiales de acero, madera o aluminio, el espesor deberá llevar un factor de corrección.

Sólo está diseñado para proporcionar una evaluación muy simple del espesor de recubrimiento de botes de vela y botes abiertos, y no está diseñado para barcos de crucero habitables.

Dicho método, nos dice:

$$tr = 0.5 * m_{LCD}^{0.33} * \frac{b}{400} * kc * kloc * kr \text{ mm}$$

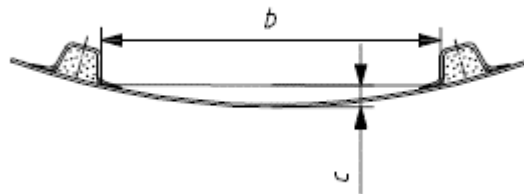


Fig. 1.38 Medidas de b y c

Donde:

b = longitud del panel actual

$$kc = 1.1 - 3.3 \frac{c}{b}$$

Kloc = 1.0 para el fondo, 0.75 para costados, 0.6 para la cubierta

$$kr = 0.54 + 0.23 \frac{l}{b}$$

L = longitud del panel de mayor longitud

Una vez hemos definido la fórmula, se procede a realizar el cálculo del espesor.

Se han tenido en cuenta varias zonas donde comprobar el espesor y ver que condición es la más restrictiva.

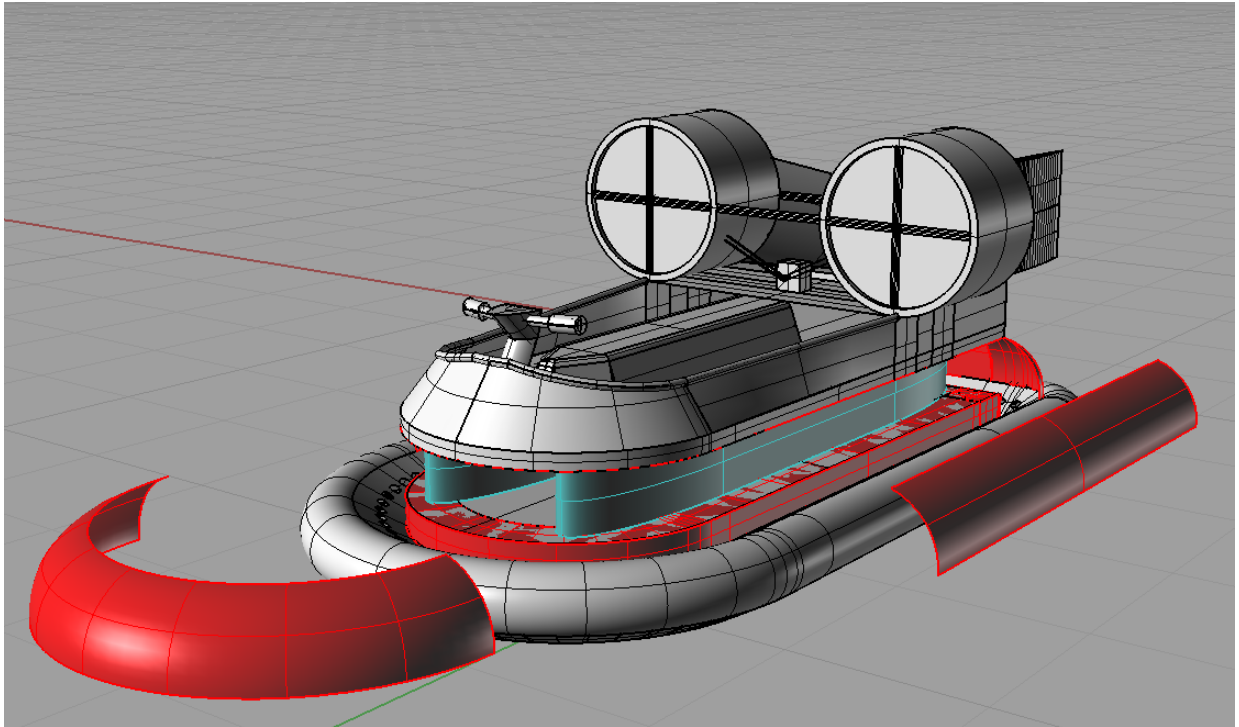


Fig. 1.39 Descomposición de los costados a analizar
Costado

Eslora	5000	mm
Masa	0,8	t
b	2500	mm
Kc	0,986	
Kloc	0,75	costado
Kr	0,852	
c	86	mm
L	3400	mm
Tr	1,831	mm
Tr+30%	2,381	mm

Proa

Eslora	5000	mm
Masa	0,7	t
b	1938	mm
Kc	0,95356037	
Kloc	0,75	costado
Kr	0,83669763	
c	86	mm
L	2500	mm
Tr	1,28861782	mm
Tr+30%	1,67520317	mm

Fondo

Eslora	5000	mm
Masa	0,7	t
b	2500	mm
Kc	1,1	
Kloc	1	fondo
Kr	0,77	
c	0	mm
L	2500	mm
Tr	2,35296672	mm
Tr+30%	3,05885674	mm

Cubierta

Eslora	5000	mm
Masa	0,7	t
b	2500	mm
Kc	1,1	
Kloc	0,6	cubierta
Kr	0,77	
c	0	mm
L	2500	mm
Tr	1,41178003	mm
Tr+30%	1,83531404	mm

Finalmente, se estima 3 mm de espesor para todo el hovercraft. Aun así, se ha consultado con empresas del sector de embarcaciones de fibra, más concretamente de vela ligera 470, y nuestro espesor entra dentro de los límites para una embarcación de este tamaño (2-6mm)

2.4.4. Cálculo del peso, xg y kg del hovercraft

Una vez definido el espesor, y conociendo el equipamiento necesario a bordo gracias al capítulo anterior, se procede a realizar una tabla para el control de pesos.

Se ha aprovechado el uso de esta tabla para definir también la componente vertical y longitudinal de todos estos elementos. Se ha obviado el uso de de la sección transversal por tener todos los elementos simétricos.

Los cálculos se encuentran en el ANEXO 2

Finalmente, tenemos:

$$peso\ total = 881kg$$

$$XG = 2.088\ m$$

$$KG. = 1.111\ m$$

3. Determinación del caudal requerido para el levantamiento.

3.1. Determinación de la superficie del colchón de aire.

De acuerdo a las relaciones de diseño, se tienen las siguientes medidas del colchón de aire.

- **Relación longitud/anchura (l_c/B_c) del colchón.**

Un típico punto de partida para el diseño de un ACV es de 2.0 (l_c/B_c) a 2.5 (l_c/B_c). Desde un ACV pequeño de una plaza, hasta los de tamaño mediano utilizan ésta relación.

En base a esto, se considera una relación de l_c/B_c igual a 2, considerando las siguientes dimensiones:

$l_c = 5$ m. (longitud del colchón de aire)

$B_c = 2.5$ m. (anchura del colchón de Aire)

Es decir, que la relación l_c/B_c está dentro de los márgenes establecidos.

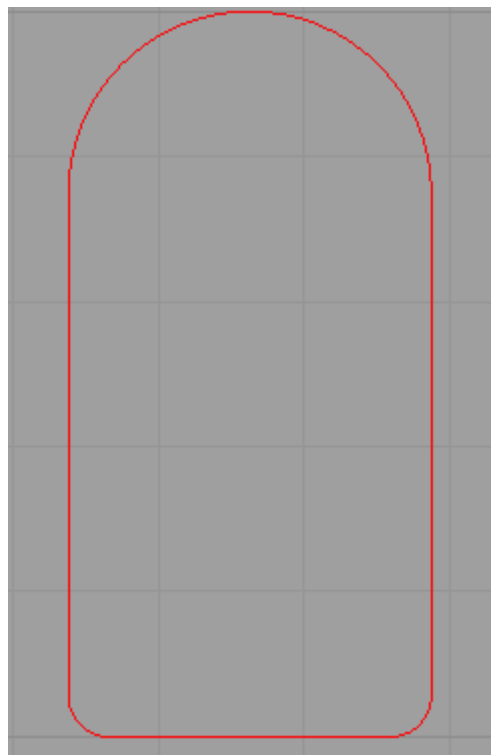


Figura. 2.1. Vista en planta de la superficie del colchón de aire

El modelo va a desarrollarse con la herramienta de diseño 3D "Rhinceros 4.0". Esto nos permite calcular la superficie de áreas con su herramienta de "análisis". Por lo tanto,

$$S_c = \text{Superficie del colchón de aire (m}^2\text{)} = 12.414 \text{ m}^2$$

3.2. Determinación del perímetro del colchón de aire

Teniendo lo anterior, es posible calcular l_j , que es el perímetro total del colchón. Utilizaremos la herramienta de "Análisis/Distancia" por el borde del área. El resultado nos da un perímetro total:

$$l_{total} = 14.163 \text{ m}$$

3.3. Determinación de la relación de presiones del colchón de aire.

Teniendo en cuenta que la presión del colchón corresponde al peso máximo operativo entre el área proyectada en una vista en planta del prototipo, se tiene que:

$$P_c = W/S_c$$

Donde:

P_c = Presión del colchón (Pa)

W = Peso Máximo operativo. (N)

S_c = Superficie del colchón (m^2)

Sabiendo que:

$$W = 8643.1 \text{ N}$$

$$S_c = 12.414 \text{ m}$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior:

$$P_c = 696.236 \text{ Pa}$$

3.4. Determinación del caudal necesario de aire.

Para la determinación del caudal se utilizará la teoría exponencial para el rendimiento de un colchón de aire sobre una superficie rígida.

Esta teoría considera que la tobera de descarga es infinitamente delgada, en la que se supone que la velocidad del flujo de aire a través de la descarga se distribuye de manera uniforme. Además de que la línea de corriente que se dirige hacia el exterior es un arco circular de radio r .

Entonces se toma un elemento de la corriente de chorro, el cual inmediatamente después de atravesar el borde exterior de la tobera, se encuentra con una diferencia de presión, la cual se compensa por una fuerza centrípeta.

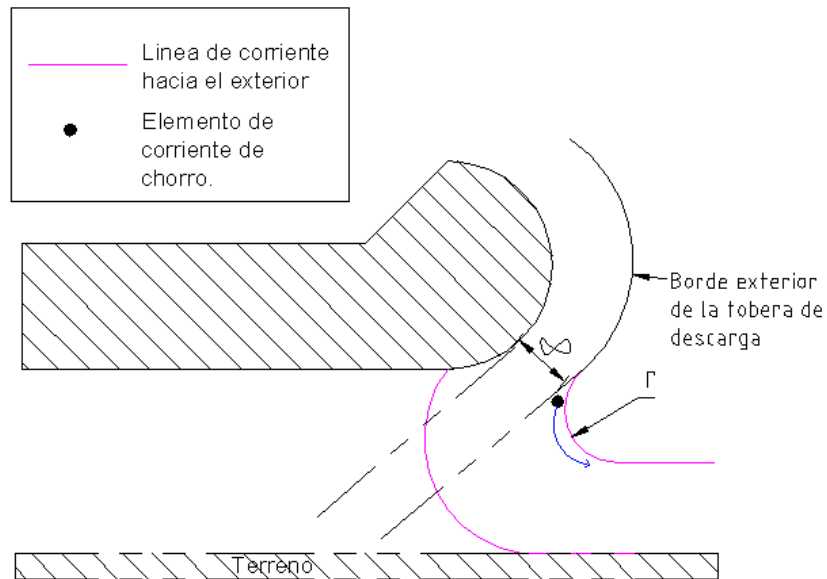


Figura 2.2 Corte transversal en la descarga de aire

Stanton-Jones de la Corporación Británica Hovercraft desarrolló una relación en la que el caudal y la presión total de levantamiento pueden ser obtenidos mediante la siguiente ecuación.

$$\frac{P_c}{P_t} = 1 - e^{-2x}$$

Donde:

P_t = Presión total. (Pa)

$x = (1 + \cos\theta)(t/h)$

t = diámetro de la descarga (0.04m)

h = altura de levantamiento del colchón (0.05m)

θ = ángulo de la descarga (45°)

La siguiente fórmula determina el caudal. (Q)

$$Q = \left(\frac{2}{\text{dens. aire}} \right) \left\{ l * h * P_t^{0.5} * \left(\frac{1 - \left(1 - \frac{P_c}{P_t} \right)^{0.5}}{(1 + \cos\theta)} \right) \right\}$$

Despejamos el valor de P_t en la fórmula, y nos da un valor de 605.95 Pa.

Una vez tenemos la presión total, sustituimos los valores de la fórmula para obtener el caudal requerido.

$Q = 14.755 \text{ m}^3/\text{s}$

Teniendo así el caudal necesario de aire para generar un colchón de aire.

Método de coeficiente de caudal.

La relación entre caudal del colchón de aire y la presión para levantar el prototipo sobre una superficie rígida y agua en calma ya ha sido descrita por el método exponencial. Sin embargo, el faldón tipo bolsa y segmentos puede tener dos configuraciones:

- La bolsa tiene pocos orificios de descarga, pero de gran tamaño hacia la parte segmentada del faldón.
- La bolsa tiene una gran cantidad de orificios de descarga, relativamente pequeños hacia la parte segmentada del faldón.

En el segundo caso, se mejora la resistencia de la bolsa del faldón por reducir las concentraciones de esfuerzo y de este modo reduce la tendencia a rasgarse debido al movimiento del aparato.

Teniendo ya el valor del caudal, se debe obtener el valor del coeficiente de flujo del caudal para darse una idea de si se está o no dentro de los parámetros establecidos por el método, siendo el resultado, aproximado al valor del caudal obtenido anteriormente.

La relación para el coeficiente de caudal es

$$Q = Q_c * S_c \sqrt{\frac{2 * P_c}{Dens. aire}}$$

Donde,

Q_c =Coeficiente de caudal

Según el método, Q_c debe tener unos valores entre 0.015-0.05

Sustituyendo valores, nos da un Q_c de 0.035.

Al obtener Q_c dentro del parámetro antes mencionado se da una idea de que el rendimiento será apropiado.

De acuerdo con el libro "Theory Desing Air Cushion Craft" la expresión comúnmente utilizada para el cálculo de levantamiento de un hovercraft es:

$$Q = V_c D_c h l_j$$

Donde:

V_c =Velocidad de escape del aire del colchón

$$V_c = \sqrt{\frac{2 * P_c}{Dens. aire}}$$

D_c = Coeficiente de descarga de la tobera de acuerdo al ángulo de descarga

Para 45° → 0.4674

Sustituyendo valores de la ecuación, nos da un caudal de:

$$Q = 11.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ambos valores quedan aproximados, con lo que así es demostrado que la teoría exponencial coincide con la estimación del cálculo del caudal requerido para generar el colchón de aire necesario en una superficie rígida. Al dar valores distintos, cogeremos el valor mayor para los siguientes cálculos.

4. Empuje.

4.1. Ventiladores axiales y Hélices.

La principal diferencia entre un ventilador y una hélice, es que el ventilador generalmente tiene mucha más solidez, y opera con valores bajos de J relación de avance.

Las hélices son elementos mecánicos giratorios que sirven para producir un impulso sobre el aparato en el que van montadas. Las hélices pueden generar tracción o propulsión, dependiendo de la posición que guarden con respecto al motor y al sentido de giro del mismo, así como el de la hélice. Las hélices se componen de un cubo, un cono, y las palas. La pala está formada por un número infinito de perfiles aerodinámicos acomodados sucesivamente.

4.2. Determinación del empuje requerido.

Los ventiladores existentes en el mercado, son construidos con propósitos industriales, como extracción de gases, acondicionamiento del aire, etc.

Los fabricantes no tienen previsto que dichos ventiladores se utilicen como unidades propulsoras de vehículos, por lo consiguiente, no brindan al consumidor valores de empuje.

A continuación se muestra la forma de cómo calcular el empuje estático que producen los ventiladores

$$T_s = Q_s * V_d * \rho$$

Donde:

Q_s = Caudal en la descarga (m³/s)

V_d = Velocidad en la descarga (m/s)

ρ = Densidad del aire (Kg/m³)

T_s = Empuje estático (N)

4.3. Descripción y características de los ventiladores propuestos.

Los ventiladores adquiridos son del tipo axial tubular, de aluminio fundido cuyos datos básicos son proporcionados por el fabricante

Potencia absorbida: 14kW
Velocidad angular: 1488RPM
Caudal máximo: 71945 m ³ /h
Díámetro: 1.1m

Tabla 3.1 Características del ventilador



Imagen 3.1 Muestra del ventilador.

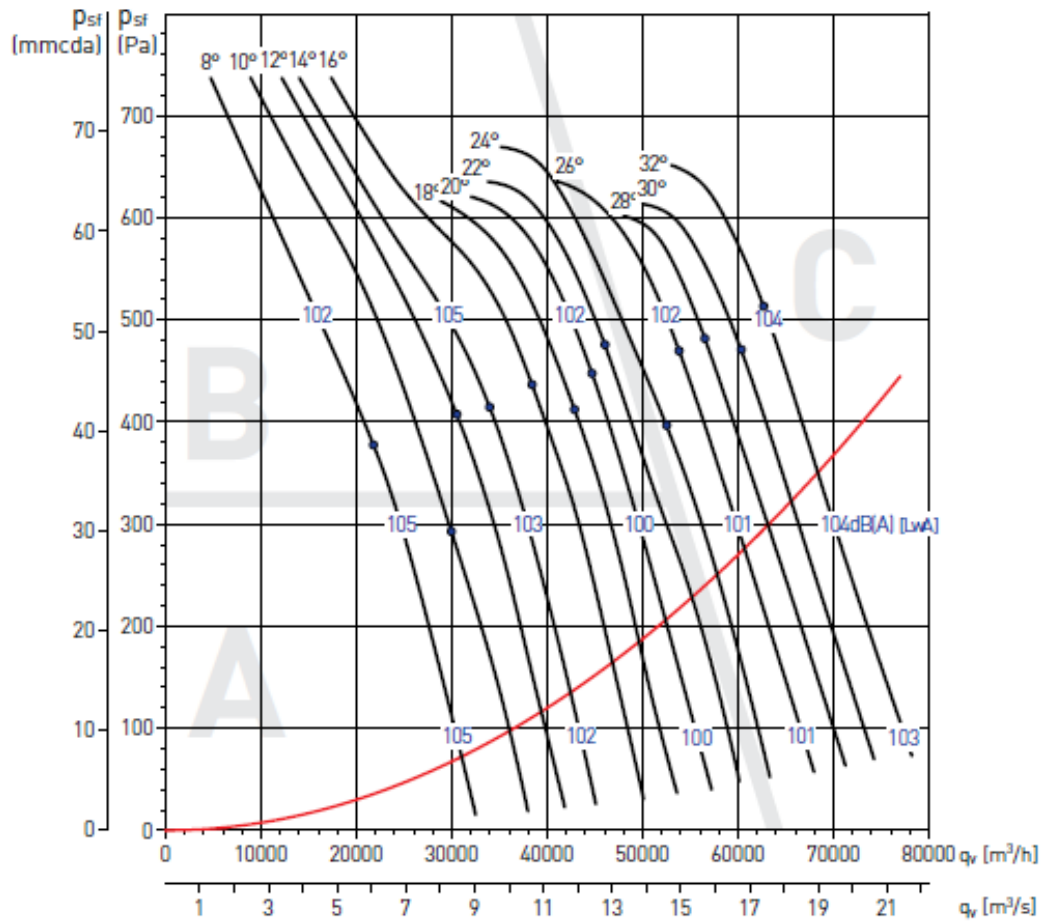


Figura 3.2 Curva Presión vs Caudal del ventilador a emplear, obtenida a 20 ° C y 760 mmHg. Ensayos realizados de acuerdo a la Norma ISO 5801 y AMCA 210-99

El ventilador cuenta con una derivación de flujos en la parte posterior al plano del ventilador, la cual secciona el flujo en:

- Una tercera parte destinada a alimentar el sistema de levantamiento
- Dos terceras partes del caudal que entrega cada ventilador, son destinadas a producir empuje, se cuenta con un caudal de $13,32 \text{ m}^3/\text{s}$ en descarga libre por ventilador. El valor antes mencionado surge de multiplicar el caudal máximo (tabla 3.1) por $2/3$.

4.4. Cálculos para la determinación del empuje

A partir de la ecuación de continuidad:

$$\rho_2 V_2 A_2 = \rho_1 V_1 A_1$$

Donde podemos determinar la cantidad de flujo másico como se muestra a continuación:

$$\overline{ma} = \rho VA$$

Donde:

ma = flujo másico (Kgm/s)

ρ = densidad (Kgm/m³)

A = Area (m²)

V = Velocidad (m/s)

Considerando condiciones de atmósfera, las cuales son:

- Temperatura 15 °C = 288.2 °K = 59° F = 518.7° R
- Presión 101304 Pa = 2116.2 lb/ft² = 29.92 inHg = 10326.61 Kgf/m² = 14.7 lb/in²
- Densidad = 1.225 Kg/m³ = 0.002378 slug/ft³ = 0.125 UTM/m³
- Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s²

Conociendo el caudal que maneja cada uno de los ventiladores y multiplicándolo por la densidad del aire a nivel medio del mar (condiciones atmósfera tipo), es posible conocer el flujo másico

$$ma = \rho Q = 16,320 \text{ kgm/s}$$

El área de descarga es 2/3 de la superficie total de cada uno de los círculos que abarcan cada uno de los ventiladores, y cuyo radio es de 0.5 metros.

$$A = \frac{2}{3} \pi r^2$$

Por lo tanto:

$$A = 0,523 \text{ m}^2$$

Despejando la velocidad y sustituyendo valores se obtiene el valor de velocidad de descarga de flujo de aire.

$$V = V_d = \frac{ma}{\rho * A} = 25.44 \text{ m/s}$$

Empleando la ecuación del empuje requerido, es posible conocer el empuje en régimen estático de cada ventilador.

$$T_s = 415.289 \text{ N}$$

Puesto que se trata de dos ventiladores, considerando que el otro ventilador al tener arquitectura y funcionamiento similar se considera entonces que el empuje global será:

$$T_{total} = 2 * T_s = 830.579 \text{ N} = 84,666 \text{ Kg}$$

Para determinar la velocidad de nuestro hovercraft utilizaremos la siguiente expresión:

$$T_s = \frac{A_t * \rho * V_v^2 * CD}{2}$$

Siendo:

A_t = Área Transversal (m²)

ρ = Densidad del aire (kgm/m³)

V_v = Velocidad del vehículo (m/s)

CD = Coeficiente de drag del vehículo= 0.8

Despejando la velocidad de la ecuación, nos da una velocidad de:

$$V_v = 15.343 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 30 \text{ kn}$$

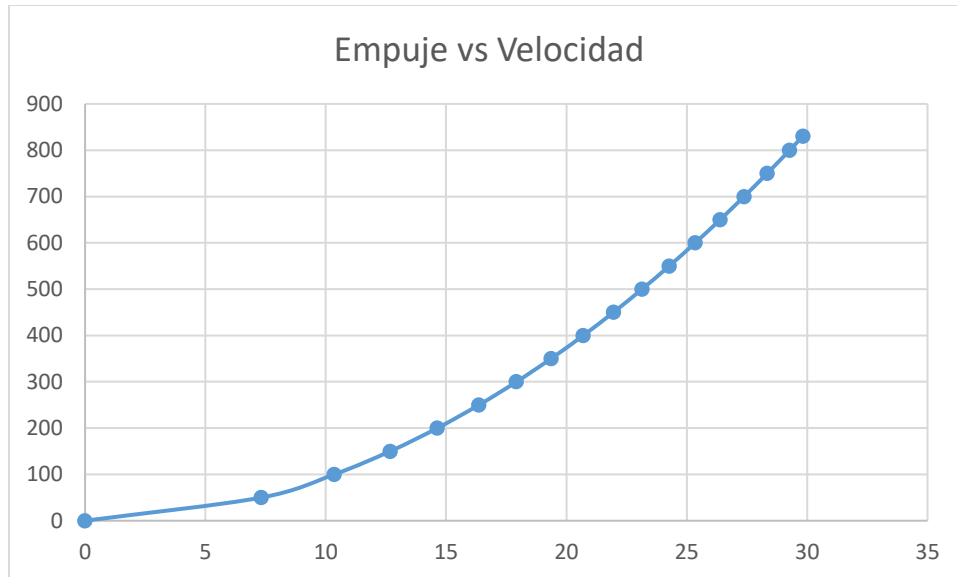


Fig. 3.4 Empuje/Velocidad

Para determinar el empuje generado de manera experimental, se debería seguir el siguiente procedimiento:

- Se necesita: Un dinamómetro y dos cuerdas.
- El dinamómetro debe quedar localizado entre el objeto que sirve de estructura inmóvil o referencia.
- Una cuerda es atada a dicho objeto anclado en el terreno (árbol, poste, norai,...) capaz de resistir la fuerza una vez que se tense la cuerda.
- La otra es atada al vehículo
- Una vez implementado el dispositivo anterior y puesto en marcha el hovercraft, el dinamómetro nos ofrecerá el empuje estático.

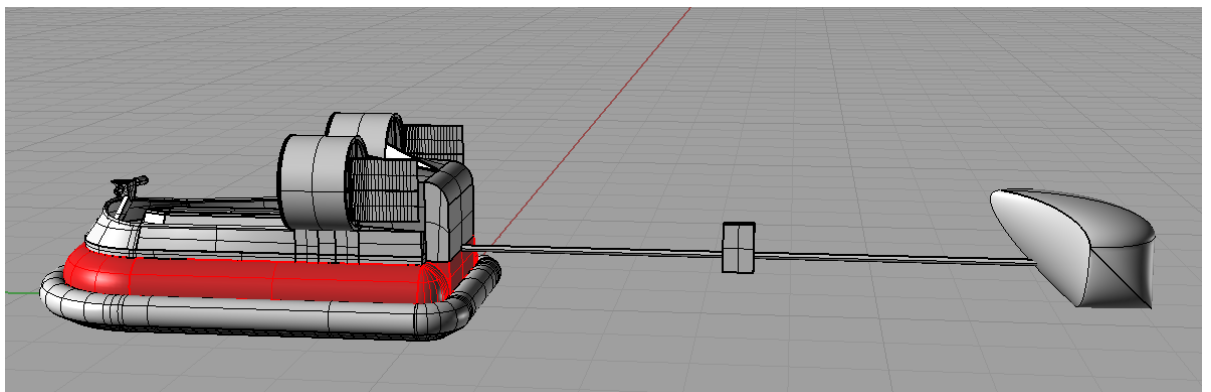


Figura 3.4 Muestra del procedimiento para obtener el empuje estático real de un vehículo de colchón de aire.

5. Control

Es el conjunto de dispositivos con los que cuenta el vehículo de colchón de aire, los cuales permiten realizar la trayectoria que el piloto demande por medio de dichos dispositivos.

5.1. Descripción de maniobras

Con fines prácticos, se consideran los ejes de referencia de forma similar a los de un barco.

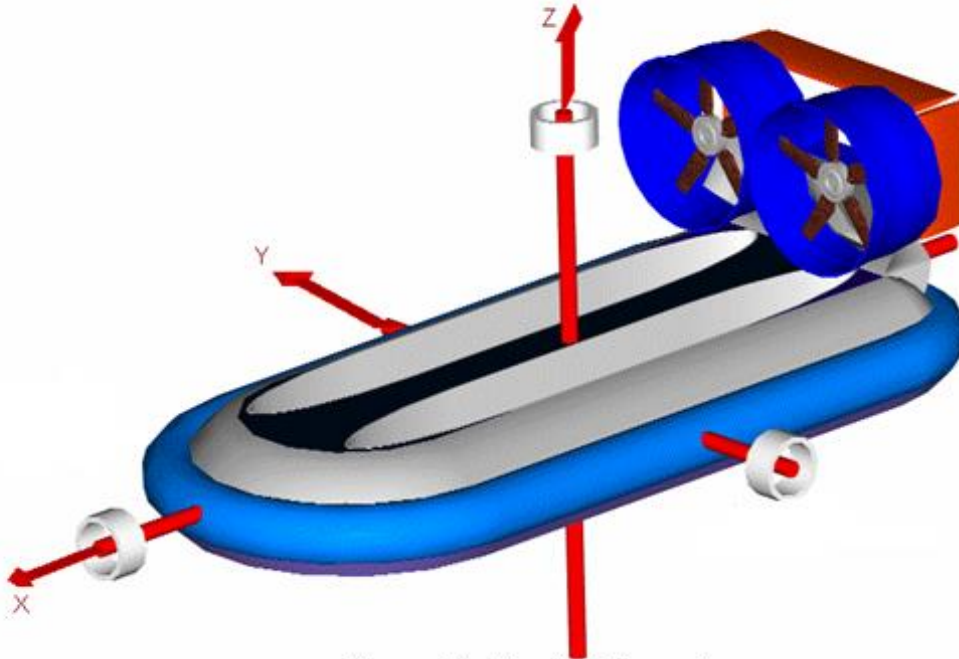


Figura 4.1. Ejes de Referencia.

5.2. Guiñada.

La fuerza generada en los timones direccionales es transmitida a través del brazo de palanca existente entre esta misma fuerza y el centro de gravedad del vehículo, creando un momento de guiñada.

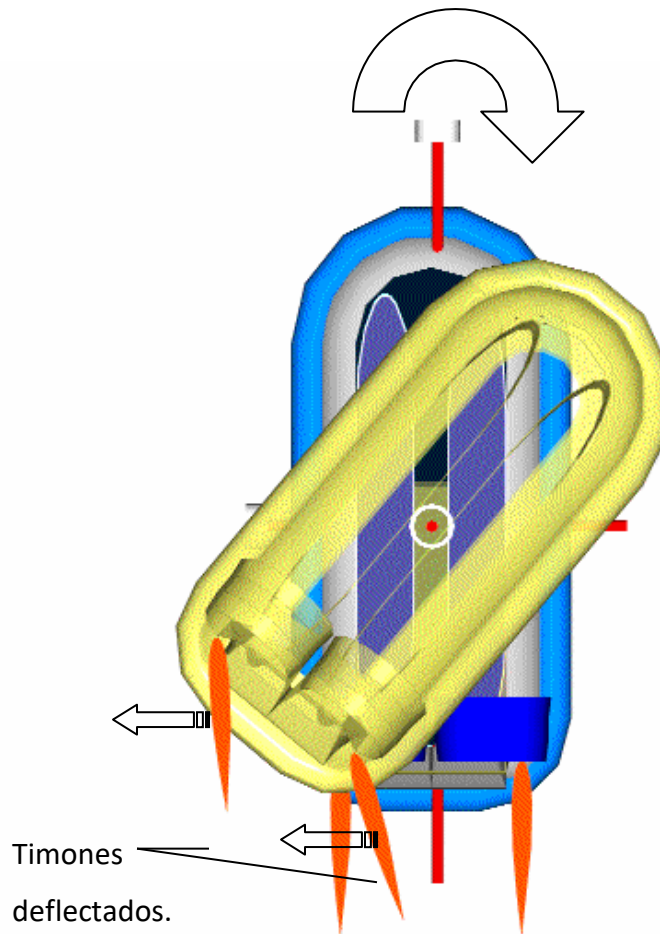


Figura 4.2 Guiñada

5.3. Balance

Las superficies de control y algunos dispositivos destinados a proporcionar control direccional tienden a generar un momento de balance adverso (balance) en virtud de su altura relativa al centro de gravedad.

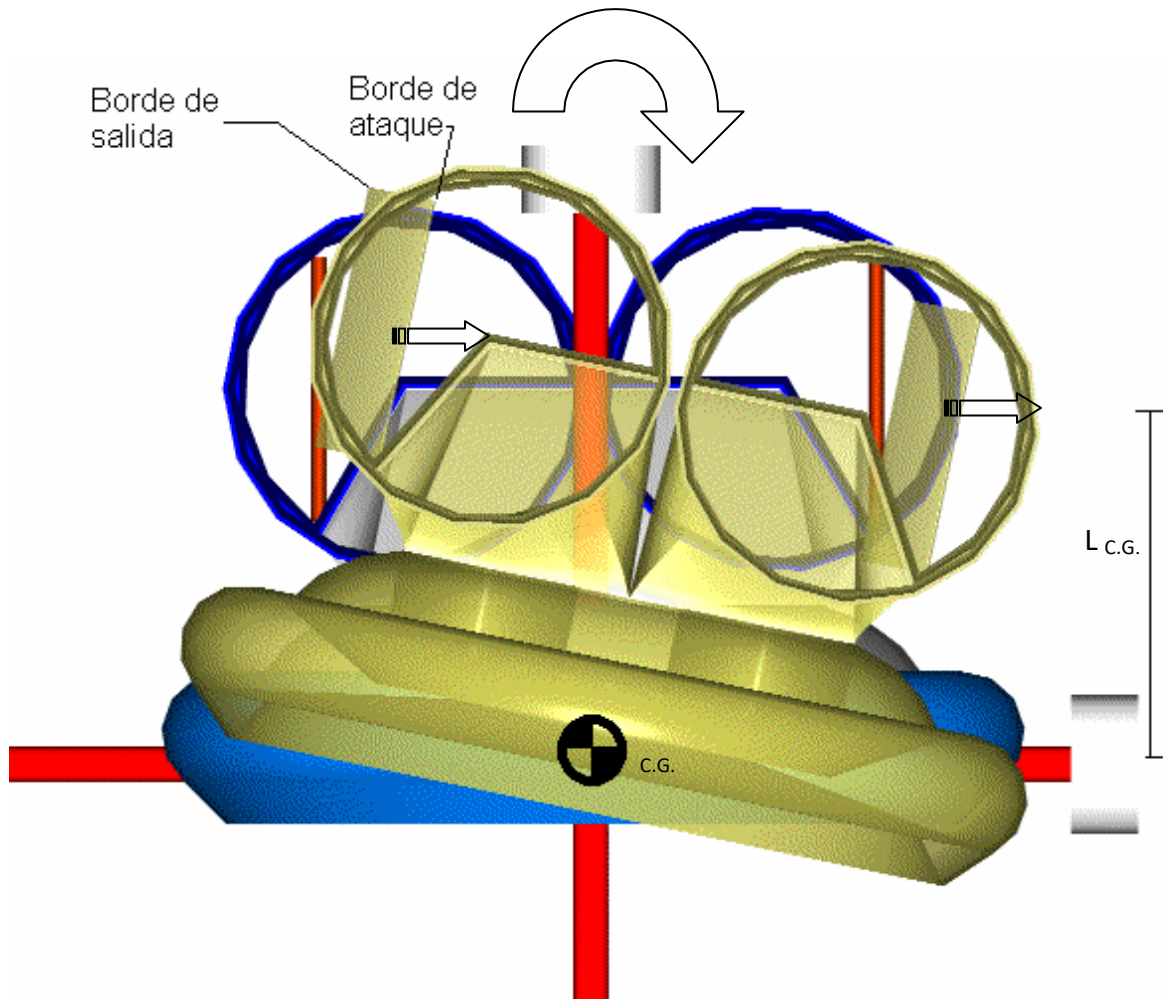


Figura 4.3 Balance

5.4. Cabeceo.

La fuerza generada en el elevador es transmitida a través del brazo de palanca existente entre esta misma fuerza y el centro de gravedad del vehículo, creando un momento de cabeceo.

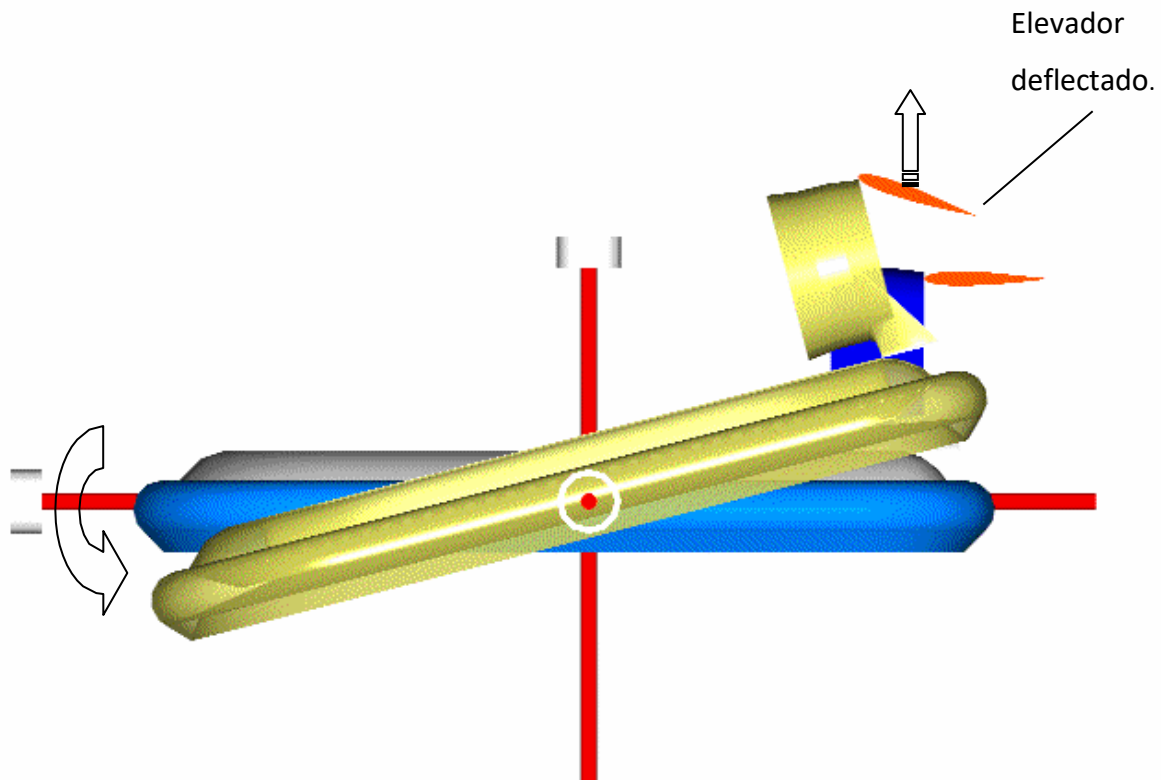


Figura 4.4. Cabeceo

5.5. Dispositivos de Control.

A continuación se explican y ejemplifican diversos dispositivos de control utilizados en los vehículos de colchón de aire, los cuales influyen directamente sobre la precisión de la maniobrabilidad dependiendo del tipo, número, dimensión y ubicación del(os) dispositivo(s) con que esté provisto el vehículo.

5.5.1. Timón de dirección.

Brinda control direccional en el vehículo, es decir, se utiliza para producir momentos de guiñada; estos timones tienen dos limitantes, ya que son poco eficientes a bajas velocidades y altos ángulos de ataque.



Figura 4.5 El vehículo VA 3 ejemplifica el uso de estos timones como medio de control.

5.5.2. Timón de dirección bañado por la estela de la hélice.

Este fue un sistema desarrollado por la BHC (British Hovercraft Corporation) en la década de los sesentas. Esta superficie de control se instala en la proximidad de la descarga de aire generada por la hélice propulsora, incrementando la efectividad del timón vertical especialmente a bajas velocidades del vehículo.

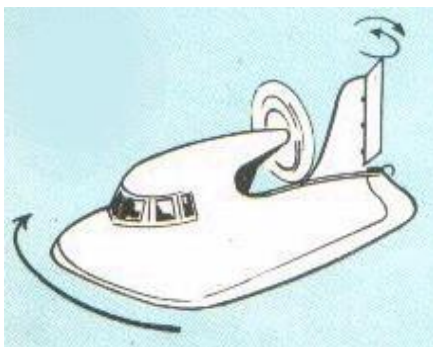


Figura 4.6 Esquema de un vehículo de colchón de aire con timón direccional bañado por la estela de la hélice.



Figura 4.7 Vehículo de colchón de aire el cual está provisto de este tipo de timones de dirección.

5.5.3. Elevadores.

Estas superficies de control están diseñadas para regular la actitud longitudinal dinámica del vehículo, puesto que producen momentos de cabeceo. Es conveniente montar este tipo de superficies de control, ya que es una forma rápida de ajuste de la actitud longitudinal para diferentes condiciones de carga en el vehículo.



Figura 4.8. Vehículo de colchón de aire SR.N6 el cual tiene un par de elevadores.

5.5.4. Timones retráctiles acuáticos.

Este dispositivo es conveniente para dirigir el vehículo a altas velocidades; como su nombre lo dice son retráctiles y operan exclusivamente cuando el vehículo de colchón de aire se encuentra desplazándose sobre agua. Al sumergir una de estas superficies (del par con que debe contar el vehículo como mínimo) se genera una fuerza de resistencia al avance que multiplicada por el brazo de palanca respecto del centro de gravedad ayuda a que se produzca la guiñada.

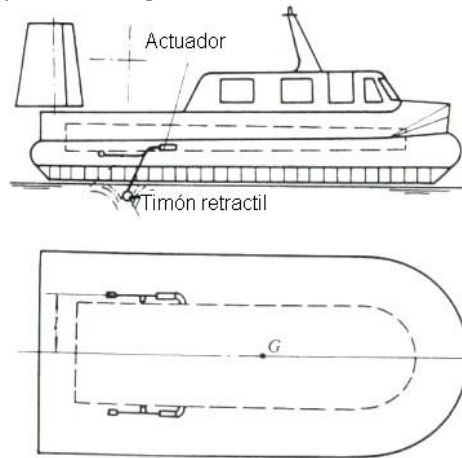


Imagen 4.9. Esquema de timones retráctiles acuáticos en un vehículo de colchón de aire.

5.5.5. Diferencia de tracción.

La instalación de un dispositivo capaz de reducir o aumentar las revoluciones por minuto de una hélice respecto de otra, puede ser aplicada a los vehículos de colchón de aire para generar una guiñada. Este método es muy conveniente para las veces en que se opera a bajas velocidades.



Figura 4.10. Ejemplo de un vehículo de colchón de aire (C. C. 2) que utiliza la diferencia de tracción como medio de control.

5.5.6. Hélices de paso variable.

Las piezas de este dispositivo son complejas y costosas, es por eso que usualmente son utilizadas solo en vehículos de colchón de aire de medianas y grandes dimensiones. Como su nombre lo dice, las palas de la hélice pueden presentar diversos ángulos al viento relativo, variando la magnitud de la tracción e inclusive en algunos casos el sentido de ésta.

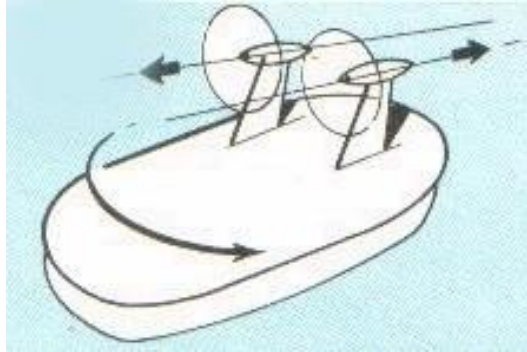


Figura 4.11. Esquema de hélices de paso variable montadas en un vehículo de colchón de aire.



Figura 4.12. Hélice de paso variable en el vehículo LCAC-91.

5.5.7. Postes giratorios.

Las hélices se encuentran montadas sobre estos postes, los cuales son capaces de girar sobre su propio eje mediante actuadores.

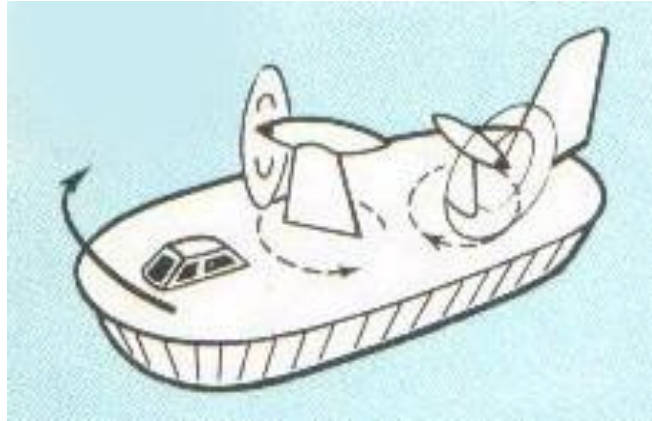


Figura 4.13 Esquema de un vehículo dotado con postes giratorios.



Figura. 4.14. El SR.N4 es un ejemplo de la aplicación de estos dispositivos.

Esto crea la posibilidad de que un conjunto de hélices puedan girar de forma sincronizada y lograr direccionar su vector de tracción a un mismo rumbo y así mantener el curso original del vehículo cuando este sea desviado por la existencia de un viento lateral o una corriente que esté arrastrando al vehículo (Figura 4.15).

Este dispositivo también es muy útil cuando se desea realizar un viraje ya que si el vehículo cuenta con 2 pares de postes (2 postes delanteros y 2 postes traseros), al girar los dos postes delanteros ciertos grados, y los 2 postes traseros el mismo número de grados pero en dirección inversa, se incrementará la velocidad angular de guiñada que, en combinación con timones direccionales, reducirán el radio de giro para realizar el viraje (figura 4.15).

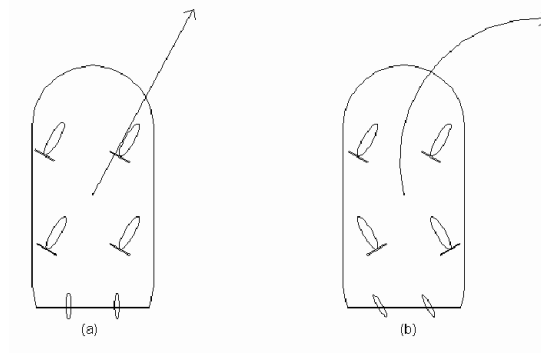


Figura 4.15. Esquema de un Vehículo de colchón de aire con 2 pares de postes giratorios.

5.5.8. Toberas rotativas de empuje.

Utilizan aire a presión suministrado por ventiladores centrífugos el cual es expulsado por las toberas rotativas. El rendimiento de empuje de las toberas es bajo, pero provee de una buena maniobrabilidad en baja y alta velocidad en operaciones coordinadas con otros dispositivos, además de mejorar el movimiento de cabeceo y guiñada.

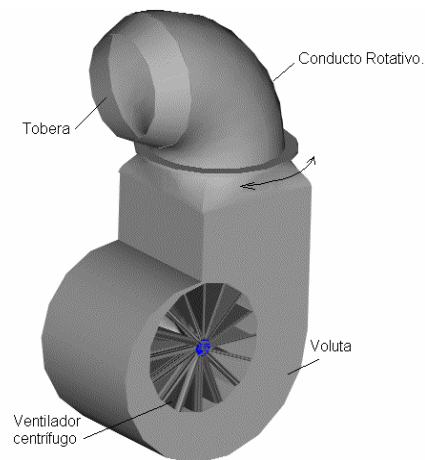


Figura 4.16. Muestra una tobera rotativa de empuje.



Figura 4.17. Vehículo con Toberas rotativas.

5.5.9. Portillas soplantes.

El Principio de operación es el mismo que las toberas rotativas excepto que el aire presurizado es tomado directamente de los costados de la carcasa del vehículo, esto es utilizado solamente para incrementar la velocidad de giro a bajas velocidades. El mérito de las portillas soplantes es su simplicidad y bajo costo.

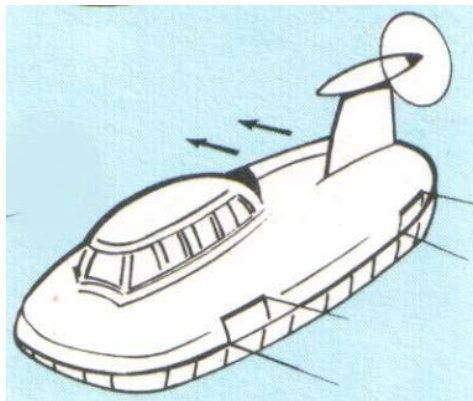


Figura 4.18. Esquema de portillas soplantes en un vehículo de colchón de aire.

5.6. Controles de dirección.

El sistema de dirección representa un mayor nivel de importancia que el resto de sistemas del hovercraft, ya que nos proporciona el modo de manejo del vehículo, si es fácil o difícil de maniobrar. Este componente consta de varias partes móviles que hacen posible darle dirección al aire de la hélice de empuje.

Se ha optado por un sistema de Timón de dirección bañado por la estela de la hélice, por su facilidad de montaje y el coste de mantenimiento e instalación que tiene respecto al resto de sistemas.

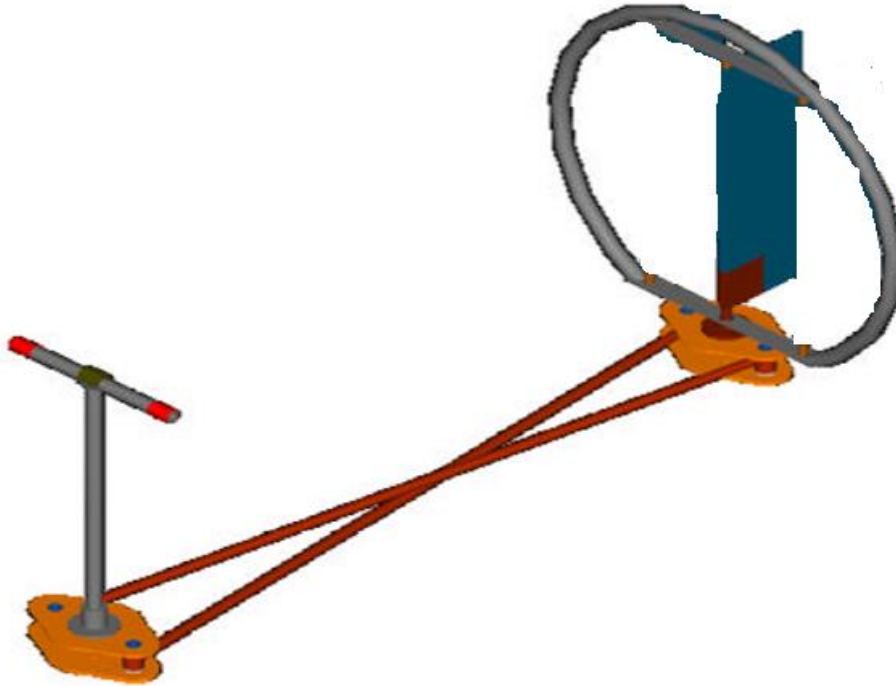


Figura 4.18. Mandos de dirección.

El mecanismo consta de un mando unido perpendicularmente a una brida, situada en la parte baja del vehículo. Esta brida tiene dos barras tubulares, a sus extremos dispuestas de forma perpendicular a la brida y acopladas por medio de bujes. Dichas barras van a otra brida del mismo tamaño, colocada en la parte trasera del deslizador cruzándose en el camino una sobre la otra. Sobre esta segunda brida se encuentra unido perpendicularmente el deflector.

6. Faldón.

Uno de los componentes principales de los aerodeslizadores son las faldas flexibles, ya que permitieron el perfeccionamiento y la viabilidad en el desarrollo de esta clase de vehículos. Estas faldas flexibles fueron inventadas por fue C.H. Latimer Needman en 1958. En un inicio cuando no se contaba con estos accesorios los aerodeslizadores solo eran capaces de navegar en mares con olas de 0.5 metros como máximo, esto debido a que si las olas excedían dicha altura golpearían la estructura del aerodeslizador y generarían la tan indeseable fuerza de arrastre provocada por la agitación de las olas. Además al no contar con las faldas flexibles no se podía pasar a través de obstáculos muy altos, limitándose simplemente a poder pasar por encima de obstáculos que tuviesen una altura menor a la del colchón de aire generado.

Por todo lo antes dicho eran necesarios colchones de aire de gran altura para poder superar obstáculos grandes, lo cual implicaba un mayor consumo de potencia por parte del vehículo. Una vez que se desarrollaron las faldas flexibles estas absorbían los impactos de los obstáculos, con lo que se podía cruzar superficies más irregulares, además de poder navegar en mares con olas de hasta 1.5 metros en algunos casos.

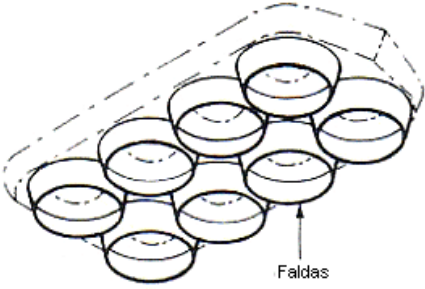
En resumen, las ventajas que brinda el uso de faldas flexibles se podrían enumerar en:

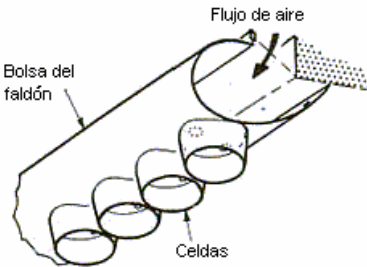
- Significativa reducción de la potencia requerida para la sustentación;
- Aumento de la capacidad de superar obstáculos al conseguir mayor altura entre la estructura rígida y el suelo;
- Real capacidad anfibia;
- Reduce la fricción en aguas no agitadas;
- Mejora de la maniobrabilidad del vehículo;
- Mejora del mantenimiento de los aerodeslizadores, debido a que las faldas flexibles pueden ser fácilmente removidas y cambiadas.

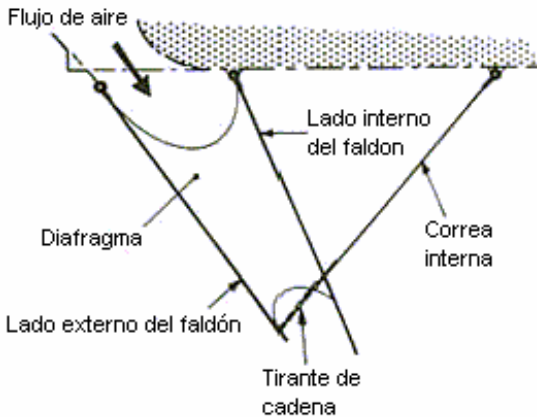
Asimismo se puede mencionar que hay varios tipos de faldas flexibles con sus respectivas variantes, pero para efectos prácticos se podrían agrupar en 4 grupos de acuerdo a su forma constructiva, las cuales son mostradas a continuación:

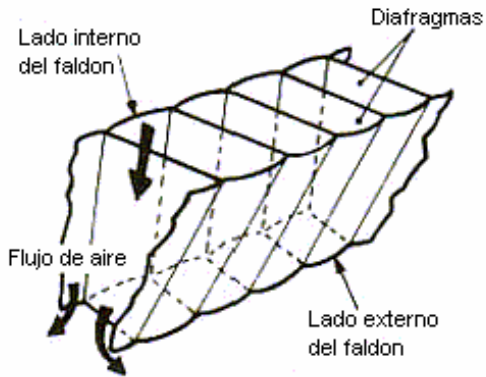
6.1. Tipos de Faldón.

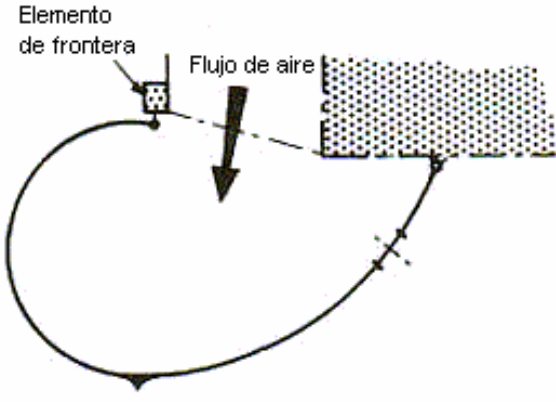
A continuación se muestran algunos esquemas de faldones utilizados en diferentes tipos de vehículos de colchón de aire.

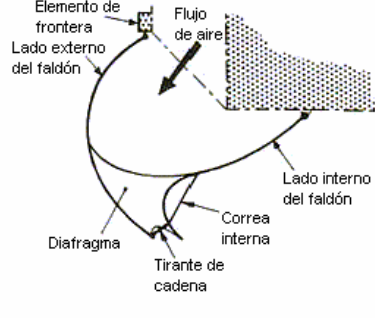
Faldón tipo:	Bertin	
Utilizado en:	Sedam N.101 Sedam N.102 Sedam N.300 Sedam N.500 Be11 Carabao Aerojet Manta	
		Figura 5.1 (a)

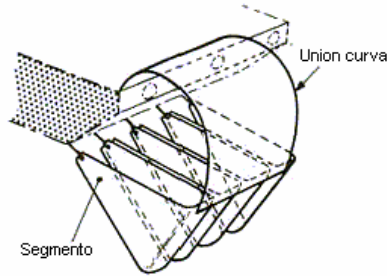
Faldón tipo:	Celda	
Utilizado en:	Sedam N.101	
		Figura 5.1 (b)

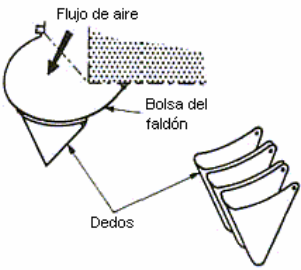
Faldón tipo:	Truncado	
Utilizado en:	SR.N1 SR.N2	
		Figura 5.1 (c)

Faldón tipo:	Enrollado	
Utilizado en:	Vickers	
		Figura 5.1 (d)

Faldón tipo:	Bolsa	
Utilizado en:	Aerodeslizadores de alta velocidad	
		Figura 5.1 (e)

Faldón tipo:	Corriente de chorro	
Utilizado en:	SR.N2 SR.N3 SR.N5 SR.N6	
		Figura 5.1 (f)

Faldón tipo:	Segmentado	
Utilizado en:	HD2 VT1 EM2	
		Figura 5.1 (g)

Faldón tipo:	Bolsa y dedos	
Utilizado en:	SR.N3 SR.N4 SR.N4 Mk.2 SR.N5s SR.N6s BH.7	
		Figura 5.1 (g)

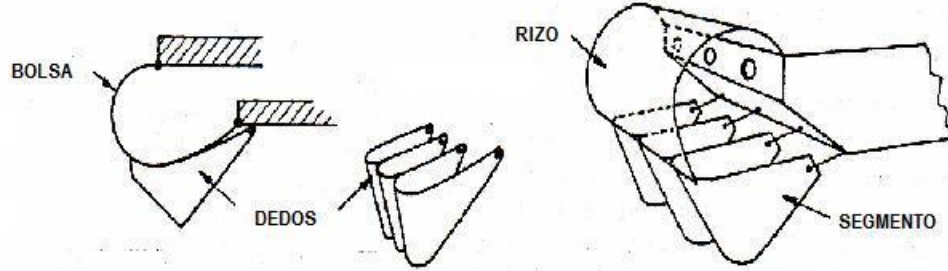


Figura 2.6a - Falda de Bolsa con Dedos

Figura 2.6b - Falda de Rizo con Segmentos

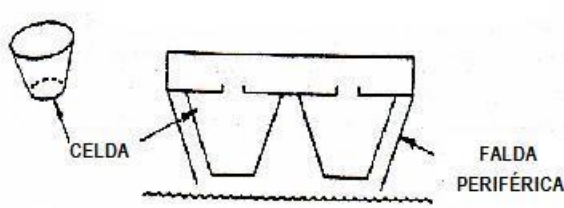


Figura 2.6c - Falda de Celdas

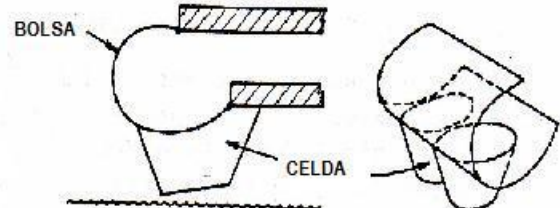


Figura 2.6d - Falda de Celdas Perifericas



Fig. 5.1 (h) Sistemas de falda básicos

De esta clase de faldas flexibles la configuración más utilizada es la de falda de Bolsa con dedos, por su versatilidad y facilidad de instalación. A continuación se muestra un cuadro que presenta el desarrollo de este tipo de falda a lo largo de los primeros años.

SR.N1							
SR.N2							
SR.N3 O SR.N2- Mk 2 CIVIL	SECCIONES TÍPICAS DE LAS FALDAS PERIFERICAS						
SR.N5							
SR.N6							
	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966

Fig. 5.1 (i) Desarrollo de la falda tipo bolsa hasta 1966

6.2 Descripción del faldón a emplear.

El faldón tipo bolsa y dedos, está compuesto por una sección llamada bolsa y segmentos de faldón también llamados comúnmente “dedos”, capaces de moverse hacia arriba y hacia abajo independientemente. El uso de este tipo de faldón proporciona un desplazamiento sin grandes perturbaciones al presentarse irregularidades en el terreno, otra ventaja es que al tener una menor superficie de contacto, esto debido a que en la base del faldón se trata de segmentos (dedos), solo tienen contacto con el terreno las puntas de estos mismos, ayudando a disminuir la resistencia al avance del vehículo.

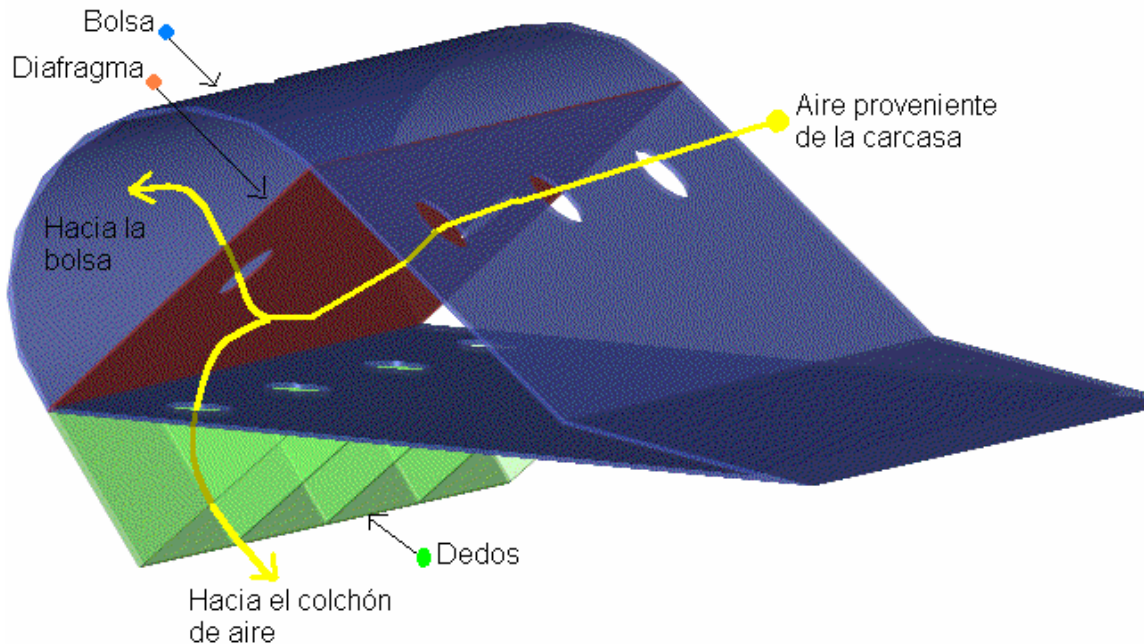


Figura 5.2. Sección de faldón bolsa con dedos.

Este faldón es relativamente simple de diseñar y construir, y de ser necesaria una reparación los segmentos del faldón pueden ser sustituidos de una forma rápida y fácil.

6.3 Materiales propuestos para la construcción del faldón.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta a la hora de seleccionar el tipo de falda es el material del que estará compuesto. El material deberá cumplir con ciertas características entre las cuales destaca flexibilidad, ligereza, impermeabilidad, resistencia a la tensión y resistencia a la abrasión. Asimismo el material deberá ser capaz de operar a variadas temperaturas sin perder las características antes mencionadas, esto debido a la posibilidad de operar en zonas muy calientes como el desierto, así como en zonas muy frías tales como en nevados. Para lograr las características deseadas se utilizan materiales muy variados tales como tela de PVC o de Nylon recubierto con poliuretano o neopreno, caucho, tela polipropileno reforzada, etc.

Sin embargo, se pueden utilizar otros materiales que cumplan con las características de impermeabilidad, buena resistencia a esfuerzos mecánicos, baja densidad del material y buena flexibilidad.

6.4 Combinación de faldones.

Se puede dar el caso de mezclar diferentes configuraciones de faldones en un mismo vehículo con la finalidad de aplicar mejor las cualidades que ofrecen las distintas configuraciones según convenga. Un claro ejemplo de ello es lo que ideó la Sociedad de Estudios y Desarrollo de los Aerodeslizadores Marinos, también conocida por sus siglas en francés SEDAM, mejorando el sistema del faldón Bertin al envolver un conjunto de faldas elementales mediante una falda perimetral, esta falda periférica es ligeramente más alta que las faldas elementales que envuelve y esta es alimentada por el aire que escapa de la base de faldas interiores.

Este sistema es conocido como faldón de tipo multi-faldas con una falda periférica.



Figura 5.3. Conjunto de 8 faldas elementales envueltas por una falda periférica (a). Modelo provisto de un sistema multi-faldas y provisto de una falda periférica (b)

Las Ventajas que ofrece esta disposición son las siguientes:

- Aumenta la superficie del colchón.
- Limita mejor su perímetro de escape.
- Ofrece seguridad suplementaria en caso de desgarramiento de una falda interna, y limita la fuga producida.

A continuación se muestra la configuración del faldón del hovercraft BH.7.

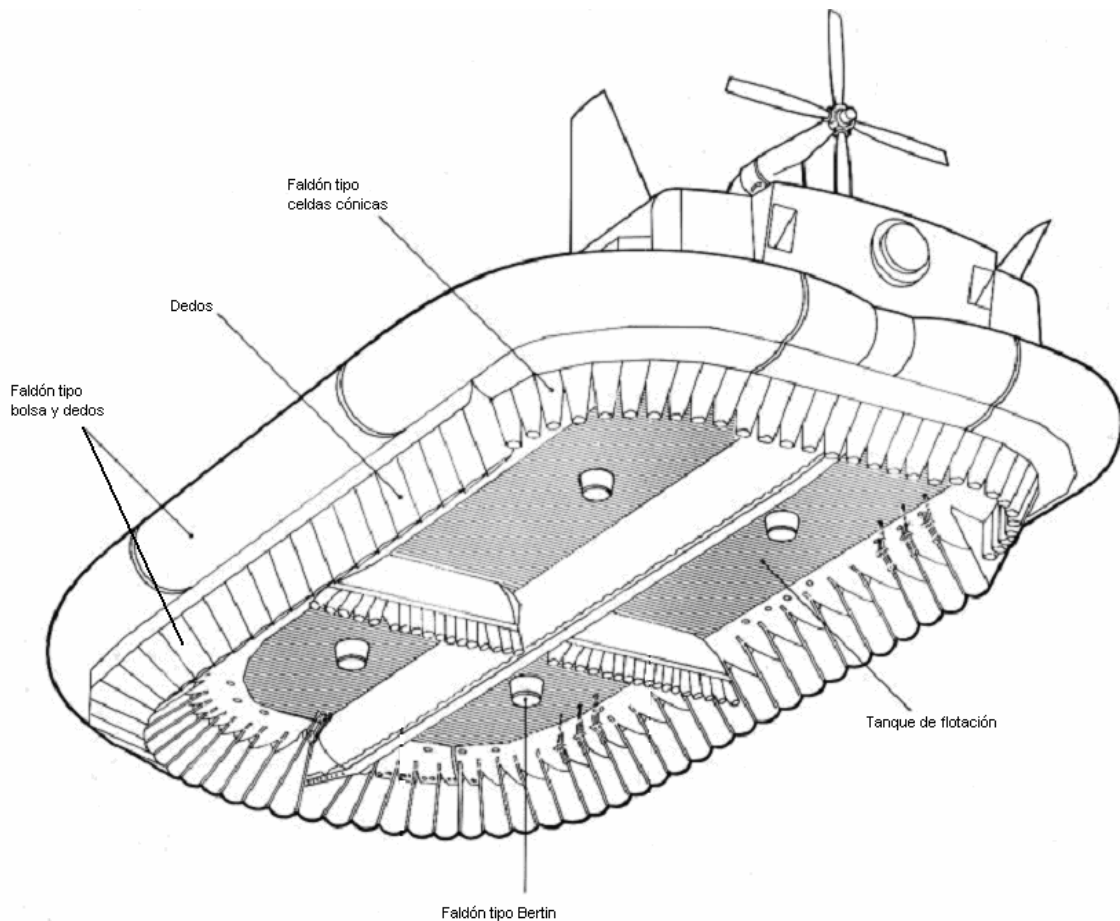


Figura 5.4. Faldón conformado por distintas secciones de faldones.

6.5 Determinación de las dimensiones del faldón.

La cantidad de flujo de aire requerido en dicho colchón es directamente proporcional a la longitud perimetral del vehículo y la altura del faldón; una forma de reducir la cantidad de flujo y potencia que demanda el vehículo para mantenerse operando (levitando) es mediante un faldón flexible. Este permite una altura de levitación razonable con pocos centímetros de claro de escape. Con esto queremos decir que la altura entre el suelo y la parte más baja del colchón, cuanto menor sea esta altura, menor fuga de flujo de aire.

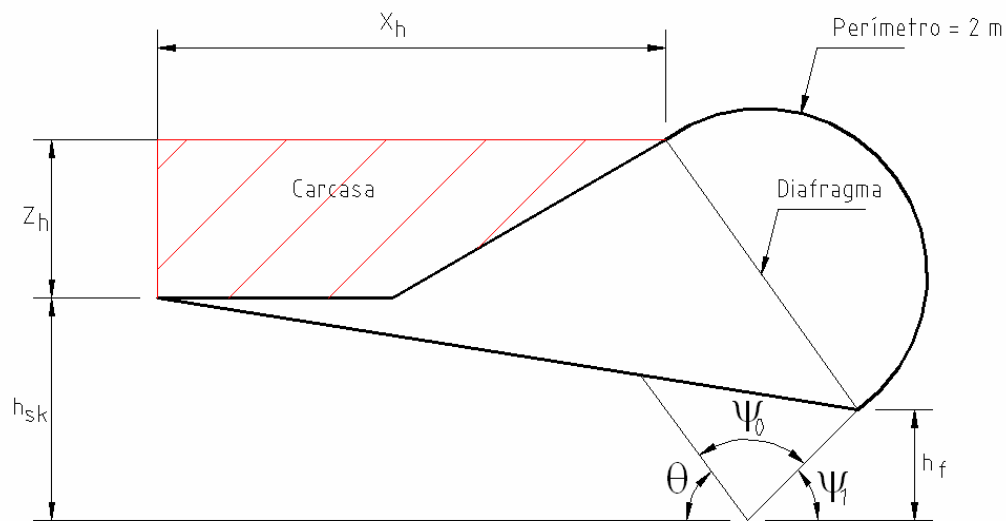
Para poder determinar las dimensiones del diseño se requiere de varias relaciones que a continuación se mencionan.

z_h/x_h	0,15-1
l_j/x_h	1,75-3.5
h_f/h_{sk}	0,5-.85

Donde:

- Z_h = Distancia vertical entre los puntos de sujeción de la bolsa con respecto al carcasa del hovercraft. (m).
- X_h = Distancia Horizontal entre los puntos de sujeción de la bolsa con respecto al carcasa del hovercraft. (m).
- L_j = perímetro del perfil que describe la bolsa en un corte transversal (m).
- h_f = Altura del segmento. (m).
- h_{sk} = Altura del faldón. (m).

A



continuación se muestran las literales en un corte transversal del faldón:

Figura 5.5 Corte transversal del faldón.

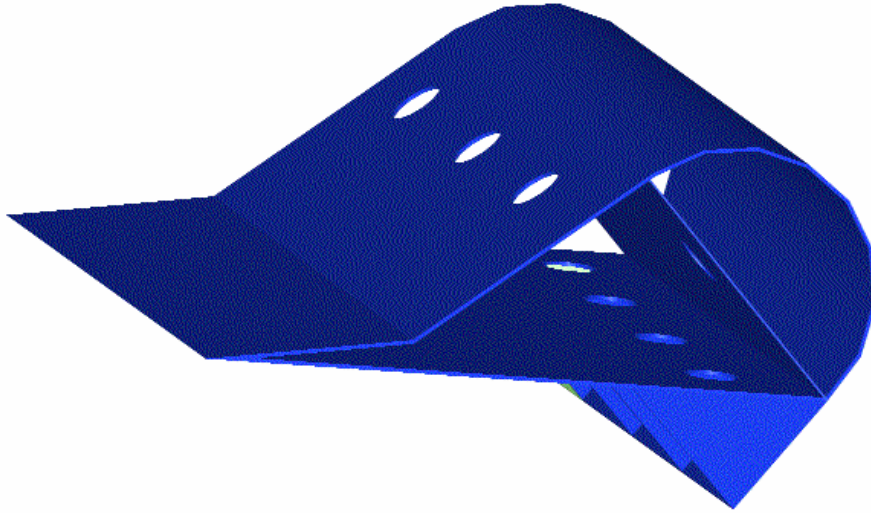


Figura 5.6 Sección de faldón (isométrico).

6.5.1 z_h/x_h

Para la siguiente relación es conveniente utilizar el valor más alto del límite, pero se delibera que para este caso, tomar un valor intermedio entre los límites, ya que favorece en valor a las demás relaciones posteriormente.

$$\frac{Z_h}{X_h} = \frac{0.1774}{0.5174} = 0.3104$$

6.5.2 P_t/P_c

Para la siguiente relación siempre se prefiere el valor más alto cuando se trata de una relación baja de presiones.

$$\frac{P_t}{P_c} = \frac{605.952}{553.164} = 1.095$$

Donde:

P_c = Presión del colchón

P_t = Presión total.

6.5.3 Lj/Xh

Un valor alto en este coeficiente es favorable para una relación de bajas presiones de pt/pc

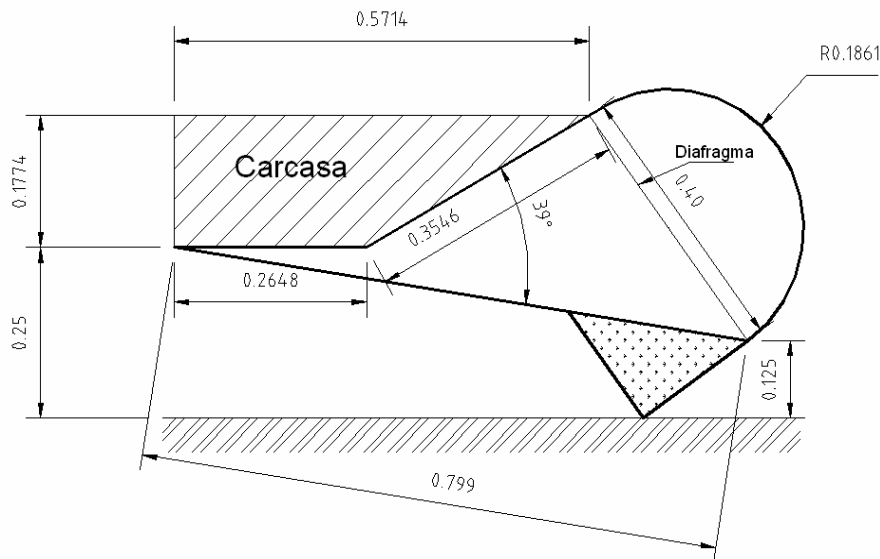
$$\frac{L_j}{Xh} = \frac{2}{.5714} = 3.5$$

6.5.4 Hf/hsk

La determinación de este coeficiente nos dice si nuestro hovercraft será estable y si podrá sortear obstáculos.

- Características de la altura del segmento:
 - Mayor altura del segmento tiene un mejor desempeño en el libramiento de obstáculos, pero empeora la estabilidad.
 - Menor altura del segmento reduce la capacidad de libramiento de obstáculos, pero mejora la estabilidad

Relación de altitudes:



El valor obtenido está dentro del rango y además confirma su estabilidad. Ya que el hovercraft está pensado para una zona suave, es preferible tener valores bajos.

Una vez realizado el estudio de todos los coeficientes, las dimensiones que mejor se ajustan son mostradas en el siguiente esquema.

El diafragma brinda ventajas al faldón como una tensión uniforme en la bolsa, y ayuda a mantener la geometría del mismo, además de que realiza la función de una especie de acumulador neumático, es decir en el caso de que se presente una fuga repentina de aire en el colchón, este diafragma compensa esa pérdida mediante el aire que estaba previamente contenido en la bolsa del faldón.

6.5.5 Ángulo de inclinación interno. ψ_0 .

Un valor muy pequeño de ψ_0 causa deformación (pliegue, corrugado, etc.) de los segmentos en la parte delantera del borde del segmento, pero un valor muy alto causará el uso de mucho material, y por lo tanto aumento de peso. En general $\psi_0 = 90^\circ$. Para el prototipo se toma un valor de $\psi_0 = 90^\circ$.

6.5.6 Ángulo de inclinación de los segmentos. ψ_1 .

Un valor pequeño del ángulo proporciona menor resistencia al avance, pero si es excesivamente pequeño causará una disminución en el área del colchón.

En general se toman valores de $\psi_1 = 40^\circ - 50^\circ$.

Puesto que el valor de este ángulo está interrelacionado tanto por θ (Ángulo de descarga libre 45°) como de ψ_0 (Ángulo de inclinación interno 90°), para este caso se considera un valor de $\psi_1 = 45^\circ$.

Puesto que con fines prácticos el terreno forma un plano horizontal, la suma de los tres ángulos deberá dar como resultado 180° .

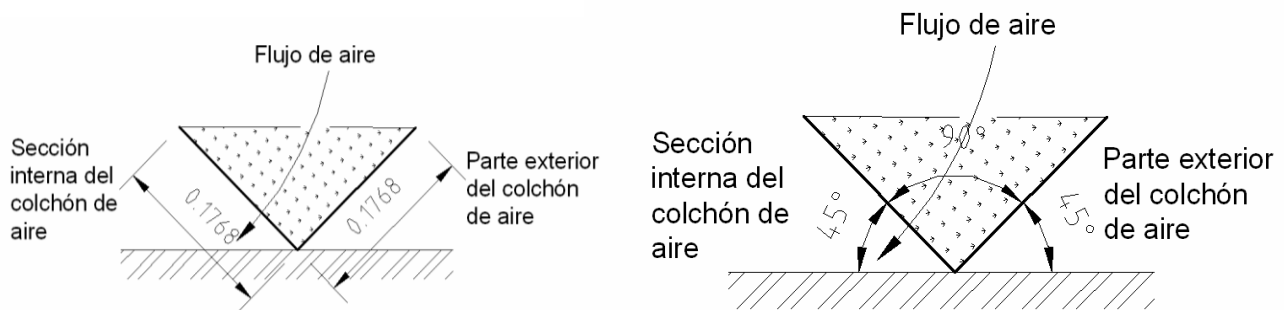


Figura 5.8 Corte transversal de un segmento de faldón indicando dimensiones. Acot.: m



Fig. 5.9 Diseño de la falda

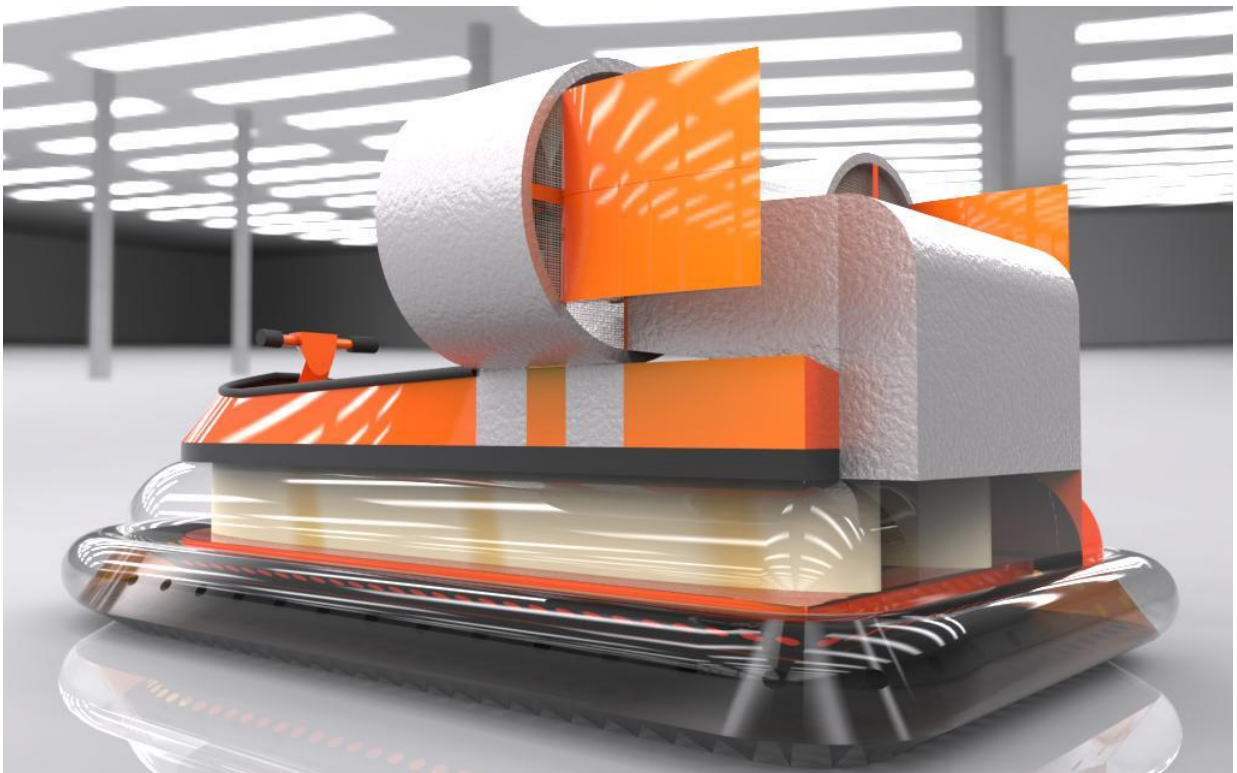


Fig. 5.10 Diseño de la falda y del conducto de aire

7. Flotación y estabilidad.

Un aerodeslizador es un vehículo anfibia, por lo que debe contar con la capacidad de flotar, bajo el supuesto de que se llegase a presentar un paro de motor cuando el vehículo se desplace sobre agua, evite el hundimiento.

La ley de flotación, conocida como principio de Arquímedes, este principio afirma lo siguiente: existe una fuerza de flotación sobre un objeto igual al peso del líquido desalojado.

$$E = \gamma * V \quad (6.1)$$

Donde:

E = Fuerza de flotación. (N)

γ = Peso específico del líquido en el que se sumerge el objeto. (N/m³)

V = Volumen desalojado por el cuerpo sumergido. (m³)

7.1. Determinación de las características geométricas de los volúmenes de flotación.

Primeramente se determina el volumen de dos patines en forma de elipse, ya que por su geometría, brinda continuidad en la sección del canal interno, además de brindar un efecto de tipo Venturi al observar la vista en planta de la figura 6.1.

Para ello utilizamos la herramienta de "Análisis de Volumen" que nos proporciona Rhinoceros.

Por lo que tenemos

$$Volumen Patin = 0.795 m^3$$

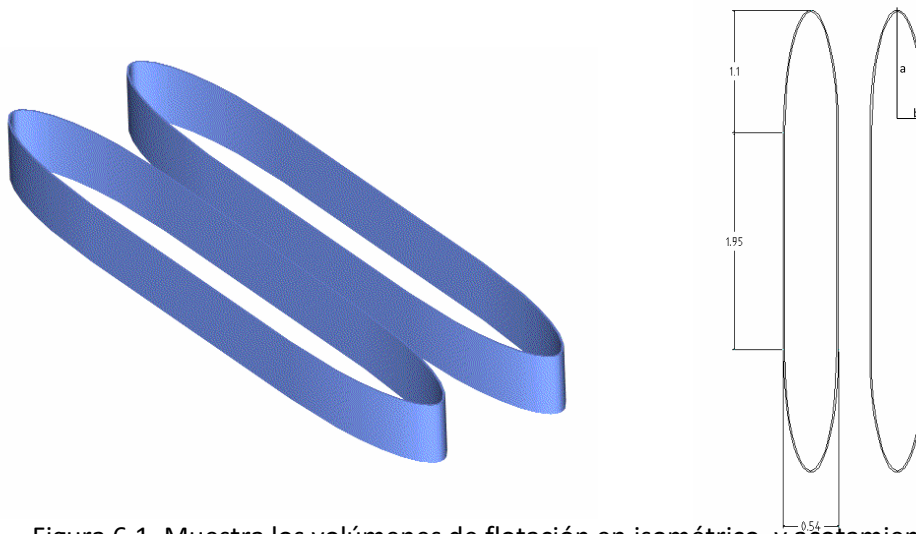


Figura 6.1. Muestra los volúmenes de flotación en isométrico, y acotamiento de los volúmenes de flotación. Acot.: m.

Posteriormente, se determina el volumen de la espuma que forma la cubierta. El procedimiento es el mismo que para el cálculo del volumen del patín.

$$Volumen Cubierta = 0.795 m^3$$

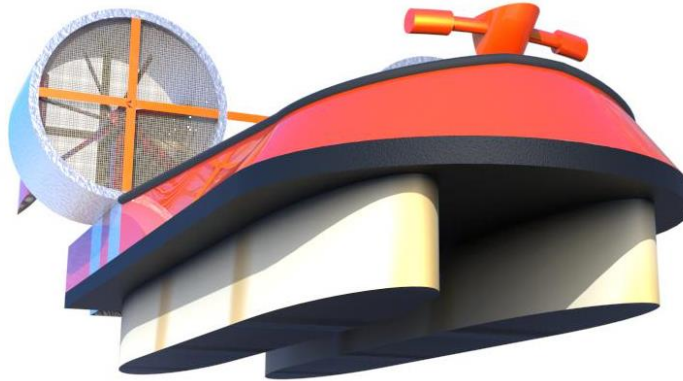


Figura 6.2. Muestra el volumen correspondiente a la espuma de poliestireno de la cubierta

Con la sumatoria de los volúmenes obtenemos la flotación que tiene el hovercraft.

$$\Sigma Vol. = 2 * 0.795 + 0.82 = 2.41 \text{ m}^3$$

7.2. Obtención de la fuerza de flotación.

Utilizando la ecuación 6.1 y sustituyendo valores obtenemos la fuerza de flotación.

$$E = \gamma * V$$

$$E = 10065 * 2.41 = 24244.475 \text{ N} = 2471.404 \text{ Kg}$$

Éste resultado indica que el vehículo de colchón de aire no se hundirá.

Aunque realmente la fuerza de flotación, se ve ligeramente reducida debido a que tanto los volúmenes de espuma de poliuretano y el aire tienen un peso, por tal motivo se realiza a continuación las pertinentes correcciones para visualizar qué tanto se reduce la capacidad de flotabilidad del aparato.

Se calculan los pesos de las secciones destinadas a producir la fuerza de flotación.

$$W = \gamma * V$$

Donde:

W = Peso de la sección (N)

γ = Peso específico (N/m³)

V = Volumen (m³)

En los volúmenes de flotación (figura 6.1) se considera que en su interior se encuentra aire tomando el peso específico del aire al nivel medio del mar atmósfera tipo.

$$W = 12.017 * 1.588 = 83.44 \text{ N}$$

Para la sección 2 (figura 6.2) el peso específico de la espuma de poliestireno es de 78.48 N/m³

$$W = 78.48 * 0.82 = 64.34 \text{ N}$$

La capacidad real de flotación con la que cuenta el vehículo tiene un valor bastante similar al que se tenía en primera instancia, es decir:

$$E_{real} = 24244.475 - 83.442 = 24161.03N = 2462.898 Kg$$

7.3. Condiciones de Estabilidad

Para los cálculos hidrostáticos han sido calculados con el programa Maxsurf, para diferentes condiciones de carga :

- Con combustible
- Sin combustible
- Con 1 tripulante
- Con 2 tripulantes
- Con 3 tripulantes
- Con 4 tripulantes

Para todos estos cálculos se ha tomado el hovercraft con el colchón desinflado.

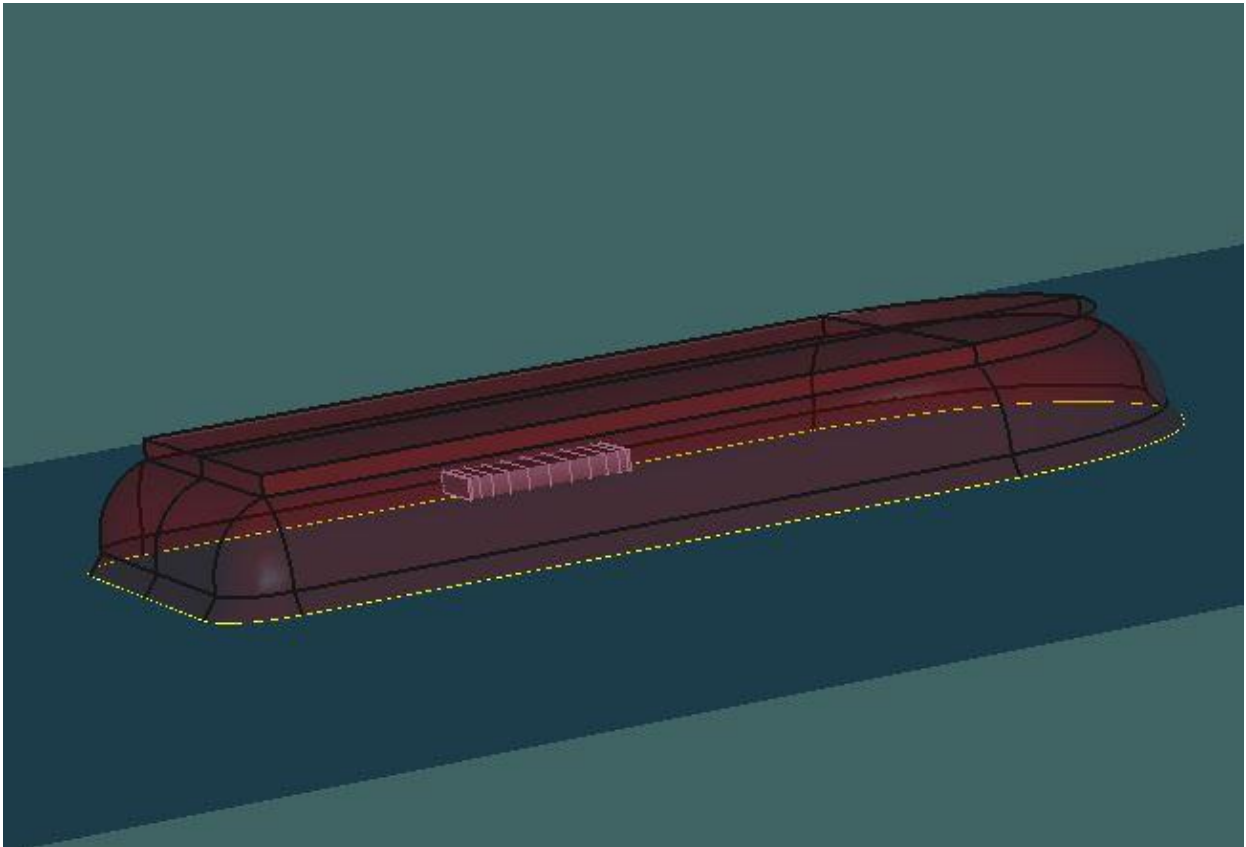


Fig. 6.3 Modelo en Maxsurf

A continuación se muestran los datos sacados del programa

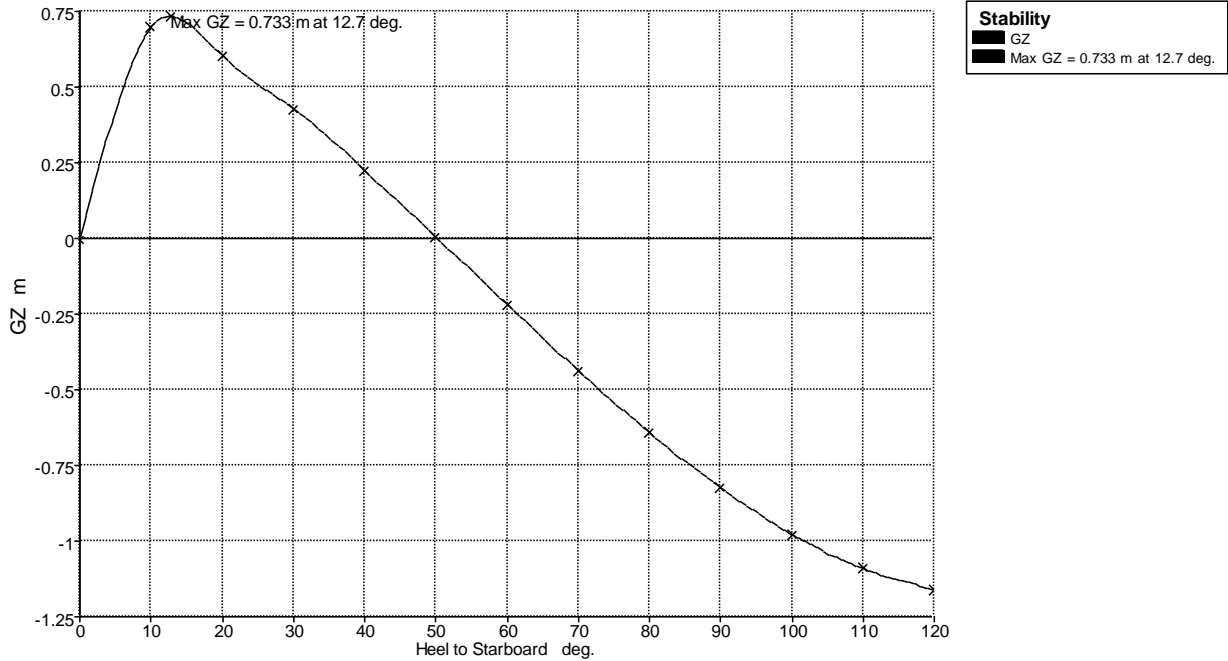
Loadcase - Depósito lleno**Damage Case - Intact**

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Plancha inclinada inferior	1	0.013	0.013			1.875	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada costado	1	0.040	0.040			1.875	0.000	0.556	0.000	User Specified
Roda	1	0.013	0.013			4.125	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada proa	1	0.048	0.048			4.302	0.000	0.556	0.000	User Specified
Brazola costado	1	0.003	0.003			1.875	0.000	0.600	0.000	User Specified
Brazola proa (semicírculo)	1	0.003	0.003			4.000	0.000	0.600	0.000	User Specified
Ventiladores	1	0.274	0.274			1.406	0.000	1.527	0.000	User Specified
Camilla 1	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Camilla 2 (183 x 46 x 4 cm)	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Equipo de salvamento	1	0.020	0.020			2.816	0.000	0.795	0.000	User Specified
Botiquin	1	0.010	0.010			2.800	0.000	0.795	0.000	User Specified
Extintor	1	0.002	0.002			2.800	0.000	0.720	0.000	User Specified
Motor	1	0.041	0.041			1.451	0.000	1.070	0.000	User Specified
Asiento y cubierta	1	0.150	0.150			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Timones	1	0.100	0.100			0.663	0.000	1.570	0.000	User Specified
Depósito gasolina.	100%	0.024	0.024	0.032	0.032	2.100	0.000	0.450	0.000	Maximum
Remo	1	0.005	0.005			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Mandos patrón	1	0.020	0.020			4.315	0.000	0.985	0.000	User Specified
Total Loadcase			0.825	0.032	0.032	2.089	0.000	1.092	0.000	
VCG fluid								1.092		



Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0
GZ m	-0.005	0.696	0.603	0.429	0.225	0.005	-0.218	-0.437	-0.642	-0.825	-0.977	-1.090	-1.160
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0000	3.9732	10.8929	16.0046	19.3136	20.4658	19.4043	16.1235	10.7136	3.3529	-5.6862	-16.0603	-27.3324
Displacement t	0.8250	0.8250	0.8250	0.8250	0.8250	0.8250	0.8250	0.8250	0.8250	0.8250	0.8249	0.8249	0.8249
Draft at FP m	0.016	-0.087	-0.271	-0.496	-0.784	-1.180	-1.796	-2.962	-6.337	n/a	-6.807	-3.469	-2.326
Draft at AP m	0.090	0.069	-0.031	-0.178	-0.378	-0.663	-1.115	-1.979	-4.495	n/a	-5.358	-2.811	-1.920
WL Length m	5.365	5.353	5.254	5.191	5.141	5.098	5.057	5.016	4.972	4.924	4.862	4.763	4.606
Beam max extents on WL m	2.890	1.611	1.248	1.208	1.140	1.048	0.935	0.806	0.814	0.802	0.814	0.853	0.926
Wetted Area m^2	15.859	8.737	7.227	6.664	6.383	6.228	6.141	6.093	6.095	6.182	6.312	6.377	6.345
Waterpl. Area m^2	14.391	6.339	4.383	3.652	3.277	3.062	2.947	2.902	2.950	3.123	3.377	3.650	3.968
Prismatic coeff. (Cp)	0.620	0.600	0.594	0.589	0.586	0.585	0.588	0.595	0.600	0.607	0.622	0.638	0.658
Block coeff. (Cb)	0.578	0.300	0.270	0.230	0.218	0.224	0.248	0.294	0.310	0.351	0.408	0.491	0.574
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2.074	2.056	2.036	2.020	2.008	2.001	2.000	2.005	2.015	2.029	2.043	2.056	2.066
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.625	2.329	2.279	2.249	2.240	2.241	2.250	2.264	2.261	2.251	2.297	2.339	2.346
Max deck inclination deg	0.7700	10.1283	20.1341	30.1263	40.1103	50.0889	60.0641	70.0394	80.0173	90.0000	99.9893	109.9823	119.9772
Trim angle (+ve by stern) deg	0.7700	1.6398	2.5205	3.3400	4.2518	5.4134	7.1064	10.2071	18.6474	-1.#IND	14.8643	6.8642	4.2527

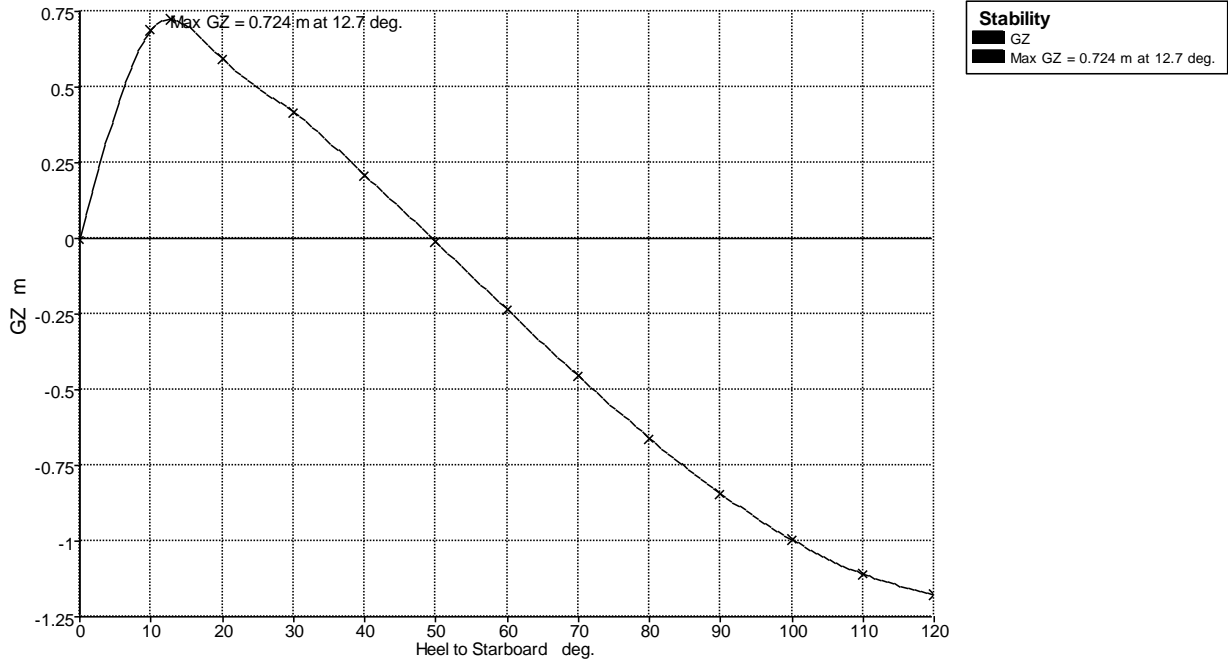
Loadcase - Depósito vacío**Damage Case - Intact**

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Plancha inclinada inferior	1	0.013	0.013			1.875	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada costado	1	0.040	0.040			1.875	0.000	0.556	0.000	User Specified
Roda	1	0.013	0.013			4.125	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada proa	1	0.048	0.048			4.302	0.000	0.556	0.000	User Specified
Brazola costado	1	0.003	0.003			1.875	0.000	0.600	0.000	User Specified
Brazola proa (semicírculo)	1	0.003	0.003			4.000	0.000	0.600	0.000	User Specified
Ventiladores	1	0.274	0.274			1.406	0.000	1.527	0.000	User Specified
Camilla 1	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Camilla 2 (183 x 46 x 4 cm)	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Equipo de salvamento	1	0.020	0.020			2.816	0.000	0.795	0.000	User Specified
Botiquin	1	0.010	0.010			2.800	0.000	0.795	0.000	User Specified
Extintor	1	0.002	0.002			2.800	0.000	0.720	0.000	User Specified
Motor	1	0.041	0.041			1.451	0.000	1.070	0.000	User Specified
Asiento y cubierta	1	0.150	0.150			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Timones	1	0.100	0.100			0.663	0.000	1.570	0.000	User Specified
Remo	1	0.005	0.005			0.005	0.000	0.820	0.000	User Specified
Mandos patrón	1	0.020	0.020			0.020	0.000	0.985	0.000	User Specified
Depósito gasolina.	0%	0.024	0.000	0.032	0.000	2.100	0.000	0.400	0.000	Maximum
Total Loadcase			0.801	0.032	0.000	1.963	0.000	1.111	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								1.111		



Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0
GZ m	-0.004	0.688	0.592	0.417	0.210	-0.011	-0.236	-0.455	-0.661	-0.843	-0.995	-1.108	-1.176
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0000	3.9294	10.7545	15.7543	18.9286	19.9262	18.6950	15.2329	9.6392	2.0992	-7.1183	-17.6741	-29.1194
Displacement t	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010	0.8010
Draft at FP m	0.007	-0.118	-0.325	-0.574	-0.890	-1.321	-1.987	-3.243	-6.862	n/a	-7.242	-3.658	-2.439
Draft at AP m	0.095	0.085	-0.004	-0.138	-0.323	-0.588	-1.011	-1.823	-4.203	n/a	-5.109	-2.701	-1.853
WL Length m	5.368	5.295	5.183	5.114	5.062	5.017	4.975	4.934	4.892	4.844	4.780	4.681	4.535
Beam max extents on WL m	2.898	1.672	1.250	1.209	1.139	1.047	0.935	0.825	0.814	0.802	0.814	0.853	0.926
Wetted Area m^2	15.826	8.492	7.015	6.457	6.178	6.027	5.946	5.909	5.943	6.012	6.113	6.210	6.211
Waterpl. Area m^2	14.407	6.140	4.245	3.516	3.138	2.924	2.808	2.772	2.855	3.006	3.237	3.539	3.887
Prismatic coeff. (Cp)	0.572	0.547	0.536	0.527	0.522	0.521	0.524	0.530	0.534	0.544	0.560	0.579	0.598
Block coeff. (Cb)	0.525	0.274	0.255	0.217	0.205	0.211	0.232	0.268	0.290	0.328	0.379	0.454	0.528
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	1.946	1.920	1.892	1.868	1.850	1.839	1.836	1.842	1.856	1.876	1.897	1.916	1.932
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.632	2.237	2.180	2.142	2.127	2.127	2.135	2.152	2.146	2.157	2.204	2.254	2.280
Max deck inclination deg	0.9313	10.2155	20.2383	30.2357	40.2145	50.1777	60.1313	70.0819	80.0359	90.0000	99.9768	109.9626	119.9525
Trim angle (+ve by stern) deg	0.9313	2.1303	3.3645	4.5668	5.9273	7.6450	10.1375	14.5729	25.9701	-1.#IND	21.3350	9.9430	6.1259

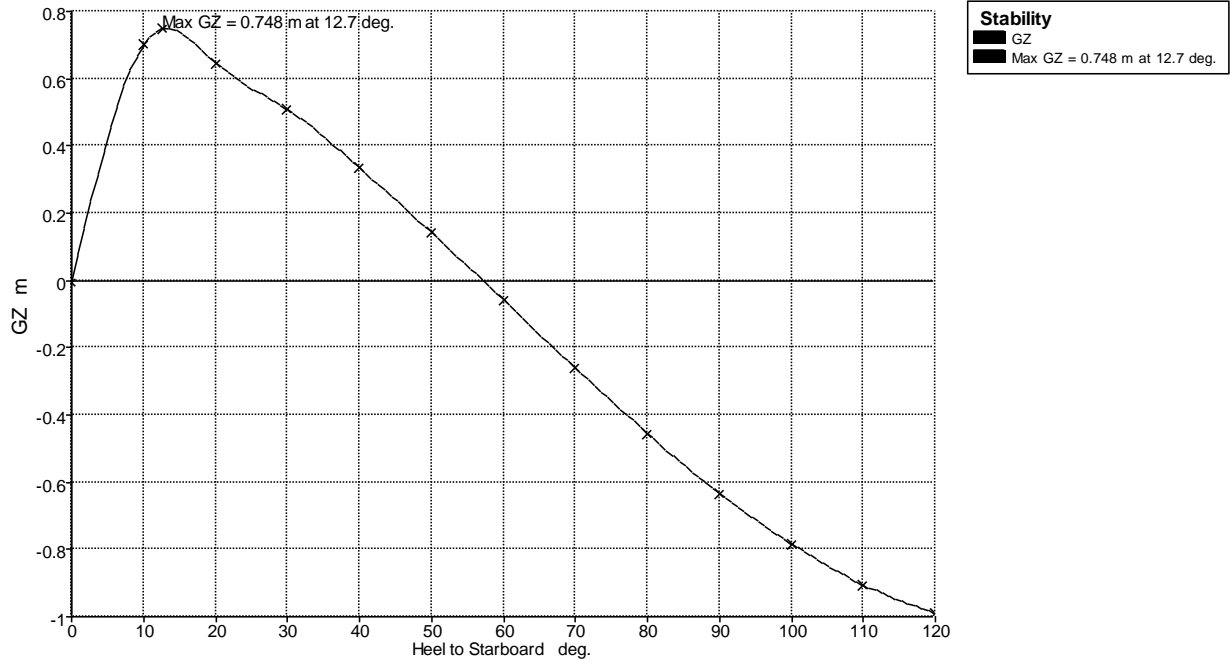
Loadcase - LC con 2 personas**Damage Case - Intact**

Free to Trim

Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Plancha inclinada inferior	1	0.013	0.013			1.875	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada costado	1	0.000	0.000			1.875	0.000	0.556	0.000	User Specified
Roda	1	0.040	0.040			4.125	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada proa	1	0.013	0.013			4.302	0.000	0.556	0.000	User Specified
Brazola costado	1	0.048	0.048			1.875	0.000	0.600	0.000	User Specified
Brazola proa (semicírculo)	1	0.003	0.003			4.000	0.000	0.600	0.000	User Specified
Ventiladores	1	0.003	0.003			1.406	0.000	1.527	0.000	User Specified
Camilla 1	1	0.274	0.274			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Camilla 2 (183 x 46 x 4 cm)	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Equipo de salvamento	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.795	0.000	User Specified
Botiquin	1	0.020	0.020			2.800	0.000	0.795	0.000	User Specified
Extintor	1	0.010	0.010			2.800	0.000	0.720	0.000	User Specified
Motor	1	0.002	0.002			1.451	0.000	1.070	0.000	User Specified
Asiento de cubierta	1	0.041	0.041			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Timones	1	0.150	0.150			0.663	0.000	1.570	0.000	User Specified
Remo	1	0.100	0.100			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Mandos patrón	1	0.005	0.005			4.315	0.000	0.985	0.000	User Specified
Depósito gasolina.	100%	0.024	0.024	0.032	0.032	2.100	0.000	0.450	0.000	Maximum
Persona 1	1	0.075	0.075			2.000	0.000	1.250	0.000	User Specified
Persona 2	1	0.075	0.075			3.000	0.000	1.250	0.000	User Specified
Total Loadcase			0.955	0.032	0.032	2.432	0.000	0.906	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								0.906		



Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0
GZ m	-0.005	0.703	0.647	0.508	0.335	0.142	-0.059	-0.261	-0.455	-0.633	-0.783	-0.905	-0.990
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0000	3.9841	11.1444	16.8773	21.1321	23.5223	23.9447	22.3440	18.7562	13.2929	6.1885	-2.2777	-11.7716
Displacement t	0.9549	0.9549	0.9549	0.9549	0.9549	0.9549	0.9549	0.9549	0.9549	0.9549	0.9550	0.9550	0.9549
Draft at FP m	0.049	-0.002	-0.128	-0.294	-0.515	-0.824	-1.311	-2.241	-4.945	n/a	-5.642	-2.933	-1.997
Draft at AP m	0.076	0.035	-0.092	-0.268	-0.502	-0.832	-1.350	-2.333	-5.178	n/a	-5.927	-3.070	-2.076
WL Length m	5.350	5.438	5.384	5.338	5.299	5.263	5.228	5.193	5.155	5.111	5.045	4.955	4.821
Beam max extents on WL m	2.860	1.491	1.239	1.200	1.132	1.040	0.927	0.797	0.699	0.802	0.814	0.853	0.926
Wetted Area m^2	16.016	9.636	7.987	7.366	7.050	6.871	6.765	6.698	6.655	6.971	6.941	6.905	6.870
Waterpl. Area m^2	14.299	7.026	4.895	4.111	3.685	3.431	3.284	3.211	3.197	3.596	3.671	3.854	4.181
Prismatic coeff. (Cp)	0.812	0.799	0.809	0.819	0.830	0.840	0.848	0.838	0.832	0.825	0.822	0.829	0.850
Block coeff. (Cb)	0.796	0.400	0.336	0.288	0.275	0.285	0.317	0.375	0.453	0.437	0.507	0.614	0.726
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2.428	2.425	2.426	2.428	2.430	2.434	2.437	2.440	2.441	2.442	2.441	2.440	2.437
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.602	2.553	2.528	2.516	2.512	2.511	2.512	2.515	2.520	2.506	2.520	2.526	2.529
Max deck inclination deg	0.2826	10.0072	20.0029	30.0009	40.0001	50.0000	60.0002	70.0003	80.0003	90.0000	99.9996	109.9992	119.9992
Trim angle (+ve by stern) deg	0.2826	0.3879	0.3720	0.2767	0.1279	-0.0863	-0.4080	-0.9704	-2.4500	-1.#IND	-2.9951	-1.4452	-0.8207

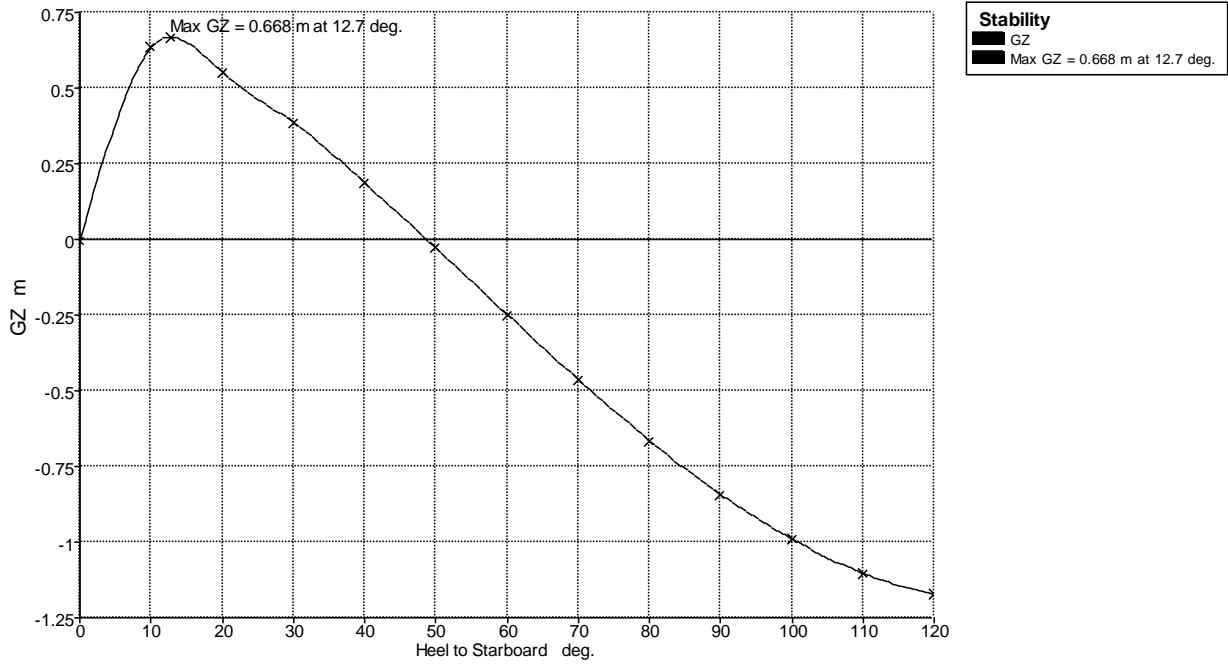
Loadcase - LC con 3 personas
Damage Case - Intact

Free to Trim

 Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Plancha inclinada inferior	1	0.013	0.013			1.875	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada costado	1	0.040	0.040			1.875	0.000	0.556	0.000	User Specified
Roda	1	0.013	0.013			4.125	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada proa	1	0.048	0.048			4.302	0.000	0.556	0.000	User Specified
Brazola costado	1	0.003	0.003			1.875	0.000	0.600	0.000	User Specified
Brazola proa (semicírculo)	1	0.003	0.003			4.000	0.000	0.600	0.000	User Specified
Ventiladores	1	0.274	0.274			1.406	0.000	1.527	0.000	User Specified
Camilla 1	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Camilla 2 (183 x 46 x 4 cm)	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Equipo de salvamento	1	0.020	0.020			2.816	0.000	0.795	0.000	User Specified
Botiquin	1	0.010	0.010			2.800	0.000	0.795	0.000	User Specified
Extintor	1	0.002	0.002			2.800	0.000	0.720	0.000	User Specified
Motor	1	0.041	0.041			1.451	0.000	1.070	0.000	User Specified
Asiento y cubierta	1	0.150	0.150			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Timones	1	0.100	0.100			0.663	0.000	1.570	0.000	User Specified
Remo	1	0.005	0.005			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Mandos patrón	1	0.020	0.020			4.315	0.000	0.985	0.000	User Specified
Depósito gasolina.	100%	0.024	0.024	0.032	0.032	2.100	0.000	0.450	0.000	Maximum
Persona 1	1	0.075	0.075			3.000	-1.500	1.250	0.000	User Specified
Persona 2	1	0.075	0.075			3.000	0.000	1.250	0.000	User Specified
Persona 3	1	0.075	0.075			3.000	1.500	1.250	0.000	User Specified
Total Loadcase			1.050	0.032	0.032	2.284	0.000	1.126	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								1.126		



Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0
GZ m	-0.005	0.634	0.552	0.386	0.187	-0.028	-0.248	-0.463	-0.665	-0.842	-0.989	-1.102	-1.174
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0000	3.6089	9.9285	14.5840	17.4848	18.2782	16.8969	13.3340	7.6796	0.1249	-9.0510	-19.5386	-30.9403
Displacement t	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
Draft at FP m	0.039	-0.024	-0.167	-0.351	-0.594	-0.932	-1.462	-2.469	-5.380	n/a	-6.010	-3.102	-2.098
Draft at AP m	0.098	0.078	-0.024	-0.174	-0.379	-0.668	-1.123	-1.990	-4.513	n/a	-5.349	-2.798	-1.908
WL Length m	5.342	5.426	5.359	5.307	5.262	5.223	5.185	5.147	5.108	5.064	5.005	4.924	4.797
Beam max extents on WL m	2.862	1.678	1.250	1.208	1.140	1.048	0.935	0.806	0.814	0.802	0.814	0.853	0.926
Wetted Area m^2	16.089	10.059	8.320	7.659	7.325	7.137	7.024	6.954	6.992	7.162	7.155	7.122	7.080
Waterpl. Area m^2	14.228	7.291	5.109	4.263	3.793	3.505	3.327	3.226	3.294	3.521	3.623	3.809	4.130
Prismatic coeff. (Cp)	0.714	0.695	0.693	0.694	0.696	0.699	0.704	0.711	0.715	0.725	0.735	0.745	0.760
Block coeff. (Cb)	0.682	0.347	0.326	0.279	0.266	0.273	0.302	0.357	0.376	0.425	0.489	0.580	0.668
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2.272	2.262	2.253	2.246	2.242	2.240	2.241	2.244	2.250	2.258	2.264	2.269	2.274
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.618	2.465	2.426	2.414	2.412	2.415	2.422	2.431	2.397	2.435	2.454	2.459	2.459
Max deck inclination deg	0.6158	10.0545	20.0474	30.0390	40.0310	50.0233	60.0159	70.0094	80.0038	90.0000	99.9978	109.9962	119.9950
Trim angle (+ve by stern) deg	0.6158	1.0675	1.4966	1.8564	2.2540	2.7713	3.5505	5.0106	9.0223	-1.#IND	6.9045	3.1845	1.9934

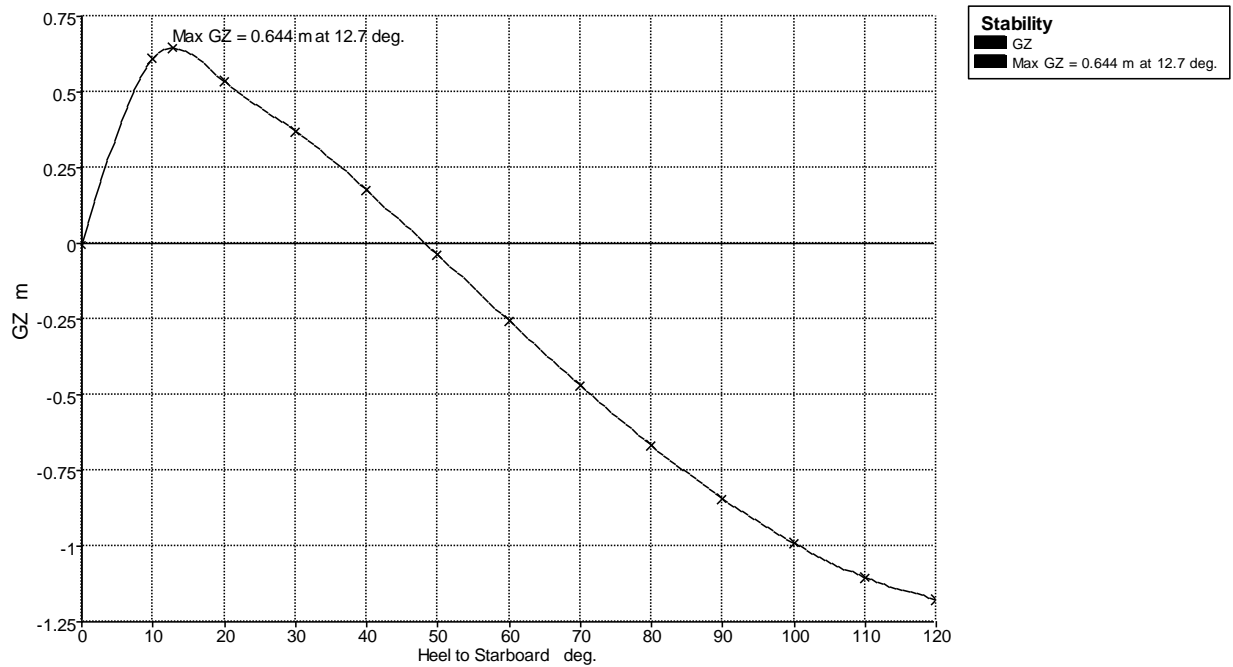
Loadcase - LC con 4 personas
Damage Case - Intact

Free to Trim

 Specific gravity = 1.025; (Density = 1.025 tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Plancha inclinada inferior	1	0.013	0.013			1.875	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada costado	1	0.040	0.040			1.875	0.000	0.556	0.000	User Specified
Roda	1	0.013	0.013			4.125	0.000	0.200	0.000	User Specified
Plancha curvada proa	1	0.048	0.048			4.302	0.000	0.556	0.000	User Specified
Brazola costado	1	0.003	0.003			1.875	0.000	0.600	0.000	User Specified
Brazola proa (semicírculo)	1	0.003	0.003			4.000	0.000	0.600	0.000	User Specified
Ventiladores	1	0.274	0.274			1.406	0.000	1.527	0.000	User Specified
Camilla 1	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Camilla 2 (183 x 46 x 4 cm)	1	0.030	0.030			2.816	0.000	0.690	0.000	User Specified
Equipo de salvamento	1	0.020	0.020			2.816	0.000	0.795	0.000	User Specified
Botiquin	1	0.010	0.010			2.800	0.000	0.795	0.000	User Specified
Extintor	1	0.002	0.002			2.800	0.000	0.720	0.000	User Specified
Motor	1	0.041	0.041			1.451	0.000	1.070	0.000	User Specified
Asiento y cubierta	1	0.150	0.150			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Timones	1	0.100	0.100			0.663	0.000	1.570	0.000	User Specified
Remo	1	0.005	0.005			2.842	0.000	0.820	0.000	User Specified
Mandos patrón	1	0.020	0.020			4.315	0.000	0.985	0.000	User Specified
Depósito gasolina.	100%	0.024	0.024	0.032	0.032	2.100	0.000	0.450	0.000	Maximum
Persona 1	1	0.075	0.075			3.000	-1.500	1.250	0.000	User Specified
Persona 2	1	0.075	0.075			3.000	0.000	1.250	0.000	User Specified
Persona 3	1	0.075	0.075			3.000	1.500	1.250	0.000	User Specified
Persona 3	1	0.075	0.075			2.000	0.000	1.250	0.000	User Specified
Total Loadcase			1.125	0.032	0.032	2.265	0.000	1.134	0.000	
FS correction								0.000		
VCG fluid								1.134		



Heel to Starboard deg	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	110.0	120.0
GZ m	-0.005	0.610	0.535	0.372	0.175	-0.038	-0.256	-0.469	-0.668	-0.843	-0.990	-1.103	-1.176
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0.0000	3.4705	9.5717	14.0762	16.8483	17.5353	16.0655	12.4296	6.7253	-0.8534	-10.0430	-20.5428	-31.9587
Displacement t	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
Draft at FP m	0.040	-0.022	-0.164	-0.349	-0.593	-0.933	-1.466	-2.476	-5.384	n/a	-6.017	-3.102	-2.097
Draft at AP m	0.107	0.094	0.001	-0.141	-0.335	-0.609	-1.041	-1.865	-4.285	n/a	-5.131	-2.695	-1.845
WL Length m	5.335	5.429	5.362	5.310	5.265	5.225	5.186	5.149	5.111	5.066	5.008	4.933	4.814
Beam max extents on WL m	2.858	1.758	1.281	1.209	1.138	1.046	0.933	0.860	0.814	0.802	0.814	0.853	0.926
Wetted Area m^2	16.157	10.418	8.607	7.917	7.568	7.373	7.256	7.195	7.268	7.379	7.361	7.326	7.285
Waterpl. Area m^2	14.172	7.535	5.298	4.404	3.901	3.587	3.386	3.283	3.382	3.536	3.626	3.812	4.135
Prismatic coeff. (Cp)	0.703	0.680	0.677	0.676	0.677	0.680	0.684	0.690	0.693	0.705	0.716	0.727	0.742
Block coeff. (Cb)	0.670	0.339	0.326	0.286	0.272	0.280	0.308	0.340	0.382	0.430	0.491	0.577	0.659
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2.251	2.240	2.229	2.220	2.214	2.211	2.211	2.214	2.222	2.231	2.239	2.246	2.253
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2.623	2.455	2.415	2.404	2.403	2.408	2.416	2.417	2.388	2.435	2.449	2.453	2.454
Max deck inclination deg	0.7068	10.0705	20.0631	30.0540	40.0447	50.0349	60.0249	70.0153	80.0062	90.0000	99.9960	109.9932	119.9912
Trim angle (+ve by stern) deg	0.7068	1.2140	1.7278	2.1840	2.7054	3.3965	4.4442	6.3883	11.3824	-1.#IND	9.2109	4.2635	2.6386

7.3.1 Criterios de estabilidad

A la hora de justificar estos cálculos se ha usado “The hovercraft Code” que establece los siguientes criterios en su capítulo “Stability”.

7.3.1.1 Criterios relativos a las propiedades de la curva de brazos adrizantes

Se considera que un hovercraft tiene buena estabilidad si:

- El ángulo de escora no excederá de 7° y el francobordo hasta la cubierta no es inferior a 75 mm en cualquier punto; o
- si no puede cumplir con los criterios anteriores, el ángulo de escora puede exceder de 7 grados, pero no debe exceder los 10 grados y el francobordo no es menor de 200mmn.

7.3.2 Curva de áreas.

La curva de áreas seccionales representa el área las secciones transversales a lo largo de la eslora del hovercraft. El área total de la curva es igual al volumen de carena del buque.

La curva de áreas seccionales se divide en tres partes, de acuerdo con las tres zonas más significativas del casco; estos son los cuerpos de entrada y salida, que se corresponden con las partes redondeadas de proa y de popa respectivamente, y el cuerpo, correspondiente a la parte del casco restante. Por este motivo, tiende a cero hacia los extremos y adquiere su valor máximo hacia el centro.

Esta curva se representa en unos ejes coordenados, en donde el eje de ordenadas representa el valor del área de la sección, y el eje de abscisas la posición longitudinal de cada sección.

La curva de áreas seccionales correspondiente al Hovercraft se ha generado a partir del software Maxsurf, y se muestra a continuación:

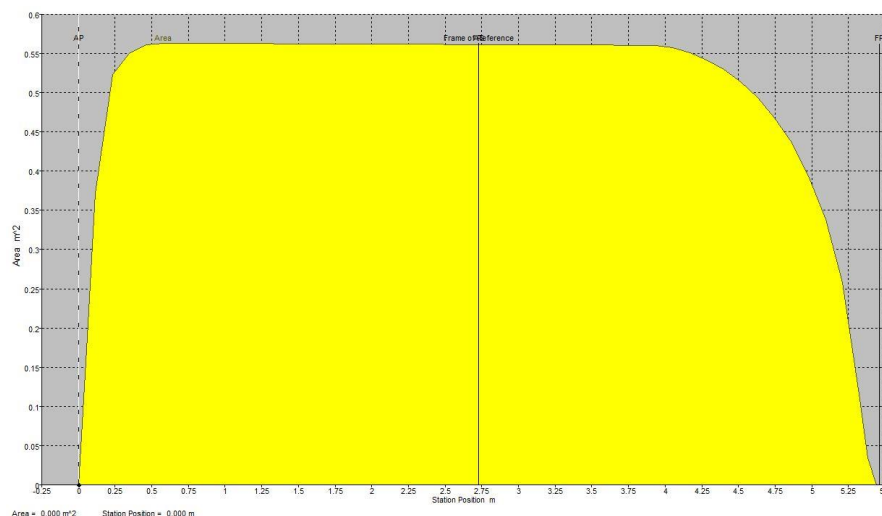


Figura 6.4 Curva de áreas

7.4 Estabilidad dinámica longitudinal

El análisis de la estabilidad dinámica, desde un punto de vista estático, nos permite darnos una idea del comportamiento del hovercraft para diferentes empujes y velocidades.

Debemos conocer el MTC producido por el hovercraft para un calado de $T=0$. Obtenemos los valores con Maxsurf.

Una vez obtenido este valor, comparamos los valores del momento escorante y adrizante para obtener los resultados de asiento y ángulo de trimado para las diferentes velocidades.

Empuje Ventiladores N	Momento kg·m
0,00	0,00
50,00	7,78
100,00	15,57
150,00	23,35
200,00	31,13
250,00	38,91
300,00	46,70
350,00	54,48
400,00	62,26
450,00	70,05
500,00	77,83
550,00	85,61
600,00	93,39
650,00	101,18
700,00	108,96
750,00	116,74
800,00	124,53
830,58	129,29

Momento generado por los ventiladores

MTc tonne.m	MTc [kg·m]	vel
0,062	62	0
0,062	62	12

Momento adrizante de $T=0$

Velocidad hover [knot]	Dif. Momentos [kg·m]	Asiento [cm]	Ángulo de trimado [º]
0,0	-62,00	1,00	0,20
2,9	-54,22	0,87	0,17
4,0	-46,43	0,75	0,15
5,0	-38,65	0,62	0,12
5,7	-30,87	0,50	0,10
6,4	-23,09	0,37	0,07
7,0	-15,30	0,25	0,05
7,6	-7,52	0,12	0,02
8,1	0,26	0,00	0,00
8,6	8,05	-0,13	-0,03
9,0	15,83	-0,26	-0,05
9,5	23,61	-0,38	-0,08
9,9	31,39	-0,51	-0,10
10,3	39,18	-0,63	-0,13
10,7	46,96	-0,76	-0,15
11,1	54,74	-0,88	-0,18
11,4	62,53	-1,01	-0,20
11,7	67,29	-1,09	-0,22

Tabla de resultados de asiento y trimado

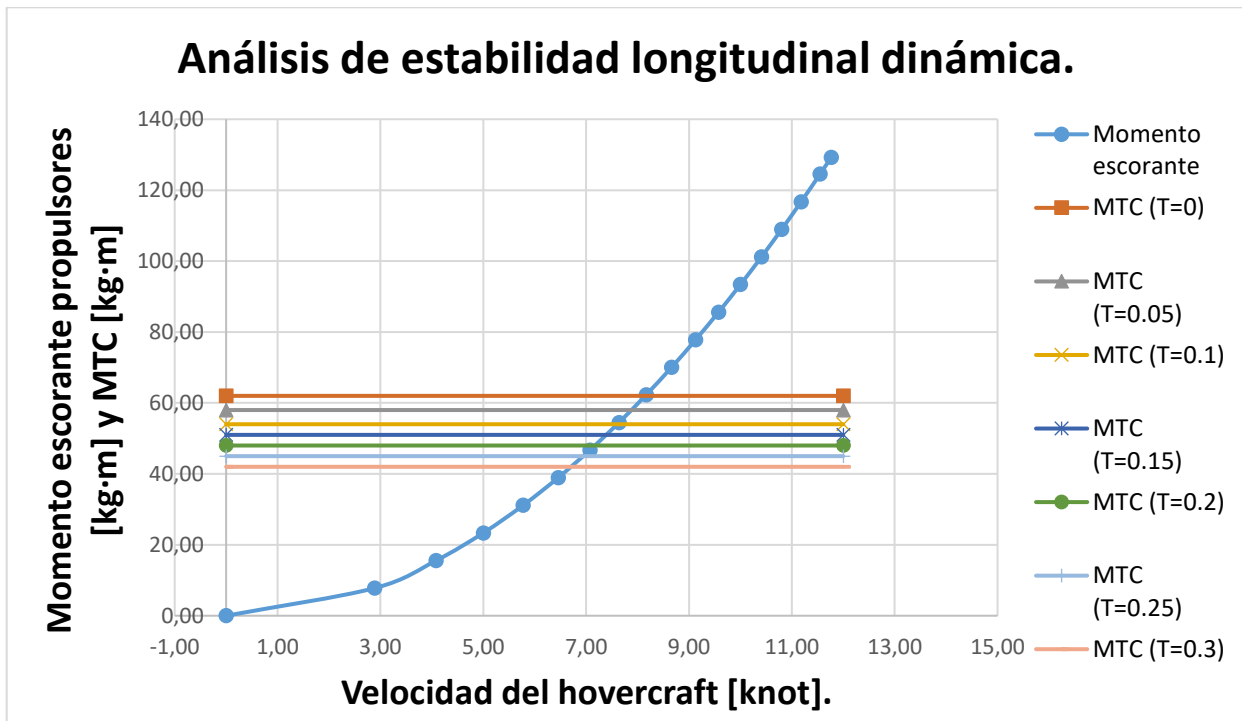


Fig.6.5 Análisis de estabilidad longitudinal dinámica

La grafica nos permite ver cuando el par escorante supera al par adrizante, y por lo tanto, producirá escora. La intersección de ambas curvas son situaciones donde el trimado es de 1cm.

7.5 Francobordo

Según "The hovercraft code" para hovercraft de menos de 7 metros de longitud, el francobordo no debe ser menor a 200 mm.

En nuestro caso, tenemos 460 mm con el colchón inflado.

8. Construcción.

8.1. Parámetros de construcción.

Se deben considerar como parámetros de construcción:

- La selección del ventilador, el cual debe asegurar el caudal requerido para el levantamiento del vehículo de colchón de aire.
- La selección del motor, el cual debe proporcionar la potencia suficiente para mover la planta propulsora.
- El tipo de materiales con el que se va a fabricar el hovercraft, que en éste caso deben ser ligeros y resistentes.

8.1.1. Características del ventilador y del motor seleccionado.

Para este proyecto se han seleccionado un par de ventiladores de tipo axiales tubulares, modelo TGT/4/6-1000-6/28-L-14/4,5KW-400~3-50HZ-IE1, de aluminio fundido cuyos datos básicos son: potencia absorbida 14 KW, velocidad angular 1488 RPM, caudal máximo 71945 m³/hr, y diámetro de 1 m.



Imagen 7.1. Muestra el ventilador TGT-1000.

Características técnicas del motor seleccionado.

Motor		
Modelo	Command PRO CH 740 30HP	
Potencia máxima	3000	RPM
	30	HP
Peso	41	Kg
Dimensiones		
Longitud	0,14	m
Ancho	0,177	m
Altura	0,19	m

Tabla 7.1. Características técnicas del motor Command PRO CH740.



Imagen 7.2. Motor Kohler Command PRO CH740 30HP Tomada con fines didácticos.

Al seleccionar una planta motriz es importante tomar en cuenta no solo la gráfica de rendimientos de la misma, (comúnmente el fabricante da a conocer la curva de potencia contra revoluciones por minuto o par motor contra R.P.M.s), sino también en qué condiciones fue generada esta curva, (que normalmente es a nivel medio del mar) ya que si la planta motriz va a operar en condiciones diferentes a éstas, la curva de rendimientos del motor se verá modificada, entregando una potencia afectada cuando se presenten casos en la que exista una disminución en la densidad de aire. Además se debe tomar en cuenta de qué forma va a ser transmitida la potencia hacia los ventiladores, puesto que se presentarán pérdidas de la misma en los elementos de transmisión.

Cabe destacar que en el supuesto de que se desee sobre revolucionar un ventilador para compensar pérdidas de presión y/o caudal en el sistema de conductos del vehículo, debido a cambios de sección, rugosidades, puntos de estancamiento, por mencionar algunas, la potencia exigida por éste será mayor y se tendrá que hacer uso de las leyes de los ventiladores, los cuales se describen a continuación.

Se les llama *Leyes de los ventiladores* a las relaciones entre las características de funcionamiento para un ventilador dado, trabajando en condiciones cambiadas, o para ventiladores de construcción similar de diversos tamaños. Estas relaciones son útiles para predecir el funcionamiento cuando las condiciones cambian, como lo es el caudal o las RPM's.

Leyes de los Ventiladores

$$N2 = \frac{Q2}{Q1} N1$$

$$P2 = \left(\frac{N2}{N1}\right)^2 * P1$$

$$P_{pot2} = \left(\frac{N2}{N1}\right)^3 * P_{pot1}$$

Donde

N= Velocidad angular (RPM)

Q=Caudal (pies³/min)

P= Presión (lb/ft²)

Ppot= Potencia la freno (Hp)

A continuación se muestra una tabla con los diferentes requerimientos del hovercraft en base al caudal necesario para una serie de condiciones de operación. Se añade un margen del 20% a la potencia mínima requerida.

Condición	Potencias (HP)	Margen de seguridad 20%
Aproximada (tablas)	9,38937943	11,26725532
Necesaria del ventilador	18,76675603	22,52010724
Necesaria para conseguir el caudal total	6,506130009	7,80735601
Necesaria para levantar el colchón totalmente	25,4923592	30,59083104
Mínima para inflar el colchón	22,07739428	26,49287314

Por lo que podemos decir que nuestro motor cumple con las condiciones de operación del hovercraft.

8.1.2. Determinación del diámetro de la polea del ventilador y longitud de la banda.

A partir del arreglo de un embrague o clutch de tipo centrífugo colocado en la flecha del motor, con la finalidad de evitar el movimiento repentino de los ventiladores, se cuenta con un diámetro de la polea acoplada a la flecha del motor de 10cm que en adelante se denominará diámetro del motor, el cuál gira a 3000 RPM y las poleas acopladas a las flechas que mueven a los ventiladores giran a 1488 RPM, de donde se puede establecer la siguiente relación

$$\frac{N_{motor}}{N_{ventilador}} = \frac{3000}{1488} = 2.016$$

Donde

N_{motor} = velocidad angular del motor.

$N_{ventilador}$ = velocidad angular del ventilador.

Así relacionamos también los diámetros de las poleas del motor y del ventilador con base en la relación anterior, y se tiene:

$$\frac{N_{motor}}{N_{ventilador}} = 2.016 = \frac{\phi_{ventilador}}{\phi_{motor}}$$

$$\phi_{ventilador} = \phi_{motor} * 2.016$$

$$\phi_{ventilador} = 20.1 \text{ cm}$$

Donde

ϕ_{motor} = Diámetro de la polea del motor.

$\phi_{ventilador}$ = Diámetro de la polea del ventilador.

El valor del diámetro de la polea del ventilador es de 20.1 cm, en el mercado solo se pueden encontrar valores con medidas específicas (no fraccionarias de esta forma) para poleas de aluminio, por lo que se escogen poleas de 20 cm de diámetro para propulsar los ventiladores aproximadamente a la velocidad determinada.

8.1.3. Determinación de la longitud de la banda.

Se elige una banda en V tipo A como elemento transmisor de potencia ya que es un medio silencioso y relativamente muy efectivo. Transmite la potencia mecánica del motor a los ventiladores con una menor cantidad de pérdidas.

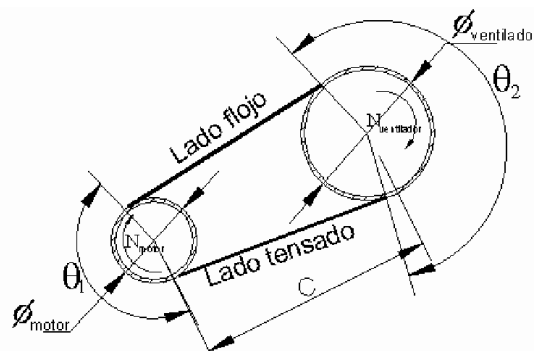


Figura 7.3. Banda transmisora.

Al transmitir la potencia, la fuerza de fricción que se genera por la tensión inicial de la banda y el tipo de material de ésta, provoca que la misma se adhiera a la polea impulsora (motor), y así, se incrementa la tensión en un lado al que se denomina “lado tensado”, el lado opuesto de la banda aún está en tensión pero en menor magnitud, por lo que se le llama “lado flojo”.

Los ángulos de contacto θ_1 y θ_2 son aquellos subtendidos por la sección de la banda que se enrolla en cada una de las poleas respectivamente, y se determinan aproximadamente de la siguiente manera.

$$\theta_1 = \pi - 2 * \text{sen}^{-1} \left(\frac{\varphi_{\text{vent}} - \varphi_{\text{motor}}}{2 * c} \right) = 174.175^\circ$$

$$\theta_2 = \pi + 2 * \text{sen}^{-1} \left(\frac{\varphi_{\text{vent}} - \varphi_{\text{motor}}}{2 * c} \right) = 185.824^\circ$$

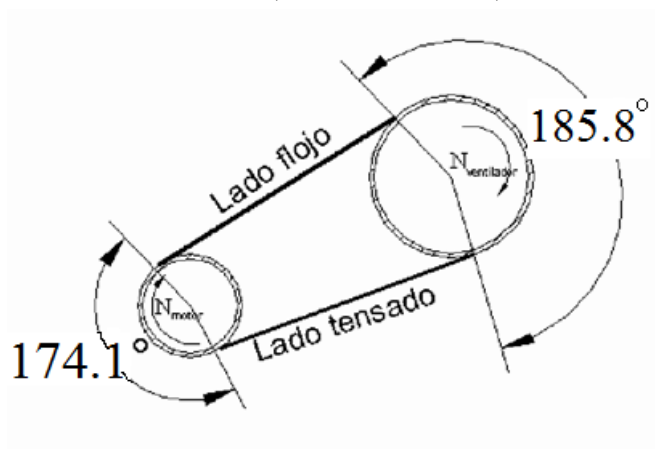


Figura 7.4. Ángulos de contacto θ_1 y θ_2 .

Donde

C = Distancia horizontal entre centros de ejes (motor-ventilador).

Se determina la longitud de la banda.

$$L = \sqrt{4c^2 - (\varphi_{\text{vent}} - \varphi_{\text{motor}})^2} + \frac{1}{2} * [\varphi_{\text{vent}} * \theta_1 - \varphi_{\text{motor}} * \theta_2] = 228.38\text{cm}$$

Ya que en el mercado de manera similar a las poleas, solo se cuenta con valores de longitudes enteros (no fraccionarios), por lo que se ha elegido una banda de un valor de:

$L = 230\text{cm}$



Figura 7.5. Banda en V de 230cm.

8.1.4. Determinación de las fuerzas de tensión del lado “Tenso” y el lado “Flojo”.

Características geométricas y másicas de la banda.

El área de la sección transversal de la banda en V tipo A es:

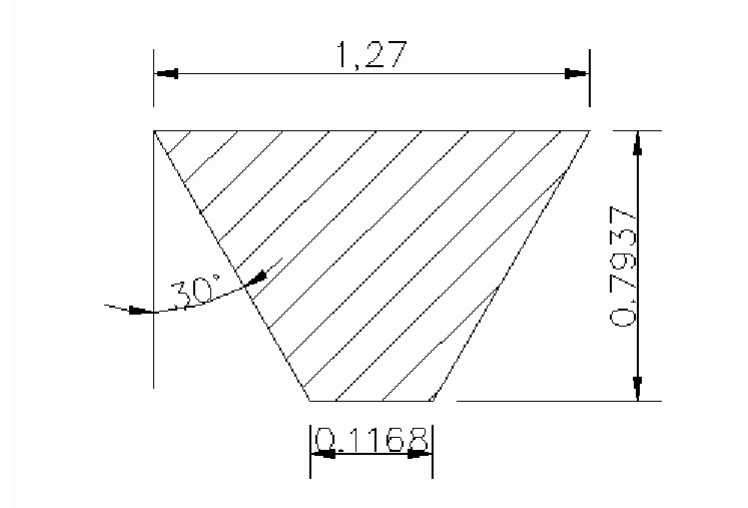


Figura 7.6. Sección transversal de la banda. Acot.: cm.

Se calcula el área de la sección transversal de la banda que en este caso es un trapecio.

Enseguida se calcula el volumen de la banda multiplicando el área de la sección transversal de la banda por su longitud.

$$A = \frac{(B + b) * h}{2} = 5.504E - 5 \text{ m}^2$$

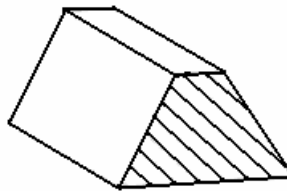


Figura 7.7. Muestra la sección de banda (isométrico).

Cuando se transmite potencia mecánica, la fuerza de fricción generada por las fuerzas de tensión de la banda, provocan que la banda se adhiera a la polea impulsora y a su vez, se incrementa la tensión en un lado a que se le denomina lado tenso.

La fuerza de tracción que se genera en la banda transmite una fuerza tangencial sobre la polea acanalada que a su vez es impulsada, por consecuencia, se genera un par de fuerzas o se aplica un torque a la flecha acoplada a la polea, misma que se ve impulsada a girar.

El lado opuesto de la banda aún está en tensión, pero de menor valor, por lo que se le denomina lado flojo.

Podemos calcular la tensión generada en los lados tenso y flojo de la banda utilizando la siguiente

fórmula.

$$\frac{F1 - Fc}{F2 - Fc} = e^{f\theta}$$

Donde:

Fc = Fuerza centrífuga en la polea del motor.

F1 = Tensión en el lado tenso de la banda.

F2 = Tensión en el lado flojo de la banda.

$e^{f\theta}$ = coeficiente de fricción

La fuerza centrífuga se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Fc = \left(\frac{Vol * \rho_{banda}}{L} \right) * V_{tan}$$

Donde:

ρ = Densidad del material de la banda.

Vol = Volumen de la banda.

V_{tan} = Velocidad tangencial en la polea del motor.

Primeramente se calcula la velocidad tangencial.

$$V_{tan} = \omega * R = 15.7 \text{ m/s}$$

Donde

Ω = Velocidad angular (rad/seg)

R = Radio de la polea del motor

Tomando en cuenta que el peso de la banda es de 2.1582 Newtons, podemos determinar la densidad del material.

$$\rho = \frac{m}{vol}$$

Primero determinamos la masa

$$W = m * g$$

$$m = \frac{W}{g} = 0.220 \text{ kg}$$

Por lo tanto, la densidad será

$$\rho = \frac{0.220}{1.126E - 4} = 1738.0194 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Ahora bien, se sustituyen los valores antes obtenidos para determinar la fuerza que genera la banda sobre ella misma por efectos "centrífugos" y que se ve reflejada en las tensiones generadas del lado flojo y tenso.

Aquí se observa que a altos valores de velocidad, la banda por efecto centrífugo, tiende a "irse" hacia fuera o a despegarse de las poleas, y por consecuencia su capacidad de adherencia disminuye, reduciendo así la capacidad de transmisión de potencia mecánica.

El valor de la fuerza centrífuga debida a las capacidades geométricas, másicas y de comportamiento dinámico, es la siguiente:

$$Fc = 23.60122 \text{ N}$$

La “fuerza centrífuga” es generada debido a la inercia de la banda de continuar en una dirección, debido a que se considera un sistema de referencia no inercial.

Se determinan los valores de coeficientes de rozamiento, tomando un valor de $f=0.35$ considerado para bandas de caucho o hule.

$$ef^{\theta 2} = e^{(.35)(3.243)} = 3.11$$

$$ef^{\theta 1} = e^{(.35)(3.03)} = 2.89$$

Se considera el valor menor correspondiente a la polea menor, y es quien rige el diseño del sistema de la banda y poleas, y se considera como tal por tener la menor capacidad de transmitir la potencia del motor.

Se toma un valor de esfuerzo máximo del material $T_{banda} = 15'000,000 \text{ N/m}^2$ de donde se puede determinar el valor máximo de la tensión que puede soportar la banda, es decir, el correspondiente al lado tenso de la banda.

$$F_1 = \tau * A = 825.52N$$

Con el valor F_1 y F_c , se determina el valor de la fuerza de tensión del lado flojo de la banda.

$$\frac{825.52 - 23.60}{F_2 - 23.60} = 2.897$$

$$F_2 = 279.626 \text{ N}$$

8.1.5. Cálculo de los momentos generados en la flecha del ventilador.

Se determina el momento de torsión como sigue:

$$\text{Momento Torsion} = (F_1 - F_2) * \text{Radio Polea impulsora}$$

$$\text{Momento Torsion} = (825.52 - 279.62) * 0.05 = 27.295 \text{ Nm}$$

Teniendo el valor del momento de torsión, es posible determinar si la flecha sufrirá alguna deformación, sabiendo que el material de la flecha es acero, su diámetro es de 0.0254 metros y su valor de límite elástico es $T_{acero} = 529'740,000 \text{ N/m}^2$, podemos calcular el valor del esfuerzo cortante por torsión como se muestra a continuación.

$$T_{torsion} = \frac{M_{torsion} * r}{J}$$

Donde:

$T_{torsion}$ =Esfuerzo cortante por torsión

$M_{torsion}$ =Momento de torsión

r = radio de la flecha

J =Momento polar de inercia

Para el cálculo del momento polar de inercia:

$$J = \frac{\pi * r^4}{2} = 4.086E - 8 \text{ m}^4$$

Se determina el valor del esfuerzo cortante por torsión:

$$T_{torsion} = \frac{27.29 * 0.0127}{4.086E - 8} = 8483057.3 \frac{N}{m^2}$$

Por lo que, el valor antes calculado es menor al valor del límite elástico del acero, y la flecha no sufrirá deformación por torsión.

Se considera un momento flector como se muestra a continuación:

$$\text{Momento}_{flector} = (F1 + F2) * \text{Distancia}_{polea-ventilador}$$

$$\text{Momento}_{flector} = (825.52 + 279.626) * 0.66 = 729.401 \text{ Nm}$$

Para el cálculo del esfuerzo cortante por flexión, se realiza como se muestra a continuación.

$$T_{flexion} = \frac{M_{flector} * C}{I}$$

Donde:

Tflexion= esfuerzo cortante por flexión

Mflector= momento de flexión

C= radio de la flecha

I= momento de inercia

Donde el momento de inercia es:

$$I = \frac{\pi * r^4}{4} = 2.043E - 8 \text{ m}^4$$

Se determina el valor del esfuerzo cortante por flexión

$$T_{flexion} = 453383606 \frac{N}{m^2}$$

Considerando que el valor del límite elástico del acero 1045 es $\sigma_{acero} = 529740 \text{ N/m}^2$, no se sobrepasa el límite elástico del material.

8.1.6. Cálculo del valor de la potencia mecánica transmitida por el sistema del motor a los ventiladores.

La potencia mecánica efectiva transmitida de la polea impulsora a la polea impulsada se determina por medio de la siguiente relación:

$$H = (F1 - F2)V_{tan}$$

Donde:

H = Potencia necesaria en la polea impulsora. (Watt)

F1 = Tensión en el lado tenso de la banda. (N)

F2 = Tensión en el lado flojo de la banda. (N)

V_{tan} = Velocidad tangencial en la polea del motor. (m/s)

Sustituyendo los valores en la ecuación 1.e obtenemos el valor de la potencia mecánica transmitida por el sistema del motor a los ventiladores.

$$H = (825.52 - 279.29) * 15.707 = 8574.983 \text{ w}$$

$$H = 11.499 \text{ Hp}$$

Considerando que son dos las unidades generadoras o dos ventiladores el resultado es multiplicado por 2.

$$H = 22.998 \text{ Hp}$$

8.1.7. Cojinetes montados.

En muchos tipos de maquinaria pesada y máquinas especiales que se fabrican en cantidades pequeñas, se seleccionan cojinetes montados en lugar de los que no están montados, incorporan métodos para unir la unidad de cojinetes directamente al armazón de la máquina mediante tornillos, en lugar de insertarlos en una ranura que se maquina en la carcasa como sucede con los cojinetes no montados.

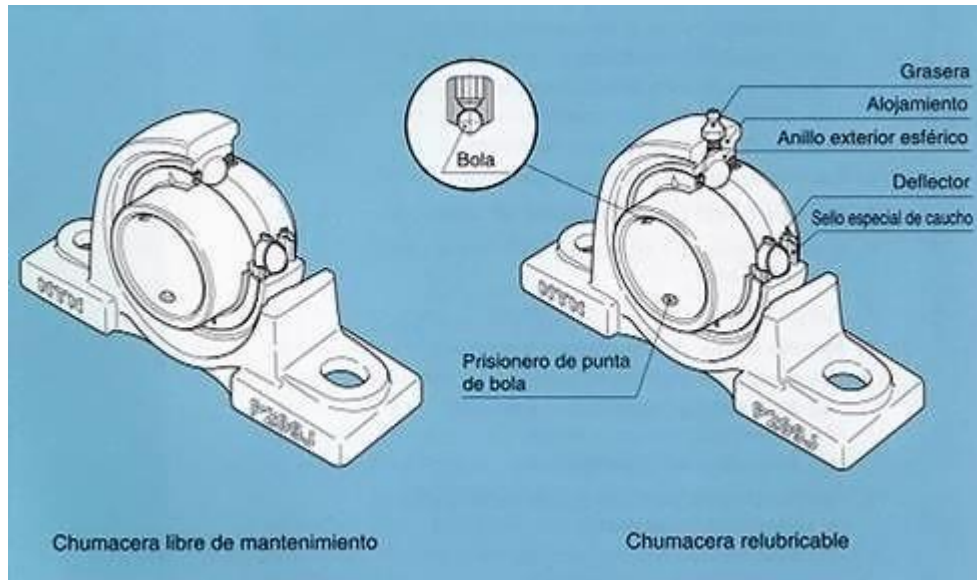


Figura 7.8. Configuración para un cojinete montado en la caja de chumacera.

En la figura anterior se muestra la configuración más común para un cojinete montado o chumacera. La carcasa se fabrica con acero formado, hierro fundido con orificios o ranuras que se hacen para conexión durante el ensamble de la máquina, momento en el cual se ajusta la alineación de la unidad de cojinetes. Los propios cojinetes pueden ser de cualquier tipo, de bola, de rodamientos ahusados o de rodamientos esféricos que son los más favorecidos. La capacidad de desalineación es una consideración importante en la aplicación debido a las condiciones en que se van a utilizar esos cojinetes. Esta capacidad se integra ya sea en la fabricación del propio cojinete o en la carcasa.

Otro tipo de cojinete son las unidades provistas de pestaña o reborde, que se diseñan para montarse en los armazones verticales laterales de máquinas, para que sostengan flechas o ejes.



Figura 7.9. Cojinete en la caja de chumacera vertical

Existen varios tipos de cojinetes en el mercado los cuales trabajan de acuerdo para lo que fueron creados. Solo se profundiza un poco en el tipo de cojinetes montados que se consiguen fácilmente en el mercado que son de cojinete de bola de hilera única, ranura profunda.

8.1.7.1. Cojinete de bola de hilera única, ranura profunda.

Los cojinetes de bola de hilera única, ranura profunda, que en ocasiones se denominan de Conrad son los más comunes dentro de los cojinetes de bola. Por lo general, la pista de rodamientos interna se presiona contra la flecha en el asiento del cojinete con un ajuste de interferencia pequeño para asegurar que gire junto con la flecha o el eje. Las piezas esféricas giratorias, o bolas, giran dentro de una ranura profunda tanto en los anillos externos como en los internos. El espaciado de las bolas se mantiene mediante dispositivos de retención o jaulas. La ranura permite que se soporte una carga considerable de empuje porque se diseña con capacidad para soportar la carga radial. La carga de empuje se aplicará en un lado de la pista de rodamientos interna mediante un hombro en la flecha o eje. La carga pasará a lo largo del lado de la ranura, a través de la bola, hacia el lado opuesto del anillo de bolas externo, y después hacia la carcasa.



Figura 7.10. Cojinete de bola de hilera única.

El radio de la bola es un poco más pequeño que el radio de la ranura para permitir el rodamiento libre de bolas. Para incrementar la capacidad de un cojinete de hilera única, se debe utilizar un cojinete que tenga un mayor número de bolas o bolas más grandes que funcionen en pistas de rodamientos más grandes.

8.1.7.2. Flecha o eje.

Una flecha o eje es el componente de los dispositivos mecánicos que transmite energía rotacional y potencia. Es parte integral de dispositivos o artefactos como reductores de velocidad tipo engrane, impulsores de banda o cadena, transportadores, bombas, ventiladores y muchos tipos de equipo para automatización. En el proceso de transmitir potencia a una velocidad de giro o velocidad rotacional específica, el eje se sujeta de manera inherente, a un momento de torsión o torque. Por consiguiente, en el eje se genera tensión por esfuerzo de corte debido a la torsión. Por lo regular, un eje soporta componentes transmisores de potencia como engranes, poleas acanaladas para bandas o ruedas dentadas de cadena, que ejercen fuerzas sobre el eje en sentido transversal, es decir perpendicular a su eje, esta fuerza transversal provoca que se generen momentos de flexión en el eje.

8.1.7.3. Cuñas de unión.

Una cuña de unión es un componente de maquinaria que se coloca en la interfase entre el eje y la maza de una pieza que transmite potencia con el fin de transmitir torque. La cuña es desmontable para facilitar el ensamble y desarmado del sistema de eje. Se instala dentro de una ranura axial que se maquina en el eje, la cual se denomina cuñero. A una ranura similar en la maza de la pieza que transmite potencia se le da el nombre de asiento de la cuña, si bien, propiamente, es también un cuñero por lo regular la cuña se instala primero en el cuñero de la flecha, luego el cuñero de la maza se alinea con la cuña y la maza se desliza hasta quedar en su sitio.

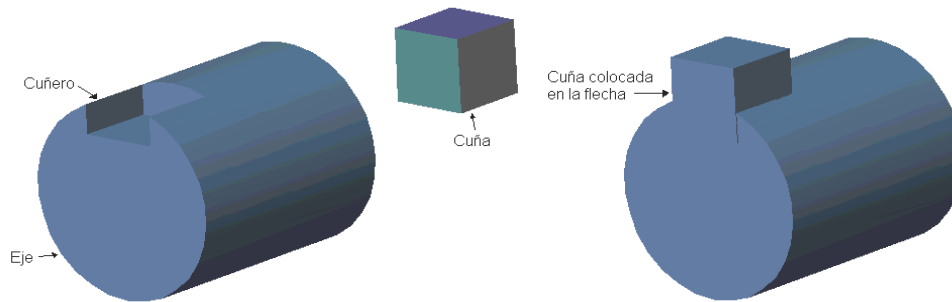


Figura 7.11. Cuña de unión.

8.1.7.4. Cuñero.

Un cuñero consiste en una ranura longitudinal que se corta en un eje o una flecha para montar una cuña, como se muestra en la figura 3, esto permite transferir torque a partir del eje hacia un elemento que transmite potencia o viceversa.

8.1.7.5. Embrague.

Un embrague es un dispositivo que se emplea para conectar o desconectar un componente que es impulsado de la planta motriz principal del sistema. Su objetivo principal es transmitir potencia mecánica y función es la de unir los ejes axialmente de manera no permanente.

8.1.7.6. Embrague Centrífugo.

En ocasiones se utiliza un embrague centrífugo a fin de permitir que el sistema que es impulsado acelere sin que exista una carga conectada. Así, a una velocidad que se selecciona por anticipado, la fuerza centrífuga mueve las piezas del embrague para que entren en contacto y conecten la carga. Conforme el sistema aminora su velocidad, la carga se desconectará de manera automática.

El funcionamiento de este se basa en la fuerza centrífuga que hace que un elemento de fricción se desplace hacia fuera y haga presión contra un tambor situado en el elemento conducido, siendo mayor la fuerza de rozamiento cuando la velocidad es más alta.

Las características más importantes de este tipo de embragues:

- El árbol impulsor alcanza casi siempre su velocidad de funcionamiento antes de que el motor este sometido a un par importante.
- Por consiguiente, el tamaño de la maquina motriz puede ser menor de lo que sería necesario si se necesitase un alto par de arranque a baja velocidad.
- El embrague puede ser proyectado para que deslice antes de que ocurra una sobrecarga peligrosa.

8.2. Requerimientos de construcción.

Se determinan las características de los materiales que se utilizan para la construcción del vehículo de colchón de aire.

8.2.1. Fibra de vidrio.

A partir del vidrio es posible sacar fibras que pueden tejerse como fibras textiles, estirando el vidrio fundido hasta alcanzar fibras de diámetros inferiores a una centésima de milímetro. La fibra de vidrio mezclada con plástico logra unir las propiedades de los dos elementos (la solidez y estabilidad química del vidrio con la capacidad de absorber golpes del plástico); adicionalmente es un muy buen aislante eléctrico, se usa en tapicería (por ser resistente al fuego y al agua) por sus propiedades químicas. También se usa como recubrimiento de grandes espacios en los cuales se necesita la luz además de tener la capacidad de soportar la fuerzas climáticas, también se usa cuando se reciben fuertes impactos, como lo es en canchas de fútbol, canchas de squash u otro deporte en el que se impacten elementos contra una superficie que se quiere conservar lisa y resistente. También se emplea fibra de vidrio en la transmisión de señales mediante la fibra óptica.

Las ventajas más notables de la fibra de vidrio son: la ligereza, resistencia al impacto y durabilidad.

Se ha elegido la fibra de vidrio para su uso en el casco (monolítico) los costados sobre el colchón (monolítico), costados redondeados (más sándwich) y brazolas (más sándwich), ya que es adherente con resina (epóxica o poliéster), además de que se puede moldear, no almacena humedad, tiene baja conductividad térmica, es ligera y es resistente a la corrosión.

8.2.2. Espuma de poliuretano.

La espuma de poliuretano es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas. Se forma básicamente por la reacción química de dos compuestos, que en el mercado se conocen como componente A y componente B. Dicha reacción es exotérmica y libera gas (dióxido de carbono) el cual va formando las burbujas.

La espuma de poliuretano tiene múltiples usos en la actualidad, algunos de ellos son:

- En colchones; como relleno o como acolchados para almohadas
- En muebles; en asientos de sofás y sillas
- En la construcción; como aislante térmico o como relleno
- En la industria automotriz; como relleno de salpicaderas, asientos, toldos
- En muchos artículos más como juguetes, prendas de vestir, esponjas, calzados, cojines, envases y en general todo tipo de acolchados o rellenos.

Se ha elegido la espuma de poliuretano por su bajo coste, buen manejo del material, ligereza y durabilidad.

Se suele utilizar mucho la *densidad* para comparar las distintas espumas, pero solo sirve como elemento comparativo cuando se habla de espumas con la misma composición, ya que dan características diferentes. En unas espumas se busca la mayor duración posible, en otras el precio más económico, la capilaridad, la capacidad aislante, la facilidad de perfilar o dar forma, o la ligereza.

La densidad de la espuma de poliuretano es de 20 kg/m^3 a 24 kg/m^3 .

8.2.3. Espuma de poliestireno.

Existen espumas flexibles, semirrígidas y rígidas en densidades que van desde 1.6 hasta 960 kg/m^3 . Los principales usos para las espumas flexibles, con densidades menores de 100 kg/m^3 (como es el caso de la espuma de poliuretano), son colchones, muebles y aplicaciones automotrices. Las espumas rígidas se utilizan generalmente como aislantes. Para el caso de la espuma de poliestireno se tienen las siguientes características:

Nombre Comercial: Casetón

Densidad: 8 kg/m^3

Características: Espuma ligera con Resistencia mecánica limitada

Aplicación Aligerante de lora para la construcción

8.2.4. Gel Coat.

Se utiliza para dar un acabado liso en el interior de las piezas hechas en fibra de vidrio. Se encuentra en el mercado de color blanco y/o transparente, el cual puede pigmentarse en razón del 5 a 10%, con respecto a la cantidad de GelCoat aplicada. Se cataliza en la misma proporción que la resina poliéster y se debe esperar el tiempo de gelado adecuado para aplicar resina y fibra de vidrio respectivamente.

9. Conclusiones

Después de realizar este trabajo, se llega a la conclusión que:

- Se ha diseñado un Hovercraft con una capacidad para 4 personas que puede alcanzar una velocidad máxima de 30kn. Este vehículo consta de un sistema de suspensión/empuje compuesto de un motor de c.i. gasolina Kohler de 30 hp que acciona dos ventiladores axiales Soler Palau de 1100mm capaces de generar una fuerza de empuje total de 830.5 N.
- Todos los componentes y materiales utilizados están disponibles en el mercado y son de fácil adaptación para los propósitos propios del diseño.
- Este diseño incluye el diseño casco, de la falda flexible y de la estabilidad desde un punto de vista estático.
- El diseño de la falda con dedos permite al hovercraft realizar reparaciones de una manera fácil y sencilla, ya que no hay que desmontar la falda entera para repararla, sino la parte afectada.
- El sistema compartido de elevación y empuje ahorra espacio y peso, y en esta embarcación es un factor clave.
- La zona del Mar Menor se encuentra en una situación insostenible, donde el uso indiscriminado de embarcaciones deportivas y de vertidos de toda índole están destruyendo el ecosistema. El uso de un hovercraft permitiría aliviar la situación.
- Finalmente se espera que con este trabajo se empiece a considerar el uso de esta clase de vehículos en labores de rescate, ya que este medio de transporte permite poder pasar de un medio a otro sin tener que cambiar de vehículo.



Figura 9.1 Hovercraft en la playa de El Portús

Antecedentes

<http://www.histarmar.com.ar/InfGral/Hovercraftbase.htm>
<http://www.hovercraft-museum.org/images/scc11.jpg>
<http://www.hovercraft-museum.org/images/srn123.jpg>
<http://www.hovercraft-museum.org/images/va31.jpg>
<http://www.hovercraft-museum.org/images/pow20.jpg>
<http://burnham-on-sea.com/barb/hovercraft-photos.html>
http://www.hoverdril.com/ice_breaker_ship.htm

Justificación.

LIAN YUNG & ALAN BLIAULT, Theory and Design of Air Cushion Vehicle, Ed. Arnold Hodder
Headline, Great Britain, 2000, 611 pp.

WILLIAM T. GUNSTON, Hydrofoils and Hovercraft, Ed. Doubleday and Company Inc.
Estados Unidos de Norteamérica, 1970, 192 pp.

Capítulo 1

Ministerio de fomento www.fomento.gob.es

Maritime and Coastguard Agency **Hovercraft Code of Practice Formal** 96pp

Capítulo 2

LIAN YUNG & ALAN BLIAULT, Theory and Design of Air Cushion Vehicle, Ed. Arnold Hodder
Headline, Great Britain, 2000, 611 pp.

ISO 12215-5 B Escantillonado de pequeñas embarcaciones

<http://www.universalhovercraft.com/>

<http://www.hovercraft-museum.org>

<http://www.hoverhire.com>

Capítulo 3

LIAN YUNG & ALAN BLIAULT, Theory and Design of Air Cushion Vehicle, Ed. Arnold Hodder
Headline, Great Britain, 2000, 611 pp.

G.H. ELSLEY & A.J. DEVEREUX. Hovercraft Design and construction. Ed. David & Charles Newton
Abbot, Great Britain, 1968, 262pp.

Maritime and Coastguard Agency **Hovercraft Code of Practice Formal** 96pp

Capítulo 4

LIAN YUNG & ALAN BLIAULT, Theory and Design of Air Cushion Vehicle, Ed. Arnold Hodder
Headline, Great Britain, 2000, 611 pp.

Catálogo general Soler y Palau. Programa de selección de producto Easyvent 1.8.

JEREMY KEMP. The Hovercraft Constructor's Guide. Reino Unido. (Cd)

Capítulo 5

G.H. ELSLEY & A.J. DEVEREUX. Hovercraft Design and construction. Ed. David & Charles Newton Abbot, Great Britain, 1968, 262pp.

LIAN YUNG & ALAN BLIAULT, Theory and Design of Air Cushion Vehicle, Ed. Arnold Hodder Headline, Great Britain, 2000, 611 pp.

WILLIAM T. GUNSTON, Hydrofoils and Hovercraft, Ed. Doubleday and Company Inc. Estados Unidos de Norteamérica, 1970, 192 pp.

LIAN YUNG & ALAN BLIAULT, Theory and Design of Air Cushion Vehicle, Ed. Arnold Hodder Headline, Great Britain, 2000, 611 pp.

Capítulo 6

LIAN YUNG & ALAN BLIAULT, Theory and Design of Air Cushion Vehicle, Ed. Arnold Hodder Headline, Great Britain, 2000, 611 pp.

Capítulo 7

MERLE C. POTTER & DAVID C. WIGGERT, Mecánica de Fluidos, Ed. Prentice, 1998, 711 pp.

Capítulo 8

Selección del motor <http://www.kohlerengines.com/>

EDWARD G. PITA. Acondicionamiento de aire. CECSA 1998 pp. 548. **ING. DUILIO D'ARSIÉ,** Plásticos reforzados con fibra de vidrio, Editorial Américal, Buenos Aires, Argentina, 1967, 248 pp.

http://es.wikipedia.org/wiki/Espuma_de_poliuretano

<http://www.plastifom.com/especificaciones.htm>

<http://www.aimsa.com/tecnicos.htm>

<http://www.poliformasplasticas.com.mx/productos/resinas.htm>

<http://www.poliformasplasticas.com.mx/productos/gelcoat.htm>

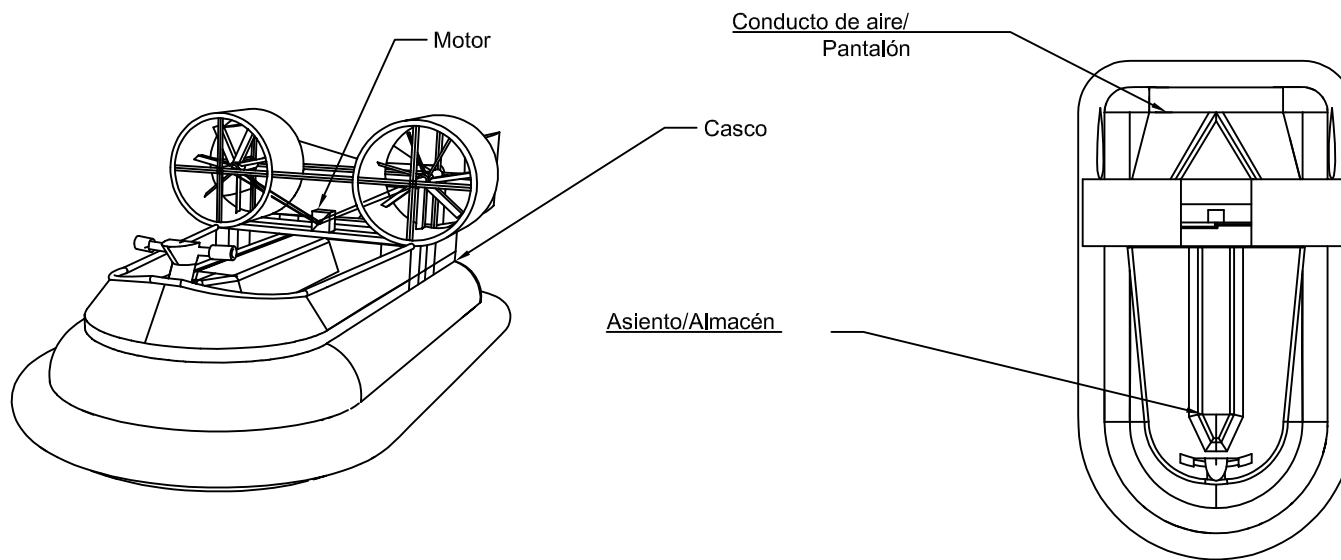
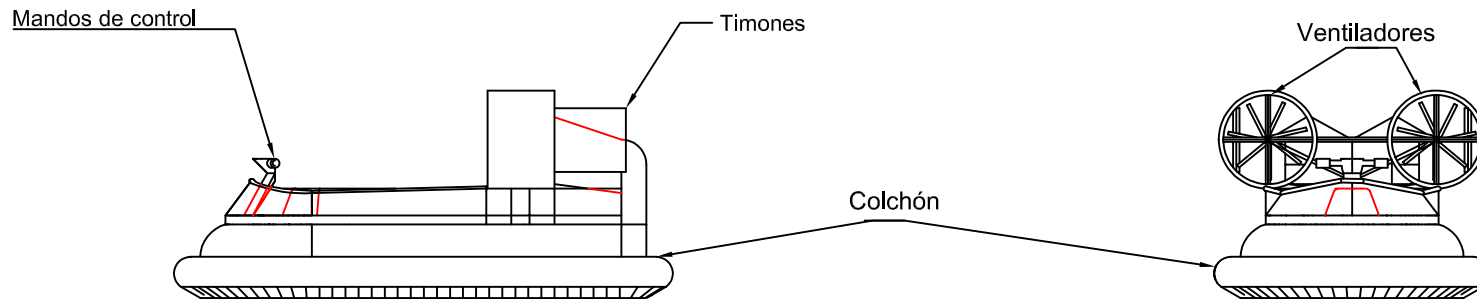
MERLE C. POTTER, DAVID C. WIGGERT, Mecánica de Fluidos, Ed. Prentice Hall México, 1998, 711 pp.

JEREMY KEMP. The Hovercraft Constructor's Guide. Reino Unido. (Cd)

Chevalier, Dibujo Industrial, Ed. Limusa.

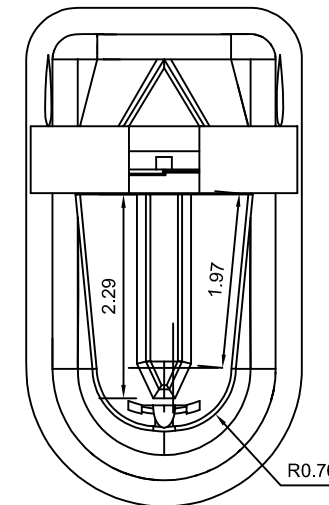
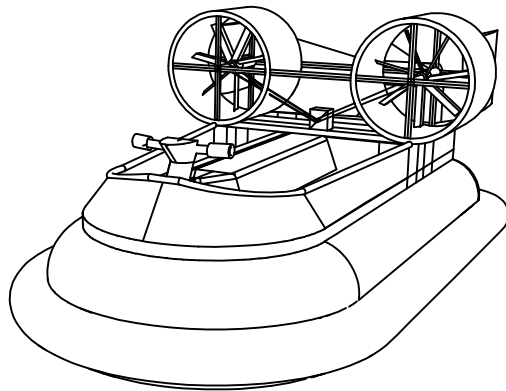
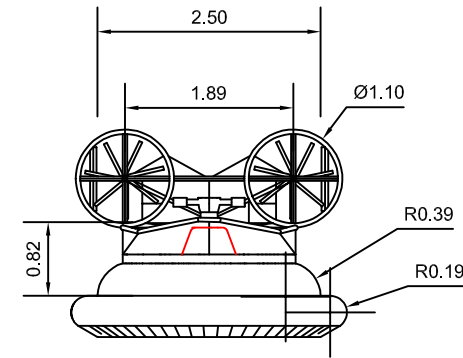
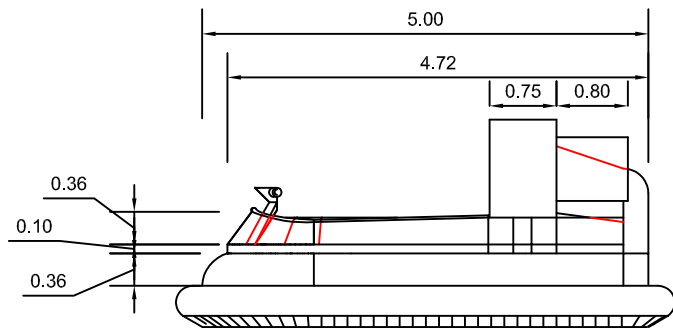
VIRGIL MORING FAIRES, Diseño de elementos de máquinas, Ed. UTEHA, México, 1990, 802 pp.

ROBERT L. MOTT, Diseño de elementos de máquinas, Ed. Prentice hall, México, 1995, 787 pp.



Dimensiones principales
 Eslora= 5 m
 Manga= 2.5 m
 Puntal = 0.46 m

Universidad Politécnica de Cartagena Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica		Grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas Marinos	
Denominación: Disposición General			
Escala 1:75	Fecha	Modificación	
Autor: Fco. de Borja Martínez Botella			



Dimensiones principales
 Eslora= 5 m
 Manga= 2.5 m
 Puntal = 0.46 m

Universidad Politécnica de Cartagena Escuela Técnica Superior de Ingeniería Naval y Oceánica		Grado en Arquitectura Naval e Ingeniería de Sistemas Marinos	
Denominación: Disposición General			
Escala 1:75	Fecha	Modificación	
Autor: Fco. de Borja Martínez Botella			

Control de pesos y calculo de XG y KG

Densidad fibra [t/m ³]	1,4
------------------------------------	-----

Densidad sandwich [t/m ³]	0,084
---------------------------------------	-------

Denominación.	Eslora [m]	Espesor [m]	Puntal [m]	Peso [ton]	popa	centrode gravedad al fondo		
					xg [m]	Mom. Long [t-m]	kg [m]	Mom. Verti [t-m]
Plancha inclinada inferior	3,75	0,003	0,4	0,0126	1,875	0,023625	0,2	0,00252
Plancha curvada costado	3,75	0,003	1,2566371	0,0395841	1,875	0,074220126	0,556	0,022008741
Roda	3,93	0,003	0,4	0,0131947	4,125	0,054428093	0,2	0,002638938
Plancha curvada proa	4,59	0,003	1,2566371	0,0484163	4,302	0,208286613	0,556	0,02691948
Brazola costado	3,75	0,01	0,4	0,00252	1,875	0,004725	0,6	0,001512
Brazola proa (semicírculo)	3,93	0,01	0,4	0,0026389	4	0,010555751	0,6	0,001583363
Ventiladores	0,78		1,105	0,274	1,406	0,385244	1,527	0,418398
Camilla 1	1,83		0,04	0,03	2,816	0,08448	0,69	0,0207
Camilla 2 (183 x 46 x 4 cm)	1,83		0,04	0,03	2,816	0,08448	0,69	0,0207
Equipo de salvamento	0,6		0,25	0,02	2,816	0,05632	0,795	0,0159
Botiquin	0,3		0,25	0,01	2,8	0,028	0,795	0,00795
Extintor	0,62		0,1	0,002	2,8	0,0056	0,72	0,00144
Motor	0,14		0,19	0,041	1,451	0,059491	1,07	0,04387
Asiento de cubierta	2,3		0,3	0,15	2,842	0,4263	0,82	0,123
Timones	0,8		0,72	0,1	0,663	0,0663	1,57	0,157
Remo	1,5		0,3	0,005	2,842	0,01421	0,82	0,0041
Mandos patrón	0,25		0,63	0,02	4,315	0,0863	0,985	0,0197
				0,800954		1,672565583		0,889940522

Peso en rosca estimado	881,05	kg
XG	2,088	m
YG	0	m
KG	1,111	m