

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“PROCEDIMIENTO PARA ALINEAR TUBO DE
CODASTE Y ARBOTANTE DE BABOR Y ESTRIBOR DE
UNA EMBARCACIÓN DE APOYO OFFSHORE DE 50
METROS DE ESLORA”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO NAVAL**

**ELABORADO POR:
CÉSAR AUGUSTO CHÁVEZ BARROZA**

PROMOCIÓN 2011-I

LIMA - PERÚ

2014

A mis padres:

*Desde que emprendí este camino
ustedes supieron darme la fuerza y la
perseverancia para lograr ser cada
día una mejor persona y un buen
profesional.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Ingeniería por haberme formado para ser un ingeniero que aporte al desarrollo del país y que esté preparado para afrontar los cambios tecnológicos que en el mundo se están dando con mucha frecuencia.

A los Servicios Industriales de la Marina por haberme aceptado a trabajar en sus instalaciones para poder desarrollarme como profesional y aportar con nuevas ideas para mejorar los procesos de construcción de embarcaciones que varen en el astillero.

Al jefe de la División de Diseño y Desarrollo por haber puesto la confianza en mí y darme su apoyo para elaborar el presente informe, que será útil para próximos trabajos que puedan suscitarse en las instalaciones del astillero.

INDICE

PROLOGO

CAPITULO 1: INTRODUCCION

1.1	Antecedentes.....	02
1.2	Objetivo general.....	03
1.3	Objetivos específicos.....	03
1.4	Justificación.....	04
1.5	Alcances.....	04
1.6	Recursos empleados.....	05

CAPITULO 2: GENERALIDADES DEL CONJUNTO TUBO DE CODASTE Y ARBOTANTE EN EMBARCACIONES DE APOYO OFFSHORE

2.1	Arbotante.....	12
2.1.1	Cálculo de arbotante.....	15
2.2	Tubo de codaste.....	21
2.3	Accesorios del conjunto tubo de codaste y arbotante.....	22

CAPITULO 3: IDENTIFICACION DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS DE TRABAJO

3.1	Desalineamiento entre tubo codaste y arbotante.....	23
3.1.1	Desalineamiento paralelo o diametral.....	24
3.1.2	Desalineamiento angular o axial.....	24
3.1.3	Desalineamiento combinado.....	25
3.1.4	Consecuencias del desalineamiento.....	25
3.2	Verificar el desalineamiento de tubo codaste y arbotante.....	26
3.2.1	Desmontaje del eje de cola.....	26
3.2.2	Desmontaje de hélices de paso fijo de babor y estribor.....	27
3.3	Planteamiento de la hipótesis de trabajo.....	28

CAPITULO 4: FUNDAMENTOS DE ALINEAMIENTO DE TUBO CODASTE Y ARBOTANTE

4.1	Métodos convencionales de alineamiento.....	29
4.1.1	Alineamiento en frío.....	30
4.1.2	Alineamiento en caliente.....	31
4.2	Alineamiento por rayo láser.....	34
4.3	Equipo de rayo láser AGL - SLB - 110.....	37
4.3.1	Ventajas del sistema de rayo láser.....	38
4.3.2	Desventajas del sistema de rayo láser.....	39

CAPITULO 5: ALINEAMIENTO DE TUBO CODASTE Y ARBOTANTE		
5.1	Generalidades del proceso de alineamiento.....	40
5.2	Importancia del alineamiento.....	41
5.3	Condiciones de alineamiento.....	44
5.4	Factores que influyen al alineamiento.....	44
5.5	Objetivos de un Alineamiento Aceptable.....	46
5.6	Alineamiento de tubo codaste y arbotante.....	47
5.7	Resultados de alineamiento.....	47
CAPITULO 6: ESTRUCTURA DE COSTOS		
6.1	Influencia Económica del alineamiento del tubo codaste y arbotantes	52
CONCLUSIONES.....		55
RECOMENDACIONES.....		57
BIBLIOGRAFIA.....		58
APENDICES		
PLANOS		

PROLOGO

La presenta tiene como fin mostrar los componentes esenciales del conjunto tubo de codaste y arbotante de babor y estribor de una embarcación de apoyo offshore, y se da enfoque al problema del desalineamiento presente en dicho conjunto y su respectiva solución mediante un grupo de procedimientos de alineamiento, en el cual se elegirá un método apropiado para la realización de los trabajos de alineamiento en embarcaciones de este tipo con motores principales de babor y estribor en popa.

Se muestran además distintas pautas de trabajo e inspecciones reglamentarias que se realizan en el astillero cuando la embarcación sube para reparación, y esto es logrado a través de la práctica profesional.

Como último punto, se darán recomendaciones según los resultados obtenidos en la solución del tema que se trata en el presente informe para la obtención de medidas mínimas en el alineamiento entre tubos de codaste y arbotantes de babor y estribor de una embarcación de apoyo offshore.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

En la zona norte de nuestro litoral peruano existen embarcaciones que prestan servicios a empresas petroleras para proporcionar suministros de agua, combustible, cemento, maniobras en altamar para barcazas o plataformas petroleras.

Estos vehículos marítimos se llaman embarcaciones de apoyo offshore los cuales a nivel mundial existen diferentes modelos según el trabajo o actividad que se requiera en altamar.

Un ejemplo son AHTS (Anchor Handling Tug Supply) que tienen como principales tareas el remolque, anclaje e instalación de sondas y otras instalaciones móviles en alta mar; colocación y asistencia para el amarre, ayuda en la construcción e instalaciones en alta mar. También están equipados para otros servicios, como operaciones de rescate, combate de incendios y recuperación de petróleo.

Pero estos tipos de embarcaciones tienen modelos de casco que les permite tener una resistencia al avance adecuada para su navegación y menor consumo de combustible. Además estas embarcaciones para obtener una mayor potencia y velocidad poseen dos

motores ubicados en babor y estribor de sala de máquinas que normalmente se encuentra a popa de la embarcación. Por consiguiente estos motores están acoplados a cajas reductoras y estas a su vez están acopladas a los ejes de cola que transmite toda la potencia del conjunto motor – caja reductora hacia la hélice del sistema de propulsión.

Por la forma del casco que tiene este tipo de embarcaciones, una parte de los ejes de cola del sistema de propulsión tiene contacto con el agua de mar. Entonces estos ejes de cola necesitan de apoyos para evitar desalineamientos del sistema de propulsión y también el recalentamiento del conjunto motor – caja reductora. Por lo tanto a estas embarcaciones se colocan dos apéndices muy importantes que son el tubo de codaste y arbotante que son de gran utilidad para evitar desalineamientos y vibraciones de todo el sistema de propulsión.

1.2 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el proceso de alineamiento de tubo de codaste y arbotante de babor y estribor de una embarcación de apoyo offshore de 50 metros de eslora, describiendo los sistemas y normativas de alineamiento a ser utilizado en el Astillero SIMACH.

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Describir las funciones que poseen este tipo de embarcaciones como también describir los apéndices que son tema de este informe (Tubo de codaste y arbotante) que forman parte del sistema de propulsión naval y así planificar un procedimiento de trabajo minucioso y completo para que la embarcación quede lista para su operación.

1.4 JUSTIFICACION

La instalación de apéndices como el arbotante y tubo codaste hacen que el sistema de propulsión de una embarcación de apoyo offshore mejore la transmisión de la potencia del conjunto motor – caja reductora hacia eje de cola y hélice, como también evita la vibración y desalineamiento del sistema propulsión.

Así mismo estos apéndices mantienen firme y alineado al eje de cola para evitar forzar al motor y así mejorar el ahorro de combustible.

1.5 ALCANCES

El alineamiento de tubo codaste y arbotante en una embarcación de apoyo offshore es una tarea que requiere de un tratamiento riguroso tanto en sus etapas fabricación como en su instalación ya que por sus dimensiones necesitan de métodos y procedimientos técnicos, los cuales serán expuestos y analizados con el propósito de entregar una información que sea útil para cuando se tenga que hacer este tipo de actividades en el astillero SIMACH para embarcaciones de esta índole.

En este informe se procurará realizar un análisis del conjunto tubo de codaste y arbotante lo que hará que tengamos un reconocimiento del conjunto para luego dar lugar a dar conocer las variables que harán posible haya un buen proceso de alineamiento.

Cabe resaltar, que para solucionar un problema de alineamiento, basado en la información de este informe de entrega, se podría extraer un método apropiado a ejecutar, sin embargo, como no existe una única alternativa para abordar el problema, la decisión y procedimiento final al respecto será de absoluta responsabilidad del encargado de dirigir los trabajos de alineamiento.

1.6 RECURSOS EMPLEADOS

Para el presente informe se emplearon factores muy importantes como son el tiempo, el capital, el transporte y la comunicación.

El tiempo ha sido útil para buscar la información necesaria, entrevistar a personal involucrado con el montaje de estos elementos que son el tema principal de este informe que se planteara en el capítulo 3.

El capital invertido en este trabajo no ha sido de consideración ya que con eso se pudo conseguir pasajes para movilizarse ya sea en la localidad donde laboro o movilizarse fuera de ella para así conseguir la información que me brinda el lugar donde laboro.

El transporte ha sido fundamental ya que con esto me pude movilizar para así poder tener entrevistas con personas que conocen del tema de alineamiento de tubo codaste y arbotante, como también fue crucial para llegar hasta mi casa de estudios para poder seguir investigando sobre mi tema de informe.

Con respecto a la comunicación que ha empleado como por ejemplo el correo electrónico fue otro elemento muy importante para la elaboración de este informe ya que con esto pude contactarme con colegas de mi especialidad que están fuera del país para compartir experiencias como también información.

Para conseguir los datos reales para este informe, se ha tenido que emplear herramientas y equipos adecuados para obtener datos precisos y así poder plantear la hipótesis que en el capítulo 3 se mostrará. Y finalmente este informe se reforzará utilizando la Norma de

Germmanisher Lloyd para fortalecer las bases del tema en mención y así verificar que lo que se realizando para este informe es válido y justificado.

CAPITULO 2

GENERALIDADES DEL CONJUNTO TUBO DE CODASTE Y ARBOTANTE EN EMBARCACIONES DE APOYO OFFSHORE

El conjunto tubo de codaste y arbotante es esencialmente el soporte del eje de cola del sistema propulsión para este tipo de embarcaciones, este debe ser lo más resistente posible en todas las condiciones de trabajo sin que falle durante toda la operación de la embarcación en sus diversas condiciones de carga.

El conjunto tubo de codaste y arbotante debe tener la resistencia necesaria para soportar la potencia de eje que le transmite el motor diesel principal para lograr la propulsión adecuada de la embarcación, es decir el avance durante su navegación.

Este conjunto debe cumplir con varios objetivos, los cuales son vitales para lograr una buena operación de la embarcación, estos objetivos son:

- Proporcionar operaciones seguras a través de todo el rango de operaciones.
- Evitar el desalineamiento del eje de cola de la línea de propulsión.
- Disminuir los efectos vibratorios en el eje de cola provocados por el movimiento de la hélice.
- Soportar con seguridad la carga de operaciones transitorias (cambios de marcha, maniobras de alta velocidad)

En las embarcaciones de apoyo offshore el tubo de codaste y el arbotante son elementos fundamentales para la navegación segura y facilita al sistema de propulsión a tener un mejor desempeño según el tipo de servicio que brindan a las plataformas petroleras como también a las embarcaciones de gran magnitud que trabajan en este rubro. A continuación estos son los tipos de embarcaciones que trabajan en nuestro litoral:

a) AHTS – Anchor Handling Tug Supply

Los buques de manejo de anclas se identifican por el tamaño de su motor, en términos de potencia efectiva, o Brake Horsepower, o su fuerza de tracción estática, o su capacidad de remolque (Bollard Pull). El tamaño de estos buques depende de sus operaciones y la localización geográfica y se caracterizan por tener esloras mas cortas en relación a sus mangas, con equipos especializados en el manejo de anclas.



Figura 2.1: Embarcación tipo AHTS

Sus principales tareas son remolque, anclaje e instalación de sondas y otras instalaciones móviles en alta mar; colocación y asistencia para el amarre, ayuda en la construcción e instalaciones en alta mar. También están equipados para otros servicios, como operaciones de rescate, combate de incendios y

recuperación de petróleo, o como Navíos de Recuperación de Emergencia (Emergency Rescue and Recovery Vessels o ERRV). Pueden también realizar funciones de apoyo, pero con espacio más limitado que un PSV normal.

b) PSV – Platform Supply Vessel

Los navíos de alimentación a plataformas (Platform Supply Vessels o PSVs) se caracterizan por sus amplios espacios libres de almacenamiento y capacidad de maniobra de cargas. Son utilizados para el transporte de materias primas, elementos y personal hacia y desde las plataformas de perforación en alta mar.



Figura 2.2: Embarcación tipo PSV

Sus principales tareas son: transporte de equipamientos en general. Sobre cubierta carga contenedores, equipos y tubos, en bodegas líquidos como barros, cemento, agua, combustible y productos químicos en tanques apropiados y separados, atendiendo las instalaciones de perforación y producción con unidades flotantes de producción, almacenamiento y FPSO y soporte e la construcción, mantenimiento y trabajos submarinos en alta mar. El principal servicio ofrecido por los PSV está relacionado a trabajos de carga ofrecidos a empresas de petróleo o

gas que operan en Brasil. Son navíos destinados a apoyo para grandes zonas de producción, debido a la amplia capacidad de sus cubiertas y en las bodegas.

c) **OSRV – Oil Spill Recovery Vessel**

Son buques para combatir derrames de petróleo con especificaciones que les permiten trabajar una mancha del mismo, en atmosferas donde la evaporación del petróleo produce gas natural, por eso está dotado de sistemas eléctricos blindados para evitar producir chispas. Tiene equipos para aspirar el petróleo derramado y almacenarlo en sus tanques a bordo. La capacidad de combatir los derrames puede ser colocada en un PSV o en un AHTS.



Figura 2.3: Embarcación tipo OSRV

d) **FAST BOAT / CREW BOA**

Embarcaciones utilizadas para los cambios de turnos del personal. Son de altas velocidades, como si fuese un PSV, pero mucho más ágil. También pueden transportar combustibles, agua potable, productos químicos, agua industrial, tubos o equipos especiales.



Figura 2.4: Embarcación tipo Fast boat / Crew boat

e) Well stimulation

Los buques de Estimulación de Pozos (Well Stimulation Vessel) son embarcaciones dotadas de plantas para aplicación o inyección de agentes químicos, buscando monitorear o aumentar la productividad de los pozos y líneas en operación. La estimulación es una intervención para aumentar la producción, mejorando el flujo de hidrocarburos a partir del área de drenaje del pozo.



Figura 2.5: Embarcación tipo Well stimulation

La variedad de productos químicos que se bombea al pozo durante la perforación muchas veces puede causar daños a la formación en su derredor, entrando en los reservorios y bloqueando las gargantas de los pozos.

f) **MPSV – MultiPurpose Supply Vessel**

Un MPSV (Multipurpose Supply Vessel o buque Multitareas, colocación y manejo de anclas) es una embarcación que fue proyectada para prestar servicios de mantenimiento de la producción y transporte de cargas, y también para el manejo de anclas.



Figura 2.6: Embarcación tipo MPSV

2.1 ARBOTANTE

Cuando el buque tiene más de una hélice, las que no están en crujía han de salir al exterior a través del fondo o costado del buque, modificándose la estructura del casco para dar salida con continuidad de formas, denominándose "henchimientos" a estas modificaciones estructurales. Una vez el eje en el exterior del casco, la hélice no puede colocarse inmediatamente ya que las formas lanzadas de la popa lo impiden, requiriéndose unas estructuras que unidas al casco den soporte al eje y hélice, denominadas "ARBOTANTES". En resumen, se puede decir que las misiones de los henchimientos son crear en el casco unas formas apropiadas que no produzcan resistencia a la marcha y al mismo tiempo protejan los ejes en su salida al exterior; y las de los arbotantes sujetar el eje en su recorrido desde la salida del casco hasta la hélice, procurando crear la mínima resistencia a la marcha.

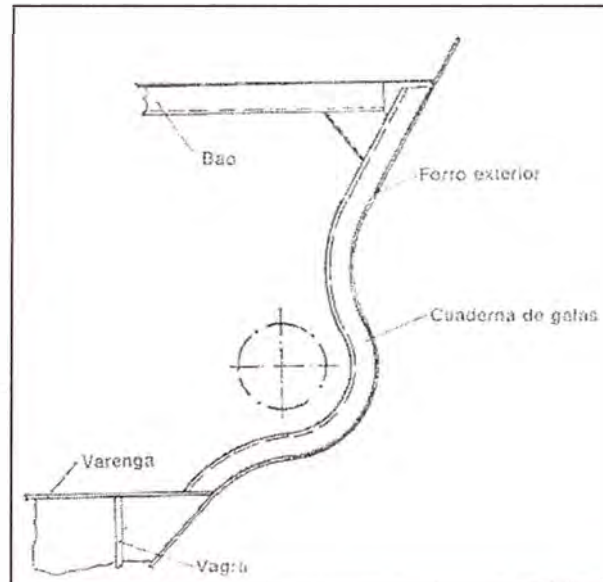


Figura: 2.7: Enchimiento en casco

La estructura de los henchimientos no es más que una modificación de la del casco, con su reforzamiento propio para soportar la bocina y eje así como los esfuerzos estáticos y los dinámicos correspondientes al movimiento del mismo.

Los ARBOTANTES pueden ser de un solo cuerpo o de sujeción en "A". En ambos casos estará formado por dos elementos, el núcleo o cuerpo cilíndrico y los brazos de sujeción, que en el caso de ser en "A" tendrá dos. El núcleo cilíndrico serán siempre de acero fundido y maquinado su interior para hacer de cojinete y los brazos podrán ser de acero fundido, con lo que harían una sola pieza con el núcleo, o de acero laminado y armados.

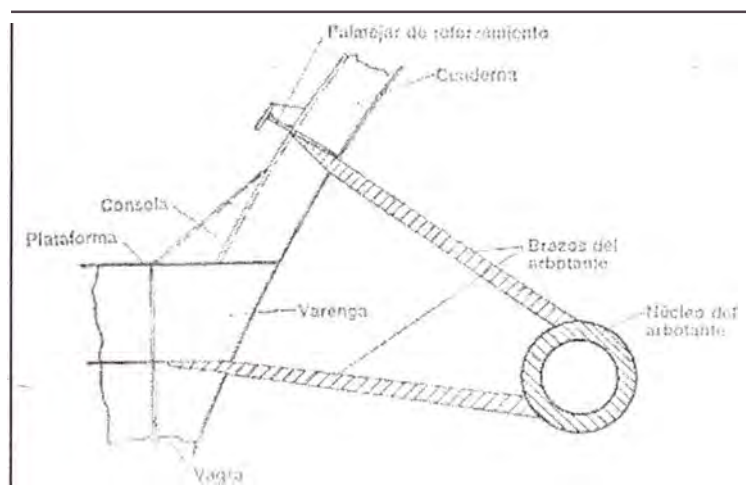


Figura 2.8: Arbotante tipo A

Teniendo en cuenta que los arbotantes han de sujetar:

- a) Peso del eje y hélice.
- b) Esfuerzos dinámicos de la hélice y eje al girar ambos.
- c) Esfuerzos dinámicos accidentales, tales como golpes o desequilibrio de la hélice

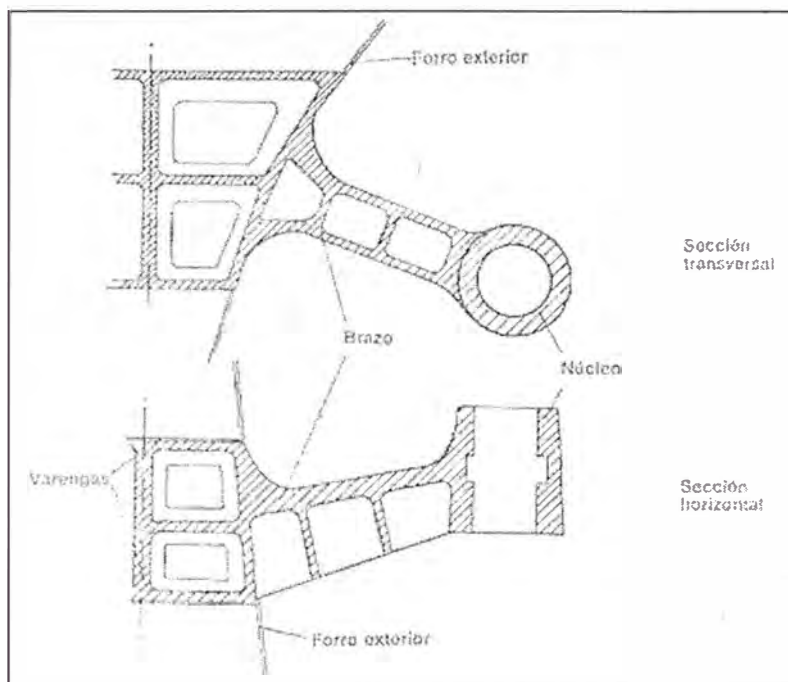


Figura 2.9: Arbotante de un solo brazo

Su estructura ha de ser de gran resistencia al mismo tiempo que su conexión con el casco ha de estar diseñada de forma que soporte y transmita al resto del mismo estos esfuerzos. Debido a estos puntos, es de suma importancia que la unión se realice sobre elementos efectivos que en algunos casos deberán crearse expresamente al respecto. Por lo general se requerirá un reforzamiento especial y se aumentarán los escantillones del forro y elementos existentes. Una de las normas usadas en el diseño de los arbotantes es la de tratar de amortiguar los esfuerzos dinámicos, especialmente las vibraciones que inducirían a la fractura de la estructura, cosa que se consigue en parte con un aumento de la rigidez y separación entre el núcleo y la hélice.

2.1.1 CALCULO DE ARBOTANTES

Los arbotantes constan de dos partes principales, a saber: barril, el cual está determinado por las exigencias del eje de la hélice, y de las patillas, los cuales deben ser resistentes a

la rotura, cuando por cualquier causa se somete a grandes vibraciones, por ejemplo la rotura, cuando de una pala de la hélice, la variación de presiones de palas, etc.

Para calcular las dimensiones de las patillas del arbotante, existen varias fórmulas, que se exponen a continuación.

En el caso de un nuevo proyecto, los arbotantes se deben construir de tal manera que la relación de resistencias entre las patillas y el eje sea 0.345 (Valor obtenido estadísticamente de construcciones de embarcaciones similares), es decir, tomando en consideración las cargas de rotura del material y las áreas respectivas, su relación debe oscilar alrededor de dicha cifra.

a) Formula de G. Simpson

El ingeniero G. Simpson ha deducido la siguiente fórmula (*Cálculo de estructuras del Buque por Ing. Ricardo Martín Rodríguez*):

$$A = \frac{\sqrt[3]{SHP \times R \times l}}{0.00289 \times R}$$

A = Área de la sección de la patilla, en cm²

SHP = Potencia del eje

R = Revoluciones por minuto

l = Longitud del eje fuera del casco, en m.

b) Formula de A.W. Johns

Esta fórmula es algo más compleja y la determina igualando los esfuerzos unitarios admisibles en el eje de cola y en la patilla del arbotante (*Cálculo de estructuras del Buque por Ing. Ricardo Martín Rodríguez*).

$$L^2 \times e = K \times \frac{D^4 - d^4}{D} \times \frac{m}{a}$$

L = Ancho de la sección

e = Espesor de la sección

D = Diámetro exterior del eje, en cm.

d = Diámetro interior del eje, en cm.

m = Distancia del eje del arbotante al de la hélice, en m.

a = Distancia del canto de popa del barril del arbotante al eje de la hélice, en m.

K = Constante que varía de 0.5526 a 0.83, pudiendo tomar como valor medio 0.685.

CALCULO DE ARBOTANTES CON LA FORMULA DE A.W. JHONS										
BUQUES	Diámetro de ejes		m (m)	a (m)	L (cm)	Error (%)	e = L/4 (cm)	Error (%)	A = 0.75xLxe (cm ²)	Error (%)
	D (exterior) (cm)	d (interior) (cm)								
10,000 t...	40.1	16.5	1.82	0.640	78.7	+ 11.0	19.7	+ 9.20	1,160	+ 30
8,000 t...	35.6	14.6	1.36	0.609	64.6	- 12.0	16.1	- 5.60	780	- 12
1,950 t...	35.5	23.5	1.95	0.970	59.0	+ 15.5	14.7	+ 47.00	650	+ 56
1,500 t...	22.8	-----	0.90	0.400	41.8	+ 13.0	10.5	+ 11.70	300	+ 27

c) Fórmula de J. Bruhn

En esta fórmula entra la longitud del brazo mayor del arbotante y determina el producto del ancho por el espesor; ha sido determinada para arbotante de buques mercantes (*Cálculo de estructuras del Buque por Ing. Ricardo Martín Rodríguez*):

$$L \times e = K \times D^2 \left[1 + \left(\frac{m}{60e} \right)^2 \right]$$

D = Diámetro exterior del eje, en cm.

h = Longitud del brazo mayor en el eje, en cm.

K = Constante de J. Bruhn indica 0.5

L = Ancho de la sección

e = Espesor de la sección

CALCULO DE ARBOTANTES CON LA FORMULA DE J. BRUHN				
BUQUE	D (cm)	h (cm)	L (cm)	Error (%)
10,000 t...	40.1	230	71	-----
8,000 t...	35.6	153	62.5	- 15.5
1,850 t...	35.5	180	62.6	+ 22.8
1,500 t...	22.8	173	71	+ 10.8

d) Fórmula de W. P. Roop

Esta es la fórmula mas moderna que las anteriores, y aun cuando entran en la misma muchos datos que la comenzar un proyecto no se conocen, es indudablemente la más exacta, ya que considera todos los elementos que entran en la resistencia de arbotantes.

Como resumen de los estudios hechos por el ingeniero W. P Roop, diremos:

- 1) La relación entre las resistencia es, como hemos dicho al principio, igual 0.345
- 2) La relación entre el ancho y el espesor de la patilla es 7.5
- 3) El área A de la patilla y el ancho L están ligados por la fórmula:

$$A = 0.093 L^2$$

La fórmula es (*Cálculo de estructuras del Buque por Ing. Ricardo Martín Rodríguez*):

$$A = \frac{P}{2 \operatorname{sen} \theta} \times \frac{1 + \frac{3b}{2h} \left(1 + \frac{R}{h} \right) \frac{\cos \theta}{\operatorname{sen} \theta} - \frac{3b}{2h}}{\sigma_r}$$

A = Área de la sección de la arbotante, en cm²

P = Peso total actuando en el arbotante, que aproximadamente es igual al 1/6 de la resistencia a la tensión del eje, en Kg

b = Como indica la figura

h = Longitud, en el eje, de la patilla del arbotante, en cm.

R = Radio exterior del barril, en cm.

θ = Ángulo que forma el eje de la patilla con el eje del arbotante. (Véase la figura)

σ_r = Carga de rotura del material del arbotante, en Kg/mm²

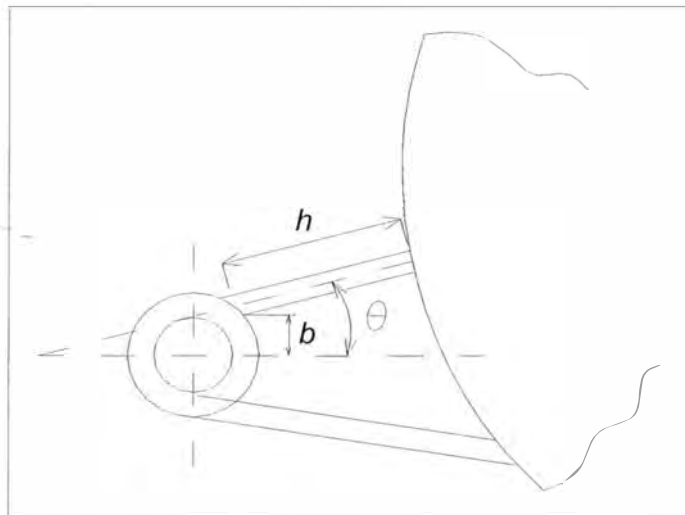


Figura 2.10: Esquema de arbotante de dos brazos con los parámetros de Roop

El peso total de P que actuará en el arbotante se calcula multiplicando el área de la sección del eje y la carga de rotura, P será entonces 1/6 del producto.

En la tabla siguiente, se muestran los valores obtenidos en los mismos buques que indicamos anteriormente.

Esta fórmula sirve para el caso en que los arbotantes se situen radiales con relación al barril del mismo.

En el buque de 1,850 toneladas, no solamente son tan tangentes, sino que le ángulo entre las patillas es muy pequeño, por lo que resulta:

$$\text{sen } \theta < \frac{3b}{2h}$$

Convirtiéndose la fórmula en un área negativa, lo cual es imposible.

CALCULO DE ARBOTANTE CON LA FORMULA DE W. P. ROOP								
BUQUE	Area del eje (cm ²)	Carga de rotura		b (cm)	h (cm)	e (grad)	A (cm ²)	Error (%)
		Eje	Arbotante					
10,000 t...	1,049	60	52	46	173	32	812	- 10
8,000 t...	830	60	52	38	155	28	845	- 3
1,850 t...	556	60	52	30	190	15	---	----
1,500 t...	408	60	52	16	120	46.5	222	- 6

Esto quiere decir que el esfuerzo principal que se desarrolla en las patillas es a la flexión, y como en la fórmula dada se han combinado los dos esfuerzos, es por lo que el resultado que se obtiene es inadmisibile.

A continuación se indica una fórmula en la cual se considera la flexión producida en la patilla, esta es:

$$\theta_r = \frac{P}{2 \operatorname{sen} \theta} \times \frac{2.2 \cot \theta}{R \times L}$$

En la siguiente tabla, se muestra los porcentajes de error que se obtienen, por empleo de cada una de las formulas.

BUQUE	FORMULA DE											
	G. Simpson			A. W. Johns			J. B. Bruhn			W. P. Roop		
	A	L	e	A	L	e	A	L	e	A	L	e
10,000 t...	+ 7.8	+ 1	+ 0.5	+ 30	+ 11	+ 9.2	----	0	----	- 10	----	----
8,000 t...	- 25	+ 0.8	+ 5.5	- 12	- 12	- 5.6	----	- 15.5	----	- 3	----	----
1,850 t...	+ 60	+ 17	+ 49.5	+ 56	+ 15.5	+ 4.7	----	+ 22.8	----	- 12.4	- 5	- 3.2
1,500 t...	+ 24	+ 7	+ 5.2	+ 27	+ 13	+ 11.7	----	+ 10.8	----	- 6	----	----

2.2 TUBO DE CODASTE

Este es un elemento del sistema de propulsión que está ubicado en la parte de popa y tiene la función de mantener firme la dirección de la salida del eje de cola.

Este elemento se confecciona de un tubo de dimensiones que puedan soportar los esfuerzos dinámicos del eje como también de la hélice. Además, ya que en interior pasa el eje de cola, este eje no debe rozar con el tubo por lo que en interior del tubo se debe instalar bocinas mixtas que puedan dar un mejor giro tangencial al eje.

Pero para instalar estas bocinas en el interior, al tubo de codaste se le envía al taller de maestranza para que se le practique el proceso de maquinado interior para que pueda cumplir con los estándares de construcción.

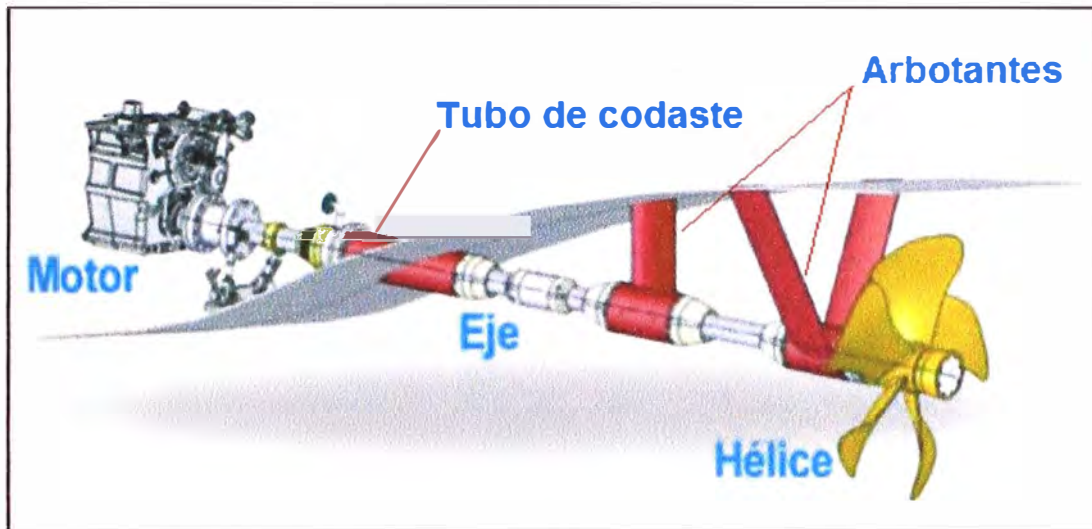


Figura 2.11: Esquema de ubicación del conjunto tubo de codaste y arbotante

2.3 ACCESORIOS DEL CONJUNTO TUBO DE CODASTE Y ARBOTANTE

En la parte interna del tubo de codaste y el arbotante se colocarán unas bocinas mixtas que son piezas que cumplen la función de: primero de proteger al eje de cola del desgaste por fricción en el arbotante y segundo de hacer estanco la bocamaza de popa del tubo de codaste para evitar la filtración de agua y a la vez proteger al eje de cola del desgaste por fricción.

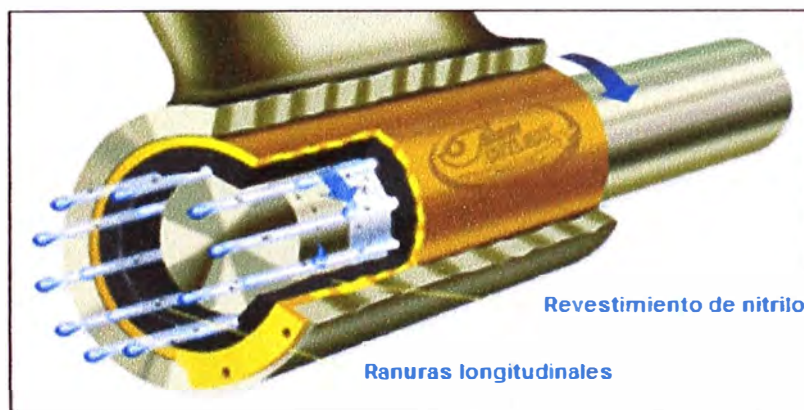


Figura 2.12: bocina mixta para arbotante

CAPITULO 3

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS DE TRABAJO

3.1 DESALINEAMIENTO ENTRE TUBO DE CODASTE Y ARBOTANTE

Al afrontar el problema es necesario definirlo y con esto establecer las limitaciones que se asumirán para orientar la situación bajo un método práctico y no recaer en análisis demasiados específicos y puntuales que cobrarían especiales y profundos estudios, los cuales, demandan mayores tiempos de análisis y en cierta forma desviarán en otras soluciones apartándose de los objetivos básicos establecidos, por lo tanto, dentro de un universo de posibles soluciones al problema, este apuntará a resolver la problemática geométrica que presenta el alineamiento de tubo codaste y arbotante, bajo un punto de vista estático.

Se entiende por alineamiento de tubo codaste y arbotante, el posicionar a estos de modo que tengan el mismo eje geométrico, es decir lograr su coaxialidad.

Obviamente, el hecho de que el tubo codaste y arbotante estén desalineados, implica la pérdida de coaxialidad citada y esto se puede manifestar de dos formas, aun cuando el caso general es una combinación de ambos. Las formas del desalineamiento presentes en los sistemas de propulsión son las siguientes:

3.1.1 DESALINEAMIENTO PARALELO O DIAMETRAL

Le corresponde a los casos en donde los ejes cuyas caras están paralelas, pero sus centros teóricos de rotación (líneas centrales) no se interceptan.

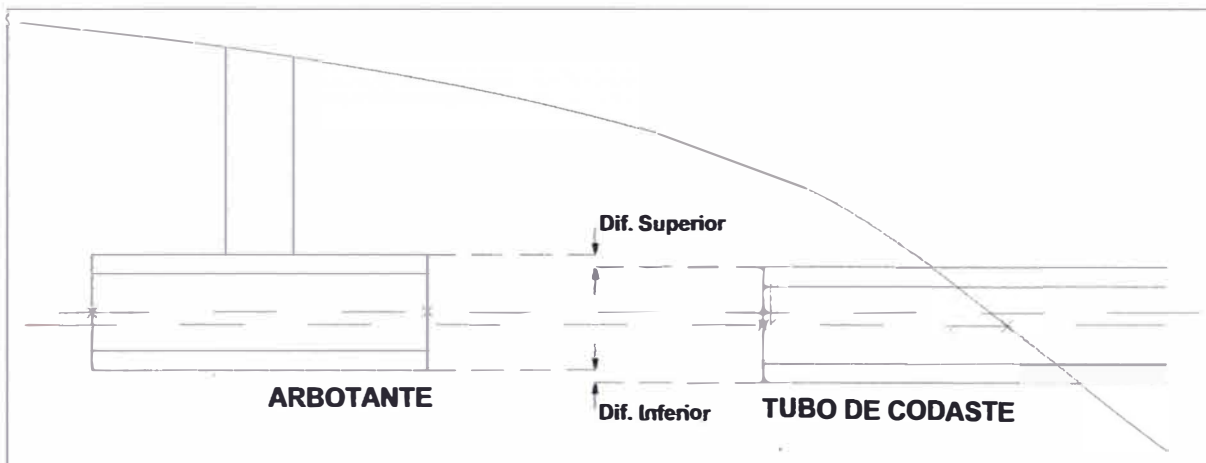


Figura 3.1: Esquema de desalineamiento paralelo o diametral

3.1.2 DESALINEAMIENTO ANGULAR O AXIAL

Le corresponde a los casos en donde los ejes cuyas caras presentan un ángulo, pero sus centros teóricos de rotación se interceptan.

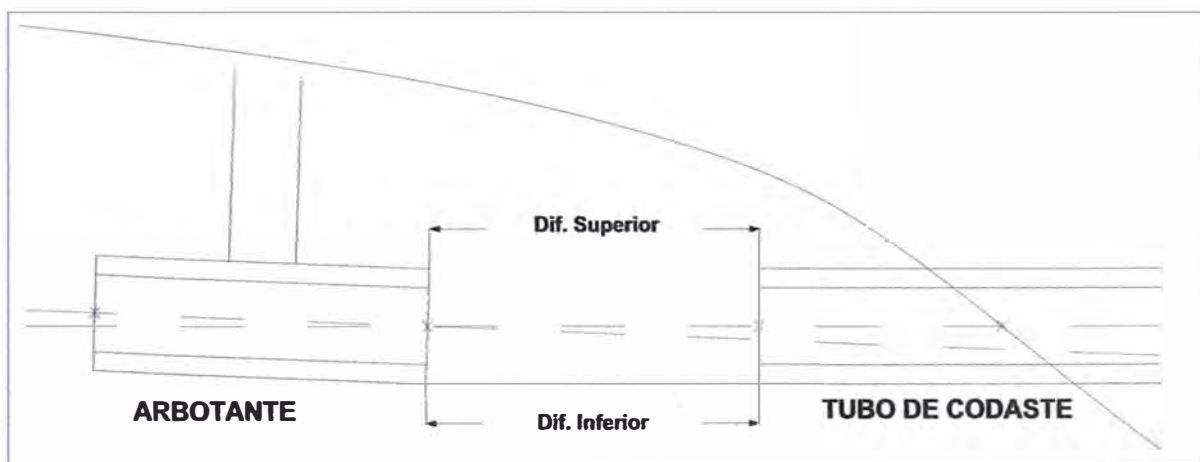


Figura 3.2: Esquema de desalineamiento angular o axial

3.1.3 DESALINEAMIENTO COMBINADO

En este tipo de desalineamiento de una combinación de los anteriores, es decir, sus caras presentan un ángulo entre si y además presentan una diferencia de altura. Según la presentación.

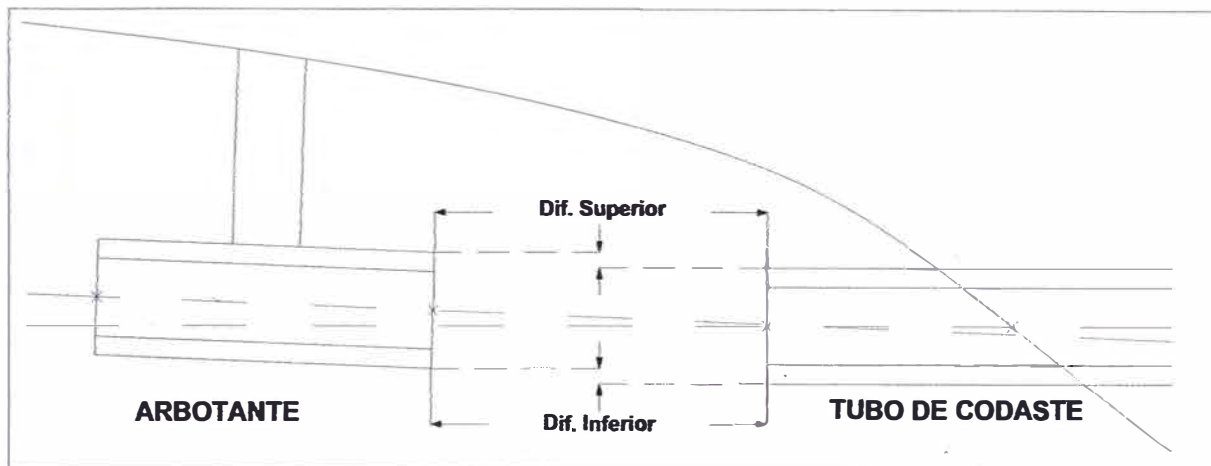


Figura 3.3: Desalineamiento combinado

3.1.4 CONSECUENCIAS DEL DESALINEAMIENTO

Las consecuencias que se encuentran en un posible desalineamiento entre el tubo de codaste y arbotante son:

- Mayor consumo de combustible del motor diesel principal.
- Desgaste del eje de cola que a veces puede ocasionar grietas y roturas.
- Vibraciones no consideradas tanto en el diseño de los soportes como de las Máquinas acopladas.

Estas consecuencias pueden ser disminuidas si el personal que está a cargo del alineamiento tomara conciencia y se centre más en el proceso de alineamiento de estos dos elementos. Esto quiere decir que los responsables deben tener los conocimientos

para manejar los instrumentos y equipos adecuados, así como también saber descifrar las mediciones adecuadas que se tomen en obra.

3.2 VERIFICAR EL DESALINEAMIENTO DEL TUBO DE CODASTE Y ARBOTANTE

Cuando la embarcación de apoyo offshore sube al astillero para un mantenimiento programado por el armador, muchos de los trabajos principales están enfocados a la reparación de la estructura del casco, así como también la de los sistemas de gobierno y de propulsión. Así como también las líneas de tuberías principales del barco. Por lo que el astillero toma las medidas correctivas en cuanto al sistema de gobierno y propulsión, de acuerdo a los parámetros mínimos de calibración que pueda contar en especial un sistema de propulsión.

3.2.1 DESMONTAJE DEL EJE DE COLA

Para poder efectuar el desmontaje los ejes de cola de los lados de babor y estribor de una embarcación de apoyo offshore, es imprescindible desmontar todo el sistema de propulsión y debemos comenzar por la hélice, como se muestra a continuación. Antes de desmontar un sistema de propulsión debe efectuarse la calibración del sistema, para determinar si se encuentra fuera de las holguras admisibles. Si se encuentra dentro de lo admisible, no será necesario desmontar el sistema, salvo que el armador o su representante lo autoricen.

Se tomará la decisión de desmontaje del sistema de propulsión de acuerdo a la planilla de calibración que se elabora en obra. Esto es posterior a la toma de todos los parámetros medibles que solicite el estándar de alineamiento.

3.2.2 DESMONTAJE DE HELICES DE PASO FIJO DE BABOR Y ESTRIBOR

Para realizar el desmontaje de las hélices de babor y estribor, es necesario tener la aceptación, de la división de seguridad industrial, para que la embarcación se encuentre desgasificada, es decir, en condiciones de poder ejecutar trabajos en caliente. Una vez que se ha definido la actividad de desmontaje, se verificará lo siguiente:

- Estado de las bocinas y prensaestopas
- Calibrar las holguras entre la manga de la prensaestopa y la bocamaza de proa de los tubos de codaste como también las bocamazas de los tubos de los arbotantes.
- Inspeccionar los tubos de codaste y los arbotantes (Corrosión)
- Inspeccionar la estructura del buque aledaña a los tubos de codaste.
- Para ejecutar esta labor es necesario contar con personal calificado.
- La selección de herramientas se debe considerar según el modelo del buque en el cual se va trabajar.
- Una vez obtenido los datos de calibración se realizará la planilla para verificar si es necesario el desmontaje de lo contrario se realizará la actividad.
- Se empezará por picar el cemento que cubre la tuerca de las hélices de babor y estribor.
- Con una llave se procede a desenroscar la tuerca de la hélice, de no ser así se utilizará un extractor hecho de plancha de acero con unos pernos gateros.
- Una vez retirado las tuercas se procederá a desmontar las hélices para luego llevarlos mediante grúas al taller de arenado y finalmente llevarlo al taller de maquinado para sus respectivas inspecciones.

3.3 PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS DEL TRABAJO

Como se pudo apreciar en los temas citados anteriormente es importante que un procedimiento lleve en si una disciplina y un orden de los procesos para conseguir resultados satisfactorios en lo que respecta a la industria naval. Por eso se tiene que tener bien definidos los elementos involucrados en el trabajo que se presenta que es alinear un tubo de codaste y un arbotante de babor y estribor de una embarcación de apoyo offshore.

Entonces utilizando las técnicas y procedimientos adecuados para un alineamiento de tubo codaste y arbotante se obtendrá un buen funcionamiento del sistema de propulsión durante los trabajos de apoyo en plataformas petroleras. Esto traerá como consecuencia benéfica el ahorro de combustible.

CAPITULO 4

FUNDAMENTOS DE ALINEAMIENTO PARA TUBO DE CODASTE Y ARBOTANTE

4.1 METODOS CONVENCIONALES DE ALINEAMIENTO

El arbotante como el tubo codaste cumple una función importante en el funcionamiento del sistema de propulsión, además de aportar en la navegación de estas embarcaciones multipropósito que sirven de apoyo al sector petrolero.

El procedimiento de instalación y alineamiento de estos elementos se basa en la forma del casco de la embarcación para facilitar la resistencia al avance y darle una mejor velocidad a la embarcación para así llegar a la zona de trabajo.

No puede decirse que exista una convencionalidad en los métodos utilizados, puesto que su aplicación depende de la seguridad con la cual se pretenda alinear. Las características distintivas en los métodos son: la infraestructura en materiales, equipos e instrumentos necesarios; así como también, la cantidad y la calidad del personal relacionado con el desarrollo del alineamiento.

En este informe mencionaremos lo que significa el alineamiento en frío y en caliente el cual cada uno de ellos se divide en dos tipos de alineamiento que son interno y externo, ambos son susceptibles de emplear en máquinas en condiciones de no operación

4.1.1 ALINEAMIENTO EN FRIO

El alineamiento en frío se realiza teniendo presente las desviaciones que se presentarán en los ejes, relativas a sus posiciones estáticas; o sea, se toman en cuenta las condiciones de operación de los equipos. Las desviaciones mencionadas pueden ser dadas por los fabricantes de los equipos y como consecuencia de esto, al realizar el alineamiento en frío, las máquinas quedarán virtualmente desalineadas; para luego, una vez alcanzados los regímenes estables, para los que tienen validez estas desviaciones dinámicas de los ejes, se produzca el alineamiento necesario.

a) Alineamiento en frío interno

Las técnicas vinculadas al alineamiento en frío interno definen una restricción fundamental para sus aplicaciones, la maquinaria debe estar destapada. El desarrollo de estas técnicas puede originarse tanto en las etapas de montaje como en la de una eventual reparación, para las cuales el eje aún no se haya instalado. Las faenas de alineamiento están orientadas a lograr una alineación de descansos, bancadas y en general elementos internos los cuales contienen el eje al ser instalado.

Las correcciones necesarias para obtener la última alineación se desarrollan en los descansos o elementos internos, posicionándolos de manera que el eje asuma posteriormente entre ellos; ya sea una curva suave o una recta.

b) Alineamiento en frío externo

El alineamiento en frío externo está orientado a conseguir la alineación de los ejes de las máquinas involucradas, tomando a cada una de éstas como un todo. Esto último es significativo pues da las características distintivas finales entre las acepciones del alineamiento en frío.

En el alineamiento en frío externo, las correcciones necesarias son realizadas desplazando la máquina completa. Son las máquinas que conforman el tren en alineación, las que se posicionan de manera que al acoplar los ejes, adquieran una curva suave o una coaxialidad. Vale decir entonces, que la aplicación del alineamiento en frío externo es posterior al correspondiente alineamiento en frío interno.

4.1.2 ALINEAMIENTO EN CALIENTE

Cuando no se posean las desviaciones subyacentes a las condiciones de operación, éstas deben ser determinadas por algún medio para subsanar los efectos de los desalineamientos en condiciones dinámicas. Las técnicas de alineamiento en caliente tienen como objetivo cuantificar los desplazamientos de los ejes, suscitados en los regímenes estables de operación, referidos a las posiciones estáticas iniciales.

La citada cuantificación se realiza, en algunos casos, por medio de un monitoreo continuo, obteniendo así una descripción de los movimientos acaecidos en los ejes de las máquinas a través del tiempo. Una comparación de los resultados de monitoreo realizados con las especificaciones prescritas por los fabricantes de los equipos, es un índice para analizar las condiciones de operación de diseño con las condiciones de operación reales.

Este tipo de alineamiento puede ser peligroso, ya que puede crear un sentido de seguridad no garantizado; puesto que si no se tiene la precaución de realizar una revisión de las características y condiciones de operación de servicio, para luego compararlas con las de diseño, podría acontecer que en el caso que no existiera una similitud entre ellas, los valores y direcciones de las desviaciones dadas por los fabricantes no correspondan a la situación real. Para estos casos, el esfuerzo involucrado en la alineación en frío, por muy grande que fuese, sería en vano, y las máquinas al prestar sus servicios en caliente

quedarían igualmente desalineadas. Aquí entra en juego el sentido común y la habilidad del o los responsables del alineamiento para estimar las correspondientes desviaciones y reflejarlas en la etapa de alineación estática.

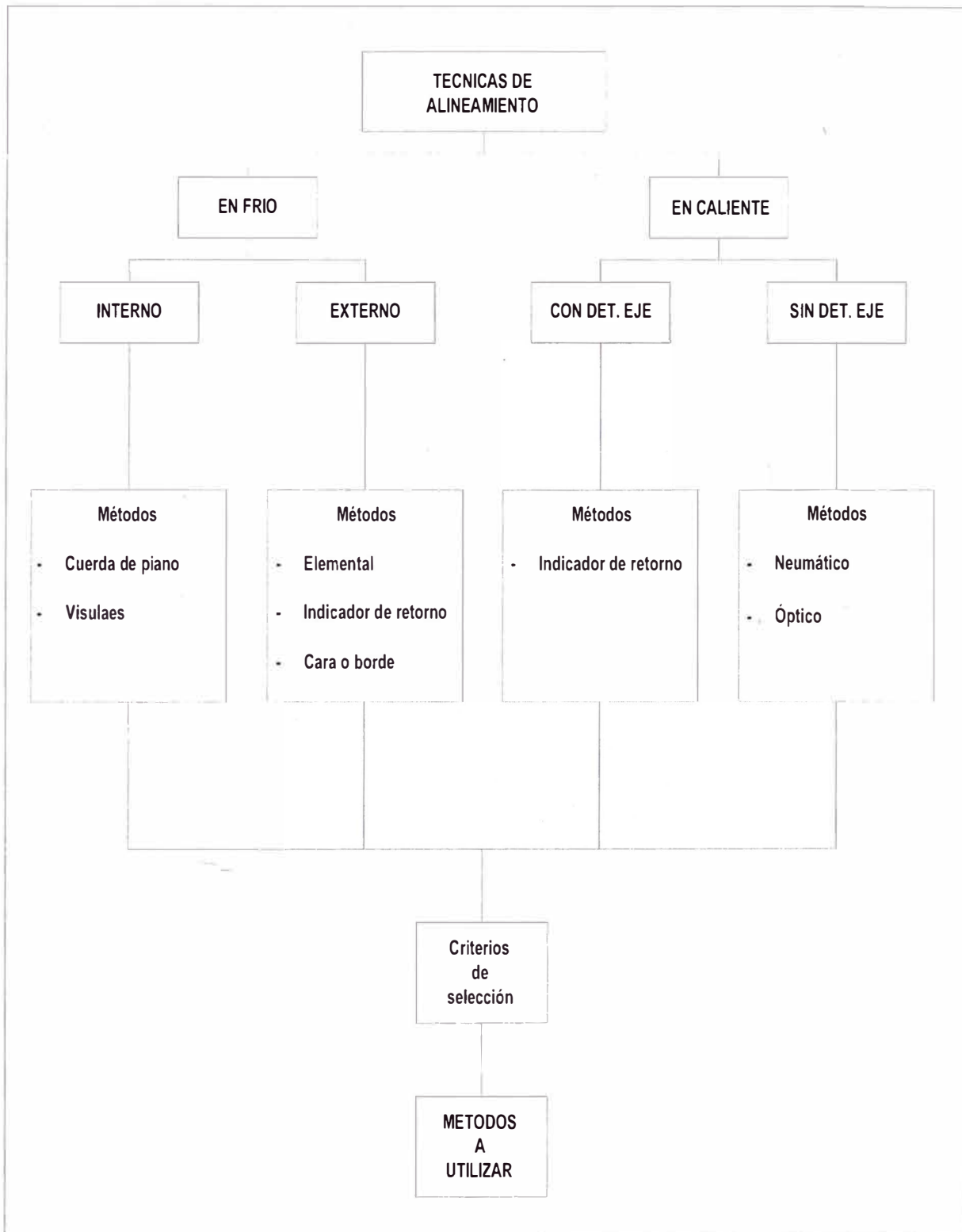


Figura 4.1: Cuadro de clasificación de técnicas de alineamiento

4.2 ALINEAMIENTO POR RAYO LASER

El rayo láser es uno de los avances considerables de la ciencia por su gran número de aplicaciones en diferentes áreas, como son: Medicina, Mecánica, Fuerzas Armadas, etc., sobrada razón por lo que es importante describir su principio de operación, propiedades, así como ventajas y desventajas al trabajar con este rayo.

Como antecedente tenemos que en nuestro medio, cuando se trata de alinear máquinas, pocas son las personas que ejecutan ésta labor, la mayoría lo hacen empíricamente, además cabe resaltar que el procedimiento dado por el fabricante de máquinas para su instalación y luego su alineación da pasos a seguir demasiado generales.

El sistema de láser óptico mide el desplazamiento radial en relación a una distancia axial conocida. Usando brackets (miras) de fijación multipropósito, un emisor de láser de baja potencia es fijado en uno de los ejes a alinear (generalmente en el eje móvil por consideración del fabricante) mientras que en el otro eje fijamos la unidad receptora (estacionario). Ambos ejes podrán estar acoplados o desacoplados (también pueden ser puestos dentro de la unidad a alinear, por ejemplo para nuestro caso de estudio, para alineación de tubo codaste).

El haz de láser viaja a lo largo de la línea de ejes, pasando cerca del acoplamiento y llegando al receptor, donde es recibido y detectado por múltiples detectores linealizados.

Aquí es donde el proceso de medición comienza; según se giran los ejes de forma continua o en varias posiciones, cualquier desalineamiento causa que el haz del rayo láser, cambie su posición, respecto al punto de incidencia, dentro del sistema detector.

La computadora utiliza la medición del desplazamiento de este haz de luz, en relación a la distancia entre el centro del acoplamiento al receptor para calcular la condición de alineamiento que podrá ser expresada en cualquier posición.

La imagen continua muestra la alineación de los acoplamientos de ejes giratorios de las máquinas para la buena transmisión con el equipo laser.

Una vez ubicada unidad emisora y receptora en ejes a alinear procedemos a girar el eje en la cantidad de grados especificadas por el fabricante (desde 40 a 360 grados) para obtener en unidad almacenadora de datos las dimensiones correspondientes.

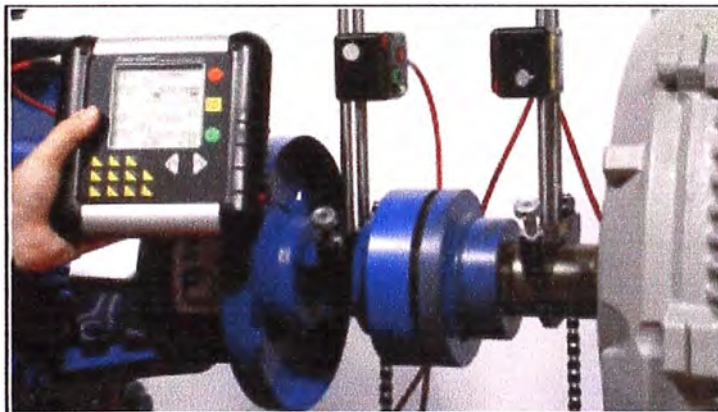


Figura 4.2: Trabajando con el método láser de alineamiento

Los métodos actuales para corregir el desalineamiento, son inadecuados y poco confiables debido a su complejidad, falta de personal entrenado, poca atención por parte del personal de mantenimiento. Y un programa planeado para corregir los problemas de alineación preferentemente usando tecnología asistida con rayo láser óptico, puede generar ahorros considerables debido a:

- Reducción de consumo de energía

- Ejecución de los trabajos de alineación más rápidos y de mayor calidad.

A continuación se presentan imágenes de alineación de un tubo codaste en que el emisor y el receptor se ubican dentro del tubo codaste y en el acoplamiento del motor. Con este sistema las mediciones se realizan mediante el empleo de emisor y prisma, las misma que son sujetados a los ejes o a las mitades del acoplamiento de las maquinas mediante brazos universales de fijación rápida.

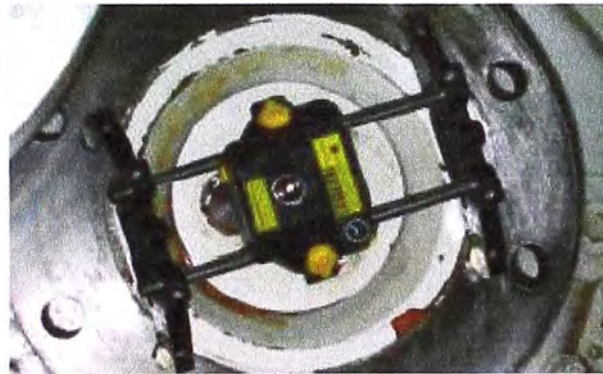


Figura 4.3: Secuencia de alineamiento con método laser



Figura 4.4: Alineamiento de tubo codaste por método de rayo laser

4.3 EQUIPO RAYO LASER AGL-SLB-110

Equipo utilizado en las instalaciones del Astillero para las verificaciones del alineamiento del sistema de propulsión desde el extremo de popa a la brida de la caja de transmisión, su ubicación del equipo Laser en el extremo popa para su aplicación es tal como muestra.

Es así como en el astillero se efectúa la verificación del alineamiento de la línea de ejes.



Figura 4.5: equipo de rayo láser AGL – SLB – 110

El pasar el rayo láser a lo largo de la línea de ejes nos da referencia de los puntos principales de la línea de ejes, así se tendrá que examinar los puntos de apoyos y los extremos de popa y proa del tubo codaste y la cara de la brida de la caja reductora. Una muestra de cómo se determina y verifica la línea de propulsión es la que muestra a continuación y se suscita en cada embarcación a su subida a varadero.

La determinación o comprobación de la línea de ejes a lo largo de la estructura longitudinal, en que soporta el sistema de propulsión con sus componentes y tiene como principio tomar referencias tal como detalla el esquema continuación.

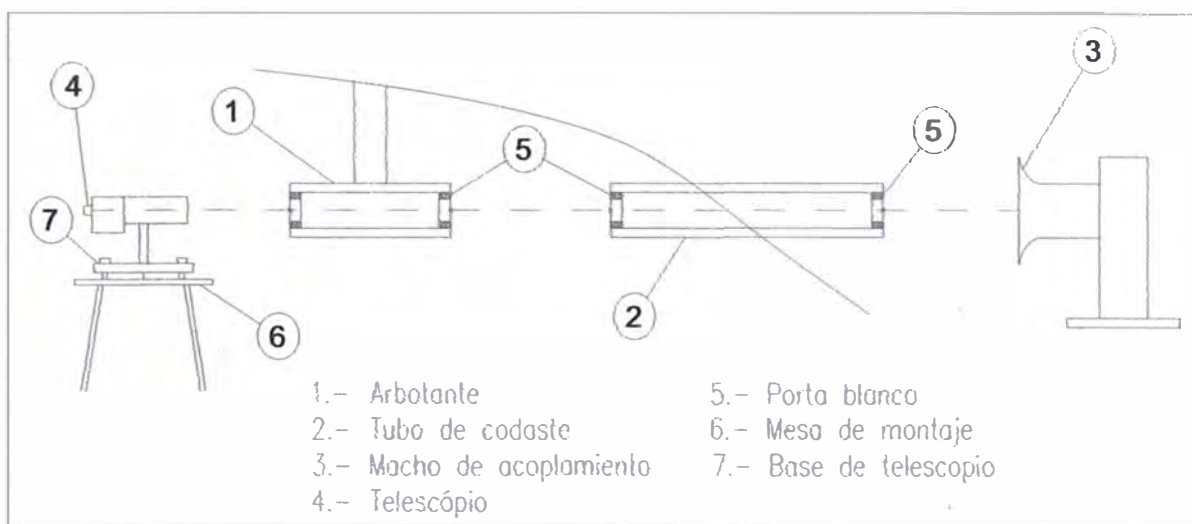


Figura 4.6: Esquema de alineamiento de tubo codaste y arbotante por el método de rayo láser

4.3.1 VENTAJAS DEL SISTEMA DE RAYO LASER

El sistema de alineamiento con rayo láser óptico, se ha brindado la oportunidad a los técnicos de mantenimiento, de alinear los acoples más rápido, más fácilmente y con mayor precisión. Son muy exactos, versátiles, fáciles de configurar, y proporcionan resultados bastante libres del error humano.

En la actualidad la alineación de maquinaria es realizada, en el mejor de los casos de manera irregular, y en el peor de los casos, ni se lleva a cabo en muchas plantas, por lo tanto la aplicación de este sistema cuenta con varias ventajas:

- Método más exacto que podemos encontrar para realizar una alineación.
- Alinea máquinas horizontales y verticales.

- Alinea ejes acoplados y desacoplados.
- Muy fácil de operar.
- Software y conexión a PC e impresora.
- No existen desviaciones ya que el láser no tiene catenarias.
- El centro de un cojinete puede ser perfectamente encontrado.
- Es claro, rápido y no deja dudas. Es conforme a normas ISO 9000.
- Permite considerar en forma automática el crecimiento térmico y la flexión del eje.
- Podemos calcular desalineamiento paralelo y angular en forma inmediata.

4.3.2 DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE RAYO LASER

La técnica del alineamiento con rayo láser óptico, nos brinda soluciones de mantenimiento y definición de línea de ejes, más rápido, más fácilmente y con mayor precisión. Y brinda facilidades de configuración, y proporcionan resultados bastante libres del error humano.

La moderna utilización de los equipos de rayo láser nos permite definir la línea de ejes con facilidad, pero existen debilidades que llevan a la limitación en su aplicación debido a factores directos en su adquisición y aplicación en el campo de la alineación.

Es así que este sistema moderno nos muestra ciertas desventajas en el aspecto técnico y económico así como:

- Como desventaja solo podemos mencionar el alto costo de adquisición del producto para un astillero.
- Costo por adiestramiento y mantenimiento del equipo en cada proceso de pasar rayo a la línea de ejes.
- Equipos con elementos frágiles que necesitan ser usados con cuidado.

CAPITULO 5

ALINEAMIENTO DE TUBO CODASTE Y ARBOTANTE

5.1 GENERALIDADES DE ALINEAMIENTO

Podemos definir como alineamiento, el proceso de montaje de dos elementos de tal modo que sus ejes de simetría presenten continuidad dentro de las tolerancias establecidas. De la misma forma como tenemos el desalineamiento paralelo y desalineamiento angular, tenemos el alineamiento paralelo y angular, ésta explicación viene a ser muy importante a la hora de aplicar el procedimiento de alineación elemental ya que si bien es relativamente fácil su aplicación, pero su comprensión es complejo.

Además es en este punto, donde fijamos los precedentes para entender el análisis de procedimiento de alineación racional y de cómo nos desenvolveremos frente al computador para trabajar con software de elementos finitos.

Finalmente, nos da la base para la ejecución del proceso de trabajo que veremos, y como un buen proceso de alineamiento llega a convertirse en la suma de la aplicación de los distintos métodos de alineación y esto se complementa para lograr un mejor resultado.

ALINEAMIENTO ANGULAR

Proceso aplicado principalmente a las líneas de ejes de gran dimensión, generalmente cuando los buques tienen sus salas de máquinas a proa o en la sección media del buque.

Como idea básica de este proceso podemos asumir la línea de ejes de propulsión como una viga, la cual, debido a su peso (asumido como una carga uniforme distribuida) y la reacción que los descansos ejercen sobre ella (fuerzas de reacción contrarias a las del peso), sufrirá inevitablemente deformación en el sentido longitudinal.

Al adquirir una deformación el eje, las bridas de acoplamiento ganan un pequeño ángulo entre ellos los que debemos conservar para mantener la línea natural de los ejes de propulsión.

Para medir las tolerancias que debemos dejar entre las caras de unión y mantener las distancias del ángulo adquirido, usaremos una herramienta llamada **feeler** que es un medidor de espesores, para ello tomamos las medidas en cuatro puntos distintos de las bridas unidas, separados a 90 grados cada una.

ALINEAMIENTO PARALELO

Este proceso es aplicado a las líneas de ejes cortas, en donde la sala de máquina está a popa del buque. Consiste nada más, en asumir que el eje no sufre deformaciones debido a su peso por lo corto que es y porque los apoyos están muy juntos el uno de otro.

Entonces al estar perfectamente recto, las caras de unión sólo deben ser verificadas en altura, lo cual es posible con una regla.

5.2 IMPORTANCIA DEL ALINEAMIENTO DE TUBO CODASTE Y ARBOTANTES

Un trabajo de suma importancia en la instalación del conjunto tubo codaste y arbotante lo constituye el alineamiento de ellos mismos. Un alineamiento apropiado de estos elementos es muy importante para la vida útil y la resistencia de las partes constituyentes de éstas y del sistema de propulsión, como también una reducción en los costos de mantención.

Las razones que se aluden para exigir la máxima seriedad y competencia en las faenas de alineación en tubo codaste y arbotante, es la gran importancia que tiene el alineamiento en la introducción de tensiones adicionales que acarrear vibraciones, calentamientos, trabazones y desgastes en el eje de cola, fallas en la cara del cople de eje de cola con el acoplamiento de la caja reductora, etc.

Un buen alineamiento consiste de tres etapas interrelacionadas, las cuales poseen el mismo nivel de predominancia para el logro de los objetivos de la alineación, estas son:

a) Estudio del sistema

Esta es la etapa preliminar que constituye en el estudio de él o los equipos involucrados y su relación con el espacio circundante, siendo varios de los pasos preliminares con características vitales que se desarrollan con anticipación al alineamiento en frío real.

Es esencial que la o las personas responsables del alineamiento hayan llevado a cabo en forma apropiada todos los pasos que constituyen el pre-alineamiento. Claro está, que no se puede hablar de una secuencia universal puesto que depende de las características propias de cada sistema.

Muchas veces esto se traduce en realizar lo prescrito por los fabricantes, siempre que los equipos y las instalaciones sean nuevos, sin embargo, cuando se esté frente a un sistema ya usado o este ha sido usado bajo condiciones extremas, la revisión deberá ser más severa.

b) Alineamiento en frío

Esta etapa se refiere a lograr la coaxialidad de las líneas ejes en una condición fría o de no operación. La expresión alineamiento en frío se refiere a posicionar la línea de centro del eje motriz con respecto a la línea de centro del eje conectada, pero con ambos en una condición de no operación. Su importancia se debe a que normalmente es la única verificación que se efectuará en forma directa para determinar la posición relativa de los ejes involucrados los resultados de esta verificación forman la base para la determinación del alineamiento de los ejes durante la operación de los correspondientes elementos a tratar.

c) Alineamiento en caliente

Esta etapa pretende lograr la alineación de los ejes, pero cuando los elementos estén en condiciones nominales de funcionamiento. Esta etapa en las faenas de alineación está íntimamente ligada a la anterior.

Los fabricantes de algunas turbo maquinarias prescriben para los efectos de su alineación, las desviaciones producidas cuando estas prestan sus servicios en los regímenes estables. Es por esto, que al efectuar el alineamiento en frío final, deben tenerse en cuenta estas desviaciones y dejar, por consiguiente, los elementos premeditadamente desalineadas en condiciones estáticas para que sus

ejes logren su coaxialidad requerida cuando los elementos estén en condiciones de operación.

5.3 CONSIDERACIONES PARA EL ALINEAMIENTO

En esta sección revisaremos algunos de los factores externos más dominantes que influyen en la alineación de tubo de codaste y arbotante, estos son: los efectos de las alteraciones de calado, influencias térmicas, empuje excéntrico de la hélice e inclinación.

5.4 FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA ALINEACION DE TUBO DE CODASTE Y ARBOTANTE

CALADO

La rigidez de la línea de arbotante y tubo codaste ha aumentado, esto significa que la línea principal, especialmente en buques de gran tamaño, se ha hecho más sensible que antes a los cambios de calado. Como la alineación del eje de cola se realiza en condiciones de muy poco calado o incluso en dique de construcción, es evidente que cualquier influencia importante sobre la alineación, debida a cambios en las deformaciones de doble fondo en diversas condiciones normales de carga del buque deben documentarse con el mayor cuidado, con el fin de obtener:

1. Las correcciones necesarias de la curva de alineación en la condición de armamento.
2. Las modificaciones necesarias posibles de la disposición del eje de cola instalado entre el arbotante y tubo de codaste.

EFECTO TERMICOS

La primera alineación de la línea de tubo de codaste y arbotante debe efectuarse en frío, es esencial disponer de una precisión fiable, con la magnitud de la diferencia de

temperatura en el soldeo de los brazos de los arbotantes, en condiciones normales de funcionamiento para montar dicho arbotante en el casco fondo de la embarcación. Este aumento en los brazos de los arbotantes se debe a la expansión térmica que causa el soldeo de dichos brazos.

EMPUJE

Las fuerzas de empuje excéntricas de la hélice introducen un momento flector en el extremo de popa de la línea de eje de cola que disminuye gradualmente hacia el extremo de proa. La magnitud y dirección del momento flector depende en gran parte de la geometría de la estela y de la hélice, las cuales pueden determinarse por pruebas con modelos. Esto afecta al arbotante ya que por el movimiento que ejerce provoca vibraciones y comienzan a fatigar a dicho elemento.

La posición media del centro de empuje cambia con el calado y las condiciones de funcionamiento, especialmente en las grandes embarcaciones con diferencia de calado considerable entre las condiciones de carga y lastre, la magnitud y también en algunos casos la dirección del momento flector puede variar considerablemente.

El momento flector debido al empuje influirá principalmente sobre las reacciones del arbotante y tubo codaste de la parte de popa de la línea de eje de cola. Especialmente la distribución de presión en el casquillo de la bocina puede variar con la condición de funcionamiento.

ALINEACION DEL CONJUNTO EN DIQUE

Cuando se pretende alinear la línea de los ejes cola antes de poner el buque a flote, hay que conocer los cambios relativos de la posiciones del cople del eje de cola , de la

condición de soportado a flotante. Esta información puede obtenerse por las condiciones de las deformaciones del doble fondo de la sala de máquinas. Las dos condiciones que deben incluirse como mínimo en el análisis.

1. Buque en dique seco.
2. Buque a flote en la condición de máxima carga.

5.5 OBJETIVOS QUE DEBE CONSEGUIR UNA ALINEACIÓN ACEPTABLE

Para obtener un buen alineamiento se debe cumplir con los siguientes objetivos:

1. Asegurar que todos los apoyos de la línea de eje de cola (arbotante y codaste) en todas las condiciones de servicio tengan reacciones positivas, es decir, que la línea de ejes de cola se apoye siempre en la parte baja del tubo codaste y arbotante. Al aparecer una reacción negativa en cualquier condición de servicio, significaría que el eje de cola está levantando en esta ocasión el arbotante, lo cual induciría un deterioro en este (calentamiento por falta de lubricación) y aparición de vibraciones que podrían conducir a la rotura de elementos por fatiga de material.
2. Se debe conseguir que la carga sobre los descansos del tubo codaste (bocina) se lo más distribuida posible en todas las condiciones de servicio.
3. Asegurar que en todas las condiciones de servicio el efecto de la línea de ejes de cola sobre los motores, es decir, la fuerza cortante y el momento flector transmitido a través del acoplamiento, sean totalmente aceptables para el fabricante del motor.

5.6 ALINEAMIENTO DE TUBO CODASTE Y ARBOTANTE

El propósito de un alineamiento está basado en el análisis del conjunto como dos apoyos, que soportan al eje de cola para determinan los modos de operación a una carga razonable.

Este análisis resulta ser largo y complejo, por ello, será llevado a cabo mediante un software de aplicación como es el ANSYS STRUCTURAL para luego compararlo con los estándares que posee el Astillero.

Se realiza preferentemente en la etapa de diseño de la embarcación para poder contar con la mejor disposición y/o acomodación de los elementos citados en este trabajo, también se realiza en cada una de las revisiones posteriores si es que el conjunto o alguna pieza dependiente de ella sufren alguna modificación.

En la reparación del conjunto tubo de codaste y arbotante serán revisados y evaluados para una mejor distribución de las cargas a lo largo de cada elemento, por eso se realizara el cumplimiento y/o exigencia de las normas de clasificación y con los estándares del montaje del sistema de propulsión con que cuenta el Taller de Montaje para la buena ejecución del proceso de alineamiento de la línea de ejes.

5.7 RESULTADOS DE ALINEAMIENTO

Para el cálculo de los parámetros que necesitamos para el alineamiento de tubo codaste y arbotante, se requiere de datos del material y las dimensiones. En este caso será el arbotante, el tubo codaste y el eje de cola.

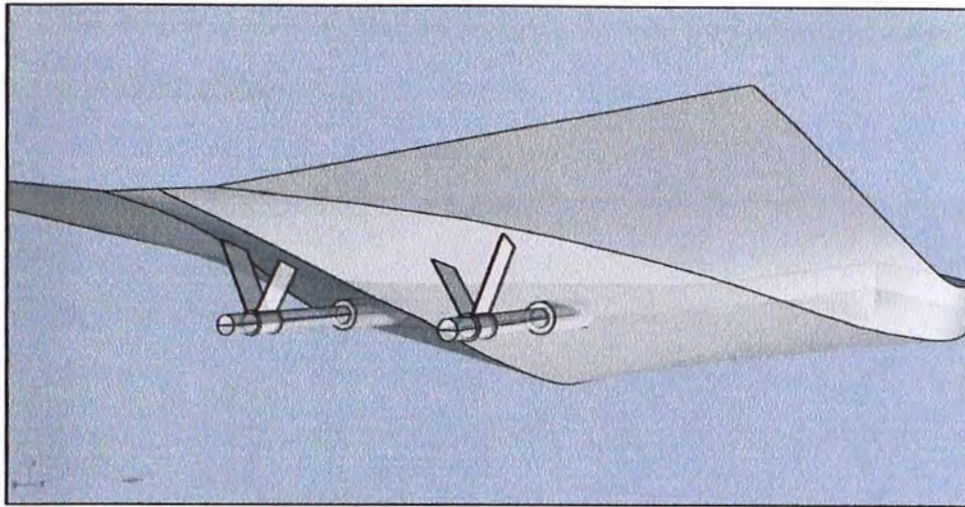


Figura 5.1: Esquema en 3D de la ubicación de los arbotantes y tubos codaste en casco fondo popa de la embarcación.

Material de tubo de codaste: Tubo de acero SAE 1020

Material de eje de cola: barra de acero SAE 1020

Material de arbotante: Tubo de acero SAE 1020 y plancha de acero naval ASTM A-131

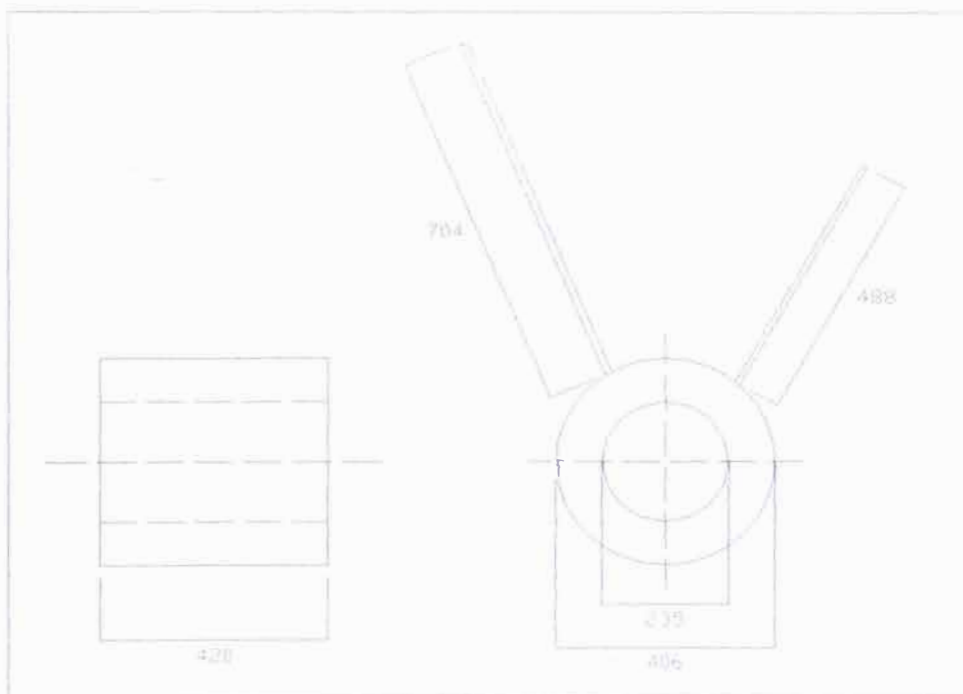


Figura 5.2: Esquema en 2D con las dimensiones del arbotante

Con estos datos empezaremos a analizar el conjunto tubo de codaste y arbotante para la obtención de los parámetros.

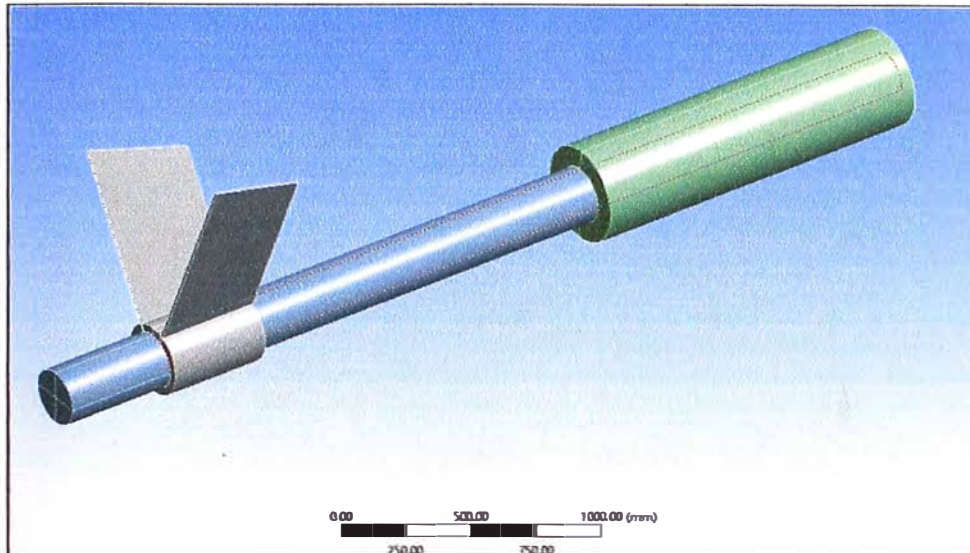


Figura 5.3: Esquema en 3D del conjunto tubo de codaste y arbotante soportando al eje de cola

Luego procedemos al enmallado para poder dividir el conjunto tubo de codaste y arbotante en cuerpos finitos y resolver las ecuaciones para obtener resultados más precisos en los cuales podamos verificar el desalineamiento entre estos dos elementos.

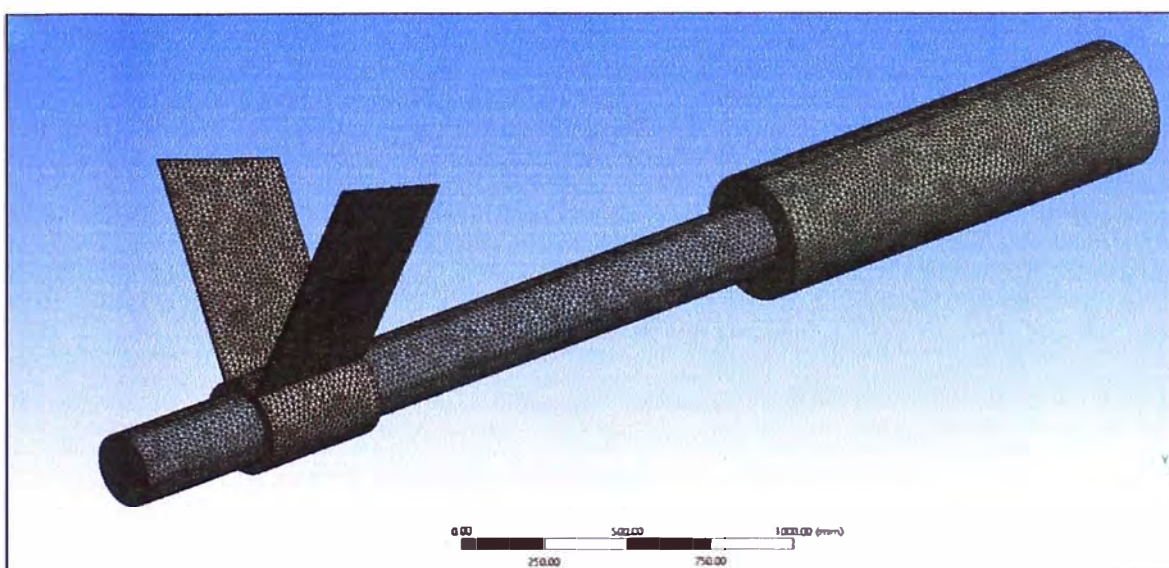


Figura 5.4: Esquema en 3D del enmallado conjunto tubo de codaste y arbotante soportando al eje de cola

Seguidamente procedemos a las condiciones de movimiento y carga en los cuales definimos los elementos fijos y los elementos que actuaran sobre el conjunto de estudio.

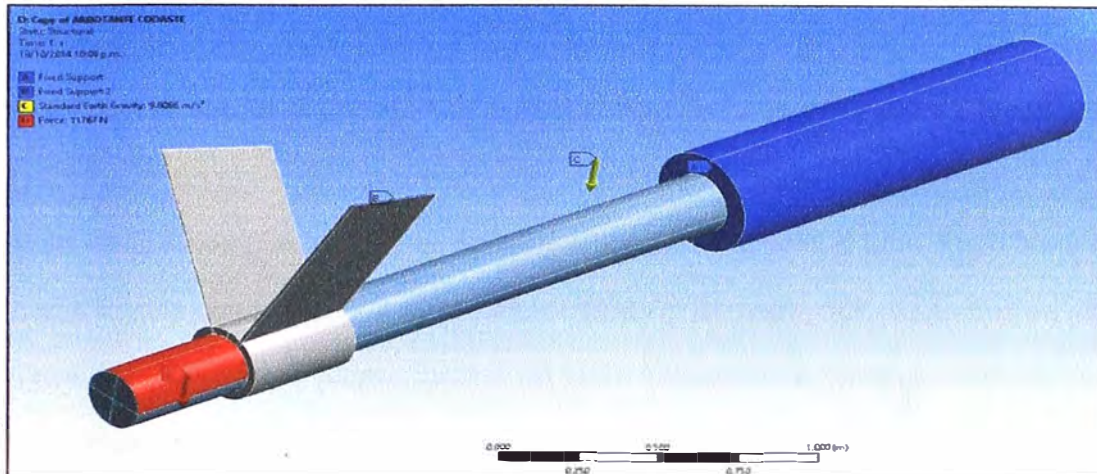


Figura 5.5: Esquema de las fuerzas que recibe el arbotante en condición de servicio.

Una vez fijado los datos en las condiciones de trabajo del conjunto tubo de codaste y arbotante se pasará a realizar el análisis de esfuerzos en el arbotante para luego verificar en cuanto es el desfase entre el arbotante y el tubo codaste.

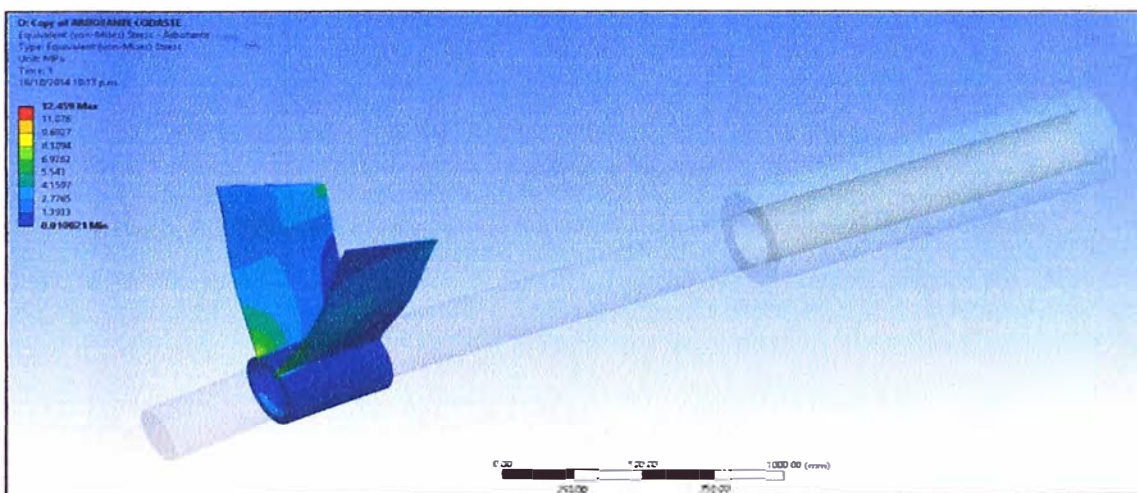


Figura 5.6: Esquema de los esfuerzos que soporta el arbotante

En la simulación de los esfuerzos que soporta el arbotante nos da como resultado **5.543 MPa** el cual este esfuerzo se encuentra ubicado en la unión entre la pata del arbotante y el barril de dicho arbotante en su parte posterior. Este resultado es inferior al esfuerzo de fluencia de acero SAE 1020 que es **215.74 MPa**, lo cual nos permite que las patillas del arbotante podrán resistir el peso del barril del mismo arbotante y el peso del eje de cola.

Con esto verificamos que el desfase entre el arbotante respecto al tubo de codaste es de **0.016 mm** lo cual nos indica que el desalineamiento entre estos dos elementos es mínimo y con este resultado ya se puede realizar un buen alineamiento del sistema de propulsión de esta embarcación.

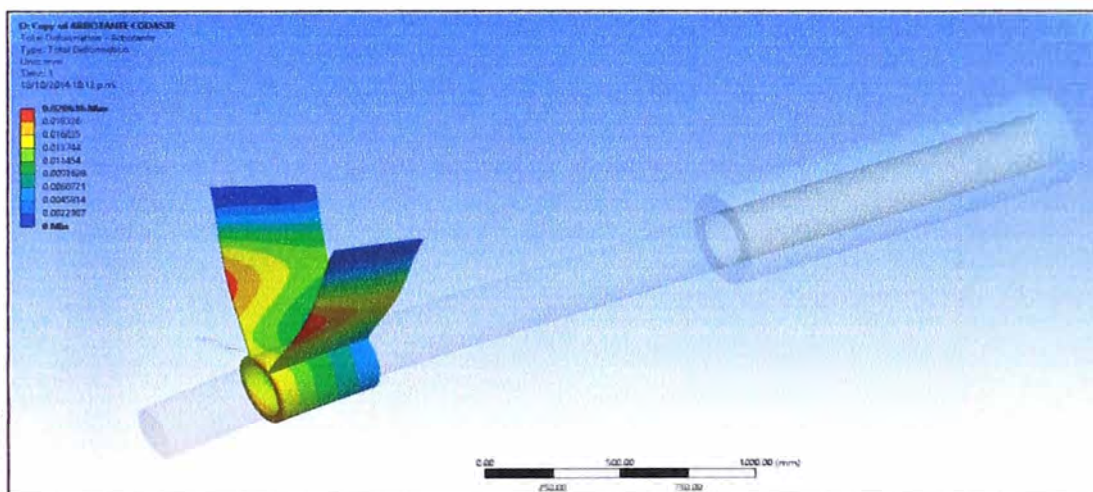


Figura 5.7: Esquema del desalineamiento del arbotante con respecto al tubo codaste

CAPITULO 6

ESTRUCTURA DE COSTOS

6.1 INFLUENCIA ECONOMICA EN EL ALINEAMIENTO DE TUBO DE CODASTE Y ARBOTANTE DE UNA EMBARCACION DE APOYO OFFSHORE

- El precio de adquisición del motor y sus componentes, y que añadiendo el valor de la instalación determina un costo adicional al alineamiento del sistema.

- El peso y las dimensiones de los elementos del conjunto tubo de codaste y arbotante influyen en forma directa la demanda del consumo de mano de obra. Un sistema voluminoso y pesado genera la capacidad de maniobrabilidad o incrementa los gastos en el montaje y posteriormente el alineamiento, aumentando de esta manera su costo.

- Las operaciones de mantenimiento involucran costos directos y pueden añadir costos indirectos por demoras en el servicio, lo que ocasionaría tiempos de no producción.

- Suministros como grasas, lubricantes y otros insumos representan una buena parte de los costos operativos, consumibles que requieren los elementos del sistema.

- La evaluación de un costo por alineamiento del conjunto de tubo de codaste y arbotante de una embarcación del tipo apoyo offshore consta de un consumo de mano de obra por actividades.
- Una embarcación del tipo apoyo offshore con máquinas principales en popa babor y estribor están protegidos por un seguro, en donde esta aseguradora hace una tasación en cuanto al casco y la maquinaria. Las primas anuales de estos seguros son un buen porcentaje del valor del buque, por lo que se hace una constante inspección periódica para lograr mantener en condiciones normales de operación.

Los trabajos por mantenimiento luego de realizada la inspección del conjunto tubo de codaste y arbotante a través de la inspección y calibración del sistema, conlleva un costo total, tal como muestra la liquidación de la embarcación luego de los trabajos realizados en varadero.

Ítem	Actividades de alineamiento de tubo codaste y arbotante	H-H	Costo \$/H-H	Costo \$
1	Inspección y calibración de ambos elementos	32	7.5	240.00
2	Desmontaje de arbotante de babor y estribor	64	7.5	480.00
3	Preparación de soporte con pernos gateros para alineamiento	48	7.5	360.00
4	Confección de miras para pasar rayo láser	24	7.5	180.00
5	Montaje de arbotante de babor y estribor	80	7.5	600.00
6	Alineamiento del conjunto tubo codaste y arbotante	120	7.5	900.00
7	Prueba de navegación	32	7.5	240.00
			Total	3000.00

La presente liquidación de trabajos no considera ningún cambio de los elementos del sistema de propulsión. Cada elemento que se proceda al cambio genera un costo en la reparación del sistema generando un costo adicional de más de 100% por el alineamiento del conjunto tubo de codaste y arbotantes de babor y estribor.

Realizada todos los trabajos por reparación del conjunto tubo de codaste y arbotante, para la corrección del desalineamiento, luego del diagnóstico que resulta de la calibración del conjunto en base a las holguras permisibles en las zonas específicas del conjunto.

El gasto indicado por el problema de desalineamiento del conjunto tubo de codaste y arbotantes de babor y estribor, asciendo a un monto **\$ 3,000.00** dólares americanos.

Este gasto podría ser controlado con la debida planificación en el diseño del conjunto tubo de codaste y arbotantes bajo estrictas normas técnicas que nos permita una mejor ubicación respectiva, así como también un mejor dimensionamiento del arbotante a base de la calidad del material y coeficientes por efectos mecánicos que se suscitan en la transmisión mecánica.

CONCLUSIONES

- Mediante el presente informe podemos adquirir información detallada de cada uno de los componentes del conjunto tubo de codaste y arbotante, vemos su distribución y labor que desempeñan a lo largo de la propulsión de la embarcación y se dan procedimientos para su correcto mantenimiento en funcionamiento y cuando el buque sube a varadero.

- Describimos el problema del desalineamiento, haciendo énfasis en la suma gravedad que puede ocasionar dentro del buque, hechos que pueden ir desde tener un mayor consumo de combustible o producir vibraciones excesivas en la embarcación que afectan la calidad de vida de la tripulación a bordo y la misma estructura de la nave, hasta producir rotura de las patas del arbotante que puede dejar a la deriva la embarcación sin tener la capacidad de propulsión propia.

- Es por la suma de los motivos mencionados anteriormente, que es de vital importancia realizar un correcto y minucioso proceso de alineación del tubo de codaste y arbotante, este trabajo debe ser realizado por personal responsable y con experiencia para poder contar con buenos resultados finales en el momento en el cual la embarcación este en servicio.

- Los resultados obtenidos en los cálculos realizados nos es de importancia para determinar los esfuerzos a la que están sometidos en arbotante y de cuanto sería el desalineamiento respecto al tubo de codaste, el cual podemos notar que es relativamente pequeño.

RECOMENDACIONES

- ❖ El fundamento expuesto nos con lleva a la realización de una guía para el procedimiento mecánico así como también para el procedimiento láser, tecnología que minimiza la intervención del hombre, que implica disminución de errores, tiempo y dinero, obteniéndose así una precisión mayor, pues todos los datos son procesados por una computadora.
- ❖ Las casas clasificadoras hacen un correcto procedimiento de cálculo de dimensiones de tubo de codaste y arbotante de embarcaciones en proyecto, ubicación entre estos elementos y las tolerancias admisibles de desgaste que se pueden dar a piezas de dicho conjunto cuando no es nueva.

BIBLIOGRAFIA

- CALCULO DE ESTRUCTURAS DEL BUQUE, Ing. Naval Ricardo Martín Domínguez.

- ESPECIFICACION TECNICA TALLER X-37 – ASTILLERO SIMA CHIMBOTE, Procedimiento de Montaje de sistema de propulsión.

- TESIS: ANALISIS DE INGENIERIA NAVAL EN SISTEMA DE PROPULSION, Universidad Austral de Chile

- EMPLEO DE RAYO LASER EN BUQUES PARA ALINEACION DE SISTEMA DE PROPULSION, Ing. Mecánico Alberto Pasquel Guevara

Páginas de internet:

<http://www.histarmar.com.ar/InfGral-6/BarcosOffshoreBrasil.htm>

<http://arquitecturabuque.blogspot.com/2011/07/elementos-del-cuerpo-de-popa.html>

APENDICE 1:
DESCRIPCION DE EQUIPO DE RAYO LASER

EQUIPO LASER AGL-SLB-110



El láser SLB AGL túnel 110, aplicativo principalmente para contratistas de túneles, minería y astilleros que utilizan un láser para el control direccional.

Ideal para hacer un túnel, la minería y en cualquier lugar que necesite precisión, control de alineación económica.

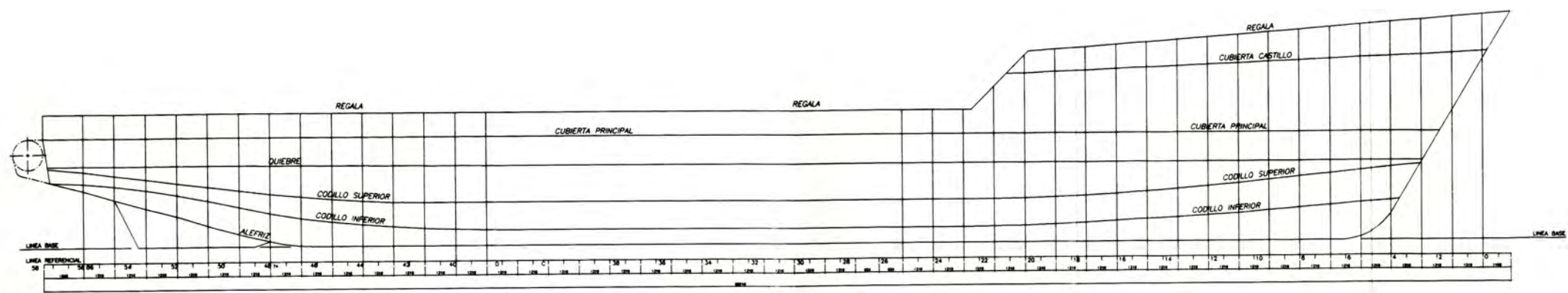
El SLB es una construcción resistente, transmisor láser compacto, de diseño exclusivo. Es el componente principal de un sistema que le permite obtener la precisión y la productividad de control del láser en casi cualquier situación de alineación.

Un soporte de montaje universal permite 360 ° de posicionamiento del haz con una precisión tornillo tangencial. Se proporciona el haz que sale trasera para una alineación precisa del láser a un lugar predeterminado.

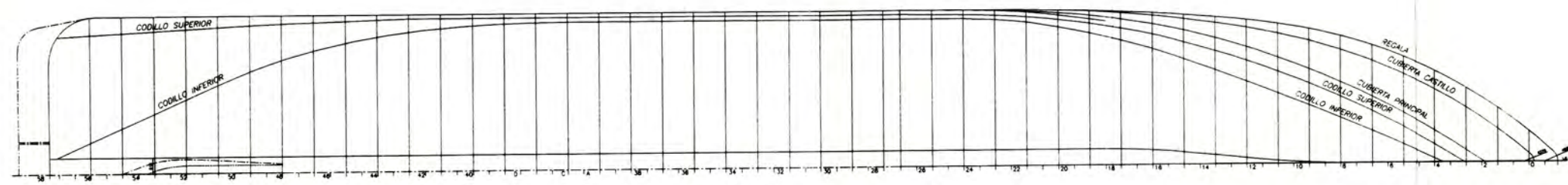
Utilice la SLB110TM cualquier lugar que utilizaría un cordel.

- Fuente de alimentación: batería de 12 voltios CC
- Fácil de instalar en las paredes del túnel con la placa base de la alineación.
- Objetivos montados sobre una misma base lo que el movimiento hacia adelante es fácil.
- Perfecto para alinear los transportadores, los cables, pistas, etc
- Diodo láser visible
- Diseño compacto resistente

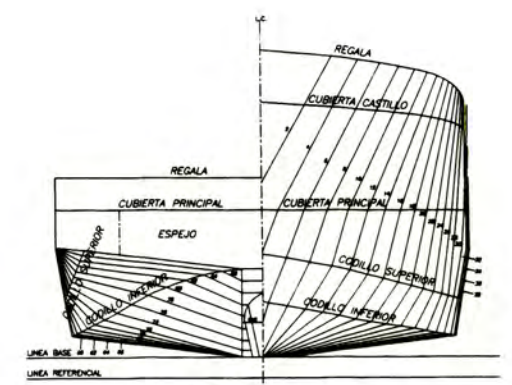
PLANOS REFERENCIALES



ELEVACIÓN LONGITUDINAL



PLANTA



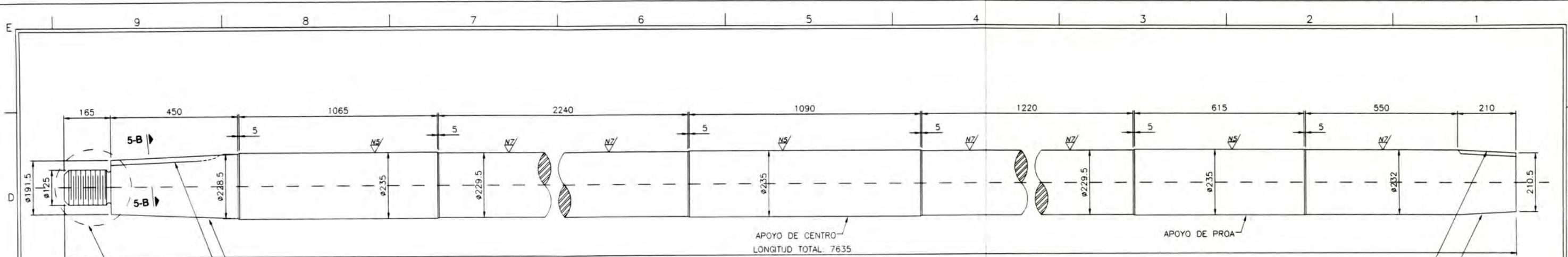
SECCIÓN TRANSVERSAL

CARACTERISTICAS GENERALES

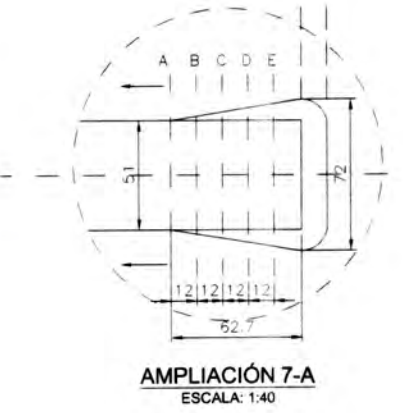
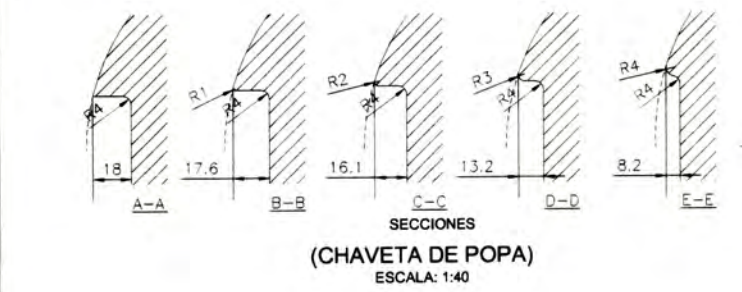
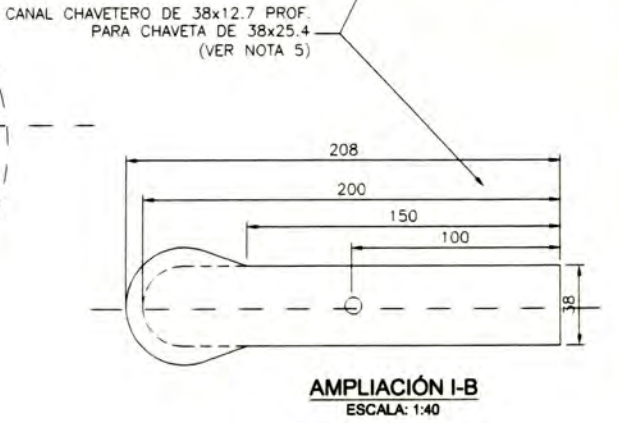
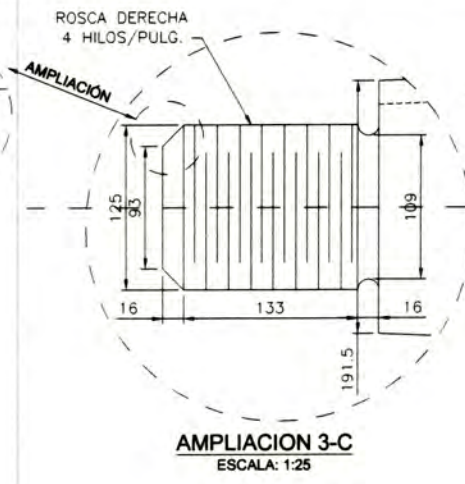
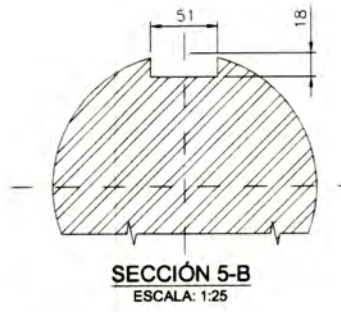
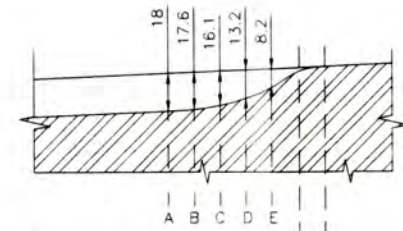
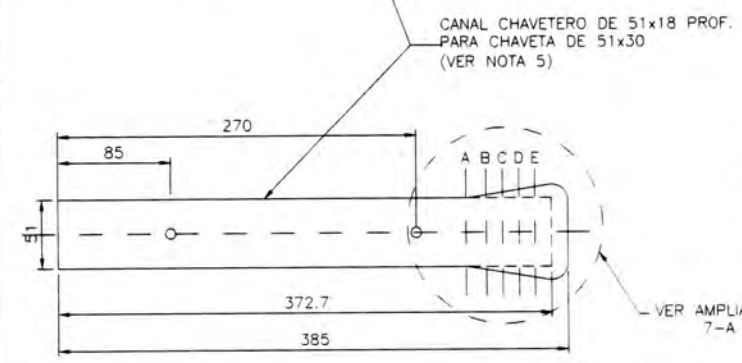
- ESLORA TOTAL — 60,00 m.
- MANGA MOLDEADA — 12,00 m.
- PUNTAL MOLDEADO — 4,30 m.
- DOTACIÓN — 18 TRIPULANTES

PROYECTO "SUPPLY VESSEL"

EMBARCACION DE 50.0 DE ESLORA				
LINEAS DE FORMA				
PLANO NUMERO:	ESCALA:	UNIDADES:	HOJA DE	REV:
FECHA:			Nº DE PROYECTO	



EJE DE COLA (LADO BABOR)
 MATERIAL AC. SAE 1020
 CANT.: 01 PZA



- NOTAS:**
- 1.- PARA SIMBOLOGIA DE MAQUINADO VER STD-MAQ-01
 - 2.- ESTANDAR DE TOLERANCIAS DE PREMAQUINADO PARA PZAS. FUNDIDAS, VER STD-MAQ-03
 - 3.- EL EJE EXISTENTE SE ENCUENTRA CON RELLENO DE ACERO INOXIDABLE.
 - 4.- EL MATERIAL PARA LA CONFECCION DEL EJE COLA, SERA SUMINISTRADO POR EL ARMADOR, DE MEDIDAS 9.5" DE DIAMETRO
 - 5.- EL ESPESOR DE LA CHAVETA, SERA CONSIDERADO DEACUERDO A HELICE EXISTENTE Y/O COPLÉ.
 - 6.- LA CONOCIDAD DEL EJE SE VERIFICARA DEACUERDO CON HELICE Y/O COPLÉ EXISTENTE.

MATERIAL: ACERO NAVAL GRADO A - BARRA AC SAE 1020

TOLERANCIA (mm)	TOLERANCIAS PARA DIMENSIONES SIN TOLERANCIAS ESPECIFICADAS						
	0.5 HASTA 3	MAS DE 3 HASTA 6	MAS DE 6 HASTA 30	MAS DE 30 HASTA 120	MAS DE 120 HASTA 400	MAS DE 400 HASTA 1000	MAS DE 1000 HASTA 2000
Serie fina	±0.05	±0.05	±0.10	±0.15	±0.20	±0.30	±0.50
Serie media	±0.10	±0.10	±0.20	±0.30	±0.50	±0.80	±1.20
Serie gruesa	-	-	±1.00	±1.00	±1.00	±2.00	±3.00
S. mas gruesa	-	-	±1.00	±2.00	±3.00	±4.00	±8.00

PROYECTO "SUPPLY VESSEL"

EMBARCACION DE 50.0 DE ESLORA

EJE DE COLA BR
(SISTEMA DE PROPULSION)

PLANO NUMERO: _____ HOJA: DE: REV: _____

FECHA: _____ ESCALA: _____ UNIDADES: _____ N° DE PROYECTO: _____