

**ANALISIS DE DOS SISTEMAS DE PROPULSIÓN EN EMBARCACIONES
IMPULSADAS POR HIDROJETS**

CARLOS DARÍO CASTRO SABOGAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CARTAGENA, BOLÍVAR

2010

**ANALISIS DE DOS SISTEMAS DE PROPULSIÓN EN EMBARCACIONES
IMPULSADAS POR HIDROJETS**

CARLOS DARÍO CASTRO SABOGAL

Tesis presentada como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

DIRECTOR:

VLADIMIR QUIROZ

INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CARTAGENA, BOLÍVAR

2010

Cartagena de Indias, 2010

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Ciudad

Cordial saludo,

El presente tiene como objetivo presentar a ustedes la Tesis de Grado, titulada: **“ANÁLISIS DE DOS SISTEMAS DE PROPULSIÓN EN EMBARCACIONES IMPULSADAS POR HIDROJETS”**, elaborada por el estudiante CARLOS DARÍO CASTRO SABOGAL para obtener el título de ingeniero mecánico.

De ante mano acepto mi orientación y mi aprobación con el resultado obtenido.

Atentamente,

ING. VLADIMIR QUIROZ

Director de Proyecto

Cartagena de Indias, 2010

Señores:

**COMITÉ DE EVALUACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Ciudad

Respetados señores:

Con toda atención me dirijo a ustedes con el fin de presentar a su consideración, estudio y aprobación la Tesis de Grado, titulada: “**ANÁLISIS DE DOS SISTEMAS DE PROPULSIÓN EN EMBARCACIONES IMPULSADAS POR HIDROJETTS**” como requisito para obtener el título de ingeniero mecánico a otorgar por la Universidad Tecnológica de Bolívar.

Atentamente,

CARLOS DARÍO CASTRO SABOGAL

AUTORIZACIÓN

Yo, CARLOS DARÍO CASTRO SABOGAL Identificado con cédula de ciudadanía número 73.215.460 de Cartagena Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de esta tesis de grado y publicarla en el catálogo on-line de su biblioteca.

CARLOS DARÍO CASTRO SABOGAL

Cartagena de Indias, 2010

Nota de Aceptación

Firma Presidente del Jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco ante todo a Dios por darme la oportunidad y la constancia para lograr una meta que sirva como base para mi futuro como ser integro y profesional.

A mis padres Alvaro Castro Zuñiga y Aurora Sabogal de Castro, por su apoyo y su ilusión de ver en mí las capacidades que se requieren para llegar más allá. A mis hermanos y a mis abuelas por su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros que disfrutaban conmigo los logros y las nuevas metas a trazar.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar por la experiencia, la constante mejoría y la educación brindada a lo largo de este proceso.

A todos Gracias,

CARLOS DARÍO CASTRO SABOGAL

CONTENIDO

Introducción.....	9
1. Descripción del Problema.....	10
2. Formulación del Problema.....	11
3. Justificación.....	12
4. Objetivos.....	13
4.1. Objetivo General.....	13
4.2. Objetivos Específicos.....	13
5. Marco Teórico.....	21
5.1. Sistema de Propulsión por Hidrojets Convencionales.....	21
5.1.1. Funcionamiento y Componentes.....	22
5.1.2. Componentes principales.....	25
5.1.3. Consideraciones de Instalación.....	32
5.2. Sistema de Propulsión por Hidrojets con control Blue Arrow...46	
5.2.1. Funcionamiento y Componentes.....	46
5.2.2. Consideraciones de instalación.....	52
5.3. Motor	58
5.4. Fenómenos.....	61
5.5. Características de las Embarcaciones.....	68
5.6. Mantenimiento.....	70
6. Pruebas	78
7. Costos.....	84
8. Metodología.....	87
9. Conclusiones.....	92
10. Anexos.....	94

Guía de Ilustraciones

Guía de Tablas

Bibliografía

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de propulsión de embarcaciones marinas de placer, han evolucionado de manera drástica gracias a adelantos tecnológicos, mecánicos y electrónicos. Hoy en día los hidrojets han ganado aceptación como el principal método de propulsión para todos los tipos de embarcaciones de alta velocidad, incluyendo ferries, barcos de trabajo, embarcaciones de patrulla y de placer.

Avances recientes en la tecnología de Hidrojets, muestran que estos han adelantado a sistemas convencionales de hélice tanto en rendimiento y fiabilidad a alta velocidad, ofreciendo muchas ventajas como alta eficacia, aceleración rápida, calado reducido, una maniobrabilidad sin rival y una operación sin ruidos y vibraciones; un mantenimiento más reducido, una vida prolongada del motor y una instalación simplificada.

El documento a desarrollar pretende analizar diferentes variables en el sistema de propulsión de dos embarcaciones con iguales especificaciones de construcción estructural y sistemas de propulsión distintos. La embarcación es igual para ambos sistemas de propulsión, un bote de 45' de eslora con dos motores internos Yanmar 6LY3 de 440 HP y sistema de propulsión por hidrojets Hamilton Jet, uno de los cuales es un modelo HJ274 convencional y otro HJ274 equipado con control Blue Arrow (completamente electrónico).

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia solo un pequeño y distinguido sector de la población tiene acceso a tecnologías de punta como lo son los sistemas de propulsión por hidrojets con control electrónico, inclusive los convencionales; y es por tal situación que el análisis comparativo de un sistema de propulsión convencional, con un sistema de hidropulsión controlado electrónicamente genera distintas inquietudes acerca de las ventajas y desventajas entre los sistemas, las variaciones de configuración que se pueden tener, las exigencias de la maquina motor y su comportamiento con ambos sistemas, además de los costos al tomar una decisión basada en el conocimiento de la tecnología, la confiabilidad y placer que brinda cada una de las embarcaciones.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El reducido sector del mercado al que son dirigidos productos como las embarcaciones de placer impulsadas con sistemas avanzados de propulsión como son los hidrojets; maneja información de mercadeo limitada, muy general y/o demasiada específica en terminología, que no permite tomar una decisión con bases fundamentadas al realizar una elección entre dos tipos de tecnología aplicada a una embarcación en específico.

Dado lo anterior se utilizarán dos embarcaciones de placer con especificaciones técnicas de construcción iguales y sistemas de propulsión diferentes para analizar el desempeño de una respecto a la otra.

Con la información teórica y la información empírica de las pruebas se realizará el análisis comparativo y se implementará una metodología para futuras instalaciones.

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente al momento de hacer una compra de una embarcación de placer es necesario contar con información clara acerca de las diferentes tecnologías que se ofrecen en el mercado.

Por tal razón es necesario generar un documento de análisis comparativo entre dos sistemas de propulsión teniendo en cuenta su funcionamiento, sus componentes, la relación costo/beneficio y los resultados en desempeño de las embarcaciones con pruebas de mar concisas; además de metodologías de información para el personal técnico que haga las instalaciones y mantenimiento.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el comportamiento de dos botes de características físicas iguales y sistemas de propulsión distintos, con el fin de conocer la relación costo/beneficio de cada uno de los sistemas, para ofrecer a próximos compradores una comparación real en costo y resultados, de un sistema de tecnología de punta y un sistema convencional.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Documentar la instalación del sistema de propulsión correspondiente a cada bote, analizando tiempos de construcción para generar un documento con planeación para construcciones futuras.
2. Analizar las principales diferencias en el comportamiento de los dos botes debido a su sistema de propulsión teniendo en cuenta variables de comparación, configuración y evolución de los sistemas.
3. Cuantificar la diferencia en costo de construcción de los botes, identificando los factores influyentes y el porqué tomar una decisión entre ambos al hacer una elección para una compra futura.

GLOSARIO

1. Apéndice Subacuático

Es un anexo situado al final del sistema de propulsión convencional que se constituye de un eje y una propela, el cual sobresale del casco en la obra viva (debajo de la línea de flotación) y puede ocasionar daños por golpes contra el suelo en zonas poco profundas.

2. Aluminio Con Alto contenido en Silicona

El Aluminio es un metal no ferroso, no magnético de color blanco plateado, peso ligero y de buena conductividad térmica y eléctrica; empleado en aleaciones ya que proporciona una resistencia adicional en cuanto a la corrosión, el color y la dureza superficial. Su símbolo de representación en la tabla periódica es Al, número atómico 13. La aleación Aluminio Silicio es utilizada en el hidropulsor ya que al ser de aluminio con alto contenido en silicona se dilata relativamente poco además de cumplir con un límite elástico medio, además de su soldabilidad por si es utilizado en un casco de aluminio; resistencia a la corrosión por el medio marino y principalmente, por la ductilidad del material.

3. Dureza superficial

La dureza superficial es la habilidad de un material a resistir una deformación plástica por la acción de otro material. El termino se refiere a la resistencia de un material a ser marcado por otro ya sea por corte, abrasión, rayaduras, etc. Esta deformación puede ser un doblez, una rayadura, rotura o simplemente un cambio en su forma superficial; cuando se aplica una carga. Así entre más duro es el metal, existe una mayor resistencia a la deformación. La dureza aumentarse añadiendo al material una capa de carbono, en un tratamiento térmico denominado cementación.

La clasificación y los métodos varían con cada material, dando origen a los números de dureza, los principales son los siguientes:

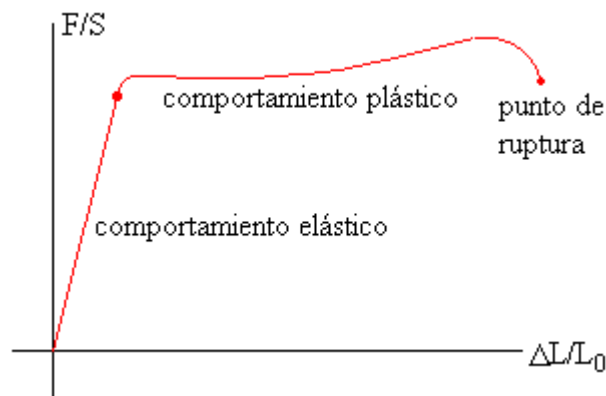
HBN (Hardness Brinell Number)

HRA, HRB, HRC, ... (Hardness Rockwell series A, B, C, ...)

HVN (Hardness Vickers Number)

4. Límite elástico

El límite elástico, es la tensión admisible a partir de la cual un material entra en la superficie de fluencia o bien es la tensión máxima que un material puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes. Al pasar de este límite se generan deformaciones en el material de manera permanente modificando el comportamiento del material de elástico a plástico, por lo cual no puede recuperar su forma original. Si las tensiones aumentan aún más, se llega al punto de ruptura del material o bien llamado punto de fractura



Para determinar el límite elástico de un material se requiere de un ensayo de tracción donde se estira el material y se consignan los datos en un diagrama carga/deformación donde se consigue un gráfico en el que podemos obtener las tensiones en función de las deformaciones observando que en un principio

y para la mayoría de los materiales (exceptuando los elastómeros), aparece una zona que sigue una distribución casi lineal, donde la pendiente es el módulo de elasticidad E . Esta zona se corresponde a las deformaciones elásticas del material hasta un punto donde la función cambia el comportamiento y empieza a curvarse, esta zona corresponde al inicio del régimen plástico. Ese punto es el punto de límite elástico.

5. Soldabilidad

La soldabilidad es la capacidad de un material para ser soldado bajo ciertas condiciones impuestas en una estructura específica y apropiada, la cual funciona eficientemente para el uso que se le destina. En los aceros, la soldabilidad es inversamente proporcional a la dureza superficial ya que esta depende de su composición química en donde una gran cantidad de carbón hace al metal más duro y menos soldable. Por ende se utilizan diversos procesos para evaluar la capacidad de soldabilidad de un metal entre los que se destaca la medición de contenido de carbón equivalente.

6. Ductilidad

La ductilidad, es la propiedad que presentan algunos metales y aleaciones cuando bajo la acción de una fuerza pueden estirarse sin romperse para obtener alambres o hilos. A los metales que presentan esta propiedad se les denomina dúctiles.

Un metal dúctil, es aquél que sufre grandes deformaciones antes de romperse, siendo el opuesto un metal frágil, que se rompe sin apenas deformarse. Es una propiedad que como tal se manifiesta una vez que el material está soportando una fuerza considerable; esto es, mientras la carga sea pequeña, la deformación también lo será, pero alcanzado cierto punto, el material cede, por

decirlo así, deformándose en mucha mayor medida de lo que lo había hecho hasta entonces pero sin llegar a romperse. En un ensayo de tracción, los materiales dúctiles presentan una fase de fluencia caracterizada por una gran deformación sin apenas incremento de la carga. Los materiales frágiles son los que se rompen sin previo aviso, mientras que los materiales dúctiles sufren primero una acusada deformación, conservando aún una cierta reserva de resistencia, por lo que después será necesario que la fuerza aplicada siga aumentando para que se provoque la rotura.

La ductilidad de un metal se valora de forma indirecta a través de la resiliencia, que es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía por unidad de volumen que absorbe un material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada.

Los metales se caracterizan por su elevada ductilidad, la que se explica porque los átomos de los metales se disponen de manera tal que es posible que se deslicen unos sobre otros y por eso se pueden estirar sin romperse.

7. Impeller (impulsor)

Un impeller es un componente rotativo de una bomba centrífuga, usualmente está hecho de hierro, acero, bronce, latón, aluminio o plástico; este transfiere la energía del motor que mueve la bomba, al fluido que está siendo bombeado, acelerando el fluido hacia la parte de afuera desde el centro de la rotación. La velocidad alcanzada por el impeller se transfiere en presión al momento de pasar el agua por la carcasa del hidropulsor. Son parecidos a las hélices pero no tienen aspas largas, por ende pueden girar a una velocidad mucho mayor que estas. Al pasar el agua por la carcasa (housing), se produce el empuje hacia adelante, en la embarcación. La carcasa generalmente tiene una tobera de reducción que incrementa la velocidad del agua al crear un efecto Venturi en el cual la baja presión detrás del impeller, empuja más agua a las aspas, lo que incrementa la velocidad.

Hamilton Jet tiene una gama de impellers para cada modelo de hidrojet y la escogencia del impeller adecuado va de acuerdo a la potencia del motor y el diseño del casco.

8. Principio de Bernoulli

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente. Este expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

- Cinético: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
- Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posea.
- Energía de flujo: es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

La siguiente ecuación conocida como "Ecuación de Bernoulli" consta de estos mismos términos.

$$\frac{V^2 \rho}{2} + P + \rho g z = \text{constante}$$

Donde:

V = Velocidad del fluido en la sección considerada.

g = Aceleración gravitatoria

z = Altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

P = Presión a lo largo de la línea de corriente.

ρ = Densidad del fluido.

Para aplicar la ecuación se deben realizar los siguientes supuestos:

- Viscosidad = 0 Es decir, se considera que la línea de corriente sobre la cual se aplica se encuentra en una zona no viscosa del fluido.
- El Caudal es constante
- El Fluido es incompresible por lo cual la densidad (ρ) es constante.
- La ecuación se aplica a lo largo de una línea de corriente.

9. Pintura antifouling

La pintura antifouling o anti incrustante, es una película protectora de pintura aplicada al casco de una embarcación en la obra viva (debajo de la línea de flotación) que es diseñada y aplicada para disminuir el crecimiento de organismos que pueden atacar el casco y afectar el desempeño y durabilidad de la embarcación. Se aplica mediante diferentes esquemas dependiendo de la naturaleza del casco (metal o fibra de vidrio) y las recomendaciones del fabricante. Así, actúa como barrera protectora contra la corrosión en cascos de metal, como mejoradores del flujo de agua que pasa en el casco y colaborando al desempeño en velocidad de yates que se ven afectados por el crecimiento de caracolejo en sus cascos.

Actualmente el diseño de las pinturas se concentra en la función autopulimentante para evitar el adicionamiento de sustancias que incrementan la funcionalidad de la pintura pero que deterioran el medio ambiente donde se encuentran las embarcaciones, por sus composiciones químicas ricas en cobre y tintas; de esta manera al ponerse en movimiento la embarcación, la capa superficial de la pintura se autopulimenta y se limpia de las partículas que se hayan adherido al casco. Debido a lo anterior existen diferentes tipos de

antifoulings con características especiales para cada embarcación respecto a su periodo de movilidad y estanqueidad.

10. Mamparo

Se designa con el nombre de mamparo a la construcción de madera o plancha en posición vertical, con las cuales se forman los compartimentos de a bordo; llevan puertas y, en general, están provistos de aberturas, en comunicación con el exterior, para la ventilación de los espacios que limitan.

Los mamparos pueden ser transversales y longitudinales.

SIGLAS

GRP Glass Reinforced Plastic – Este es un tipo de material hecho en plástico reforzado con fibra de vidrio muy fina, para la construcción de estructuras y cascos.

BSP British Standard Pipe – Este es un tipo de conectores roscados estandarizados internacionalmente para conectar tuberías mediante un acople macho-hembra.

AWG American Wire Gauge Standard – Este es el estándar de tamaño de los cables utilizados para instalaciones en embarcaciones marinas.

5. MARCO TEÓRICO

Los hidrojets Hamilton Jet son sistemas de propulsión marino avanzados, apropiados para una amplia variedad de aplicaciones de alta y baja velocidad. El hidrojet utiliza una bomba de agua altamente desarrollada para generar un chorro de agua de alta velocidad, el cual al ser expulsado por la popa de la embarcación genera una fuerza de empuje en la dirección opuesta para impulsar la embarcación hacia adelante.

5.1. SISTEMA DE PROPULSIÓN POR HIDROJETS CONVENCIONALES

A través de los años, los hidrojets han ganado aceptación como el principal sistema de propulsión para todos los tipos de embarcaciones de alta velocidad, desde botes de placer, hasta barcos de trabajo, ferris y patrullas marinas; ya que han adelantado a sistemas convencionales de hélice en rendimiento y fiabilidad a alta velocidad.

Contrario a los sistemas de hidropulsión por jets, las embarcaciones con propulsión por hélice tienen algunas desventajas como vibraciones, sobrecargas de motores y el riesgo de daños por objetos flotantes.

Una embarcación equipada con un hidrojet tiene un calado mínimo sin *apéndices subacuáticos*¹ lo que permite su operación en aguas poco profundas y en aguas con restos flotantes que puedan dañar o parar una embarcación típica con propulsión por hélices, ampliando su rango de aplicaciones a ríos y lagos, además de mar abierto.

5.1.1. FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES

Los hidrojets convencionales son un equipo completo, en el que se combinan sistemas hidráulicos, de aceleración, dirección, y control. De esta manera el agua entra al hidrojet a través de una rejilla de entrada de agua, ubicada en la parte inferior del casco a través de un conducto, que está nivelado con el fondo del casco para evitar posibles fallas en el funcionamiento del jet por perturbación en el flujo de agua o turbulencias generadas por las formas del casco; después de esto la unidad de 'bombeo' (el impulsor + el estator) incrementa la presión del flujo que posteriormente se descarga a alta velocidad desde la tobera. La reacción proporcionada por este chorro de alta velocidad suministra la fuerza de empuje, que se transmite íntegramente al fondo del casco a través del conducto de entrada. Una tobera de dirección equilibrada de una sola pieza dirige de manera precisa el chorro, siguiendo las órdenes del timón de dirección maniobrado por el piloto; proporcionando altas fuerzas giratorias a babor o estribor.

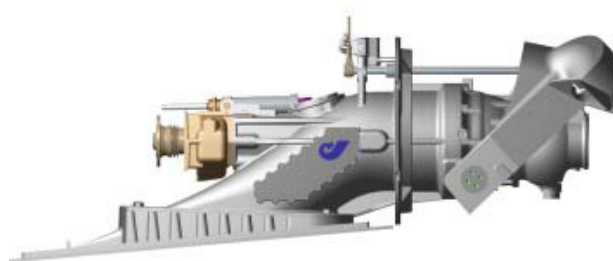


Ilustración 1. Esquema General Hidrojet

¹ Referirse a Glosario, aparte N° 1

Al momento de maniobrar la embarcación en sentido contramarcha o para mantenerse estable en un solo punto, se acciona un deflector independiente de contramarcha de conducto dividido, de acción típicamente hidráulica, que cambia el sentido del chorro dirigiéndolo debajo del casco para así proporcionar un alto empuje en marcha atrás. Este deflector de contramarcha puede situarse en una posición de “**Velocidad Cero**” (punto de equilibrio entre empuje hacia delante y hacia atrás) donde todavía se puede conducir el chorro a Babor y Estribor.

Algo muy interesante para destacar es que al desplazarse hacia delante, a “Velocidad cero” o en contramarcha, la proa de la embarcación siempre girará en la dirección del timón. Girando el timón a babor hará que la proa de la embarcación vire a babor. En Contramarcha esto significa que la dirección es opuesta a lo habitual, aportando muchas ventajas a la hora de maniobrar. Esto significa que al maniobrar hacia atrás, la embarcación tiene la dirección opuesta a la de un automóvil o a la de una embarcación con motores fuera de borda; una característica que puede utilizarse de forma ventajosa a la hora de maniobrar. En la ilustración 2, se indica el sentido de la dirección del bote al accionar las palancas en contramarcha, velocidad cero o hacia delante, al mismo tiempo que se gira el timón.

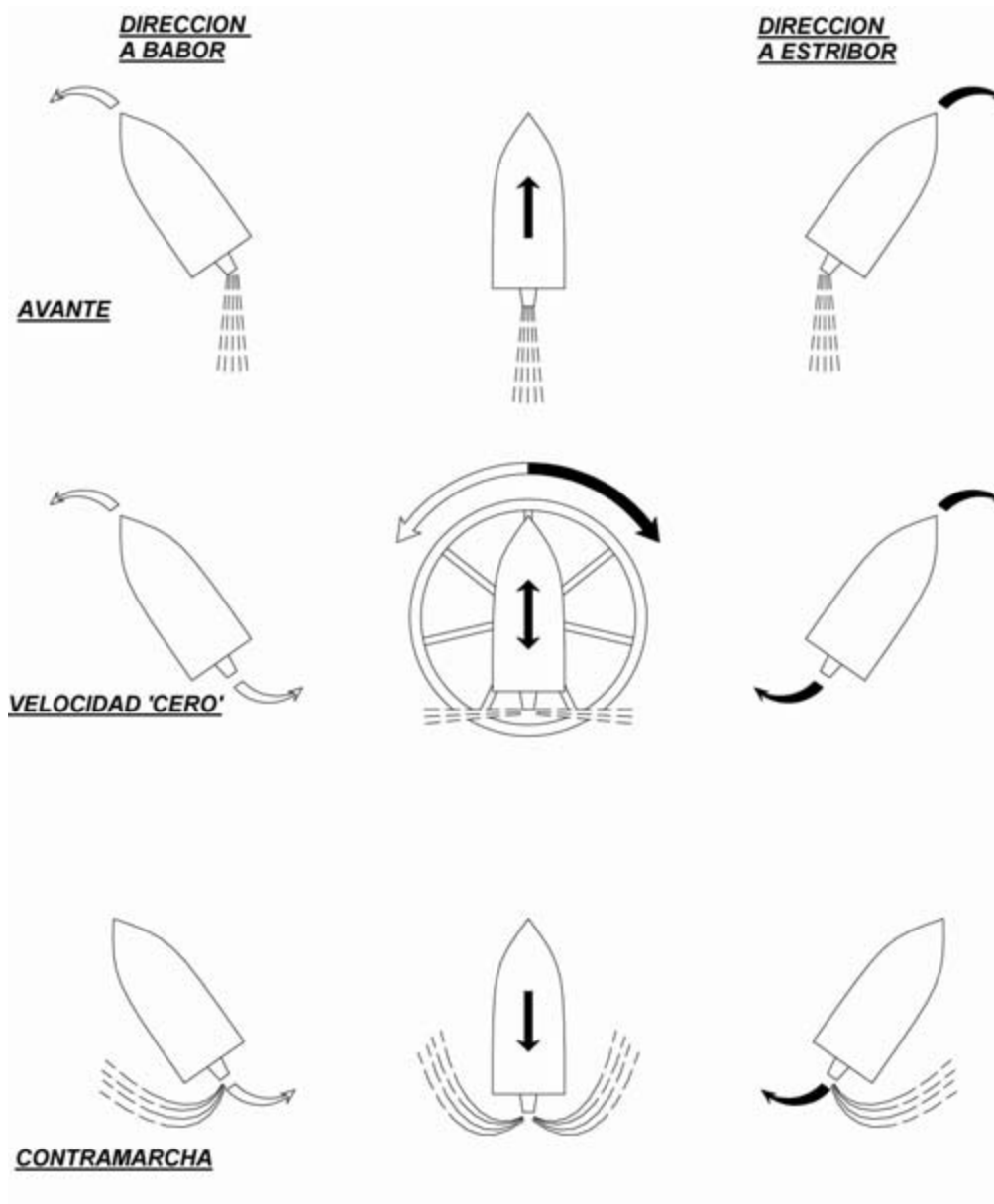


Ilustración 2. Esquema dirección en embarcaciones con hidrojets.

5.1.2. COMPONENTES PRINCIPALES

BLOQUE Y CONDUCTO DE ENTRADA (INTAKE BLOCK)

El Conducto de Entrada representa el cuerpo estructural principal del hidrojet y es una parte integral del diseño Hamilton. Esta hecho en fundición de una aleación de *aluminio de alto contenido de Silicona*² y es capaz de transmitir la totalidad del empuje de la unidad del hidrojet al casco de la embarcación, y no al espejo de popa o al motor a través de la línea de ejes.

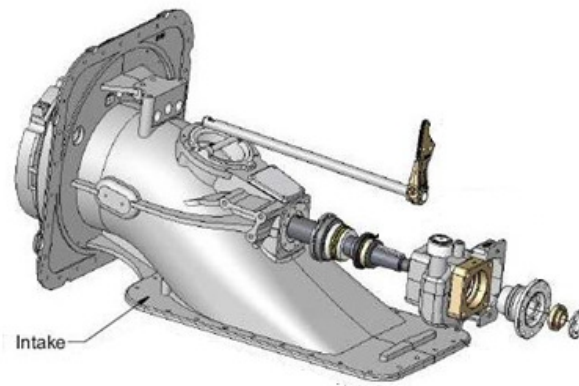


Ilustración 3. Conducto de Entrada

El conducto de entrada se atornilla al Bloque de Entrada que se suelda o se atornilla al casco. Todos los hidrojets Hamilton incluyen una rejilla de entrada que al formar parte del diseño original, no afecta a los parámetros operacionales como la resistencia a la cavitación.

El bloque está fabricado en aleación de aluminio con alto contenido de silicona debido a sus propiedades mecánicas entre las que se destacan la resistencia

² Referirse a Glosario, aparte N° 2

adicional en cuanto a la corrosión y la dureza superficial³, su límite elástico medio⁴, soldabilidad⁵ y principalmente, la ductilidad.⁶

ENFRIADOR DE ACEITE

El conducto de Entrada incorpora un Enfriador de Aceite integral para el sistema de control hidráulico. Éste se conecta a la unidad de fuerza hidráulica montado sobre cada hidrojet (JHPU- Jet Hydraulic Pump Unit) mediante manguitos.

RODAMIENTO DE EMPUJE Y CIERRE MECANICO

El empuje generado por el diferencial de presión creado por el impulsor del hidrojet reacciona sobre un rodamiento de empuje dentro de su carcasa, colocado en la parte delantera del conducto. No se requieren rodamientos externos de empuje adicionales.

Sobre el eje del hidrojet y más atrás del rodamiento de empuje hay un cierre mecánico que no permite la entrada de agua a la embarcación ni a la carcasa de rodamientos.

³ Referirse a Glosario, aparte N° 3

⁴ Referirse a Glosario, aparte N° 4

⁵ Referirse a Glosario, aparte N° 5

⁶ Referirse a Glosario, aparte N° 6

ACOPLAMIENTO & LINEA EJES

Al final del eje se monta un acoplamiento. Hay una variedad de acoplamientos disponibles para adecuarse al tipo de línea de ejes utilizado. El eje utilizado debe aportar flexibilidad tanto axial como radial.

IMPULSOR (IMPELLER)

El diseño del impulsor⁷ utilizado en todos los hidrojets Hamilton es del tipo de flujo mixto, capaz de bombear altos volúmenes de agua a presiones relativamente bajas, así obteniendo coeficientes de propulsión altos a velocidades altas de la embarcación, junto con una resistencia sin igual a la cavitación. Los impulsores son diseñados mediante un software de análisis de flujos. Está hecho en Acero Inoxidable de fundición y gira dentro de un anillo de desgaste de acero inoxidable reemplazable, colocado en la parte posterior del conducto dentro de la carcasa del impulsor, instalado sobre la sección trasera del conducto.

COLA (TAILPIPE)

En la parte trasera del hidrojet se encuentra la Cola que contiene un rodamiento marino lubricado por agua que sostiene la parte posterior del eje; el estator tiene secciones en forma de palas que eliminan la parte rotacional del flujo enderezándolo para que llegue a la tobera como un flujo uniforme y axial.

⁷Referirse a Glosario, aparte N° 7

TOBERA (NOZZLE)

Una vez que el agua ha pasado por la bomba (Impulsor + Estator), se encuentra a una presión mayor con una velocidad relativamente baja. A la salida de la tobera, la presión es atmosférica. Esta diferencia de presión se convierte en velocidad del flujo dentro de la tobera. El tamaño correcto de la tobera es crítico para obtener una correcta operación de la bomba en cada aplicación.

DIRECCIÓN (NOZZLE-NOZZLE INSERT-NOZZLE HOUSING)

El conjunto de dirección está fijado sobre la parte posterior de la tobera y consiste de una carcasa de dirección, la Inserción de la Tobera y la Tobera de Dirección. La Tobera de la Dirección está montada dentro de la carcasa sobre pivotes verticales y es girada a babor y estribor por acoplamientos accionados por un cilindro hidráulico de dirección interior. La Inserción dentro de la carcasa, se asegura de que el flujo que sale de la sección del estator llegue a la tobera final de la dirección sin perturbarse por el mecanismo de la dirección maximizando su eficacia.

DEFLECTOR DE CONTRAMARCHA

El deflector de contramarcha se sujeta al estator mediante pasadores horizontales y puede posicionarse tanto arriba o abajo gracias al cilindro de contramarcha interior. La función avance / atrás del deflector es una parte integral del Hidrojet Hamilton. El Deflector de Contramarcha del tipo conducto dividido está diseñado

para proporcionar el máximo empuje en marcha atrás bajo todas las condiciones de velocidad de la embarcación, profundidad del agua y régimen del motor. El conducto dividido se incorpora para dividir el flujo como asegurar que vaya hacia abajo y hacia los lados con suficiente ángulo para que el chorro no vaya hacia el espejo de popa como hacia la apertura del conducto de entrada. Esto evita el 'reciclaje' del chorro por la unidad del hidrojet (puede estar aireado y/ o contener sedimentos) y un movimiento excesivo de los fondos en bajos. El resultado es una eficacia muy alta que contribuye a una excelente maniobrabilidad en maniobras de atraque.

BRIDA DE POPA (TRANSOM PLATE)

La Brida de Popa cierra el agujero en el espejo de popa por donde atraviesa la cola del Hidropropulsor. Esta atornillada a la popa e incorpora un elemento flexible que hace contacto con el hidrojet.

EXTENSION DE LA TAPA DE INSPECCION (INSPECTION HATCH EXTENSION)

Se utiliza la Extensión de la tapa de Inspección/ Prevención de Rebose en aquellas instalaciones donde la línea de flotación estática (con la embarcación cargada) es superior a la altura de la tapa de Inspección. Se monta sobre la parte superior del Conducto de Entrada alrededor de la tapa de inspección, ver ilustración 4.

RASTRILLO DE REJILLA (SCREEN RAKE)

Los hidropulsos Hamilton Jet de modelo HJ-213 a HJ-403 pueden incorporar un Rastrillo de Rejilla como accesorio. El rastrillo se opera con un pedal montado en la parte inferior del Bloque de Entrada, y se ha diseñado para eliminar aquellos elementos atrapados en la rejilla de la entrada del conducto. El pedal con su muelle de retorno está montado en el lado de babor de la carcasa del bloque de entrada, ver ilustración 4.



Ilustración 4. Extensión de tapa de Inspección y Rastrillo de Rejilla.

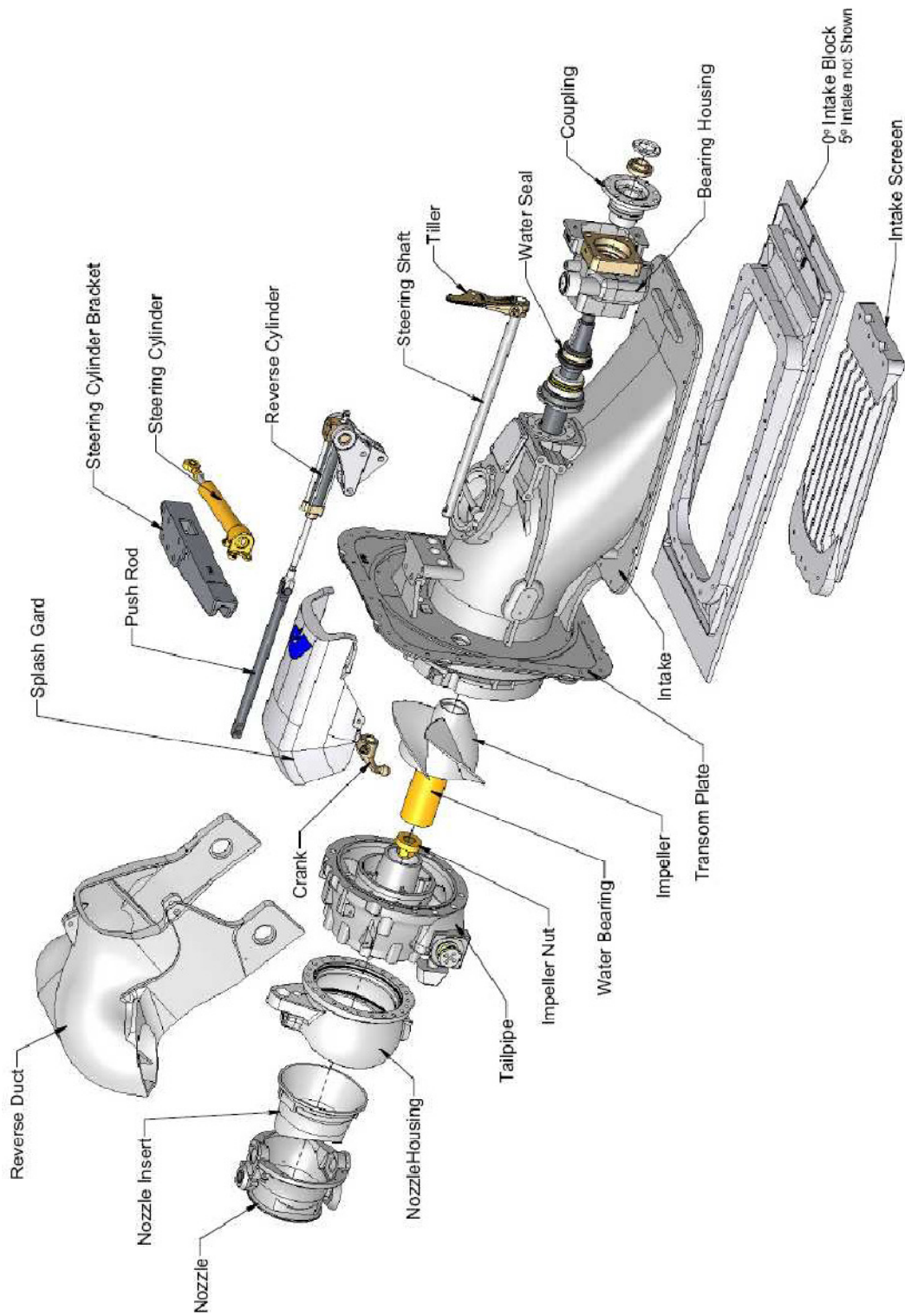


Figure 1: HI-364 Jet Unit Main Components

Ilustración 5. Vista Explosionada de un Hidrojet.

5.1.3. CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN

Respecto a la instalación de los hidrojets, hay ciertas consideraciones a tomar en cuenta, tales como la ubicación de elementos alternos al sistema, la configuración de los elementos del sistema; además de las consideraciones de uso para un correcto funcionamiento del sistema.

EJE PRINCIPAL DEL HIDROJET

El eje principal del hidrojet puede tener una inclinación de 0° ó 5° con respecto a la base del Bloque de Entrada de agua.

Con una instalación de 5° de inclinación y con los hidrojets de babor y estribor instalados al ángulo de la astilla muerta del casco, los ejes de los hidrojets ya no se encontrarán paralelos al eje longitudinal de la embarcación (crujía). La ilustración 6, incluye las desviaciones del eje de los hidrojets cuando su base está instalada en paralelo a la línea de crujía.

Para la base del bloque de entrada de agua paralelo a la línea de crujía:

B1 =Ángulo del eje en vista en plano

B2 =Ángulo del eje en vista lateral

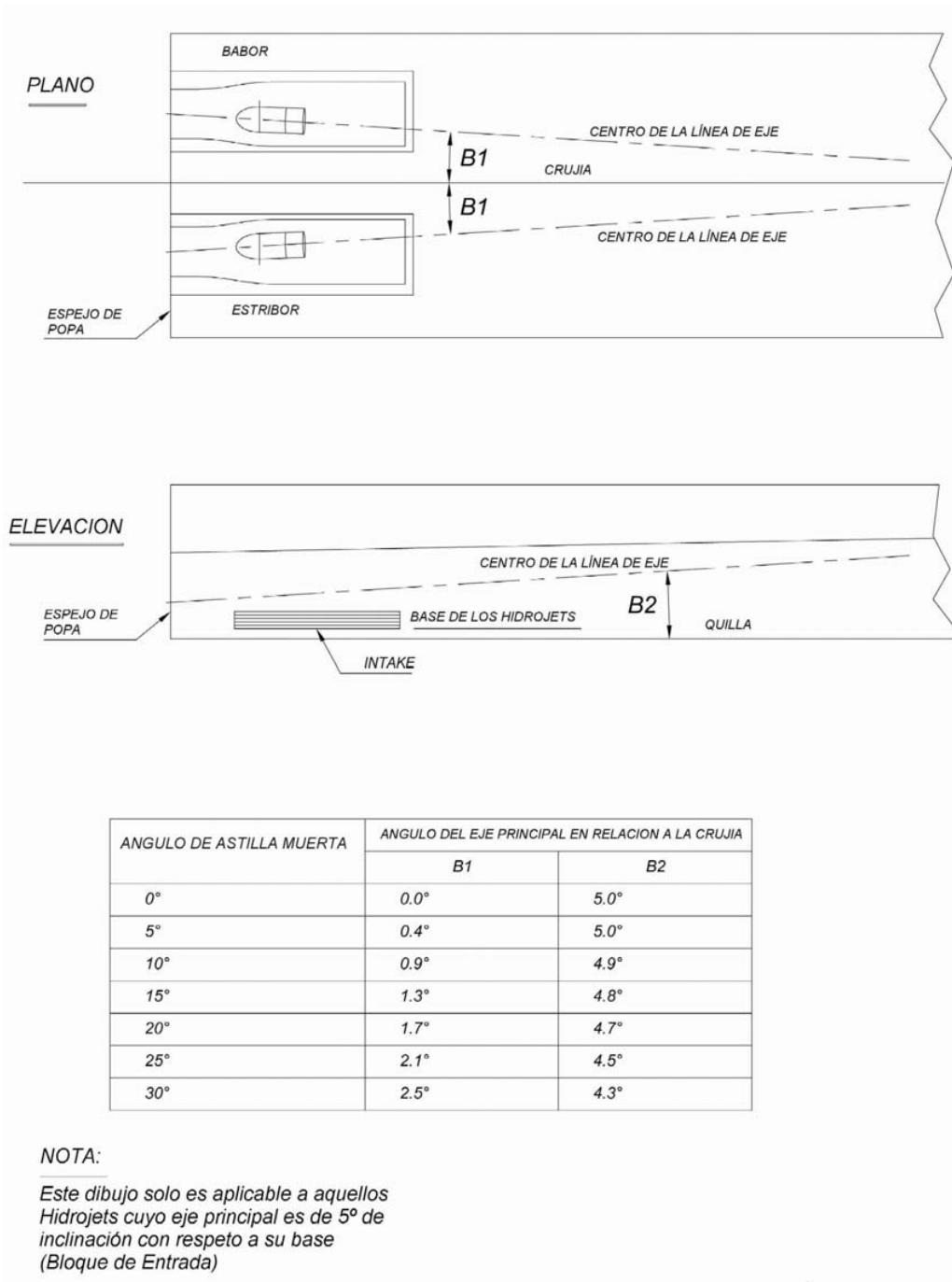


Ilustración 6. Desviación del Eje respecto al ángulo longitudinal (crujía) de la embarcación.

ACOPLAMIENTO MOTOR - JET

El acoplamiento motor-jet se puede hacer de tres formas recomendadas, dependiendo de la distancia que requiera la disposición del cuarto de máquinas en el bote, entre el motor y el hidrojet.

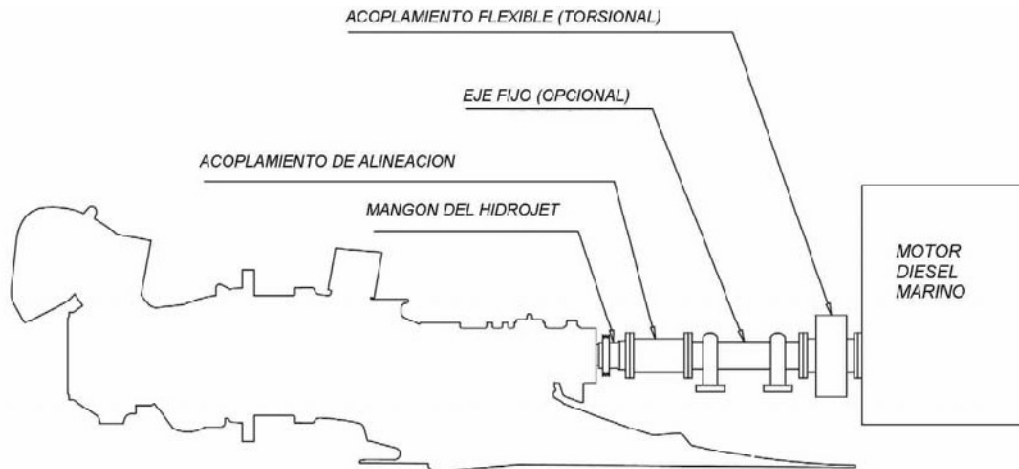


Ilustración 7. Esquema alineación Motor-Hidrojet

Se debe tener en cuenta que:

- La Línea de Ejes debe acomodar tanto desalineación angular como paralela y permitir movimiento axial.
- La Línea de Ejes debe transmitir el par de entrada con una longevidad aceptable. No tiene que transmitir cargas de empuje, dado que estas las absorbe el Hidropropulsor.
- Se requiere flexibilidad torsional en la línea de ejes.

ACOPLAMIENTOS FLEXIBLES TORSIONALES DE DOBLE ELEMENTO

Estos acoplamientos tienen como característica que el motor o la transmisión, está localizado en línea con el eje del hidrojet y el montaje puede ser no tan rígido con este tipo de acople, tal como se ve en la ilustración 8. Se utilizan un eje flexible de doble elementos con rodamientos de soporte. La longitud del acople viene desde aproximadamente 200mm (8"), pero limitado por el peso que pueda soportar el acoplamiento/ brida del hidrojet.

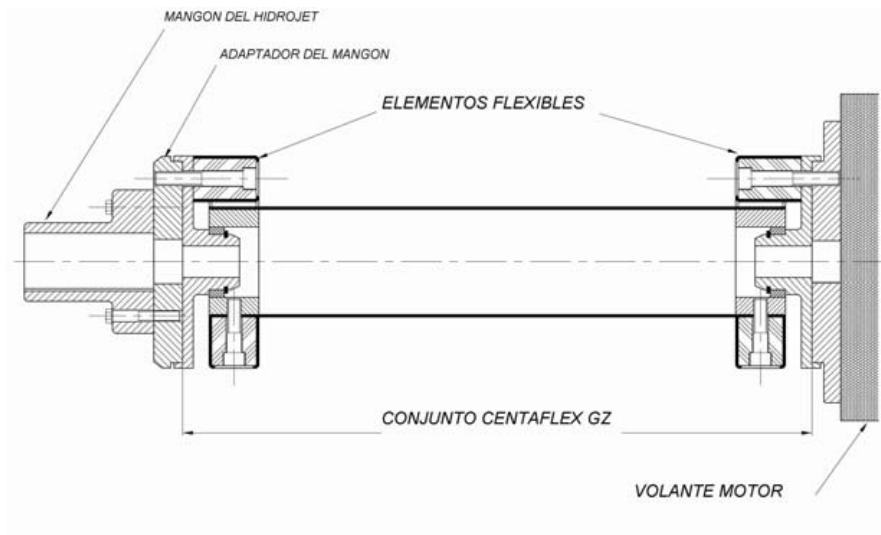


Ilustración 8. Acoplamientos Flexibles Torsionales de Doble Elemento.

ACOPLAMIENTOS DE DOBLE ELEMENTO – NO FLEXIBLES TORSIONALMENTE (SPYCER)

La utilización de estos acoples es la más usual en las instalaciones de hidrojets. Estos se atornillan directamente al acoplamiento/brida del hidrojet y a la volante del motor. Se caracterizan porque no es necesario que el motor se encuentre alineado con el hidrojet, tal como se ve en la ilustración 9. Su longitud puede

variarse entre aproximadamente 900mm a 3,000 mm. La longitud está limitada por el peso que soportará el acoplamiento/brida del hidrojet.

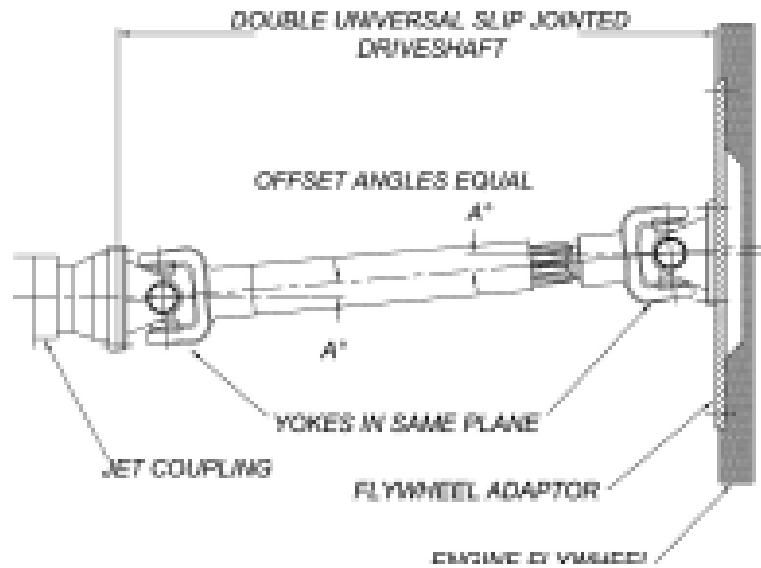


Ilustración 9. Acoplamientos de Doble Elemento No Flexibles Torsionalmente (Spycer).

LINEAS DE EJE LARGAS

Esta configuración se utiliza cuando la distancia entre la volante del motor o transmisión y la brida del hidrojet es demasiado larga, tal como se ve en la ilustración 10. En este caso se utiliza un eje rígido soportado por rodamientos junto con uno de los acoplamientos y ejes descritos anteriormente.

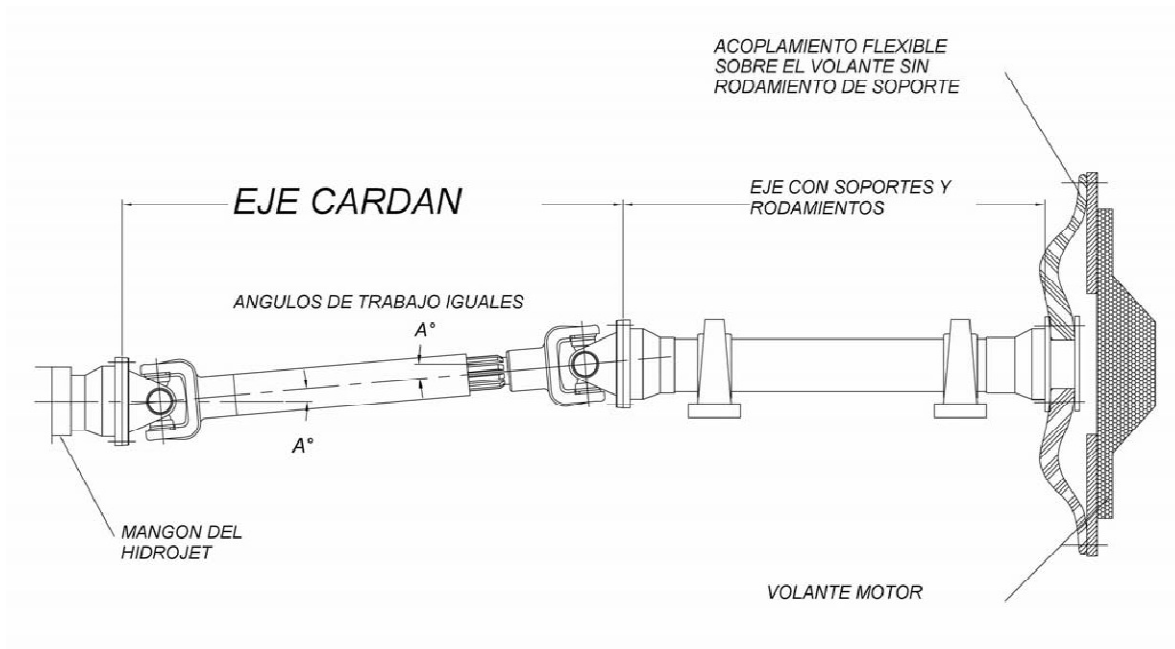


Ilustración 10. Líneas de Eje Largas.

ALINEACIÓN DEL EJE CARDAN

Una vez hecha la escogencia de la configuración a usar en la embarcación en cuanto a la distribución de equipos en el cuarto de máquinas y los acoplamientos a usar, se debe tener en cuenta que para la utilización de un eje cardán (spycer) solo hay dos configuraciones posibles para la disposición de las líneas de ejes entre el hidrojete y el motor o transmisión, la configuración en "Z" y la configuración en "W", refiriéndose a la posición de los ejes de entrada y el plano en que actúan los ejes cardán. Si estas indicaciones no se cumplen, la velocidad de giro del eje del jet no sería constante lo cual se traduce en cavitación y daños al hidrojete.

CONFIGURACION EN "Z"

(Para velocidad constante) $B1 = B2$. y entre 1° y 5° grados. Los ejes de entrada y salida se encuentran en paralelo en un plano. $B1 = B2$

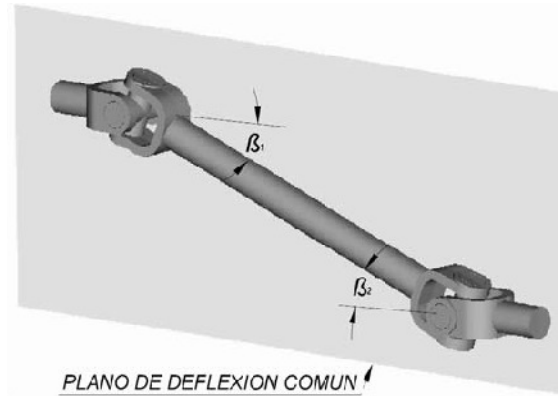


Ilustración 11. Configuración en Z.

CONFIGURACIÓN EN "W"

Para una Velocidad constante $B1 = B2$ y entre 1° y 5° grados. Los ejes de entrada y salida se cruzan en un mismo plano. $B1 = B2$

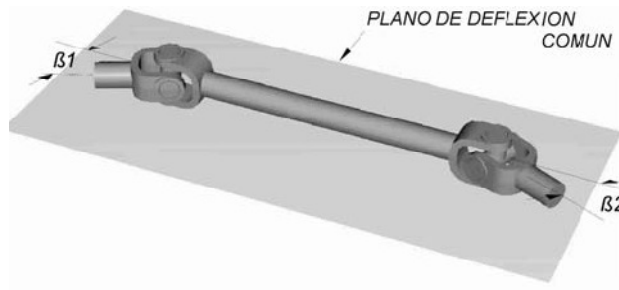


Ilustración 12. Configuración en W.

Hay que tener en cuenta:

- Las crucetas del cardan deben estar en el mismo plano.
- La longitud correcta del eje cardan es aquella donde el eje se encuentra comprimido hasta la mitad de su longitud estriada.
- El extremo estriado del cardan es el más pesado y debe instalarse sobre el motor o la transmisión.
- La mejor forma de alinear un eje, es montando 'punteros' sobre el mangón/brida del hidrojet y la volanta (acoplamiento flexible) del motor. La longitud de cada puntero debe ser la misma e igual a la mitad de la distancia nominal entre las bridas. Hay que girar las bridas para comprobar que los punteros están correctos.
- Al tener una instalación de la rejilla de entrada (intake) con base de 5° el eje principal del hidrojet varía respecto al ángulo del eje longitudinal de la embarcación (crujía) y al ángulo respecto a la horizontal (deadrise angle).

CARGAS SOBRE EL CASCO

A partir de la diferencia en momento entre el agua entrante a la unidad y el agua saliente, se generan cargas por el trabajo efectuado por el hidrojet. Así, existen cargas sobre el casco, cargas generadas por el trabajo efectuado y una excepción de carga que es el par sobre las aspas del estator al quitar el momento angular del chorro inducido por el giro del impulsor, tal como se ve en la ilustración 13.

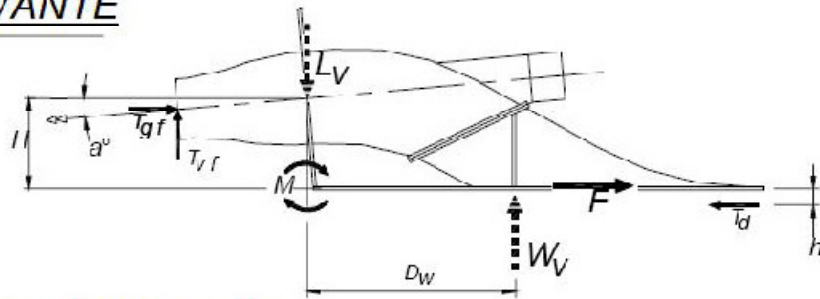
Se debe tener en consideración estos cuatro casos al calcular las cargas máximas:

- Todo hacia Adelante
- Todo a Contramarcha
- Dirección a tope
- Dirección a tope en contramarcha

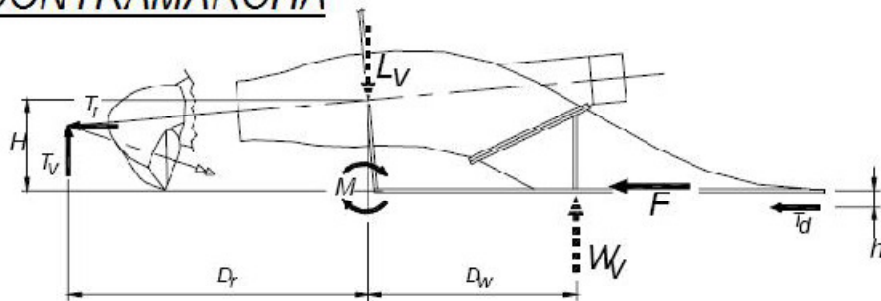
Aunque se pueden calcular fácilmente las cargas proporcionadas por la unidad del hidrojet, las cargas en reacción del casco son prácticamente indeterminables, siendo dependientes de la rigidez del hidrojet y del casco. Estas cargas se han estimado basándose en que el hidrojet se encuentra fijado en el casco de forma rígida:

- De forma radial en el espejo de popa (cargas L_v y L_s).
- Axial y lateralmente en la Brida de Entrada del Hidrojet (cargas F y W_s)
- Verticalmente en la Brida de Entrada (carga W_v)

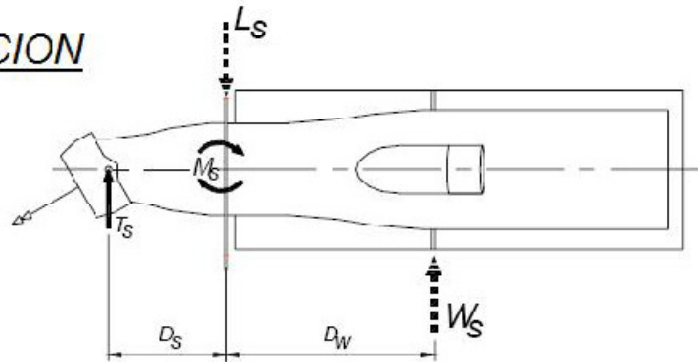
AVANTE



CONTRAMARCHA



DIRECCION



DIRECCION Y CONTRAMARCHA

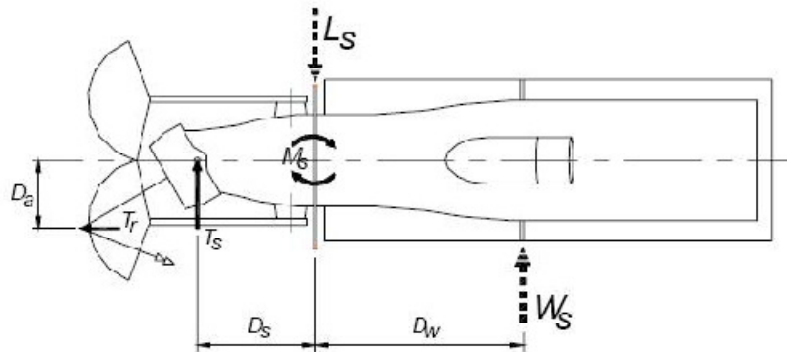


Ilustración 13. Cargas sobre el Casco.

Donde:

a	Angulo del Hidropropulsor
H	Altura Centro
h	Profundidad Media Entrada
Ds	Espejo de Popa a Dirección
Dr	Espejo de Popa a Contramarcha
Dw	Espejo de Popa al Centro de la Base
Da	Centro al brazo de Contramarcha
F	Carga Axial sobre el fondo
Ws	Carga lateral sobre el fondo
Wv	Carga lateral sobre travesaños
Ls	Carga lateral sobre espejo
Lv	Carga Vertical sobre espejo
Tgf	Empuje Bruto
Td	Resistencia
Tv	Componente Lift
Tr	Momento Empuje
M	Momento Vertical
Ms	Momento Horizontal

ESTABILIZADORES – FLAPS PARA TRIMADO

No se pueden montar Flaps a los laterales de los hidrojets, ya que en contramarcha el chorro de la propulsión les golpearía, destruyendo el empuje de contramarcha y el mismo flap. Es posible montar flaps por debajo de la cola del hidrojet con sus correspondientes cilindros de control a cada lado.

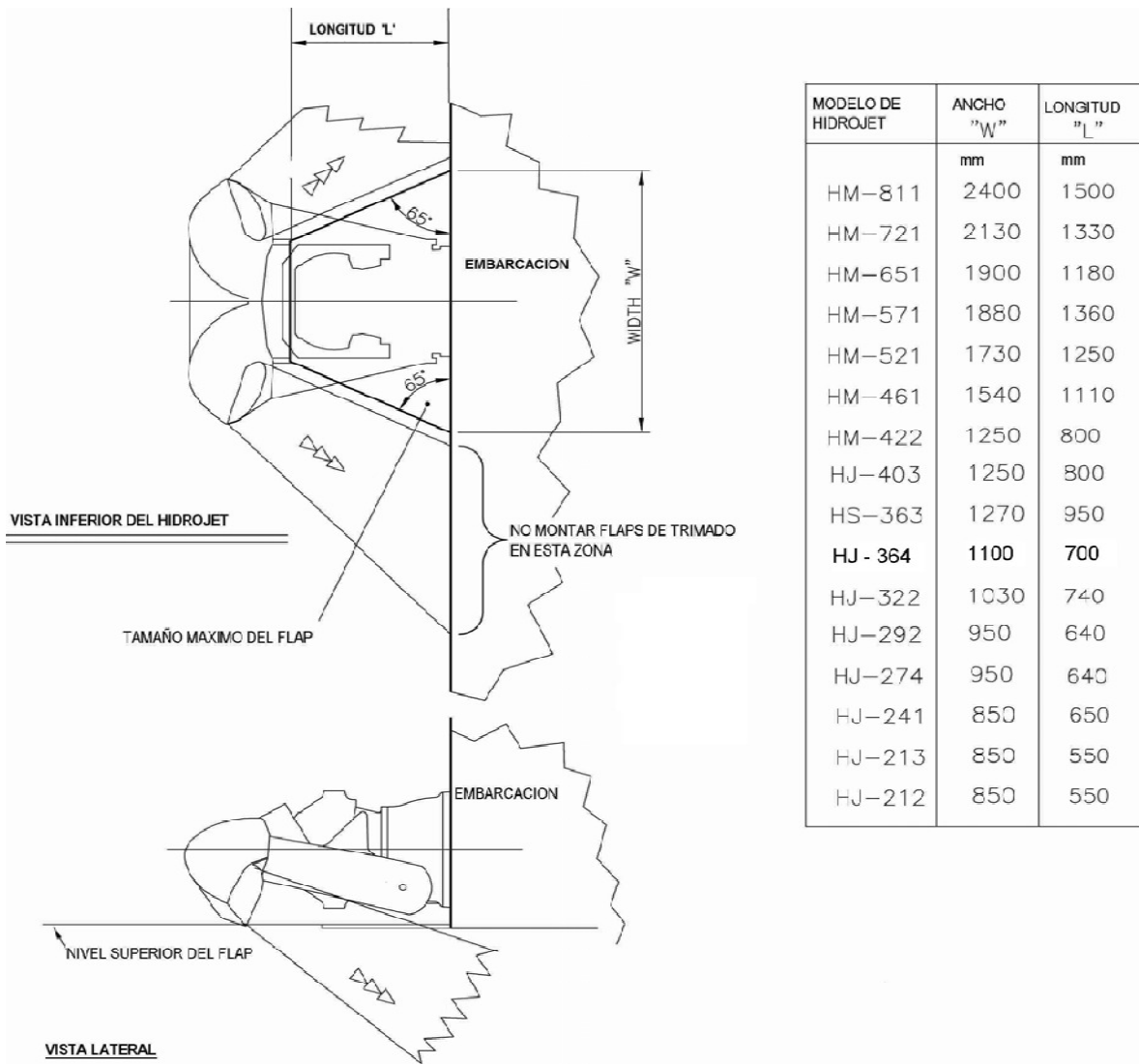


Ilustración 14. Distancias Adecuadas para instalación de Estabilizadores.



SISTEMA DE ESCAPE

Las salidas del sistema de escape (exhaust) no deben colocarse por debajo de la línea de flotación cerca de los hidrojets, para asegurar que sus gases no entren en los hidrojets al desplazarse en Contramarcha ya que esto puede ocasionar una pérdida de empuje y por lo tanto control del hidrojet.

SISTEMA DE DIRECCIÓN

Las toberas de dirección desvían el flujo de agua en el jet en un arco de $\pm 27^\circ$ las cargas de dirección son relativamente ligeras. En muchas instalaciones se recomienda un sistema hidráulico manual, aunque para sistemas de jets pequeños puede ser suficiente un sistema de cables (wires) y piñones. Sin embargo para modelos más grandes, particularmente en instalaciones de varios jets, se puede requerir un sistema de dirección hidráulico asistido por un motor.

Se recomienda que el timón vaya calibrado entre una o dos vueltas de tope a tope para todos los modelos de hidrojets ya que un número mayor de vueltas reduce la sensibilidad en la dirección durante las maniobras a baja velocidad o atraque.

Para los modelos desde el HJ 212 hasta el HJ214 el cilindro de dirección está montado en la parte interna del espejo (transom), mientras que para modelos desde HJ292 hasta HJ403 el cilindro está montado interno en el hidrojet.

5.2. SISTEMAS DE PROPULSIÓN POR HIDROJETS CON CONTROL BLUE ARROW

Hamilton Jet incorpora como avance tecnológico, el sistema de control Blue Arrow, este es un sistema electrónico que provee total control de la embarcación al piloto, brindando alternativas para el atraque y mayor información al momento de un mantenimiento y un posible problema en el funcionamiento de la máquina. El Sistema de control Blue arrow representa la última generación de controles electrónicos de Hamilton Jet para embarcaciones con propulsión por hidrojets. Está compuesto de diversos módulos electrónicos estándares acoplados a sistemas hidráulicos y mecánicos de los modelos Hamilton Jet.

5.2.1. FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES

COMPONENTES PRINCIPALES

MÓDULOS BASE

- Un Panel de Control por cada Puesto de Gobierno (Station Control Panel SCP),
- Un Módulo de Interfaz de Hidrojet (Jet Interface module JIM) por cada hidrojet instalado.
- Un Módulo de Interfaz de Motores (Engine Interface Module EIM) por cada motor instalado.

ELEMENTOS DE CONTROL (CID) CONTROL INPUT DEVICES

- Un Controlador Doble de Palanca única (Single Lever Controller SLC) por Puesto de Gobierno.
- Un Módulo de Timón por Puesto de Gobierno
- Un Módulo de Maniobra Mouseboat por Puesto de Gobierno.

MODULOS BASE

PANEL DE CONTROL SCP DEL PUESTO DE GOBIERNO

El SCP (Station Control Panel) es el instrumento principal de información del sistema de control Blue Arrow ya que en él se proporciona información tanto visual como auditiva sobre el estado del sistema desde la pantalla LCD y la alarma. Este recibe a su vez las instrucciones desde los Elementos de Control y los envía a los Módulos Interfaz de los Hidrojets (JIM) y de los motores (EIM) para gobernar la embarcación.

Está dotado de un Joystick que funciona en el modo BACKUP como un controlador de la embarcación en caso de un fallo del sistema de operación normal. Además de ser utilizado durante el comisionado (commisioning) del sistema para la graduación de nivel de los hidrojets respecto al control, tal como se ve en la ilustración 15.



Ilustración 15. SCP (Station Control Panel).

MODULO INTERFAZ DEL HIDROJET- JET INTERFACE MODULE (JIM)

Este módulo recibe información del SCP y del EIM, para efectuar un control correspondiente a las señales enviadas sobre el movimiento tanto de la tobera de dirección como del deflector de contramarcha del hidrojet. Está conectado directamente con el SCP y con el EIM, además en instalaciones gemelas se conecta entre sí con el JIM del lado contrario para ejercer función de control par de manera calibrada. De esta manera en modo de fallo (back-up) proporcionan señales de demanda a los aceleradores de los motores y entre sí (para proporcionar una línea de comunicación adicional entre los módulos por si falla una conexión al SCP). Adicionalmente, la alimentación de todos los otros módulos blue arrow pasa a través de los JIM.

Los JIM están montados sobre los hidrojets y no requieren instalación adicional, más que ciertas precauciones respecto al entorno en el que se instalen para evitar daños. Sus bases son de caucho y se aprisionan mediante pernos

seccionados en el caucho para evitar vibraciones y los daños que estas ocasionan.



Ilustración 16. JIM (Jet Interface Module).

MODULO INTERFAZ DE MOTOR - ENGINE INTERFACE MODULE (EIM)

Este módulo recibe la información del SCP y se conecta a los motores mediante una tarjeta interfaz en este caso Teleflex que interpreta la señal y acciona los motores en la función requerida de aumento o detrimento de las rpm que se necesitan para la maniobra. En el caso de que el sistema de propulsión incluya transmisiones, también las controlará teniendo en cuenta los protocolos a seguir. Los EIM se conectan al sistema a través de los JIM y su instalación requiere de ciertas precauciones para su mantenimiento.



Ilustración 17. EIM (Engine Interface Module).

ELEMENTOS DE CONTROL – (CID) - CONTROL INPUT DEVICES

CONTROLADOR DOBLE DE PALANCA ÚNICA- SLC

Es la unidad principal para controlar las funciones de avance y contramarcha de la embarcación. Este controla tanto la dirección de avance como el aumento de velocidad y el desarrollo de rpm de los motores, controlando así mismo los deflectores de contramarcha de los hidrojets. Se conecta en serie junto con los otros elementos de control al Panel de Control del Puesto de Gobierno.



Ilustración 18. Controlador de Doble Palanca.

MÓDULO DE TIMÓN

El Módulo de Timón es el controlador principal de la dirección de la embarcación. Se conecta en serie junto con los otros elementos de control al Panel de Control del Puesto de Gobierno. Puede equiparse con una variedad de volantes.

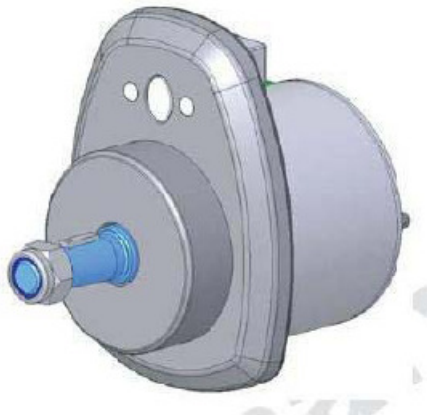


Ilustración 19. Módulo de Timón.

MÓDULO DE MANIOBRA – MOUSEBOAT

El Mouseboat es una herramienta extra para el atraque de la embarcación. Se utiliza en opción de mínimas rpm y provee un control total de la embarcación una vez ha sido calibrado correctamente. Este controla tanto la dirección de avance como el aumento de velocidad y el desarrollo de rpm de los motores, controlando así mismo los deflectores de contramarcha de los hidrojets y la dirección del bote. Se conecta en serie junto con los otros elementos de control al Panel de Control del Puesto de Gobierno.



Ilustración 20. Mouse Boat.

5.2.2. CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN

Las consideraciones de instalación a tomar en cuenta para el sistema de control Blue Arrow para hidropulsos, se enfocan en los dispositivos, el cableado y la alimentación de energía del sistema.

MÓDULOS BASE

La instalación física de los módulos debe tener en cuenta la fácil accesibilidad para permitir monitoreo de sí mismos y un posible cambio. Además deben ser colocados lejos de áreas sujetas a altas vibraciones. Estos no contienen componentes que puedan ser reparados en el área de funcionamiento y no deben ser manipulados incluso durante su instalación. En caso de estar expuestos a la intemperie, se requiere de una carcasa que permita visibilidad y provea protección.

Los EIM se deben montar verticalmente sobre un mamparo ubicado cerca de sus respectivos motores, alejado de fuentes de vibraciones altas.

El panel de control SCP se debe instalar sobre una superficie inclinada que no está expuesta a luz solar directa para mejorar su visibilidad. De igual manera se debe instalar de tal forma, que no produzca reflejos molestos en las ventanas del puente de gobierno al navegar de noche. Hay que asegurar que haya suficiente espacio detrás de los módulos para poder conectar el cableado y que el Joystick de Backup tenga suficiente libertad de movimiento para su correcta operación.

Se deben colocar terminaciones de red, sobre los conectores de los JIM no utilizados, el conector del SCP sobre el último Panel de Control en la cadena, y el último Elemento de Control (CID) de cada puesto de gobierno.

ELEMENTOS DE CONTROL CID

Los Elementos de Control (CID) deben montarse cerca del Panel de Control (SCP) correspondiente, en una ubicación que facilita su operación ergonómica. Debe mantenerse suficiente distancia entre los diversos elementos para que su uso no entorpezca el movimiento de los demás elementos. Es muy importante tener en cuenta las terminaciones de red, ya que se debe conectar una terminación de red al último CID conectado al SCP, ya que el no hacerlo provocará errores de comunicaciones entre los elementos.

El sistema incluye altavoces de alarma, los cuales deben ser ubicados cerca al SCP de manera tal que sean audibles para tener una reacción oportuna al momento de un fallo.

El Piloto Automático debe conectarse al Panel de Control (SCP) en el puente de mando, y debe ser conectado siguiendo el esquema para su configuración en la embarcación y según el tipo de piloto automático.

ALIMENTACIÓN

El sistema de control Blue Arrow requiere de una fuente de alimentación confiable y es necesario tener una opción de respaldo (back up) para el continuo funcionamiento del sistema ante un fallo en la fuente de alimentación principal. Es por eso que se requiere de dos suministros independientes. Un suministro primario y un suministro secundario para usar en caso de fallo del sistema primario. Siempre se debe utilizar baterías separadas que aporten al sistema un total de 24V DC por suministro ya que el sistema trabaja con 24V DC. Se tienen las siguientes recomendaciones:

- Cada uno de los suministros debe ir conectado a cada uno de los hidrojets.
- Montar un switch de encendido para habilitar y deshabilitar el circuito ya que el sistema Blue Arrow absorbe energía inclusive al estar fuera de uso, por lo cual se recomienda desconectar totalmente el sistema de la alimentación cuando no está en uso. Este se debe montar en el Puente o Consola de mando.
- El tamaño de cable recomendado es de 10AWG (American Wire Gauge Standard). Para embarcaciones pequeñas con recorridos cortos de alimentación, es posible reducir el tamaño a 16AWG.

CABLEADO DEL SISTEMA DE CONTROL

El cableado del sistema de control Blue Arrow, viene diseñado y precortado según la necesidad del fabricante o constructor de la embarcación. Este tiene una etiqueta coloreada sobre cada extremo que corresponde a los conectores coloreados sobre los módulos. Al colocar el cableado entre los componentes del sistema es recomendable lo siguiente:

- Colocar el cableado sobre bandejas o dentro de tuberías cerradas.
- No poner cableado pesado encima de cables ligeros.
- No mezclar cableado de datos con cables de alimentación eléctrica.
- Utilizar sujetadores para cable (abrazaderas plásticas) cada 400 mm mínimo para evitar vibraciones.
- Evitar el uso de sujetadores para cable (abrazaderas plásticas) con perfiles afilados o cuadrados.
- Mantener los cables paralelos y evitar cruces donde sea necesario.
- Solo se conectan cables a los conectores de idéntico color ya que los cables están hechos de tal manera que solamente entran en los conectores correspondientes.
- En instalaciones de más de un puente de mando, los SCP llevan una forma especial de conexión.

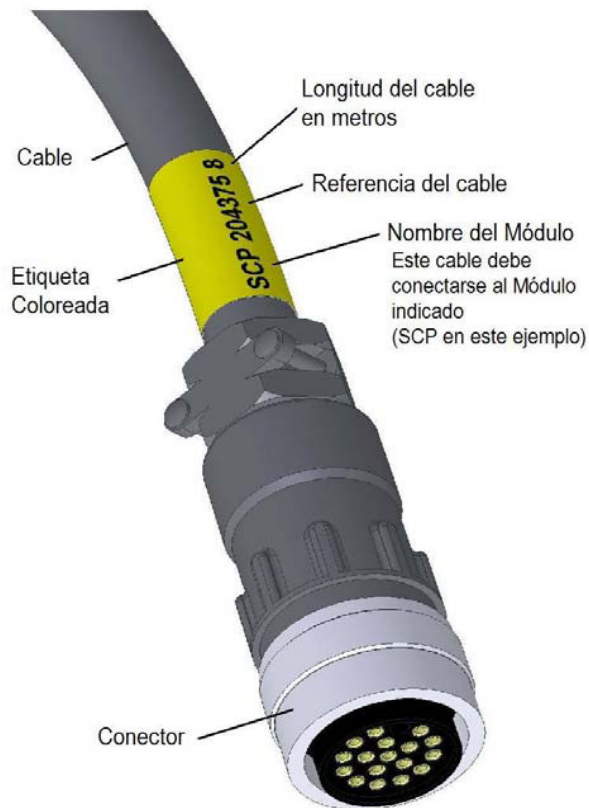


Ilustración 21. Cable Sistema Control Blue Arrow.

PRECAUCIONES CONTRA LA CORROSION

Los componentes del Sistema de Control Blue Arrow, están fabricados con materiales de alta calidad, seleccionados por sus propiedades de resistencia a la corrosión. Sin embargo al estar expuestos a salpicaduras de agua salada es recomendable tener ciertas precauciones:

- Engrasar los enganches y finales de los cilindros con grasa resistente al agua.
- Envolver cinta anticorrosiva (Nipón Denso) alrededor de los componentes hidráulicos.

- Proteger los módulos del sistema y su cableado del contacto con agua salada, utilizando cajas de acrílico o tuberías cerradas correspondientemente.
- Nunca dejar reposar agua sobre los módulos y su cableado.
- El montaje de los Elementos de Control (CID) y Paneles de Control (SCP) debe hacerse de acuerdo a las recomendaciones y evitando salpicaduras de agua salada.

5.3. MOTOR

El acoplamiento de un motor bien seleccionado para un sistema de propulsión por hidrojets es de vital importancia para el buen funcionamiento de la embarcación. En la mayoría de los casos se utilizan motores diesel sin transmisión acoplados a hidrojets. Sin embargo también se utilizan las transmisiones con ánimo de lograr una configuración adecuada motor- hidrojet, de manera que se puedan entregar las RPM necesarias al hidrojet, reduciendo las entregadas por el motor. Esto mejora el margen de cavitación, la aceleración de la embarcación y el empuje en baja velocidad. Inclusive, una transmisión puede ser útil al momento de utilizar la función neutro para generar un flujo en reversa que pueda limpiar la rejilla de entrada o para utilizar la potencia del motor para otra aplicación. De igual forma es importante tener en cuenta que además de la escogencia adecuada entre motor-transmisión- hidrojet; se cuenta con un impulsor (impeller) específico para dicho acoplamiento.

Se escoge un motor diesel por razones de seguridad que eviten accidentes a mar abierto ya que un motor diésel funciona sin necesidad de chispa para generar la ignición (quema) del combustible mediante una mezcla con aire precalentado, lo que evita diversas circunstancias que propaguen situaciones de riesgo a mar abierto; por costos y por la eficiencia que demuestran debido a su funcionamiento.

La principal ventaja de los motores diesel, comparados con los motores a gasolina, estriba en su menor consumo de combustible. Debido a la constante ganancia de mercado de los motores diesel en turismo desde los años 1990, el precio del combustible ha superado a la gasolina debido al aumento de la demanda lo cual ha generado grandes problemas a los tradicionales consumidores de gasóleo, como transportistas, agricultores o pescadores.

Las desventajas iniciales de estos motores (principalmente precio, costos de mantenimiento y prestaciones) se están reduciendo debido a mejoras como la inyección electrónica y el trabajo del turbocompresor. No obstante, la adopción de la precámara para los motores diesel en comparación con los motores de gasolina, presenta el inconveniente de incrementar el consumo, con lo que la principal ventaja de estos motores prácticamente desaparece.

YANMAR

El fabricante de los motores de las embarcaciones a estudiar, es especialista en motores diesel para embarcaciones de placer y ha sido un fabricante líder de motores diesel desde 1912 produciendo desde equipos de inyección de combustible, hasta equipos marinos para maquinaria diesel. Los motores Yanmar diesel son especialmente desarrollados para aplicaciones marinas, dando a los clientes el sistema de propulsión más confiable en el mercado. Los motores Yanmar están diseñados para durar, de esta manera, el modelo 6LY3 tiene una cerámica súper dura que previene el desgaste. Toda la serie tiene escapes y codos de mezcla de agua, de acero inoxidable, una garantía de larga vida y resistencia a la corrosión. Su fácil mantenimiento es una de las metas del diseño, por tanto son accesibles de una manera sencilla, así tiene como estándar un medidor de aceite doble en estribor y babor. El modelo 6LY3 también tiene líneas de cilindros secos reemplazables, lo que significa un menor costo al hacer un overhauled (puesta a punto). Utiliza un sistema control electrónico innovador, que provee una eficiencia máxima de combustible; más potencia de menos combustible al entregar un control preciso del combustible entregado y el tiempo de entrega, lo que genera una baja emisión de gases. Este sistema electrónico también está integrado con actuación hidráulica para maximizar y monitorear el rendimiento del motor. Además el diseño de los pistones optimiza la combustión

aún más. En general el diseño de los motores es compacto ya que el peso de un bote es lo que más afecta en cuanto a su velocidad, por eso tiene partes especialmente diseñadas en aluminio como el carter de aceite y el manifold de escape refrigerado por agua.

Los cuatro motores, dos por bote, son del mismo modelo y sus especificaciones son idénticas. Son motores diesel modelo 6LY3-STP, utilizados para embarcaciones de placer. Es un motor de seis cilindros en línea con ciclo de cuatro tiempos, 24 válvulas, refrigerado por agua, con sistema de combustión directa. Alcanza 440 HP a 3300 RPM, trabaja con sistema de 12V DC en el motor de arranque y se recomienda una batería de 12V y 150 AH para su correcta utilización. Tiene un turbo cargador con un intercambiador refrigerado por agua de mar y un sistema de refrigeración por agua dulce.

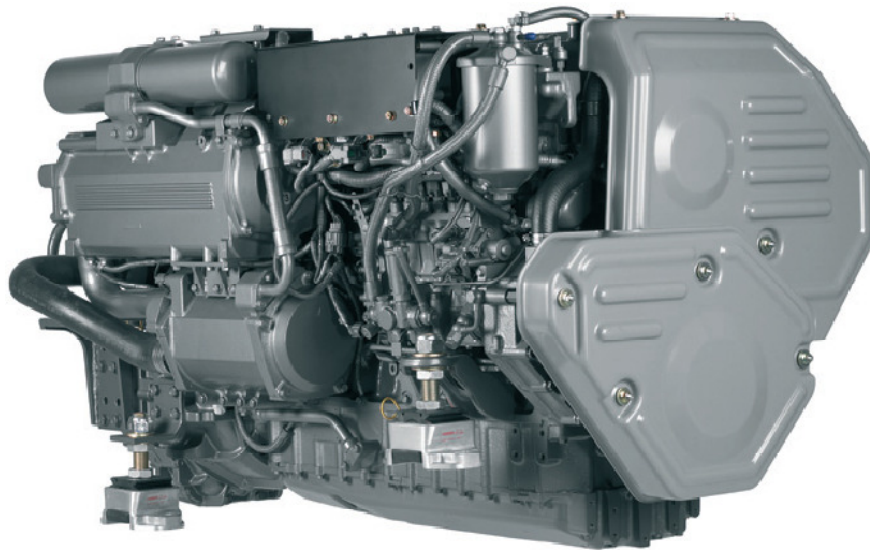


Ilustración 22. Motor Yanmar 6LY3-STP

5.4. FENÓMENOS

Las embarcaciones con sistema de propulsión por hidrojets, tienden a ser propensas a fenómenos como cavitación, aguas aireadas y corrosión por su interacción con el agua salada. De esta manera es importante tener en cuenta que el diseño de las embarcaciones debe ser adecuado para los hidrojets.

CAVITACIÓN

La cavitación es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de *Bernoulli*⁸, entonces puede ocurrir que se alcance la presión de vapor del líquido de tal forma que las moléculas que lo componen cambian inmediatamente a estado de vapor, formándose burbujas o cavidades. Las burbujas formadas viajan a zonas de mayor presión e implotan (el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, «aplastándose» bruscamente las burbujas) produciendo una estela de gas y un arranque de material en la superficie en la en que se origina este fenómeno.

La implosión causa ondas de presión que viajan en el líquido. Estas pueden disiparse en la corriente del líquido o pueden chocar con una superficie. Si la zona donde chocan las ondas de presión es la misma, el material tiende a debilitarse metalúrgicamente y se inicia una erosión que, además de dañar la superficie, provoca que ésta se convierta en una zona de mayor pérdida de presión y por ende de mayor foco de formación de burbujas de vapor. Si las burbujas de vapor se encuentran cerca o en contacto con una pared sólida cuando implotan, las fuerzas ejercidas por el líquido al aplastar la cavidad dejada por el vapor dan lugar a presiones localizadas muy altas (1000 Mpa), localizadas mas allá de la

⁸ Referirse a Glosario, aparte N° 8

resistencia de la mayoría de materiales, ocasionando picaduras sobre la superficie sólida.

El fenómeno generalmente va acompañado de ruido y vibraciones, dando la impresión de que se tratara de grava que golpea en las diferentes partes de la máquina.

En los hidrojets se puede dar este fenómeno a bajas velocidades en contraste a las hélices convencionales que pueden sufrir de cavitación a altas velocidades, el impulsor (impeller) del hidrojet es más dado a sufrir de daño por erosión de cavitación. Sin embargo en las peores condiciones, las hojas del estator y la camisa de escape pueden resultar dañadas.

La cavitación ocurre en los hidrojets cuando:

1. Hay excesiva potencia de entrada en botes de baja velocidad.
2. La entrada está parcialmente bloqueada con escombros o es demasiado pequeña.
3. Hay un factor externo causando turbulencia en el flujo de agua hacia el jet, tal como una entrada de agua u otra irregularidad del casco.
4. El impeller está dañado o desafilado.
5. El trimado o la carga son excesivos.
6. Cuando se remolca otro casco.

Si se experimentan condiciones de cavitación en una instalación existente, esta puede ser suprimida acelerando el bote lentamente.

Una alternativa a esto puede ser la reducción de peso del bote y el arreglo de posicionamiento de los trim tabs; lo cual contribuirá a bajar la carga excesiva que evita el requerimiento de arreglos de alta aceleración en botes de baja velocidad.

Se puede eliminar un poco de cavitación utilizando una tobera (nozzle) más pequeña, lo cual reduce el flujo de agua a través del hidrojet, siempre y cuando la reducción no sea por debajo del tamaño óptimo ya que esto hace al hidrojet menos eficiente.

La mejor solución, es la correcta selección del hidrojet en la etapa de diseño, basada en estadísticas reales del casco y en un control cuidadoso del peso del bote durante la construcción, además de tener un impeller adecuado según el arreglo de configuración motor o transmisión y las RPM entregadas al hidrojet.

Algunas características para tener en cuenta en el diseño con el fin de obtener una mayor resistencia a la cavitación son las siguientes:

1. Tener un área de impeller más grande, así como aspas más largas o más aspas de la misma área. La eficiencia de la bomba puede reducirse a medida que el área de las aspas aumenta debido al efecto friccional del área superficial aumentada. Hamilton Jet ofrece un rango de opciones de impellers para cada modelo lo que habilita a un hidrojet optimizado para ser usado en varias aplicaciones.
2. El perfil del aspa determina la distribución de la carga alrededor de la superficie de la hoja, un factor crítico para el rendimiento de la cavitación.
3. Entradas largas evitan el desempeño de la cavitación pero a medida que la velocidad del bote aumenta, una entrada larga puede causar una resistencia en el casco.

AGUAS AIREADAS

Bajo ciertas condiciones de uso es posible que entre agua aireada al hidrojet. Operando en zonas donde las aguas tienen un exceso de aire, por ejemplo en rápidos, olas, rompientes, hay que tener en cuenta lo siguiente:

1. Puede haber pérdidas en empuje debido al volumen de aire bombeado en vez de agua.
2. El Impeller puede 'patinar' de repente causando unas fluctuaciones salvajes de revoluciones de motor. Si se presentan estos síntomas, reduzca las revoluciones de los motores hasta obtener un empuje constante.
3. Poca carga sobre el motor (incremento de RPM).
4. Pérdida de Empuje (la velocidad de la embarcación disminuye).
5. Ruidos y vibraciones anormales provenientes del hidrojet. Cuando el aire entra al jet este se adhiere a áreas de baja presión en el lado de succión de las aspas del impeller. Al suceder esto se disminuye la cantidad de espacio para que el agua pase entre las aspas, lo que se traduce en una reducción del flujo de agua y por tanto una reducción en el empuje del jet. En la práctica siempre hay una cantidad de aire entrando en el flujo de agua del jet causado por la interface aire-agua en la proa del casco, sin embargo el hidrojet es capaz de manejar esta cantidad limitada de aire sin tener una reducción en su funcionamiento.

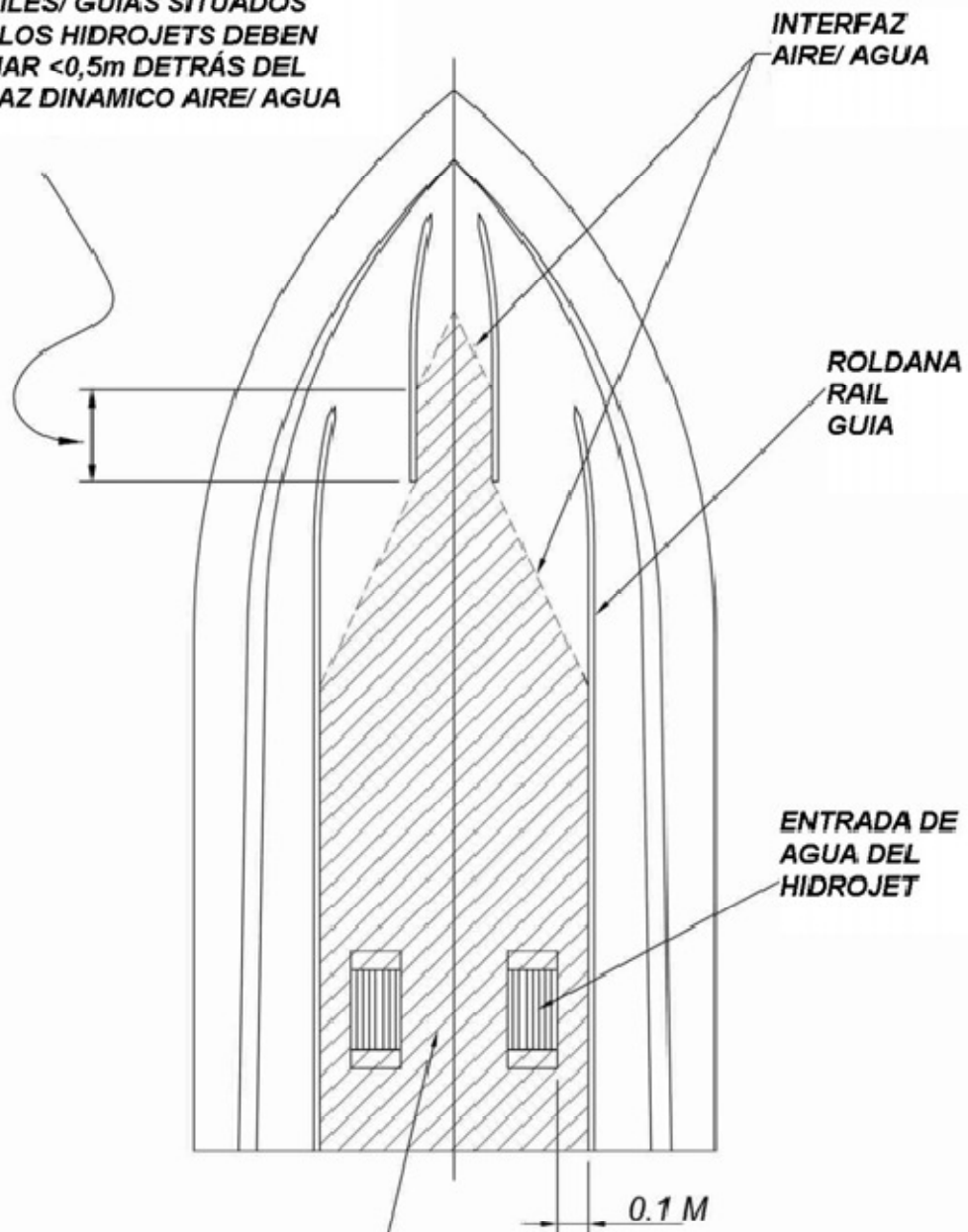
De cualquier forma, existen factores externos pueden hacer que este flujo de agua se vuelva aireado excesivamente, dando como resultado una perdida en el empuje del hidrojet. Esta se nota por un aumento en las rpm del motor con una pérdida simultánea en la velocidad del bote. Estos factores se deben tener en cuenta en el diseño del proyecto para alcanzar el empuje objetivo de la embarcación a través del hidrojet. Así se destaca lo siguiente:

1. Los cascos en V poco profundos sin filo o de forma de proa completa, crean una ola en proa aireada pesada que es enrollada debajo del casco hasta la

entrada del jet. De esta forma los cascos con una V pronunciada y con un filo adecuado en la proa causan menos situaciones de aguas aireadas.

2. Los cascos de formas múltiples, particularmente los tri-cascos, tienden a atrapar aire entre los pontones por ende no es recomendable instalar jets en estas zonas.
3. Cascos sin estrías, las zonas de quillas y quillas aplanadas en el centro tienden a canalizar el aire hacia la popa, al hidrojet.
4. Entradas de agua localizadas en la parte delantera de la entrada del jet puede causar aguas aireadas por redireccionar el flujo aireado en la entrada del jet. Referirse a Ilustración 23.
5. Las instalaciones de entrada del jet deben emerger suavemente en el perfil del casco a la parte delantera de la entrada, sin escalones o crestas.
6. Las salidas de los escapes deben estar por encima de la línea de flotación para evitar la recirculación de gases del escape a la entrada del hidrojet, durante la operación en contramarcha.
7. Un ángulo excesivo de trimado, puede crear una ola de aire desde la popa hasta la entrada del jet.

**LOS RAILES/ GUIAS SITUADOS
ENTRE LOS HIDROJETS DEBEN
TERMINAR <0,5m DETRÁS DEL
INTERFAZ DINAMICO AIRE/ AGUA**



**LA AREA SOMBREADA DEBE
MANTENERSE LIBRE DE APENDICES Y
TOMAS DE AGUA**

Ilustración 23. Esquema de instalación apropiado para evitar cavitación y aguas aireadas.

CORROSIÓN

El fenómeno de corrosión presente en el ambiente marino consiste en la interacción de un metal con el medio que lo rodea, produciendo un deterioro en sus propiedades tanto físicas como químicas. De manera más general, puede entenderse como la tendencia general que tienen los materiales a buscar su forma más estable o de menor energía interna.

Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión.

Las características fundamental de este fenómeno, es que sólo ocurre en presencia de un electrólito, ocasionando regiones plenamente identificadas, llamadas estas anódicas y catódicas: una reacción de oxidación es una reacción anódica, en la cual los electrones son liberados dirigiéndose a otras regiones catódicas. En la región anódica se producirá la disolución del metal (corrosión) y, consecuentemente en la región catódica la inmunidad del metal.

Los factores más conocidos son las alteraciones químicas de los metales a causa del aire, como la herrumbre del hierro y el acero o la formación de pátina verde en el cobre y sus aleaciones (bronce, latón).

Teniendo en cuenta lo anterior, el sistema eléctrico del bote debe ir protegido en sus terminaciones por materiales termoencogibles, que separen el medio salino al que están expuestos los cables metálicos que tienden a corroerse. Además debe existir como protección un sistema de ánodos, que se utilizan como sacrificio y sumidero de corrientes parasitas que podrían debilitar el sistema.

5.5. CARACTERÍSTICAS DE LA EMBARCACIÓN

Las embarcaciones que se utilizan para el estudio, son embarcaciones de placer con especificaciones técnicas de construcción iguales a excepción del color exterior y la posición de los motores ya que una de las embarcaciones utiliza línea de ejes largas y otra un spycer en la conexión motor jet. Así:

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Eslora (pies/metros)	45/13.71
Manga (pies/metros)	10.8/3.32
Peso (lbs/ton)	15480/7.74
Diseño de Casco	V profunda
Angulo Respecto a la horizontal (deadrise angle)	24°
Capacidad de Combustible (gal)	285
Capacidad Tanque de Agua (gal)	60
Casco	Casco en Fibra de Vidrio laminado a mano en fibra matt, fibra estructural auromath, gelcoat y pintado al poliuretano.
Cuadernas	Cuadernas en PVC rellenas de poliuretano y forradas en fibra de vidrio.
Cubierta	Cubierta en Fibra de vidrio, pintura en gelcoat con canales y piso seco.
Borda	Borda en aluminio anodizado.
Muebles	Muebles en Starboard.
Consola de Mando	Consola en Fibra de Vidrio central con paneles de control. Parabrisas en

	acrílico transparente con pasamanos en aluminio al poliuretano blanco.
Sistema Eléctrico	Bajo norma ABYC (American Boat Yacht Council)
Estructura	Aluminio nacional al poliuretano blanco. Techo en Fibra de Vidrio.

Tabla 1. Especificaciones de Construcción de las embarcaciones.

5.6. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de un hidrojet, es una actividad sencilla que se basa en consideraciones de uso por horas al año para establecer una actividad periódica de manera didáctica, tal como lo sugiere el fabricante. Sin embargo es importante tener en cuenta las actividades diarias que nos indican el comportamiento de la máquina a medida que pasa el tiempo ya que estas son las que realmente nos permiten tomar una decisión al momento de usar la embarcación.

Mantenimiento Diario

1. Comprobar que no hay suciedad ni otros objetos dentro del hidropulsor, teniendo en cuenta abrir la tapa de inspección para chequear el impeller, las palas del estator y la rejilla de entrada. Si se tiene una instalación con rastrillo de limpieza, accionarlo antes de encender el sistema.
2. Comprobar que no hay fugas en las líneas hidráulicas de dirección y en las líneas de accionamiento del cilindro de contramarcha, especialmente si se ha añadido aceite al sistema.
3. Comprobar que no hay señales de pérdidas de agua por debajo del alojamiento (fallo del Cierre mecánico). Si hay fugas, se debe reemplazar lo antes posible ya que el agua entrante puede contaminar el aceite del rodamiento de empuje causando corrosión y posible fallo del rodamiento.
4. Comprobar el nivel del aceite y su estado:

Si el nivel es bajo hay que comprobar el estado de los retenes. Una pequeña pérdida de aceite no es crítica, sin embargo hay que tenerlo en cuenta para un cambio de retenes y casquillos en la próxima revisión general.

Si el aceite tiene una coloración blanca, está indicando que ha sido contaminado por agua, probablemente debido a un fallo del cierre mecánico. Se procede entonces a vaciar el aceite y limpiar el depósito, rellenar con el lubricante recomendado y sangrar el sistema.

5. Comprobar que todos los enganches entre la biela de la dirección y la tobera están fijados pero que tengan el suficiente juego para girar libremente.

Además de las actividades diarias, existen actividades periódicas en las cuales es prudente acudir a un técnico mecánico ya que se hace necesario el uso de herramientas, para seguir con las siguientes acciones:

ACEITE DEL RODAMIENTO DE EMPUJE

Tiempo: Cambiar después de las primeras 5 horas de uso y luego cada 1000 horas. (Este periodo puede ajustarse para asegurar el cambio de aceite antes de su deterioro).

Procedimiento:

1. Colocar un envase lo suficientemente grande debajo del tapón de vaciado.
2. Retirar la Varilla de Nivel
3. Retirar el tapón de vaciado y dejar vaciar.
4. Colocar y apretar el tapón.
5. Rellenar con el aceite recomendado

RODAMIENTO MARINO

Como única medida preventiva respecto a esta pieza del conjunto, está no poner el hidrojet en marcha cuando la embarcación está fuera del agua, ya que dañaría

seriamente el rodamiento marino y el cierre mecánico, debido a que este rodamiento está lubricado por el agua entrante en el hidrojet.

CIERRE MECÁNICO

Tiempo: Cada 500 horas.

Procedimiento: Comprobar que no haya agua goteando desde debajo del alojamiento del rodamiento de empuje. Si hay agua, el cierre mecánico esta defectuoso y debe ser reemplazado. Si se desmonta el alojamiento del rodamiento se debe comprobar el desgaste del cierre mecánico (Límite de desgaste Máx. 0,5mm) y reemplazar si no hay suficiente material para aguantar hasta la siguiente revisión general.

ÁNODOS

Tiempo: Cada 3 meses.

Procedimiento: Inspeccionar todos los ánodos externos. Reemplazar cualquier ánodo que esté a mitad de su tamaño original, esto indica que el ánodo está bien conectado y que está cumpliendo con su tarea; si el ánodo se encuentra sin deterioro es necesario revisar el sistema de tierra del hidrojet. Se debe hacer lo mismo con el ánodo Interior del Conducto de Entrada y los ánodos Interiores del Estator. Cada vez que se sustituye el ánodo del interior de la entrada se deben sustituir los ánodos del Estator.

RASTRILLO DE LA REJILLA Y SUS COJINETES

Tiempo: Cada 100 horas o mensualmente.

Procedimiento: Engrasar los Casquillos con Grasa Marina.

EJE DE CONTRAMARCHA

Tiempo: Cada 100 horas o mensualmente.

Procedimiento: Aplicar Grasa Marina.

CILINDRO DE CONTRAMARCHA, CILINDRO DE DIRECCIÓN Y LATIGUILLOS

Tiempo: Comprobar después de las primeras 5 horas y posteriormente cada mes.

Procedimiento: Metódicamente comprobar el cilindro de contramarcha y sus latiguillos para cualquier signo de fugas, o daños de los componentes. Reparar si es necesario.

EJE DE LA DIRECCIÓN

Tiempo: Cada 100 horas o mensualmente.

Procedimiento: Aplicar Grasa Marina.

BIELA DE LA DIRECCIÓN

Tiempo: Cada 100 horas o mensualmente.

Procedimiento: Aplicar Grasa Marina.

CRUCETAS DEL CARDAN

Tiempo: Cada 500 horas

Procedimiento: Lubricar

HIDROJET COMPLETO

Tiempo: Al cumplir las 2000 horas o año de uso.

Procedimiento: Se debe tener la embarcación fuera del agua para realizar este mantenimiento.

a) Palas del Impulsor – Comprobación de Juego.

Quitar la Tapa de Inspección. Usando unas Galgas, comprobar el juego que hay en los laterales entre la parte exterior de las palas del impulsor y el Anillo de Desgaste. El desgaste máximo recomendado es de 1.6mm (0.063") por lado. La tolerancia de un hidropulsor nuevo es de aprox.: 0.7mm (0.028").

b) Impulsor – Comprobación de desgaste o daños.

Buscar señas de corrosión o erosión sobre sus superficies. Comprobar que el filo de sus palas mantiene el contorno idóneo.

c) Cierre Mecánico – Comprobar desgaste.

Retirar la tapa de inspección del Cierre Mecánico. Medir la distancia entre la parte rotativa del cierre y el hombro o cuerpo del cierre mecánico. La distancia incrementará con el desgaste. (El límite de desgaste máximo es de 0.50 mm). Si se encuentra desgastado o no aguantará hasta la próxima revisión, el cierre mecánico debe ser sustituido. La distancia nominal de un cierre mecánico nuevo es aproximadamente 1.5mm.

d) Rodamiento Marino – Inspeccionar.

Inspeccionar el rodamiento por si tuviera desgaste o estar marcado. Reemplazar si estuviera excesivamente gastado. Para comprobar el desgaste hay empujar el eje principal de un lado hacia el otro y medir el movimiento entre las puntas de las palas del impulsor. El Máximo movimiento por desgaste recomendado es de 0.5mm. Esto indica el desgaste que hay entre el Rodamiento Marino y el Casquillo del Rodamiento.

e) Deflector de Contramarcha - Desmontaje.

Comprobar que los Pivotes y el punto de sujeción del eje de contramarcha están fijados correctamente y que los bujes no tienen signos de agarrotamiento.

f) Enganches de la Dirección- Desmontaje.

g) Cola, Tobera de Dirección y Tobera – Desmontaje

h) Estator

i) Pintura del Hidrojet.

Los componentes pintados son acabados internamente con pintura de Poliuretano. Todas las piezas de fundición de la carcasa del hidrojet son fabricados de una aleación de Silicio y Aluminio (LM6), cuya propiedad muestra una buena resistencia contra la corrosión creada por el agua salada. Estas carcasas vienen pintadas con una pintura de poliuretano. Si esta pintura se ha deteriorado durante

su estancia en el agua, deberá ser limpiado, cepillado con un cepillo de alambre y repintado con una pintura anti-fouling ⁹adecuado, sin pintar los ánodos.

i) Montaje de los Componentes.

Montar los componentes. Seguir las recomendaciones para Lubricantes e

Aceites" para Aceites de Rodamientos y Fluidos Hidráulicos y Recomendaciones para pares de apriete, lubricación y la fijación de tuercas y tornillos..

Si el barco no va a estar en funcionamiento durante un período largo, seguir las siguientes instrucciones para prevenir la corrosión y crecimiento de escaramuza y caracoleo.

SI LA EMBARCACIÓN VA A ESTAR EN SECO:

Limpiar todo el hidrojet, lavando su exterior e interior con agua dulce. Limpiar con una manguera el interior del jet a través de la rejilla de entrada y la tobera. Dejar secar totalmente.

Pulverizar con un aceite que evita la corrosión.

Lubricar todas las partes móviles.

Mensualmente:

- Girar el eje principal unos 180°
- Abriendo la válvula 'by-pass' de los controles, subir y bajar el deflector de la contramarcha unas seis veces dejándolo levantado. Si la embarcación no

⁹ Referirse a Glosario, aparte N° 9

está equipada con las opciones para Funcionamiento en Seco o si no se pueden arrancar los motores, se puede mover el deflector manualmente. Cerrar la Válvula By-pass una vez completado el ciclo.

- Girar la dirección de tope a tope unas seis veces. Para embarcaciones equipadas con controles electrónicos, abrir la Válvula Bypass del JHPU y mover manualmente.

SI LA EMBARACION SE VA A MANTENAR EN EL AGUA:

Evitar el crecimiento marino pintando el hidrojet tanto fuera como por dentro con pintura antifouling.

MENSUALMENTE:

- Arrancar los motores haciendo girar al hidrojet durante un periodo corto.
- Accionar la contramarcha y dirección unas seis veces, dejando el deflector totalmente levantado y el cilindro de dirección totalmente retraído.
- Si no se pueden arrancar los motores, colocar las reductoras en neutral y girar el cardan/ eje principal unos 180°.

6. PRUEBAS

Las pruebas a realizar con las embarcaciones, son pruebas de desempeño donde se evalúa el desplazamiento recorrido en un espacio de tiempo a medida que se exige mayor capacidad en las máquinas motor; en condiciones normales de tiempo teniendo en cuenta el viento a favor y en contra.

Teniendo en cuenta los manuales técnicos de la compañía Hamilton Jet, el impeller recomendado para este tipo de embarcaciones se escoge teniendo en cuenta las curvas de desarrollo de impellers de acuerdo a las rpm máximas del motor y su potencia máxima (Alcanza 440 HP a 3300 RPM), así de acuerdo a la siguiente gráfica:

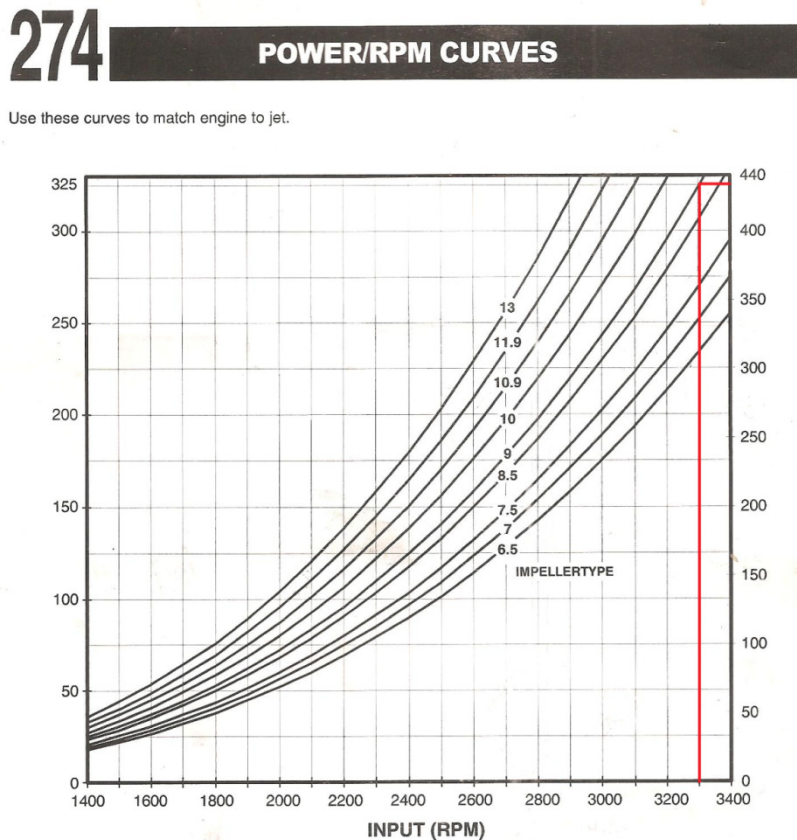


Ilustración 24. Curvas Potencia / RPM Jets HJ 274

Según lo anterior el impeller adecuado para las embarcaciones es un impeller 9 con el cual se procede a realizar la prueba de mar.

Prueba # 1

Se toman datos de los botes Todomar 45#20 equipado con motores yanmar 6LY3, spycer e hidrojets convencionales; y Todomar 45#23 equipado con motores Yanmar 6LY3, línea de ejes largas e hidrojets con control Blue Arrow.

FECHA:	Mayo 15 de 2009		
BOTE:	TODOMAR 45#20		
TIPO:	MOTORES INTERNOS – JETS 274		
COMBUSTIBLE :	3/4 TK	213.75	Galones
CASCO:	45'		
TRIPULACIÓN:	4 personas		
VIENTO A FAVOR			
BABOR		ESTRIBOR	
RPM	VEL(KNOT)	RPM	VEL(KNOT)
1000	6.6	1000	6.6
1500	8.4	1500	8.4
2000	14.4	2000	14.4
2500	21.9	2500	21.9
3000	30.1	3000	30.1
MAX RPM:		MAX RPM:	
3350	35.6	3300	35.6

Tabla 2. Prueba 1 Todomar 45#20

FECHA:	Junio 10 de 2009		
BOTE:	TODOMAR 45#23		
TIPO	MOTORES INTERNOS - Jack Shaft - JETS 274		
Combustible:	3/4 TK	213.75 Galones	
CASCO:	45'		
TRIPULACION:	5 personas		
VIENTO A FAVOR			
BABOR		ESTRIBOR	
RPM	VEL(KNOT)	RPM	VEL(KNOT)
1000	6	1000	6
1500	8.8	1500	8.8
2000	15.5	2000	15.5
2300	19.5	2300	19.5
2500	23.8	2500	23.8
2700	28.5	2700	28.5
3250	40	3250	40
MAX RPM:		MAX RPM:	
3350	40.7	3350	40.7

Tabla 3. Prueba 1 Todomar 45#23

ANÁLISIS

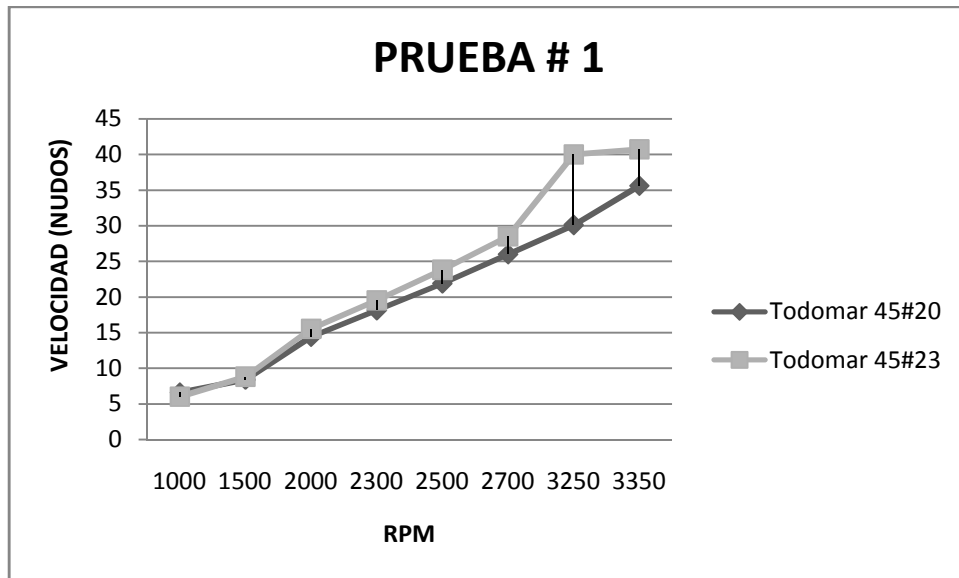


Ilustración 25. Gráfico Análisis Prueba 1

El comportamiento del bote Todomar 45#23 respecto al Todomar 45#20, en la prueba con viento a favor nos demuestra que el resultado en desempeño es favorable al hacer comparaciones en todas las posiciones de medición respecto al aumento de las revoluciones por minuto (rpm) y la velocidad (nudos) correspondiente.

El desempeño respecto al desarrollo de velocidad es más agresivo en el Todomar 45#23 y la sensación de máxima velocidad al llegar a punto de full throttle de la máquina se evidencia al tener un salto de alrededor de 5 nudos al pasar las 2700 rpm y llegar a la máxima aceleración.

El comportamiento del bote Todomar 45#20 es lineal teniendo una relación directamente proporcional (rpm-nudos) más estable, lo que genera una sensación de placer y de control a medida que se llega a la velocidad máxima sin sobresaltos. Esto data de una instalación conocida y una relación armónica entre la máquina motor y el hidrojet.

Prueba # 2

BOTE: TODOMAR 45#20			
VIENTO EN CONTRA			
BABOR		ESTRIBOR	
RPM	VEL(KNOT)	RPM	VEL(KNOT)
1000	4.9	1000	4.9
1500	8.0	1500	8
2000	12.4	2000	12.4
2500	19.3	2500	19.3
3000	25.8	3000	25.8
MAX RPM:		MAX RPM:	
3200	32.4	3200	32.4

Tabla 4. Prueba 2 Todomar 45#20

BOTE: TODOMAR 45#23			
VIENTO EN CONTRA			
BABOR		ESTRIBOR	
RPM	VEL(KNOT)	RPM	VEL(KNOT)
1000	6.7	1000	6.7
1500	8.7	1500	8.7
2000	14.5	2000	14.5
2300	18.8	2300	18.8
2500	22.5	2500	22.5
2700	26.1	2700	26.1
3250	37.7	3190	37.7
MAX RPM:		MAX RPM:	
3260	39.8	3200	39.8

Tabla 5. Prueba 2 Todomar 45#23

ANÁLISIS

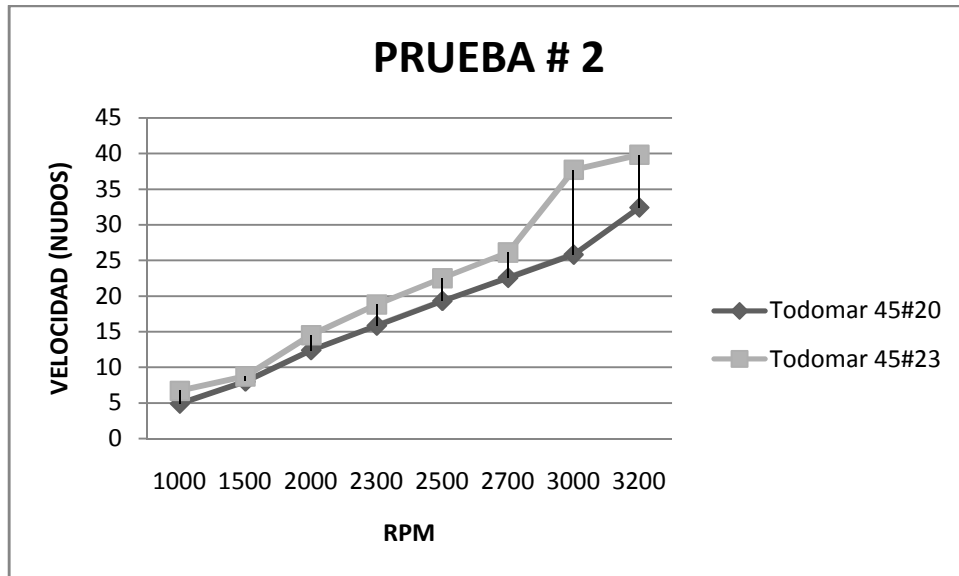


Ilustración 26. Gráfico Análisis Prueba 2

La prueba con el viento en contra, constata la superioridad en velocidad del bote Todomar 45#23 respecto al Todomar 45#20 y a su vez la confiabilidad que se genera con un bote convencional de acuerdo a su desempeño constante.

7.COSTOS

Al analizar la diferencia en costos para las dos embarcaciones se debe tomar en cuenta el valor de los equipos y los tiempos de instalación por parte de los operarios, ya que basados en estos datos se tomara la decisión del precio comercial en la venta de la embarcación.

De esta manera:

1. EQUIPOS

La diferencia en precio entre los hidrojets controlados por sistema de control convencional y sistema de control blue arrow es de \$ 2000 US dólares F.O.B. Miami (Free On Board) por lo cual hay que tener en cuenta además de los valores por equipo, los rubros por importación de los equipo, impuestos de nacionalización y transporte desde Miami hasta el lugar de construcción de las embarcaciones.

Sistema de Propulsion por Hidrojet Convencional	\$ 12000 US
Sistema de Propulsion por Hidrojet con control Blue Arrow	\$ 14000 US

Los rubros por importación son diferentes para cada versión debido a los diferentes componentes que traen cada uno, de tal manera la inversión para las embarcaciones se comercializa en Colombia de la siguiente manera:

- Sistema con (2) Hidrojets Convencionales: \$ 70.000.000 pesos colombianos.
- Spycer (2) \$ 4.763.317 pesos colombianos.

- Sistema con (2) Hidrojets con control Blue Arrow: \$ 84.000.000 pesos colombianos.
- Spycer (2) \$ 4.763.317 pesos colombianos.

2. TIEMPOS DE INSTALACIÓN Y MATERIALES CONSUMIBLES

El valor de los tiempos de instalación se da al costo para tener una aproximación real de lo que necesita para la fabricación de un bote que se puede comercializar en base a este precio de acuerdo a lo que el mercado permita. Los materiales tienen valor IVA incluido exceptuando los exentos de dicho impuesto. Para las pruebas se utilizò un total de 15 galones de combustible, valorado a un valor promedio según estadísticas para el primer periodo de 2009, 6413 pesos colombianos.

	COSTOS DE FABRICACION E INSTALACION			
	TODOMAR 45#20		TODOMAR 45#23	
TRABAJO	M.O.	MATERIALES	M.O.	MATERIALES
Instalación de (2) Motores, (2) Jets, Sistema de Combustible y Dirección	7.026.200	9.158.829	9.798.115	7.471.035
Fabricación de Codos de Escape en Acero Inoxidable	68.000	192.989	68.000	323.937
Fabricación de Bases de Motores en Aluminio	170.000	583.325	204.000	852.600
Maquinaria Transporte (Montacarga)	64.500		64.500	
Fabricación de Caja para mouse en StarBoard			33.000	34.046
Pruebas	67.700	96.195	67.700	96.195
TOTAL	7.396.400	10.031.337	10.235.315	8.777.813

Tabla 6. Costos de Fabricación e Instalación


 Universidad Tecnológica de Bolívar <small>CARTAGENA DE INDIAS</small>	TODOMAR 45#20	TODOMAR 45#23
Equipos	74.763.317	88.763.317
Fabricación e Instalación	17.331.542	18.916.933
COSTO TOTAL	92.094.859	107.680.250

Tabla 7. Costo Total

8. METODOLOGIA

JETS CONVENCIONALES

A continuación se presenta un formato que constituye un documento base con el cual el equipo a realizar la instalación tenga por sentado el tiempo record de la instalación así como los pasos a seguir. De igual manera esta información de campo retroalimenta el proceso para mejorar cada vez que se incurra en una nueva instalación. El proceso debe estar acompañado por la supervisión del jefe de taller el cual debe estar presente activamente en las etapas I y III, ya que es necesario hacer parte del proceso de diseño en cuanto a la configuración a utilizar basándose en planos para luego ir al campo; además de verificar que la instalación cumpla con lo requerido:

FORMATO DE INSTALACIÓN JETS CONVENCIONALES			
Bote:		Fecha Inicio:	
O.S.		Fecha Final:	
Equipo (2 personas) :			
Tiempo de Instalación Ideal :			
TAREAS	Tiempo (horas)	Tiempo (días)	Estado de instalacion
ETAPA I: En el casco del bote se corroboran las mediciones previas para la instalación según diseño para instalación del Bloque de entrada y la rejilla de los Jets; además de la Brida de Popa (Transom Plate) en el espejo.			
Tomar Medidas.			
Colocar espárragos, Bloque de Entrada.			

Presentar Bloque de Entrada.			
Pulir fibra para ajustar.			
Perforar fibra.			
Echar silicona.			
Montar Bloque de Entrada.			
Presentar Jet			
Presentar Brida de Popa.			
ETAPA II: Instalación de Jet, Bloque de Entrada, Entrada, Brida de Popa, Tobera, Deflector y Sistema de Refrigeración JHPU.			
Perforar espejo de fibra de vidrio en área de Brida de Popa. (silicona, instalar)			
Alineación jet-casco, instalar.			
Instalar Tobera.			
Instalar Deflector jet.			
Perforar espejo para colocar tomas de agua.			
Instalar racores.			
Preparar mangueras.			
Instalar mangueras agua salada al jet.			
Tuberías jet-consola.			
Instalar cilindro hidráulico.			
Instalar mangueras a la bomba de aceite.			
Instalar guayas.			
Conexión eje jet-motor. (Spycer o Jack Shaft)			
ETAPA III: Conexión de Sistema de dirección.			
Perforar Consola.			

Conectar guayas de cambio.			
Instalar caja de cambio.			
Perforar e Instalar Cabezote del Timón.			
Conectar mangueras hidráulicas. Sellar.			
Cargar el aceite.			
Purgar el sistema.			

Tabla 8. Formato de Instalación Jets Convencionales

SISTEMA DE CONTROL BLUE ARROW

El sistema de control Blue Arrow, consiste de una hoja de instalación correspondiente a las etapas I y II del formato de instalación para Jets Convencionales, más el formato a continuación. Es importante resaltar que además de las conexiones, se debe tener en cuenta la configuración de alimentación del sistema eléctrico del bote ya que debe existir un sistema de alimentación primario y un secundario de manera que exista un back up en una circunstancia dada. En la parte de organización del cableado se deben seguir reglas establecidas por el ABYC que nos darán pautas a seguir según la experiencia de constructores expertos en seguridad para embarcaciones marinas.

El panel de Switch de posiciones variables debe tener (2) posiciones como mínimo disponibles (spare) para habilitar conexiones posteriores y debe corresponder a un estándar de instalación por posiciones.

FORMATO DE INSTALACIÓN CONTROL BLUE ARROW				
Bote:		Fecha Inicio:		
O.S.		Fecha Final:		
Equipo (2 personas) :				
Tiempo de Instalación Ideal :				
TAREAS		Tiempo (horas)	Tiempo (dias)	Estado de instalacion
Marcar posicion de(templates según diseño)				
Mouse Boat HJ, SCP HJ, Helm Unit HJ, Control Head HJ, Switchs Yanmar de Encendido, Displays Yanmar, Switchs de Estabilizadores (Trim Tabs)				
Perforar Consola para instalar				
Mouse Boat HJ, SCP HJ, Helm Unit HJ, Control Head HJ, Switchs Yanmar de Encendido, Displays Yanmar, Switchs de Estabilizadores (Trim Tabs), Panel de Switchs				
Instalar:				
Mouse Boat HJ, SCP HJ, Helm Unit HJ, Control Head HJ, Harness Hamilton Jet, Switchs Yanmar de Encendido, Displays Yanmar, Harness Yanmar, Cables integración Yanmar/HJ, Switchs de Estabilizadores (Trim Tabs), , Circuito energia Hamilton Jet/Yanmar, Time Delay Relay, Twin CH67010 Teleflex/Yanmar, Bus bar Common				

positivo y negativo, Cables positivos, negativos y tierra, Panel de Switchs.			
Conectar:			
Mouse Boat HJ, SCP HJ, Helm Unit HJ, Control Head HJ, Harness Hamilton Jet, Switchs Yanmar de Encendido, Displays Yanmar, Harness Yanmar, Cables integración Yanmar/HJ, Switchs de Estabilizadores (Trim Tabs), , Circuito energia Hamilton Jet/Yanmar, Time Delay Relay, Twin CH67010 Teleflex/Yanmar, Bus bar Common positivo y negativo, Cables positivos, negativos y tierra, Panel de Switchs.			
Organizar cableado según normas ABYC.			
Pruebas			

Tabla 9. Formato de Instalación Control Blue Arrow

9. CONCLUSIONES

- El análisis de las pruebas nos demuestra que el desempeño de los dos sistemas en configuraciones distintas mejora respecto a las mejorías en tecnología que nos provee la industria. Los resultados alcanzados en cuanto a la magnitud velocidad, nos indica que la configuración de motores Yanmar electrónicos con un sistema de propulsión Hamilton Jet con Control Blue Arrow genera un incremento notable en dicha magnitud, debido al control de factores como la entrega de combustible y retroalimentación de información entre ambas máquinas.
- La diferencia base en costo de las dos opciones de los sistemas de propulsión se calcula en \$ 15.585.391 de pesos colombianos, para las instalaciones hechas en las embarcaciones estudiadas. Se pretende disminuir costos a medida que se hagan más instalaciones pero en este rubro se representa el punto base para diferenciar el precio comercial de las embarcaciones.
- Teniendo en cuenta lo anterior, y buscando una sentencia objetiva al realizar una adquisición de un bien, aparte del gusto del comprador; se observa que para una embarcación de eslora igual o menor a 45' pies, no es necesario invertir dicha suma, aunque los resultados de velocidad sean favorables para una instalación de sistema de propulsión con jets y control Blue Arrow, debido a lo siguiente:
 - La velocidad máxima del bote es distinta a la velocidad crucero a la que se debe mantener la embarcación para efectos de duración y mantenibilidad.
 - El mantenimiento de los sistemas electrónicos incurre en horas de personal calificado al momento de ser correctivo, al igual de una capacitación para los mantenimientos preventivos. Lo cual generaría un incremento en la inversión a futuro del equipo.

- Un bote de dicha eslora no representa problemas que necesiten de herramientas que faciliten el atraque de la embarcación, distinto a la maniobrabilidad del piloto.

10. ANEXOS

		FORMATO DE SUPERVISIÓN DE INSTALACIONES		
Bote:		Fecha:		
O.S.:		Doc No:		
Equipo:				
Supervisor:				
LISTA DE CHEQUEO		SI	NO	N/A
Se cumplió el tiempo propuesto				
Utilización completa de materiales consumibles				
Existieron Fallas				
Hubo daños ajenos al trabajo específico (pintura, fibra, herrería)				
Fugas de aceite				
Fugas de Combustible				
La respuesta del Sistema de encendido es apropiada				
Sistema de Alimentación de Baterías primario y secundario				
Sistema de Tierra y Anódos conectado				
Respuesta apropiada de sistemas de mando (mouse, joystick, timón)				
Checklist Hamilton Jet completo				
Técnico:		Ayudante:		
C.C.		C.C.		
		Supervisor:		
		C.C.		

Tabla 10. Formato de Supervisión de Instalaciones

GUÍA DE ILUSTRACIONES

1. Ilustración 1. Esquema General Hidrojet.....	22
2. Ilustración 2. Esquema dirección en embarcaciones con hidrojets.....	24
3. Ilustración 3. Conducto de Entrada.....	25
4. Ilustración 27. Extensión de tapa de Inspección y Rastrillo de Rejilla.....	30
5. Ilustración 28. Vista Explosionada de un Hidrojet.....	31
6. Ilustración 29. Desviación del Eje respecto al ángulo longitudinal (crujía) de la embarcación.....	33
7. Ilustración 30. Esquema alineación Motor-Hidrojet.....	34
8. Ilustración 31. Acoplamientos Flexibles Torsionales de Doble Elemento.....	35
9. Ilustración 32. Acoplamientos de Doble Elementos No Flexibles Torsionalmente (Spycer).....	36
10. Ilustración 33. Líneas de Eje Largas.....	37
11. Ilustración 34. Configuración en Z.....	38
12. Ilustración 35. Configuración en W.....	38
13. Ilustración 36. Cargas sobre el Casco.....	41
14. Ilustración 37. Distancias Apropriadas para instalación de Estabilizadores.....	43
15. Ilustración 38. SCP (Station Control Panel).....	48
16. Ilustración 39. JIM (Jet Interface Module).....	49
17. Ilustración 40. EIM (Engine Interface Module).....	50
18. Ilustración 41. Controlador de Doble Palanca.....	50
19. Ilustración 42. Módulo de Timón.....	51
20. Ilustración 43. Mouse Boat.....	52

21. Ilustración 44. Cable Sistema Control Blue Arrow.....	56
22. Ilustración 45. Motor Yanmar 6LY3-STP.....	60
23. Ilustración 46. Esquema de instalación apropiado para evitar cavitación y aguas aireadas.....	66
24. Ilustración 47. Curvas Potencia / RPM Jets HJ 274.....	78
25. Ilustración 48. Gráfico Análisis Prueba 1.....	80
26. Ilustración 49. Gráfico Análisis Prueba 2.....	82

GUÍA DE TABLAS

1. Tabla 1. Especificaciones de Construcción de las embarcaciones.....	68
2. Tabla 2. Prueba 1 Todomar 45#20.....	79
3. Tabla 3. Prueba 1 Todomar 45#23.....	80
4. Tabla 4. Prueba 2 Todomar 45#20.....	82
5. Tabla 5. Prueba 2 Todomar 45#23.....	82
6. Tabla 6. Costos de Fabricación e Instalación.....	85
7. Tabla 7. Costo Total.....	86
8. Tabla 8. Formato de Instalación Jets Convencionales.....	88
9. Tabla 9. Formato de Instalación Control Blue Arrow.....	90
10. Tabla 10. Formato de Supervisión de Instalaciones.....	94

BIBLIOGRAFIA

- Hamilton Jet Product Manuals HJ274
- http://www.gestenaival.com/index.php?option=com_content&view=article&id=58:consideraciones-sobre-la-propulsion-con-turbinas&catid=38:general&Itemid=61
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Cavitaci%C3%B3n>
- <http://www.abycinc.org/>
- <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/Articulo.asp?A=17226>
- Jet unit mounted and driven hydraulic powerpack (JHPU)