

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“MÉTODOS DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA
DE PROPULSIÓN PARA EMBARCACIONES
PESQUERAS MENORES DE CERCO”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO NAVAL

PRESENTADO POR:

MIERWEN PALACIOS ARANDA

LIMA – PERÚ

2009

DEDICATORIA

A mis padres Manuel Palacios Ortiz y Alejandrina Aranda Mata.

Por haberme dado la vida y por su constante ayuda y comprensión para seguir bregando en esta Carrera.

Al Dr. Víctor Eleno Obregón Pizarro

Por apoyarme desde que estuve en la universidad, por su apoyo incondicional a la especialidad y por haberme asesorado para la realización de esta tesis, ya que sin su ayuda no habría sido posible la culminación de esta.

Al Ing. Franz Willems

Por haberme enseñado como ser un verdadero ingeniero y estaré agradecido eternamente por la enseñanza que me impartió.

ÍNDICE

	Pág.
CAPITULO I	
INTRODUCCION	
1.1. Naturaleza y Alcance.	2
1.2. Inquietudes del Autor por el Problema.	3
1.3. Objetivo General.	4
1.4. Agradecimiento Institucional.	5
CAPITULO II	
GENERALIDADES DEL PROBLEMA.	
2.1. Línea de Ejes y el Sistema de Instalaciones.	6
2.1.1. Constitución de una Línea de Ejes.	6
2.1.2. Separación de Descansos.	21
2.2. Instalaciones Tradicionales de Ejes.	24
2.2.1. Fuerzas Actuantes sobre la Línea de Ejes.	25
2.2.2. Vibraciones Torsionales en un Sistema de Ejes	29
2.2.3. Fuentes de Vibraciones Torsionales	31
2.3. Otros Tipos de Instalaciones de Ejes.	33
CAPITULO III	
MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO.	
3.1. Referencias Históricas de Instalaciones de Ejes en Buques Pesqueros.	39
3.1.1. Montaje del Conjunto Motor – Reductor – Ejes – Hélice.	41
3.1.2. Diagramas de Instalaciones y Normas recomendadas.	46
3.2. Marco Teórico del Estudio.	49
3.3. Métodos de Estudios.	51
3.4. Métodos y el Sistema Estándar ABS.	53

3.5. Marco Conceptual.	59
3.6. Referencias Técnicas y Experimentales Observadas.	62
3.6.1. Alineamientos Racional de Ejes.	66
3.6.2. Funcionamiento del Diagrama para Alineación.	80
3.6.3. Alineamiento por Cuerda.	84
3.6.4. Alineamiento por Línea de Fuego.	85
3.6.4.1. La Difracción y su Influencia sobre Método de Línea de Fuego.	86
3.6.5. Alineamiento Óptico por Método Telescópico	87
3.6.6. Alineamiento Método Elemental	88
3.6.7. Alineamiento por Indicador de Retorno	89
3.6.8. Alineamiento Neumático	91
3.6.9. Alineamiento Óptico	92
3.6.10. Alineamiento por Láser	93

CAPITULO IV

HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y MÉTODO.

4.1. Hipótesis Central.	95
4.2. Hipótesis Complementarios.	95
4.3. Objetivos Generales	96
4.4. Objetivos Específicos.	97
4.5. Métodos de Estudio y el Diseño Temático.	97

CAPITULO V

RESULTADOS Y CONTRASTACIONES DEL ESTUDIO.

5.1. El Problema y el Marco Teórico en el Estudio.	99
5.2. El Marco Teórico y las Hipótesis y Objetivos Planteados.	105
5.3. La Referencia Técnica y los Costos Tecno – económicos para el Armador.	113

5.4. Tolerancias del Casco, Hélice y el Motor.	121
--	-----

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones generales.	123
6.2. Conclusiones Específicas.	124
6.3. Recomendaciones.	124
6.4. Bibliografía Consultada	127
Anexos.	129

PRÓLOGO

Sin duda alguna por ser la pesca una actividad importante en nuestro país y en el mundo y siendo la embarcación pesquera un medio que nos permite realizar esta actividad a mayor y menor escala. Nosotros analizaremos la importancia de las embarcaciones pesqueras menores que pescan por cerco.

En el primer Capítulo, detallaremos la naturaleza y alcance del tema, inquietudes del autor por el problema, objetivo general y agradecimiento institucional.

En el segundo capítulo trataremos sobre las líneas de ejes y el sistema de propulsión, instalaciones tradicionales de ejes y otros tipos de instalaciones.

En el tercer capítulo haremos una descripción del marco teórico del estudio, en donde detallaremos el montaje del conjunto motor-reductor-ejes-hélice, métodos de estudios para la alineación.

En el cuarto capítulo, plantearemos las hipótesis, objetivos y el tipo de estudio elegido para el desarrollo de la tesis.

En el quinto capítulo, mostraremos los resultados y las contrastaciones del estudio, el costo tecno- económicos para el armador.

En el sexto capítulo, indicaremos las conclusiones y las recomendaciones.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. NATURALEZA Y ALCANCE

El alineamiento de la línea de ejes del sistema propulsor, es uno de los principales inconvenientes que deben sortear los astilleros de hoy, estas instalaciones por sus magnitudes y particularidades en cuanto a sus componentes o partes que lo integran, requieren de un tratamiento especialmente riguroso tanto en sus etapas de fabricación, como en su instalación y mantención. Estas etapas deben estar ceñidas a métodos y procedimientos de carácter técnico, los cuales serán expuestos y analizados con el propósito de entregar una información útil, para en adelante aplicar dichos procedimientos en forma cabal y con mayor exactitud. A través de esta tesis pretendemos realizar un análisis sobre los componentes que integran dichas instalaciones, lo cual puede denominarse en un principio como reconocimiento del sistema y posteriormente visualizar las variables que entran en juego para llevar a cabo un buen proceso de alineamiento.

Es sumamente importante, mencionar que para solucionar un problema de alineamiento, basado en la información que esta tesis 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 absoluta responsabilidad del encargado de dirigir las faenas de alineamiento, se incluirán además trabajo en software ANSYS versión 8.0; este es un software que

trabaja con elementos finitos ,este trabajo de pruebas y cálculos en software computacionales este enfocado a resolver la problemática de alineamiento bajo el punto de vista racional, en el cual, en forma estática se asume la línea de ejes como una viga continua y en base a esto, se busca lograr cuantificar en cualquier punto las diferencias paralelas y angulares que se producen por el efecto en conjunto de los componentes del sistema o si se desea lograr esta cuantificación por parte, analizando el conjunto desacoplado.

Como último punto presente en este trabajo, cabe involucrar la aplicación de las reglas de alineación presentadas por las casas clasificadoras.

1.2. INQUIETUDES DEL AUTOR POR EL PROBLEMA

El problema que acarrea una defectuosa alineación del sistema de ejes, ocasiona consecuencias que afectan el funcionamiento óptimo de la embarcación durante las faenas de pesca y a posteriori la vida útil de la embarcación. Es por esto que tenemos que prestarle una debida atención a esta etapa correspondiente a la instalación del sistema de propulsión .Personalmente he observado este problema durante las prácticas que realice en distintos astilleros, las embarcaciones que entraban a dique para realizar reparaciones o mantenimiento, el 80% estaban referidas a problemas en la línea de ejes tales como desgaste de las camisas, desgaste y deflexión del eje, desgaste de los cojinetes de los descansos, etc.

El 20% eran para realizar mantenimiento en otros sistemas de la embarcación tales como sistema de achique, sistema de gobierno, sistema eléctrico etc.

Los problemas que se manifiestan en la línea de ejes debido a una defectuosa

alineación ocasionan una pérdida de potencia adicional en las líneas de transmisión, esto es; la hélice recibe menos potencia que lo esperado, además aumentan las vibraciones y ruidos en la embarcación hasta llegar un momento a ser incontrolables, esto podremos disminuir utilizando acoplamientos flexibles. Para tratar de solucionar estos problema tenemos que escoger un determinado método de alineación según nuestros requerimientos, es decir que elementos y maquinas vamos a alinear durante estos trabajos, además tenemos que realizar una selección y dimensionamiento adecuado de los elementos que conforman un sistema de ejes. Finalmente si ubicamos nuestro sistema de propulsión a popa de la embarcación y fuera de la sala de maquinas reduciendo por consiguiente la longitud de la línea de ejes y observar como esta distribución actúa y que beneficios produce en el funcionamiento de la línea de ejes, respecto a una línea de ejes de gran longitud que se dan en embarcaciones que tienen sala de maquinas en sección media o a popa de la embarcación.

1.3. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la deflexión en la línea de ejes utilizando el software Ansys 8.0 y la desalineación producidos en los acoplamientos, realizar una correcta instalación y alineación del sistema propulsor, sabiendo que si las instalaciones se han efectuado con los procedimientos y técnicas adecuadas, la operación del buque durante las faenas de pesca se realizaran sin fallas mecánicas en sus instalaciones.
- Calcular adecuadamente los descansos según normas de clasificación y conseguir que todos los descansos de la línea de ejes en todas las condiciones de servicio tengan reacciones positivas , es decir que la línea de ejes se apoye siempre en la parte baja de su cojinete Al aparecer una

reacción negativa en cualquier condición de servicio, significaría que el eje está levantando el descanso, 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.

- Asegurar que en todas las condiciones de servicio el efecto de la línea de ejes sobre el motor, es decir, la fuerza cortante y el momento flector transmitido a través del acoplamiento, sean totalmente aceptables para el fabricante del motor. Esto se logra haciendo que las diferencias de las reacciones de los descansos de proa y popa del engranaje del reductor sean mínimas. Las tres condiciones anteriores se pueden imponer a la línea de ejes, modificando la altura de los descansos.

1.4. AGRADECIMIENTOS

Debo expresar mi agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Mecánica y en especial a Escuela Profesional de Ingeniería Naval Por los conocimientos que me impartieron durante mi estadía en la universidad que hicieron posible la realización de esta tesis, también debo agradecer al astillero SERNISAC en donde realice mis prácticas pre profesionales en el año 2004 y 2005 .

Espero que esta tesis denominado **MÉTODOS DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN PARA EMBARCACIONES PESQUERAS MENORES DE CERCO** sea de utilidad para Estudiantes y profesionales en la Especialidad de Ingeniería Naval así como para Astilleros y Armadores de embarcaciones pesqueras de cerco .Por ser este tema importante en la instalación del sistema de propulsión de una embarcación pesquera, del cual dependerá un buen funcionamiento de este en todas las condiciones de operación sin que falle .

CAPITULO II

GENERALIDADES DEL PROBLEMA

2.1. LÍNEA DE EJES Y EL SISTEMA DE INSTALACIONES

El sistema de ejes es esencialmente el enlace entre la hélice y el motor principal, este debe ser operable en todas las condiciones de trabajo sin que falle, durante toda la vida del buque.

El sistema de ejes tiene el equipamiento necesario para convertir el movimiento de rotación de la maquinaria principal, en potencia de empuje, necesaria para lograr la propulsión de la embarcación. Este sistema debe cumplir las siguientes condiciones:

- Transmitir la potencia desde la maquina principal a la hélice.
- Soportar a la hélice.
- Estar libre de formar vibraciones perjudiciales.
- Transmitir el empuje desarrollado por la hélice al casco.
- Soportar con seguridad la carga de operaciones transitorias (cambios de marcha, maniobras a alta velocidad).
- Proporcionar operaciones seguras a traves de todo el rango de operaciones.

2.1.1. Constitución de una Línea de Ejes

El juego de ejes localizado en el interior del buque es llamado línea de ejes y

está constituido de la siguiente manera:

1. Eje Motor o Eje Maquina Propulsora.
2. Eje Intermedio, formado por uno o varios trozos.
3. Eje de Cola o Eje porta Hélice.

A continuación detallamos cada uno de ellos:

➤ **Eje Motor**

Eje motor o eje de maquina propulsora se denomina al trazo de eje macizo que va directamente conectado al motor por intermedio de un acoplamiento del tipo rígido y en su parte posterior va conectado normalmente a los o el eje intermedio. Para determinar el diámetro del eje motor se utiliza la misma relación que para determinar el diámetro del eje intermedio de las recomendaciones dadas por las sociedades de clasificación.

➤ **Eje Intermedio o Eje de Transmisión**

El eje intermedio o eje de transmisión está compuesto, generalmente, de varios trozos de eje macizo de acero forjado unidos entre sí y apoyados en los descansos o cojinetes de apoyo. La unión entre los distintos ejes intermedios varia, pero puede decirse que lo general es que cada uno tenga en sus extremos un platillo de acoplamiento forjado en una pieza con el eje que se unen entre sí mediante pernos ajustados perfectamente a los taladros de los platos, con una chaveta puesta transversalmente al eje y elaborada en el mismo material de ambos, la cual impide que los pernos de ajuste estén sometidos a fuerzas de cizalle. A continuación se muestra las relaciones dadas por las sociedades de clasificación para determinar el diámetro del eje

intermedio, el diámetro “d”, del eje intermedio no debe ser menor al diámetro calculado por la siguiente relación:

$$d = F \cdot k \sqrt[3]{\left(\frac{P}{R}\right) \left(\frac{560}{160 + \sigma}\right)}, \quad d = F \cdot k \sqrt[3]{\left(\frac{H}{R}\right) \left(\frac{57}{16 + \sigma}\right)} \quad (\text{Lloyds Register})$$

Donde:

K =1,0 para ejes conformados con acoplamientos integrados o con acoplamientos ajustados en caliente.

F = 100 (90,5) para otras instalaciones con propulsión diesel.

P (H) = Poder transmitido, en Kw.

R = Revoluciones por minuto.

σ = Resistencia a la tracción mínima del material del eje, en N/mm² (Kgf/mm²).

El mínimo diámetro del eje intermedio y de propulsión, no puede ser menor al obtenido en la siguiente relación:

$$d = F * K \left[\left(\frac{P}{n * (1 - Q^4)} \right) \left(\frac{560}{R_m + 1} \right) \right]^{1/3} \text{ mm} \quad (\text{Bureau Veritas})$$

Donde:

Q = En caso de ejes salidos: Q = 0.

F = 100 para sistema de propulsión diesel con otro tipo de acoplamientos.

k = Factor a exhibir a continuación que depende del diseño del eje.

Para eje intermedio: k = 1,1 resumidos para todos los casos.

n = Velocidad de rotación del eje, en (rpm), correspondiente a la potencia P.

P = Máxima potencia continua de la maquinaria de propulsión, en Kw

R_m = Valor de la resistencia a la tracción mínima del material, en (N/mm^2) ,
procurar no ingresar una R_m superior a $800 N/mm^2$.

➤ Eje de Cola o eje Porta Hélice

Como su nombre lo indica, es el último trozo de la línea de ejes sobre el cual se monta la hélice. El tipo más corriente de eje de cola es de construcción maciza de acero forjado. En buques de guerra, sin embargo, se suelen usar ejes de cola huecos, con lo cual se consigue un aligeramiento de peso.

El eje de cola, termina por su extremos de popa, en una parte cónica dispuesta para recibir la hélice que se fija al mismo por una tuerca de bronce atornillada formando junta estanca contra la cara posterior del núcleo de la misma y el arrastre de la hélice se asegura por una o dos chavetas longitudinales entalladas mitad por mitad en el eje y en el núcleo de la hélice. En las zonas en que se apoya sobre los arbotantes y bocina va el eje provisto de una camisa de bronce (ver figura 1) para evitar el desgaste rápido que se produce casi siempre sobre las piezas de acero que rozan el agua. Estas camisas se colocan en sus lugares ensamblados en caliente. Debido a la diferencia de materiales de la camisa y el resto del eje puesto en contacto con el agua de mar, se producen efectos galvánicos que provocan corrosiones y picaduras en el eje. Para evitar esto, es preciso lograr que el agua de mar deje de estar en contacto con el acero del eje, lo que se logra con la preparación y postura de sellos que veremos posteriormente.

El eje de cola en su extremo de proa tiene generalmente acoplamiento de plato, en los esquemas se muestran como está constituido el sistema propulsor.

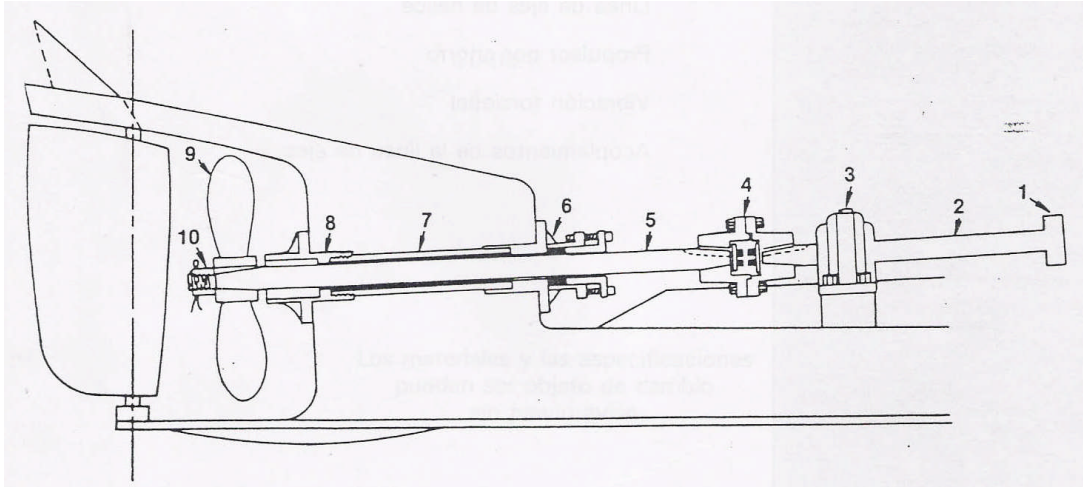


Figura N° 2.1. En el esquema se muestra como está constituido básicamente una línea de ejes de un sistema propulsor.

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1.- Brida del eje. | 6.- Prensaestopas. |
| 2.- Eje intermedio. | 7.- Bocina. |
| 3.- Cojinete de apoyo. | 8.- Casquillo de la bocina. |
| 4.- Mangones. | 9.- Hélice. |
| 5.- Eje de cola. | 10.- Tuerca de apriete. |

Las diferentes sociedades de clasificación de terminan el eje de cola de las siguientes maneras para nuestro caso indicaremos, según la Germanischer Lloyd, Lloyds Register, y Bureau Veritas. De donde el eje de cola se determina de la siguiente manera:

$$d \geq F \cdot k \sqrt[3]{\frac{Pw \cdot Cw}{n \cdot \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4\right]}} \leq da \quad (\text{Germanischer Lloyd}).$$

Donde:

d= Diámetro exterior requerido del eje en (mm).

d_1 = Diámetro de todo taladro existente en el eje en (mm). Si el taladro en el eje

es: $\leq 0.4 * d$.Se puede aplicar para eje hueco: $1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4 = 1$

d_2 = Diámetro real del eje en (mm).

P_w = Potencia nominal transmitida por el eje en (KW).

n = Revoluciones del eje en (min^{-1}).

F = Factor correspondiente al tipo de propulsión. Para todo tipo de propulsión ($F=100$).

C_w = Factor de material: $= \frac{560}{R_m + 160}$.

R_m = Resistencia a la tracción del material del eje $\left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$.

K = Factor por el tipo de eje, para eje de cola es: $K= 1.26$, si la hélice se fija por medio de chavetas al cono del eje de cola y este gira en aceite, así como para ejes de cola lubricadas por agua que estén protegidos contra la penetración de agua de mar.

$d_p = \sqrt[3]{\left(\frac{P}{R} \left(\frac{560}{160 + \delta}\right)\right)}$ mm , $d = 90.5 * k * \sqrt[3]{\left(\frac{P}{R} \left(\frac{57}{16 + \delta}\right)\right)}$ mm (Lloyds Register)

Donde:

$k = 1,26$

P (H) = poder transmitido, en Kw

R = revoluciones por minuto.

σ = Resistencia a la tracción mínima del material del eje, en N/mm^2 (Kgf/mm^2), pero que no exceda 600 N/mm^2 (61 Kgf/mm^2). Los ejes de cola, hechos de materiales no resistentes a la corrosión deben ser especialmente considerados. Para ejes de materiales no resistentes a la corrosión y estén expuestos al agua de mar, el diámetro del eje es determinado con la formula anterior con un valor de, $k = 1,26$ y $\sigma = 400 \text{ N/mm}^2$ (41 kgf/mm^2)

$$d_p = 100 * K_{P*} \left[\frac{P}{N * (1 - Q^4)} * \left(\frac{560}{R_m + 160} \right) \right]^{1/3}$$

Donde:

R_m = Para el cálculo de d_p , el valor de resistencia a la tracción no debe ser mayor a 600 N/mm^2 .

$k_p = 1,22$ cuando el eje de cola tiene camisa continua, y el tubo codaste es lubricado por agua o aceite.

➤ Accesorios en una Línea de Ejes

Tanto los trozos de ejes intermedios como el eje de cola necesitan una serie de soportes para su apoyo, estos soportes para el eje intermedio están constituidos por los descansos con sus cojinetes de apoyo o de alivio.

➤ Descanso de Apoyo

Estos descansos en su interior llevan cojinetes, generalmente de metal blanco antifricción de bajo valor comercial. La función de estos cojinetes es absorber el desgaste que se producirá debido al roce cuando entre en movimiento el eje. En

términos económicos, es más barato cambiar un par de cojinetes desgastados que cambiar una camisa de bronce del eje o el mismo eje. Estos cojinetes además deben estar preparados para liberar la capa de aceite o grasa según sistema de lubricación que tenga el buque. Se presenta a continuación fotografías de un cojinete común y camisas de bronce. Con la misma función de proteger el eje contra el desgaste por fricción, se montan sobre él, camisas de bronce en las partes donde estará sostenido por los descansos y en el tubo codaste como se muestra en la foto.

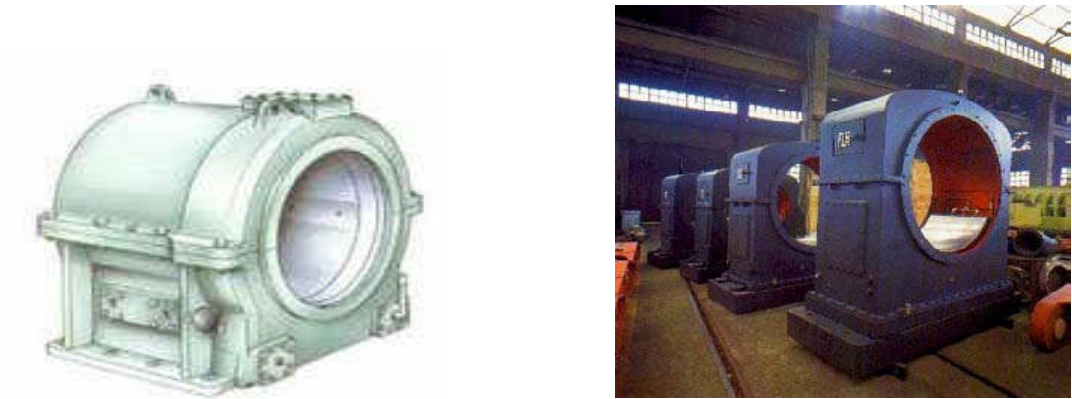


Figura Nº 2.2. Descansos de un Eje

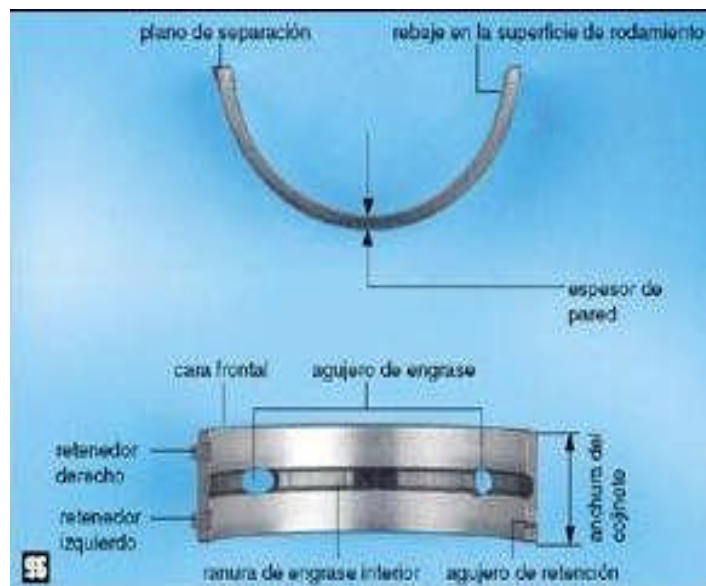


Figura Nº 3. Se muestra la fotografía de un cojinete común con sus características



Figura Nº 4. Se muestra la camisa de bronce colocada en el eje.

➤ **Bocina**

La bocina es un tubo de acero, que se introduce por el orificio del mamparo del pique de popa, al que se emperna mediante una brida que lleva en su extremo. La misión de esta bocina es; darle apoyo y salida al eje de cola, entre el mamparo del pique de popa y el núcleo del codaste, haciendo dicha salida estanca. El apoyo al eje de cola se lo da un cojinete de bronce que lleva la bocina en su interior, pero como el eje de cola gira y además normalmente lleva una camisa de bronce, el apoyo tiene que ser no directamente sobre la superficie del cojinete, sino a través de un material intermedio que no se dañe sea fácilmente accesible a su inspección y se pueda cambiar. El cojinete lleva unas muescas longitudinales, entre las que se introducen de popa a proa (por fuera del casco del buque), unas tiras de guayacán, que tienen la longitud del cojinete y que sobresalen bastante de las muescas. La camisa de bronce del eje de cola, rozan en su giro, en la cara interna de estas tiras de guayacán, las tiras tienen un perfil transversal trapezoidal, cuya base menor está en la parte interna del

cojinete, dejando entre las contiguas un canal longitudinal, por donde circula el agua de mar, para lubricar y refrigerar la superficie de rozamiento. El agua que circula en el interior del cojinete, que proviene de la parte de popa, para que no entre en el interior del buque, a través de la bocina, lleva esta una prensa en el mamparo de pique de popa. Desde el núcleo del tubo codaste, el diámetro del eje de cola se va reduciendo, hasta $1/12$ de su valor inicial, para recibir al núcleo de la hélice, cuyo diámetro interior ira naturalmente de menor a mayor. Si el conjunto en vez de guayacán para la fricción del eje de cola, lleva metal blanco entonces la lubricación es a base de aceite, con un sistema de bombas y válvulas determinados, para mantener la presión necesaria. Es evidente que este eje de cola debe llevar un apoyo próximo a su extremidad de popa donde va acoplada la hélice, ya que el peso de esta someterla al eje a una excesiva flexión en caso de no llevarlo; en los buques de una hélice este fin lo cumple la misma bocina que al terminar por la cara de popa del codaste queda prácticamente junto a la hélice. Otros accesorios que también se montan sobre la línea de ejes son: el freno, torsiómetro o medidor de potencia y descanso de empuje.

Aparte de los accesorios antes citados, existen otra serie de elementos, que pueden o no ir colocados en la línea de ejes, dependiendo del tipo de maquinaria propulsora que la acciona, tales como: engranajes de reducción, embragues, acoplamientos elásticos e inversores de marcha



Figura N° 2.5. Se muestra la bocina de un tubo codaste.

➤ Frenos del Eje

Los barcos que tengan que realizar maniobras pesadas o si cabe esperar inversiones a plena velocidad, se recomienda el empleo de un freno en el eje, este freno debidamente controlada detendrá la rotación de la hélice siempre que se produzca desembrague de la transmisión y el motor funcione a velocidad de ralentí .Esta acción reduce la cantidad de par exigido al motor para realizar un cambio de dirección del eje, con el empleo de ejes de frenos se logran varias ventajas:

1. Un freno de eje puede reducir con seguridad el tiempo de maniobra del barco. Un barco reducirá su velocidad en la mitad de tiempo con una hélice parada si se compara con una hélice girando como un molinete. El par de la corriente de resbalamiento de la hélice, por lo tanto, se reduce hasta un nivel inferior al par de velocidad lenta del motor en la mitad de tiempo.
2. El freno del eje absorbe la mitad de las cargas de inversión de marcha, en la maniobra. El freno detiene la hélice. Esta carga se transmite directamente al

casco. El embrague y el sistema de propulsión tienen que hacer funcionar un eje parado en lugar de una hélice girando como un molinete. Como se reduce notablemente la carga impuesta al embragar la reductora, se prolonga la duración del embrague, los engranajes de la transmisión el motor y otros componentes principales del sistema de propulsión se someten a un choque menor.

3. El freno del eje evita que se pare el motor cuando se hace una parada de emergencia del barco o cuando se hacen inversiones del eje a gran velocidad durante las maniobras.

4. Se debe considerar la instalación de un freno del eje en un sistema de propulsión que utilice motores de más de 500hp, cuando la relación de reducción sea de 4:1 o mayor y cuando sean necesarias maniobras a gran velocidad. Los frenos para líneas de ejes, recomendados para barcos pesqueros de más de 500 hp con relaciones de reducción en las transmisiones de 4:1 o superiores, cumplen con las demandas de maniobrabilidad necesarias en buques de trabajo de alto rendimiento, estos frenos utilizan pinzas accionadas hidráulicamente, con auto ajuste y retroceso por muelles. Diseñados para soportar el 80% del par transmitido por el eje, y para trabajar a una presión hidráulica de 1800 psi, estos frenos pueden detener el giro desde el régimen de trabajo a cero en un intervalo de dos a cinco segundos, proporcionando una máxima protección a todo el conjunto de propulsión.

➤ **Acoplamientos**

Los acoplamientos tienen por función prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Para llevar a

cabo tales funciones se disponen de diferentes tipos de acoplamientos mecánicos.

Un acoplamiento o cople es un dispositivo que se utiliza para unir dos ejes en sus extremos con el fin de transmitir potencia. Existen dos tipos generales de coples rígidos y flexibles, los acoplamientos son sistemas de transmisión de movimiento entre dos ejes cuyas misiones son asegurar la transmisión del movimiento y absorber las vibraciones en la unión entre los dos elementos. Las vibraciones son debidas a que los ejes no son exactamente coaxiales. Hay desalineaciones angulares o radiales, aunque lo normal es que se presente una combinación de ambas, los acoplamientos se clasifican en los siguientes tipos:

➤ **Acoplamientos Rígidos**

Los acoplamientos rígidos se fijan a los ejes de manera que no existe el desplazamiento relativo entre ambos, sin embargo se puede permitir cierto desajuste o juego axial. Estos acoplamientos se utilizan cuando la precisión del par de torsión es de suma importancia. La maquinaria para producción automática suele tener en sus componentes, acoplamientos rígidos. Los servomecanismos que no deben presentar juego angular, también emplean acoplamientos rígidos. Los acoplamientos rígidos se diseñan para unir dos ejes en forma apretada de manera que no sea posible que se genere movimiento relativo entre ellos. Este diseño es deseable para ciertos tipos de equipos para los cuales es deseable que se tenga una alineación precisa de dos ejes que puede lograrse. En tales casos, el cople debe diseñarse de manera que sea capaz de transmitir el torque en los ejes.

➤ **Tipos de acoplamientos rígidos**

- Acoplamientos Rígidos de manguito o con prisionero (Figura a)
- Acoplamientos Rígidos de platillos (Figura b)
- Acoplamientos Rígidos por sujeción cónica (Figura c)

➤ **Acoplamientos flexibles**

Un eje como cuerpo rígido posee seis grados de libertad, con respecto a un segundo eje. Sin embargo por razones de simetría, tan solo quedarán cuatro que generan una posible desalineación. Estas condiciones de desalineación pueden ser axial, angular, paralela y torsional, El modelo flexible admite desalineaciones. La Junta Cardan: Permiten elevados desalineamientos, tanto angulares como radiales. De hecho, se suelen usar para transmitir movimiento entre ejes paralelos. El problema que presentan es que hay oscilación en la velocidad de salida. Para evitarlo se recurre al sistema con doble junta Cardan, que consta de un eje intermedio. Para asegurar que se mantiene la velocidad, el ángulo mismo en las dos articulaciones y los ejes de las dos articulaciones deben ser paralelos.

➤ **Tipos de acoplamientos flexibles**

- Acoplamientos flexibles de Manguitos de goma (Figura d)
- Acoplamientos flexibles de Disco Flexible (Figura. e)
- Acoplamientos flexibles de fuelle Helicoidales (Figura f)
- Acoplamientos flexibles de Quijadas de Goma (Figura g)
- Acoplamientos flexibles Direccionales de tipo Falk (Figura h)
- Acoplamientos flexibles de Cadenas (Figura i)

- Acoplamientos flexibles de Engrane (Figura 8.14.j)
- Acoplamientos flexibles de fuelle metálico (Figura 8.14.k)

➤ **Características de los acoplamientos**

Cuadro Nº 2.1. Desalineación tolerada según el tipo de acoplamiento

NOMBRE	DESALINEACION TOLERADA				BSERVACIONES
	AXIAL	ANGULAR	PARALELO	TORSIONAL	
Acoplamientos Rígidos (a, b, c)	Grande	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Se exige una alineación perfecta
Mangito de goma (d)	Moderada	Ligera	Ninguna	Ninguna	
De disco flexibles (e)	Ligera	Ligera (<3°)	Ligera (<0.01d)	Ligera o ninguna	Capacidad de absorber impacto sin juego
Helicoidal de fuelle (f)	Ligera	Grande (<20°)	Moderada (<0.20d)	Ninguna	Gran capacidad de torsor
De quijadas de goma (g)	Ligera	Ligera (<2%)	Ligera (<0.03d)	Moderada	Gran absorción de impacto
Tipo falk (h)	Ligera	Ninguna	Ninguna	Moderada	Gran absorción de impacto
De cadena (i)	Ligera	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Gran absorción de impacto
De engrane (j)	Grande	Ligera (<5°)	Ligera (<0.05d)	Ninguna	Gran capacidad de par torsor
De fuelle metálico (k)	Ligera	Grande (<15°)	Moderada (<0.20d)	Ninguna	Falla por fatiga

Fuente: Elaborado por el autor.

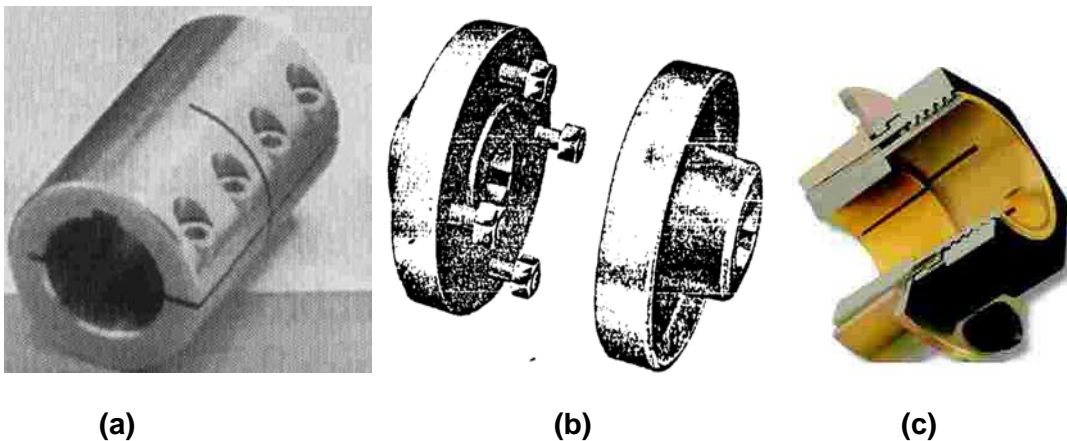


Figura Nº2.6. Acoplamientos Rígidos (a, b, c)

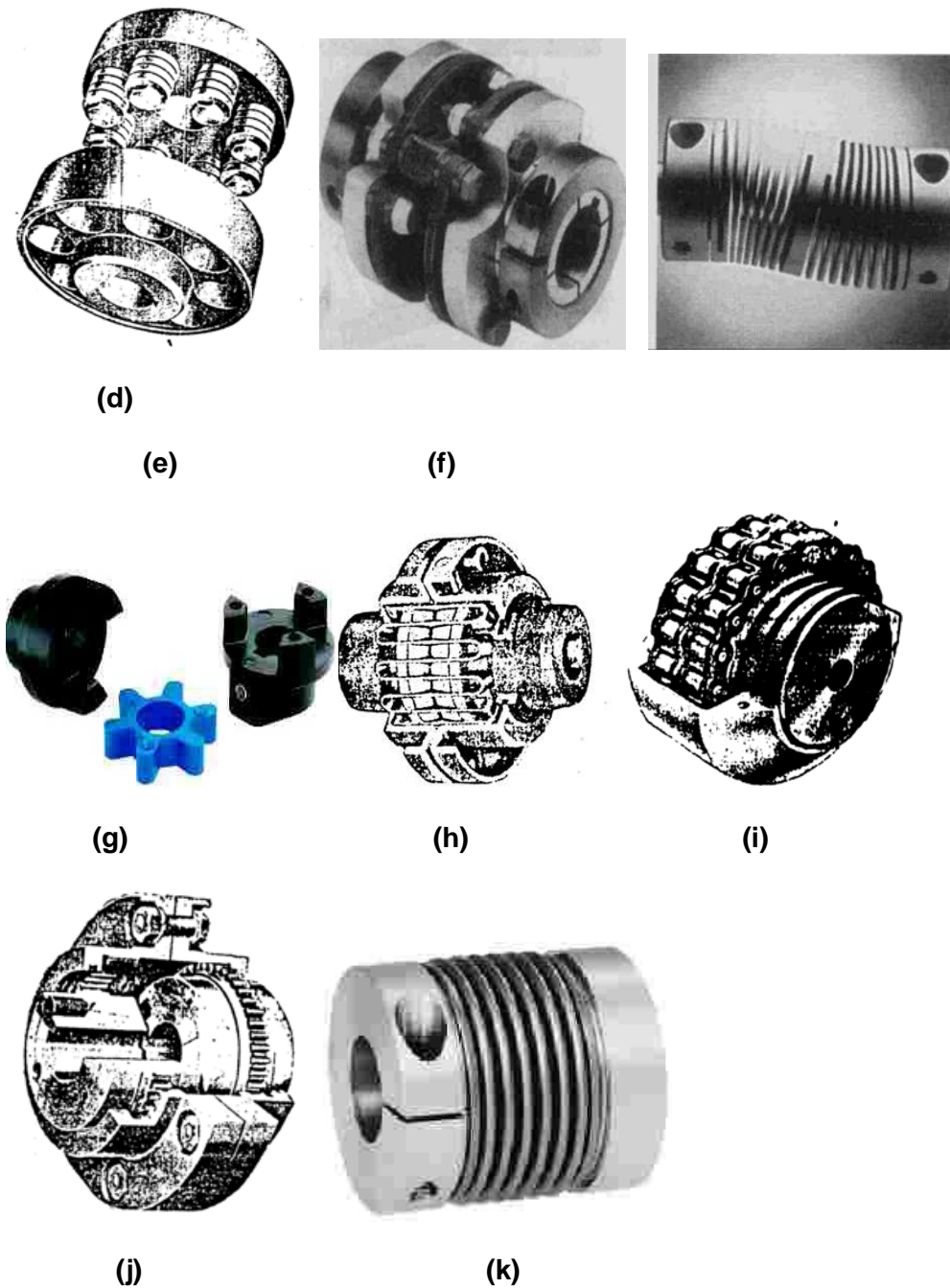


Figura N°2.7. Acoplamientos Flexibles (d, e, f, g, h, i, j, k)

2.1.2. separación de descansos

La separación de los descansos es una parte importante en el alineamiento de la línea de ejes esto es, para evitar un daño prematuro a los cojinetes del descanso del eje, estos deberán estar suficientemente cerca para evitar

vibraciones del eje, pero suficientemente distanciados para que el eje se adapte a la flexión del casco, por esta razón los ejes no deberán ser demasiados pesados para las fuerzas de empuje y el par aplicados. Como el eje de cola es el que puede sufrir más debido al contacto de la hélice con objetos sumergidos, es por esto que el eje de cola deberá estar reforzado para este fin. Según la clasificadora Germanischer Lloyd.

Los cojinetes dentro de los descansos deben disponerse de forma que todos ellos deben presentar reacciones positivas, es decir asegurar que todos los descansos de la línea de ejes en toda las condiciones de servicio tengan reacciones positivas es decir, que la línea de ejes se apoye siempre en la parte baja de su cojinete, ya que una reacción negativa en cualquier condición de servicio, significaría que el eje está levantando el descanso ,lo cual induciría un deterioro en este (calentamiento por falta de lubricación) y apariciones de vibraciones que podrían conducir a la rotura de elementos por fatiga de material, además se debe conseguir que la carga sobre los descansos del tubo codaste (bocina) sea la más distribuida posible en todas las condiciones de servicio. También se debe asegurar que en todas las condiciones de servicio el efecto de la línea de ejes sobre el motor es decir, la fuerza cortante y el momento flector transmitido a través del acoplamiento, sean totalmente aceptable para el fabricante del motor, esto se logra haciendo que las diferencias de las reacciones de los descansos de proa y popa del engranaje de la reductora sean mínimas. Según la clasificadora Germanischer Lloyd, estas reacciones positivas, estando la instalación a la temperatura de servicio e independientemente del estado de carga del buque de por lo menos el 20% del peso de la longitud del eje apoyado en el cojinete. Mediante un espaciamiento

adecuado de los cojinetes y la alineación de la línea de ejes respecto a la brida de acoplamiento del motor o del reductor debe procurarse que no se induzcan esfuerzos cortantes inadmisibles en el eje del reductor. Mediante un espaciado suficientemente grande de los descansos debe evitarse se influyeran significativamente las fuerzas de reacción de los cojinetes de los descansos de apoyo de la línea de ejes cuando se altere la alineación de uno o varios cojinetes por deformación del casco o debido al desgaste de los propios cojinetes de los descansos. La Germanischer Lloyd da una relación para determinar la distancia máxima entre descansos de la siguiente manera:

$$L_{max} = K1 * \sqrt{d}$$

Donde:

d = diámetro del eje entre el descanso en (mm).

n = revoluciones del eje en (rev⁻¹).

K1= 450. Para descansos que tienen cojinetes de metal blanco y lubricado con aceite. Cuando las revoluciones sean superiores a 350 rev⁻¹. Se usará la siguiente relación:

$$L_{max} = K2 * \sqrt{\frac{d}{n}}$$

Donde:

K2 = 8400, para descansos que tienen cojinetes de metal blanco y lubricados con aceite. Si el eje de cola gira dentro de la bocina en cojinetes de metal blanco lubricados con aceite, la longitud del cojinete posterior de la bocina deberá ser de aproximadamente 2 veces el diámetro del eje y la del cojinete anterior de aproximadamente 0.8 veces el diámetro del eje

2.2. INSTALACIONES TRADICIONALES DE EJES TRADICIONALES

En los sistemas convencionales de hélice en línea el eje de la hélice es recto, rígido

y transmite el empuje de la hélice en una línea directa desde la brida de salida de la reductora del motor hasta la hélice. El motor está situado bajo y cerca del centro longitudinal del casco y la reductora marina recibe generalmente todo el empuje de la hélice. Para evitar un daño prematuro a los cojinetes de los descansos del eje, estos deberán estar suficientemente cerca para evitar vibraciones del eje, pero a la vez deben de estar lo suficientemente distanciados para que el eje se adapte a la flexión del casco, por esta razón los ejes no deberán ser demasiado pesados para las fuerzas de empuje y el par aplicado. Como el eje de cola es el que está propenso a sufrir daños debido al contacto de la hélice con objetos sumergidos, es por esto que el eje de cola deberá estar reforzado para este fin. La ubicación del primer cojinete de la línea de ejes desde la brida de la reductora es sumamente importante. Para evitar que se induzcan fuerzas indeseadas en el cojinete de empuje de la reductora el cojinete del eje deberá estar situado por lo menos a una distancia de 12 y preferiblemente 20, o más veces el diámetro del eje, desde la brida de salida de la reductora, si el cojinete se ha de situar a una distancia inferior a 12 veces el diámetro del eje, las tolerancias de alineación se deberán de reducir sensiblemente y se habrá de considerar la utilización de un acoplamiento flexible. Los acoplamientos flexibles permiten el movimiento relativo entre sus lados “conductor” y “conducido” sin que se produzcan daños. Este movimiento relativo puede adoptar las formas de:

1. Movimiento angular del eje.
2. Movimiento axial del eje.
3. Movimiento radial del eje.

Los ejes rotativos con movimiento relativo entre ellos, necesitan acoplamientos que

permitan desalineación sin daño. La capacidad de permitir la desalineación sin daño se conoce como “flexibilidad”. Los acoplamientos que son radialmente flexibles, permiten una cierta libertad de movimiento entre el eje conductor y el eje conducido, en tanto que sus ejes centrales permanecen paralelos. Los acoplamientos axialmente flexibles, permiten una variación en la separación en los extremos de los ejes conductor y conducido. Las juntas estriadas deslizantes en la parte media de un árbol de la transmisión de una junta cardan. Para que pueda variar la longitud efectiva del eje. Los acoplamientos de flexibilidad angular permiten que varíe el ángulo del eje. Las juntas cardan son ejemplos de acoplamientos de flexibilidad angular. La mayoría de los acoplamientos de ejes comerciales se pueden adaptar a combinaciones de los tipos anteriores de movimientos relativos o desalineación ya enunciados. Varían en lo que se refiere a su tolerancia respecto a los diferentes tipos de movimiento.

2.2.1. Fuerzas Actuantes Sobre la Línea de Ejes

Cuando la embarcación está moviéndose durante faenas de trabajo, la línea de ejes se encuentra bajo la acción de diversas fuerzas y torques, las cuales producen tensiones compuestas en toda la línea de eje y sus partes de conexión. Las fuerzas que actúan sobre la línea de ejes y que provocan deformaciones dependen de la dirección del empuje de la hélice. Durante la marcha de buque adelante las cargas principales provocan: torsión, presión y curvatura longitudinal y durante la marcha del buque atrás: torsión, tracción y curvaturas transversales de sus ejes principales. Las fuerzas externas, que actúan sobre la línea de ejes especialmente durante el funcionamiento del buque en condiciones, variables no son posibles de determinar exactamente. Por esta razón las dimensiones de partes principales del sistema propulsor son

reglamentadas por las sociedades de clasificación. Todas las cargas que actúan sobre la línea de eje se pueden dividir en los siguientes grupos:

1. **Cargas**

Principales

- Par de motor desde la maquina principal hasta la hélice.
- Tensiones de peso propio del eje, sus partes principales y de la hélice.
- Empuje de la hélice entregado por el eje principal al cojinete de empuje.

2. **Cargas Adicionales**

- Tensiones debidas a deformaciones del casco del buque.
- Tensiones debidas a errores durante el montaje del eje principal.
- Tensiones debidas al cabeceo del buque.
- Tensiones debidas al trabajo de la hélice contra las corrientes de agua.

3. **Cargas Accidentales**

- Golpes de la hélice contra diversos objetos flotantes.

El peso total de la línea de eje se puede considerar como una carga distribuida a lo largo de la longitud de cada parte que tenga sección constante, mas el peso de las diferentes partes del eje como la fuerza concentrada en bridas, acoplamientos, hélice, etc.

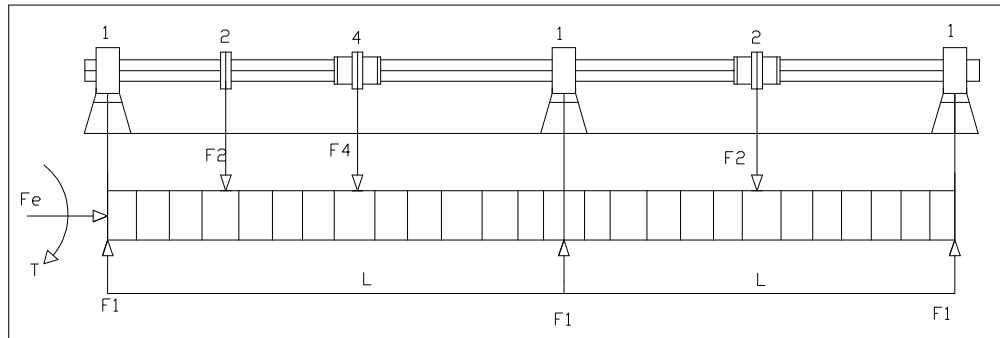


Figura Nº2.8. Esquema de una parte de la línea de eje.

Donde:

- 1.- Cojinetes de apoyo.
- 2.- Bridas.
- 3.- Acoplamiento.
- 4.- Torsiómetro.

Además se puede determinar la fuerza distribuida en un tramo de la línea de ejes de la siguiente manera:

$$q = \frac{Q}{L} \text{ , (Kg /cm)}$$

Donde:

Q= Peso de la parte principal de un mismo diámetro en (Kg).

L= Longitud de esta parte en (cm).

4. Empuje de la Hélice

La hélice es capaz normalmente de convertir más de la mitad de la potencia suministrada en empuje el resto de potencia es utilizado en vencer la resistencia que opone el agua al giro de la hélice. El empuje de la hélice se determina de la siguiente manera:

$$Pe = \frac{Pe * na * np}{75 * 0.515 * v} \text{ Kg.}$$

Donde:

Pe = Potencia de la maquina principal.

na = Rendimiento de la transmisión desde la maquina hasta la hélice.

np = Rendimiento de propulsores.

V= Velocidad del buque nudos.

La potencia que recibe la hélice, siempre es menor que la potencia desarrollada por el motor principal, debido a las perdidas en acoplamientos de ciertos tipos, reductores, cojinetes de apoyo y empuje y prensaestopas del tubo codaste y mamparos estancos. Para determinar el rendimiento del eje propulsor es posible utilizar las siguientes relaciones:

$$na = nr * (0.98 - 0.4 * 10^{-2} i) \text{ nm.}$$

Donde:

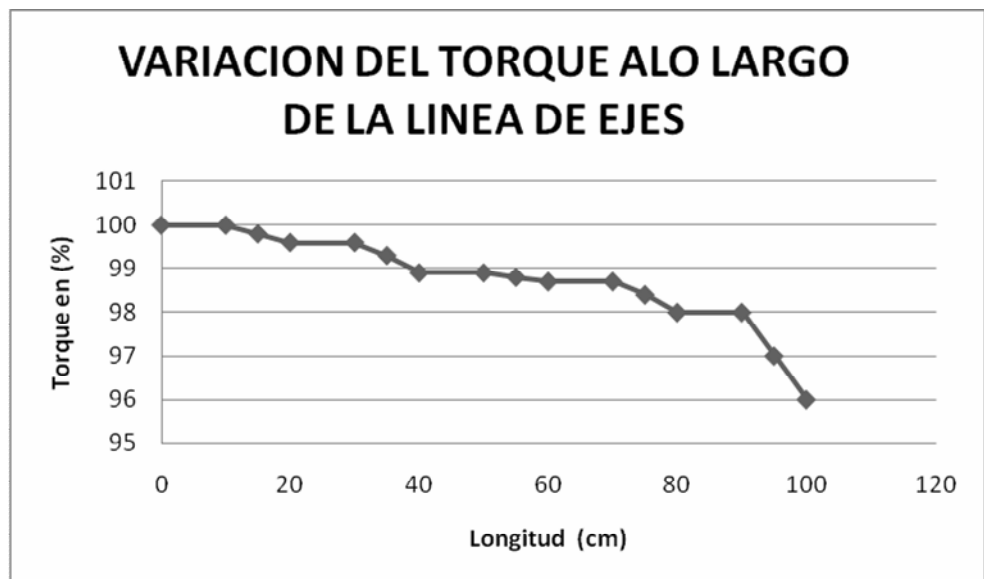
nr = Rendimiento del reductor.

nm= Rendimiento del acoplamiento.

i= Numero de cojinetes de apoyo.

Podemos mencionar que el rendimiento de la línea de ejes depende del número de revoluciones y de la potencia desarrollada por el motor principal porque las magnitudes absolutas y relativas de las pérdidas por rozamiento en los cojinetes de la línea cambian con dichas características. En el siguiente esquema podemos observar el cambio de la potencia a lo largo de la línea de ejes.

Diagrama N° 2.1. El diagrama que muestra el cambio de torque a lo largo de la línea de eje

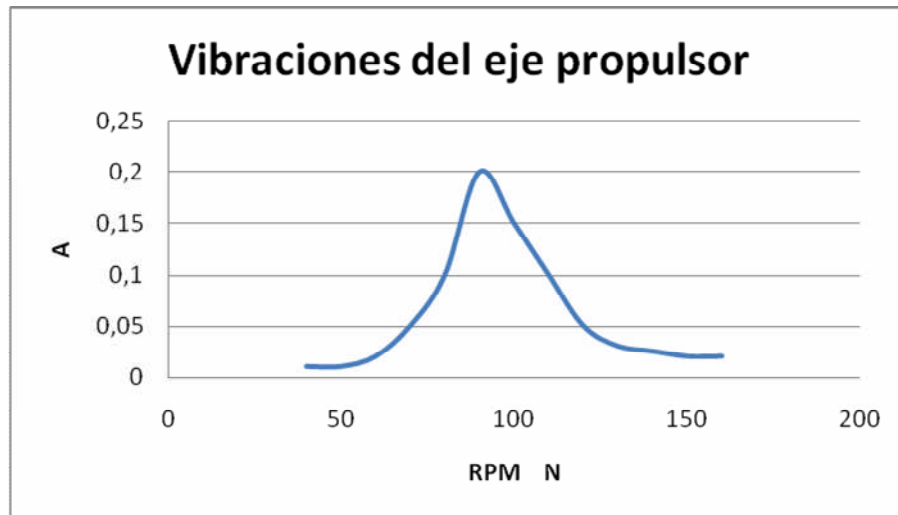


2.2.2. Vibraciones Torsionales en un Sistema de Ejes

La vibración torsional es una irregularidad cíclica de la rotación de un sistema de ejes. Se produce por los impulsos de combustión del motor, por movimiento alternativo y por acción de la hélice. Según giran los ejes del sistema, varía el par impulsor (en la combustión de cada cilindro) y la resistencia a la rotación (producida por la hélice). La vibración torsional es solamente peligrosa cuando

no es controlada. Cualquier eje que gire con una masa unida a cada extremo puede experimentar vibración torsional si existe cualquier irregularidad en la rotación de una u otra masa. La rotación se origina con la carrera de trabajo del pistón. Un factor a tener en cuenta a la hora de elegir el número de palas es el vibratorio. Si el número de Palas coincide o es un submúltiplo del número de cilindros del motor principal, puede ser que los periodos propios del propulsor y del conjunto línea de ejes motor coincidan dando lugar a críticas peligrosas, por lo cual se recomienda que a la hora de elegir la hélice se tenga en cuenta este factor por ejemplo para un motor de 8 cilindros, bien en línea o en V, deberá escogerse una hélice de 3 palas o excepcionalmente una de 5. Con un aumento del número de palas de la hélice, se disminuye el empuje o torque desarrollado por cada pala y disminuye la energía vibratoria transmitida al casco. Pero con esto también aumenta el peso de la hélice y en consecuencia, hay un aumento de torque en el eje- hélice. Debido a que el número de Palas controla la frecuencia de fuerzas exteriores, este factor predomina en el dimensionamiento de los elementos del eje principal. Considerando que actualmente las instalaciones propulsoras en el mercado son de alta potencia, es tiempo de dirigir los esfuerzos hacia el diseño de una línea de ejes que mejor satisfaga una potencia con óptimo número de palas de la hélice. Los problemas resultantes de fenómenos vibratorios deben ser disminuidos con la adopción de hélices de mayor número de palas.

Diagrama N° 2.2. El diagrama muestra las vibraciones de la línea de ejes



2.2.3. Fuentes de Vibraciones Torsionales

Muchos componentes en el sistema de ejes pueden producir vibración torsional o contribuir a la misma.

1. Irregularidad en el flujo de agua a una hélice producida por puntales, apéndices, vano del casco.
 2. Falta de precisión en el paso de una pala a otra de la hélice.
 3. Falta de precisión en el endentado de los engranajes de la transmisión.
 4. Acoplamientos flexibles desalineados.
 5. Encendido de los cilindros individuales del motor.
 6. Cargas auxiliares generadas por cualquiera de las tomas de fuerza del motor.
 7. El cambio periódico del par de torsión en la línea de ejes es la razón fundamental del surgimiento de vibraciones torsionales en la línea de ejes.
- Línea de forma de popa del buque, el flujo de agua a través de la hélice influye

sobre la localización del empuje resultante, el cual a su vez presenta gran influencia sobre las tensiones.

Durante la rotación de la línea de ejes, también pueden surgir vibraciones y tensiones laterales o excéntricas, cuando no inciden los centros de masa de partes principales de la línea de ejes con sus ejes geométricos. Este tipo de tensiones durante el efecto de resonancia también puede provocar fallas del sistema propulsor. Una de las tareas importantes durante el proceso de diseño del sistema propulsor es encontrar las frecuencias críticas de resonancia de vibraciones torsionales y laterales.

Para garantizar la compatibilidad de un motor con el equipo que mueve, es necesario un análisis teórico de vibraciones torsionales (TVA). El no tener en cuenta la compatibilidad torsional del motor y del equipo accionado. Puede dar por resultado un gran daño a los componentes del tren de transmisión o averías del motor, de costosa reparación. Este análisis indicara las frecuencias naturales, las velocidades resonantes significativas y las amplitudes relativas o una determinación teórica sobre si se está sobrepasado el nivel de esfuerzo máximo permisible. Realizando en la fase de diseño de un proyecto, el análisis torsional matemático puede revelar problemas de vibración torsional que se pueden evitar mediante la modificación del equipo accionado, ejes, masas, o acoplamientos. El mejor momento de realizar un análisis matemático de vibración torsional, es en la fase de diseño de un proyecto; antes de adquirir los componentes de la línea de ejes y durante el cual el diseño, se podrá cambiar fácilmente si el TVA muestra la posibilidad de que surjan problemas con algún componente.

2.3. OTROS TIPOS DE INSTALACIONES DE EJES

Podemos tener los siguientes:

1. Transmisión en V

En las transmisiones en V el sistema de ejes de la hélice está constituido de dos secciones, la primera sección va desde la hélice hasta una unidad de transmisión en V. Esta unidad es una caja de engranajes cónicos que permite el cambio de dirección de los ejes. La unidad de transmisión en V recibe todo el empuje de la hélice, transmitiendo el empuje al casco a través de su base de montaje. La segunda sección de los ejes sufre un cambio de dirección pronunciado desde la transmisión en V hasta el motor. El motor se monta en líneas generales, lo más cerca posible de la popa de la embarcación, con el volante orientado hacia la proa de la embarcación.

➤ **Ventajas**

La disposición en V de la transmisión, ofrece varias ventajas: el motor se sitúa en el extremo de popa de la embarcación, ocupando un mínimo de espacio utilizable dentro del casco. Como el eje entre el motor y la unidad de transmisión en V no recibe la carga de las fuerzas de empuje de la hélice, esa sección del eje puede incluir juntas cardan u otros acoplamientos no rígidos. La flexibilidad de la línea de ejes permite el empleo de suspensión elástica del motor dando por resultado una instalación muy silenciosa.

➤ **Desventajas**

El inconveniente del dispositivo de transmisión en V es que el centro de gravedad del motor queda relativamente alto. Esta más a popa que las transmisiones en línea convencionales. Esto reduce la estabilidad y afecta negativamente al equilibrio del

casco.

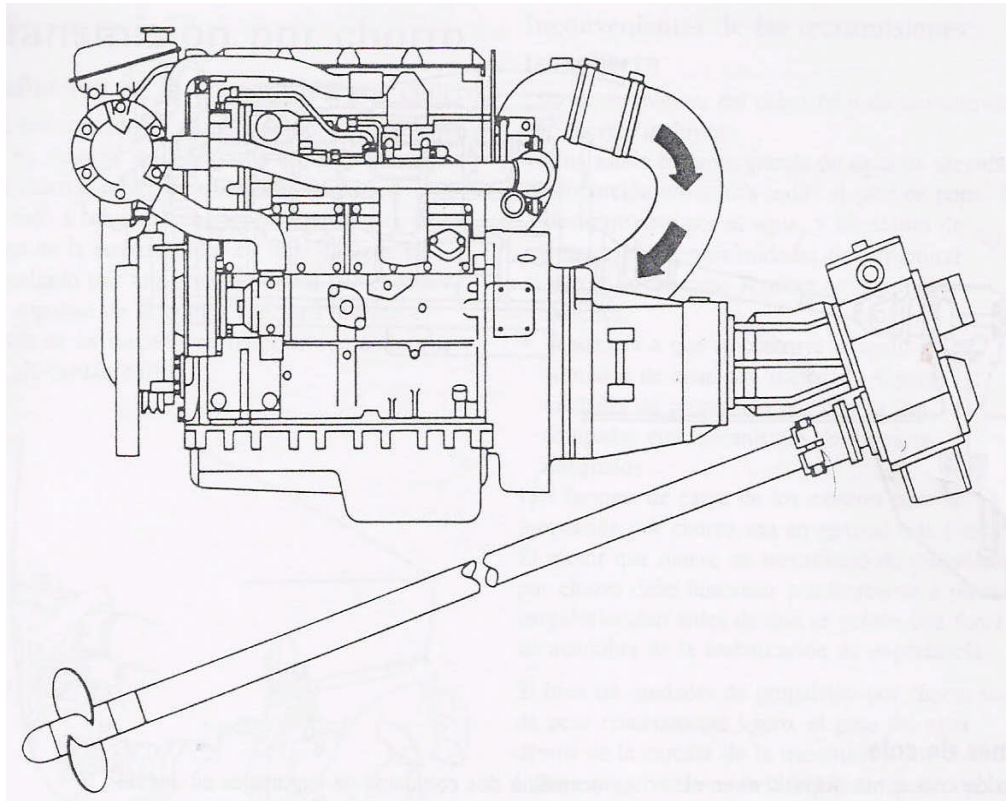


Figura N°2.9. Se muestra el tipo de Transmisión en V

1. Transmisión en Z

La transmisión en Z es un dispositivo propulsor en el cual el motor va conectado a una unidad de engranajes en ángulo recto. Un eje de transmisión vertical conduce través del casco hasta un segundo mecanismo inferior en ángulo recto impulsa a la helice a través de un tramo corto de eje de transmisión horizontal. El motor puede ir encarado a proa o a popa no se recomiendan las orientaciones transversales del motor. El balanceo de la embarcación puede acortar la vida útil de los cojinetes de apoyo del cigüeñal. Cuando se balancea la embarcación, el cigüeñal experimenta un deslizamiento longitudinal, golpeando contra los cojinetes de empuje. Si el motor está en marcha, el movimiento quedara amortiguado por

la película de aceite. Si el motor no está en marcha no habrá una película de aceite que proteja al cojinete de empuje.

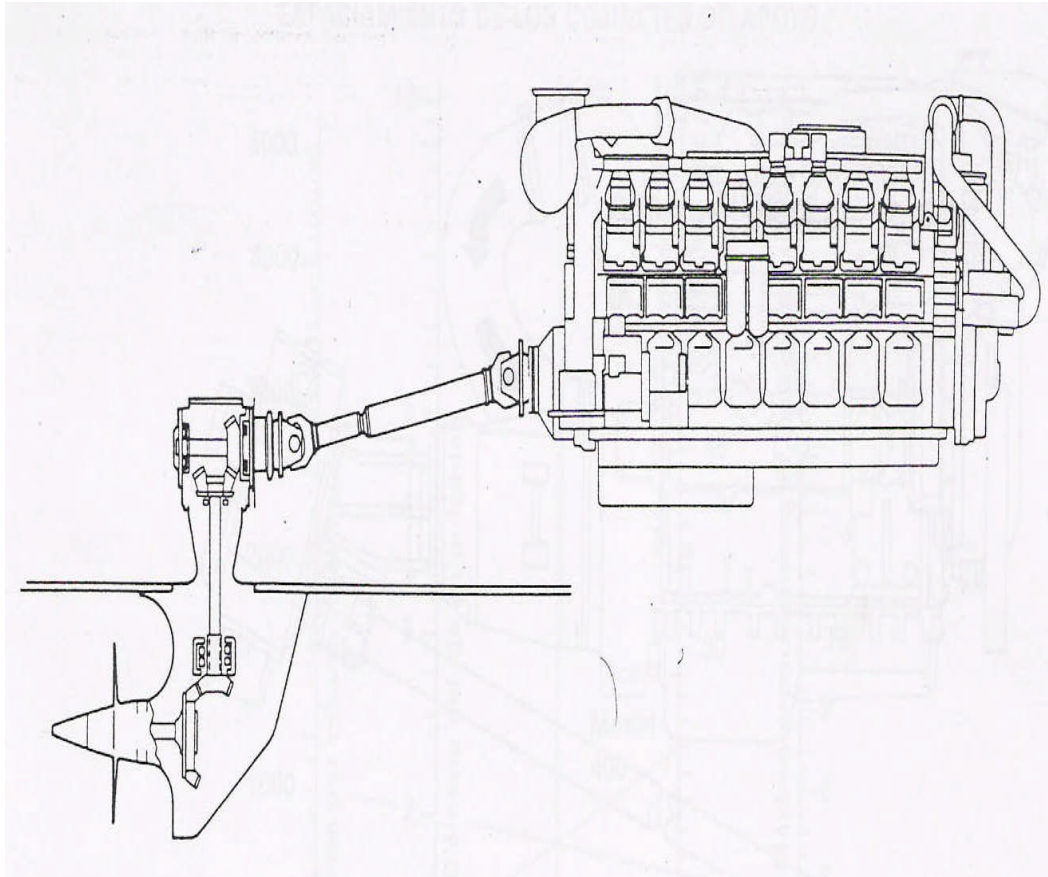


Figura N°2.10. Se muestra el tipo de transmisión en Z.

2. Transmisión de Cola

La transmisión de cola es un dispositivo en el cual el motor va conectado a un mecanismo reductor–inversor (inversor de la marcha) que acciona a dos conjuntos de engranajes en ángulo recto (a través de un eje de doble junta cardan) y una hélice. El volante del motor mira hacia popa.

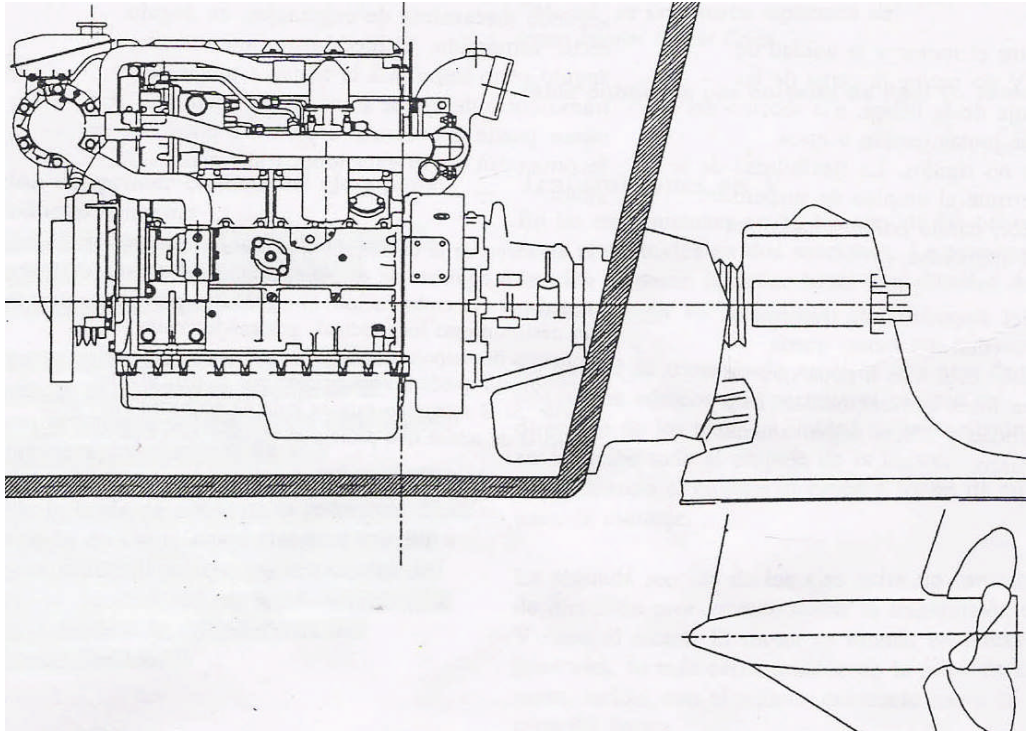


Figura N°2.11. Se muestra la transmisión de cola.

3. Transmisión por Chorro

La embarcación es propulsada por la aceleración de un flujo de agua, captado de la parte inferior del casco a través de una rejilla de admisión y forzado a través de una tobera montada en la popa de la embarcación. El flujo de agua es impulsado por una bomba movida por el motor a través de un mecanismo reductor con embrague y un eje cardan corto.

➤ **Ventajas**

Los mecanismos reductores pueden ser menos robustos cuando se utilizan transmisiones por chorro, por las siguientes razones:

1. a relación de reducción es en general de menor magnitud que las transmisiones convencionales. La velocidad que se puede alcanzar en el eje, con impulsores de

bomba, es mayor que la de las hélices absorbiendo la misma potencia.

2. No hay necesidad de mecanismos de transmisión de cola, el modo de funcionamiento de inversión, se consigue por medio de paletas o alabes en la tobera de descarga que dirige la corriente de descarga del chorro de agua hacia proa en lugar de hacerlo hacia popa.

3. La sobre carga del motor es un grave inconveniente en embarcaciones movidos por sistemas de hélices convencionales los sistemas de propulsión por chorro de agua son bastante menos susceptibles a este problema, puesto que la demanda de potencia del chorro no es muy sensible a la velocidad de la embarcación .Las transmisiones por chorro son menos propensas al deterioro producido por residuos flotantes.

➤ **Desventajas**

1. La embarcación solo puede navegar en aguas poco profundas en comparación con los sistemas de hélices convencionales.

2. Una estela bastante grande de agua de elevada proporción energética .El deslizamiento por el agua, y las faenas de amarre en las proximidades de estructuras próximas delicadas resultan en ocasiones difíciles.

3. Tendencia a que se obstruya la rejilla de admisión de agua con suciedad algunas unidades de propulsión por chorro van equipadas con mecanismos de limpieza integrados. Los factores de carga de los motores para la propulsión por chorro son en general más altos, el motor que mueve un mecanismo de propulsión por chorro debe funcionar prácticamente a plena carga /velocidad antes de que se genere una fuerza de maniobra de la embarcación de importancia.

4. as unidades de propulsión por chorro de agua pueden alcanzar velocidades de 30 a mas nudos por lo que son propensos a ingerir aire en sus conductos de

admisión de agua. Este aire reduce notablemente la eficacia del chorro y supone una pérdida de empuje. Es un problema difícil cuando el mar no está en calma.

CAPITULO III

MARCO TEORICO DEL ESTUDIO

3.1. REFERENCIAS HISTÓRICAS DE INSTALACIONES DE EJES EN BUQUES PESQUEROS

Según recomendaciones técnicas y prácticas que especialistas en estos tipos de trabajos realizan en especial recomendaciones que da CATERPILLAR por ser esta una compañía que tiene vasta experiencia en estos tipos de trabajo, es por esto que consideramos aceptables sus criterios y técnicas de instalaciones de ejes en buques pesqueros ,claro está que tiene ciertas tolerancias por ser un trabajo llevado a cabo por personas y es este quien tendrá la responsabilidad de hacer una correcta instalación mediante su capacidad y conocimiento para utilizar adecuadamente los equipos e instrumentos, además estimar adecuadamente las correspondientes desviaciones que se presentan cuando se va a alinear un conjunto de ejes. En primer lugar se debe de montar adecuadamente el reductor y el motor de propulsión de la embarcación, una vez alineados, es un factor crítico para el mantenimiento de una buena alineación y el consiguiente funcionamiento suave y silencioso y por lo tanto, merece una especial atención. Los requerimientos para el correcto montaje y alineación están especificados por los fabricantes, pero la responsabilidad del montaje y alineación definitiva recaerá siempre en el instalador del equipo, los objetivos que se esperan cumplir son:

1. El reductor se deberá montar de manera que el empuje total de la hélice pueda ser transmitido a la estructura de la embarcación (excepto cuando el cojinete de

empuje este separado del reductor). También el reductor se deberá montar de manera que el empuje transmitido u otras fuerzas externas no influyan negativamente en la alineación del reductor al sistema de ejes de la hélice o al motor.

2. El motor se deberá montar de manera que no esté sometido a esfuerzos excesivos. Los movimientos del casco no pueden llegar al bloque de cilindros del motor y al cigüeñal. Las fuerzas de empujes de la línea de ejes no lleguen al cigüeñal. Exista margen para la dilatación y contracción térmica natural. Se puede emplear montaje rígido o elástico. Las fuerzas que ejerza sobre el polín no produzcan daños. El polín es la parte de la estructura de la embarcación que sostiene la maquinaria de propulsión y la mantiene con la debida relación respecto a los componentes de la línea de ejes generalmente consiste en dos raíles longitudinales que soporta el peso, el empuje, la reacción del par y las cargas de inercia del conjunto reductor/motor. Los fabricantes recomiendan que los elementos del polín sean lo más largos posibles, esto ayudara a limitar la deflexión del casco distribuyendo las cargas sobre una mejor longitud del casco. Todo el polín deberá ser suficientemente sólido para que resista las fuerzas continuas de funcionamiento debidas al par ,empuje cabeceo, balanceo y ocasional varada ,esto porque es sabido que ninguna estructura es absolutamente rígida ,es esencial que el polín tenga mayor rigidez que la línea de ejes, de manera que ninguno de sus componentes sean sometidos a esfuerzos por encima de sus límites cuando se produzca la flexión del casco .Las estructuras de los polines deben ser metálicas (acero o aluminio) ,de madera o fibra de vidrio, dependiendo normalmente de la composición del casco de la embarcación Las bases de madera permiten un montaje relativamente sencillo por la utilización de trifondos y normalmente ,no exigen

técnicas especiales de distribución de carga.

➤ **Tipos de Montajes del Motor**

El montaje del motor y el reductor, generalmente está comprendido en una de las dos formas siguientes: pueden ser montaje rígido, o montaje elástico. Cuando se emplea montaje rígido, los soportes del motor y los suplementos necesarios se sujetan directamente a la estructura de la embarcación, los suplementos utilizados para el posicionamiento del motor o el reductor para una correcta alineación, son de acero o de material moldeado sin tacos anti vibratorios entre los soportes del motor y la estructura de la embarcación, se deberá dar flexibilidad a los soportes del motor para evitar que el bloque del motor sea sometido a esfuerzos por movimientos del casco. Además es el procedimiento más sencillo y de menos coste para montar un motor. La maquinaria de montaje rígido generalmente se atornilla al polín del motor. El montaje elástico de maquinaria, se utiliza normalmente para aislamiento de ruido y vibración de estructuras de la embarcación. Esta forma es más costosa y exige mayor atención a los detalles que la montura rígida. Se deben de utilizar manguitos de unión flexibles para todas las conexiones (aire para la combustión, refrigerante, combustible, escape, controles, etc.)

3.1.1. Montaje del conjunto Motor – Reductor – Eje – Hélice

Según recomendaciones de Caterpillar para el montaje del motor con la reductora se unen a ambos lados de los polines del barco, pero tiene una conexión única giratoria en la parte frontal del motor con el centro de giro en la línea central del cigüeñal. Suele tener un cierto grado de flexibilidad longitudinal, así como una cierta libertad de rotación para el montaje, normalmente se utilizan pernos no ajustados. Así se hace especialmente si el

punto de montaje frontal es rígido ,en cualquier caso ,se deberá dejar una holgura o flexibilidad de aproximadamente 0.02mm por mm de distancia desde el perno ajustado o pasador de la reductora ,para facilitar la dilatación térmica del motor y del reductor. Una forma de aislar el ruido y la vibración, es ensamblar el reductor y el motor, uniéndolos por la carcasa del volante y/o raíles comunes. Comúnmente se utilizan montajes elástico en conjuntos de reductor – motor. No obstante a medida que aumenta el tamaño y la potencia de los motores, no resulta práctico utilizar montajes elásticos, directamente debajo del reductor. Esto se debe a que la flexibilidad de los ejes de hélice de más de 50 mm no son adecuados para admitir grandes movimientos del motor/reductor, sin que se produzcan daños importantes en la prensaestopas o en los cojinetes del eje. Es por esto que es preferible montar los motores grandes sobre montajes elásticos y el reductor rígidamente a la estructura de la embarcación, como regla practica pero también se pueden utilizar dispositivos especiales en el eje, como por ejemplo, un eje cardan con estrías axiales, o prensaestopas de montaje flexibles .El posicionamiento final del reductor y el motor, se suele hacer mediante ajustes de los propios tacos elásticos. Las sociedades de clasificación recomiendan para el caso de tacos entre la superficie superior de los elementos de apoyo y la superficie inferior de los asientos de montaje de los motores y reductoras; estos suelen determinar el tipo de taco que se ha de utilizar, los cuales son tacos de epoxi moldeado y tacos macizos de acero.

➤ **Instalación del Sistema de Ejes**

Según recomendaciones de Caterpillar, el trabajo de instalación del sistema de ejes se realiza una vez que el trabajo de mecanizado del tren de propulsión; haya sido realizado por maestranza, se procede a ejecutar el montaje de descansos y prensa estopa en taller. El trabajo de taller implica la revisión de tolerancias y ajustes de cada una de las partes móviles del sistema, la reposición de fibras o pinturas. El traslado de ejes se debe realizar con una faja destinada para la maniobra de tal manera que impida que los ejes sufran golpes en su traslado, esta maniobra debe hacerse con toda la precaución y responsabilidad, para así tener la certeza de realizar la labor de alineamiento en las mejores condiciones. Estando el traslado de ejes realizado hasta dejar al alcance de la grúa, se procede a realizar el montaje de ejes. Estos son los procedimientos tradicionales que se emplean para la instalación de la línea de ejes:

1. Una vez terminados los trabajos de calderería, procedemos a limpiar el lugar de trabajo, generalmente se trata de del túnel de ejes.
2. Se montan los descansos del eje según datos proporcionados por estudio racional. Casas clasificadoras dan distintas formulas para la elección del correcto numero de descansos.
3. Una vez montados los descansos, procedemos a su alineación (o ubicación de su centro teórico) mediante el alineamiento por cuerda de piano.
4. Se empernan los descansos con seguridad a los porta descansos del túnel.
5. Procedemos a introducir los ejes en el barco.
6. Comenzamos a unir los descansos por sus caras de acoplamiento y con el feeler vamos dando las cuñas correspondientes que fueron obtenidas por el

análisis de elementos finitos (eje de estudio).

7. Esta alineación se comienza de popa a proa, cosa que cualquier defecto de dimensiones pueda ser reparado mediante el movimiento del motor propulsor.
8. Se aseguran definitivamente los descansos y se cierran las tapas del túnel.
9. Procedemos a emitir informe y damos por terminado el proceso de alineamiento.

➤ **Instalación de la Hélice**

Siguiendo con las recomendaciones de Caterpillar .Una vez instalados la maquina principal y los ejes procedemos a instalar la hélice en el extremo de popa del eje de cola de la siguiente manera:

1. Montar hélice en cono de eje de cola.
2. Montar extractor en hélice.
3. Con el extractor debemos dejar hélice en posición final.
4. Colocar tuerca de la hélice y apretar.
5. Apretar pernos del flange del sello de la hélice.
6. Apretar esparrago y montar tapa gorro.
7. Apretar tuerca del esparrago de tapa gorro.
8. Unir eje de cola con el eje intermedio.
9. Colocar y apretar pernos de acoplamiento del machón.
10. Preparar cemento con aditivo.
11. Colocar cemento en la tapa gorro de la hélice.

➤ **Instalación de la Reductora Marina al Eje**

La instalación de la reductora marina al sistema de ejes es un trabajo muy importante por lo que se le debe prestar mucha atención a este trabajo, sobre todo a la alineación de esta con la línea de ejes. La alineación debe de estar dentro de tolerancias especificadas para una vida útil y satisfactoria de la transmisión. La alineación se debe de realizar mientras el eje está en su verdadera línea central o muy cerca de ella. Este procedimiento comprende los tres pasos básicos que se han de seguir en la instalación, alineación y montaje de reductoras marinas. Se aplica tanto a reductoras de montaje separado y a reductoras acopladas directamente al motor.

➤ **Caída del Eje de la Hélice**

Antes de comenzar a alinear la reductora marina con el eje de la hélice, se deberá compensar la caída o deflexión del eje, debido al peso del tramo no soportado y al peso del mangón esta es una parte importante del procedimiento de instalación y alineación de reductoras marinas. De otro modo se puede producir una carga excesiva en los cojinetes del eje inferior de la transmisión o en el primer cojinete de la línea de ejes. Con la consiguiente mayor generación de ruido o vibración y una correspondiente reducción de la vida útil de los cojinetes afectados.

➤ **Angulo entre la Línea de Eje y el Plano de la Línea de Base**

Como se ha visto anteriormente existen varios tipos de transmisión las cuales se diferencian de los sistemas convencionales de transmisión que es en línea recta por la disposición del motor, el eje y la hélice y de mas elementos, cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas, la aplicación dependerá del tipo

de embarcación y los requerimientos del armador. Como la realidad de nuestro país es la pesca artesanal y en algunos casos pesca industrial en donde la mayoría de estas embarcaciones poseen sistemas de propulsión convencionales es decir tienen sistemas de propulsión en línea recta. Un análisis importante es el ángulo que debe de formar la línea de eje con el plano horizontal, lo denominaremos ángulo " α ", este ángulo depende de la disposición de la hélice y el motor principal, generalmente el valor de este ángulo debe de estar comprendido entre (0 y 5°), como consecuencia de la disposición de los ejes con ángulo α grande ocasionaría una disminución del empuje de la hélice. La cual se determina de la siguiente manera:

$$P_2 = P_h \cdot \cos \alpha .$$

Donde:

P_2 = Empuje real.

P_h = Empuje de la hélice. Como se puede ver cuando el valor del ángulo α no supera 5°, las pérdidas del empuje son insignificantes:

$$P_2 \approx 0.995 P_h$$

3.1.2.- Diagramas de Instalaciones y Normas Recomendadas

Según la clasificadora Germanischer Lloyd. En su reglamento para la clasificación e inspección de buques pesqueros .parte A sección 3, En el caso de la planta propulsora, dice lo siguiente: Los siguientes componentes en especial de la planta de propulsión deberán ser revisados y probados en funcionamiento:

- Máquina principal.
- Motores eléctricos.
- Engranajes reductores.
- Acoplamientos mecánicos, hidráulicos y eléctricos.
- Líneas de ejes.

Por ser de interés para nuestro caso la clasificadora hace mención a:

➤ **Inspecciones Periódicas de Ejes de Cola y Ejes de Bocina**

Los ejes de cola y los ejes de bocina cuyos detalles constructivos hayan sido aprobados y estén protegidos contra el agua de mar deberán desmontarse lo suficiente para poder ser inspeccionados enteramente en intervalos de 5 años.

El eje de cola y los ejes de bocina cuyos detalles constructivos hayan sido aprobados y estén protegidos contra el agua de mar y estén equipados con cierres de aceite y con cojinetes lubricados por aceite. Pueden ser sometidos a inspecciones modificados (SWM) en intervalos de 5 años, siempre que el resultado de la inspección no haga necesario sacar los ejes. 2.5 Años después de la inspección completa (SW) modificada (SWM) los ejes de cola y de bocina deberán de examinarse en su posición (SWS).

➤ **La Inspección del Eje Fuera**

Esta inspección comprende lo siguiente:

- El eje chavetero, especialmente el cono, chavetero, y la rosca o la transición de brida
- El examen con medios destructivos de parte trasera del eje mediante un sistema aprobado de detección de fisuras.

- La comprobación de los cierres de bocinas (revisión o renovación de las juntas con sellado en función del tiempo de servicio, tipo y estado).
- La comprobación de la camisa de cromo.
- El examen de las superficies de contacto y de las camisas del eje.
- El examen de los cojinetes de la bocina.
- El examen de la hélice y de su fijación.
- La medición de los huelgos de los cojinetes antes y después de la inspección, protocolando los valores medidos (lecturas de calibre).

➤ **Inspección Modificada del Eje**

Las inspecciones modificadas comprenden:

- Todas las partes accesibles del eje, inclusive la unión de la hélice con el eje.
- La comprobación de los cierres de aceite de la bocina (revisión o renovación de los anillos de cierre en función del periodo de servicio, diseño y estado).
- La verificación de la calidad del aceite lubricante de los cojinetes de la bocina.
- La medición de los huelgos de los cojinetes de la bocina y el control por calibre protocolando los valores medidos.
- El examen no destructivo empleando un método aprobado de detección de fisuras de la zona de transición de la brida de acoplamiento, cuando la hélice este embridado o en la parte delantera del cono trasero del eje, cuando la hélice este montada sobre un cono.
- Para el ensayo de detección d grietas, el área a examinar deberá estar suficientemente al descubierto, desplazando para ello al eje o desmontando la hélice.

➤ Inspección del Eje en su Posición

La inspección de los ejes de cola y de bocina en su posición comprende:

- La medición de los huelgos de los cojinetes de la bocina y el control por calibre.
- La verificación de la estanqueidad de los cierres de bocina.
- El examen de la hélice.

3.2. MARCO TEÓRICO DEL ESTUDIO

Podemos definir como alineamiento, el proceso de montaje de dos elementos móviles de tal modo que sus ejes de simetría presenten continuidad dentro de ciertas tolerancias preestablecidas. Tenemos el alineamiento paralelo y angular, esta 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, no lo es su comprensión. 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 las bases para la ejecución del procedimiento 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 de como, estos se complementan para lograr un mejor resultado. Un trabajo de suma importancia en la instalación del sistema propulsor lo Constituye el alineamiento de ejes, el alinear apropiadamente las maquinas conectadas es muy importante para la vida útil y la resistencia de las partes constituyentes de estas y la de los acoplamientos, 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, es la gran importancia que tiene el alineamiento en la introducción de tensiones adicionales que acarrearán vibraciones, calentamientos, trabazones y desgastes de los acoplamientos, fallas en los descansos, sellos, etc.

➤ **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, los flanges 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, utilizamos una herramienta llamada feeler que es un medidor de espesores, para ello tomamos las medidas en cuatro puntos distintos de los flanges unidos, separados a 90 grados cada uno.

➤ **Alineamiento Paralelo**

Este proceso es aplicado a las líneas de ejes cortos en donde la sala de máquina está a popa del buque. Consiste nada más, en asegurar que el eje no sufra 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 solo deben ser verificadas en altura, lo cual es posible con una regla.

3.3. MÉTODOS DE ESTUDIOS

Los métodos de alineación que estudiaremos para realizar una correcta alineación son:

➤ **Alineamiento en Frío**

Esta etapa se refiere a lograr la coaxialidad de los 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. Las correcciones de desviaciones paralelas y angulares entre los ejes citados están implícitas en este término. Su importancia se debe a que normalmente es la única verificación que se efectuara 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 las correspondientes maquinas. Este término es amplísimo, y como se verá posteriormente no alude solo a lograr la alineación de los ejes como parte externa o visible de sus maquinas sino que, además, abarca al procedimiento de posicionar los descansos de maquinas grandes de varias bancadas antes de colocar el eje sobre ellas; esto podría definirse también como alineamiento en frío interno y es preliminar al alineamiento en frío de la maquina como tal, ya que se efectúa tanto en la etapa de montaje como después de una reparación interna de la unidad.

➤ **Alineamiento en Caliente**

Esta etapa pretende lograr la alineación de los ejes, pero cuando las máquinas estén en condiciones nominales de funcionamiento. Esta etapa en las faenas de alineación está íntimamente ligada a la anterior. En aquellas máquinas por las cuales circulan fluidos a elevadas temperaturas, o en aquellas en que circulan fluidos fríos; se producirán dilataciones o contracciones respectivamente. 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, las máquinas premeditadamente desalineadas en condiciones estáticas para que sus ejes logren su coaxialidad requerida cuando las máquinas estén en condiciones de operación. Lo anterior es muy importante, pero también 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. Un problema aun más crítico aparece cuando no se poseen las especificaciones de los fabricantes referidas a las desviaciones producidas en las condiciones de funcionamiento. 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. No son solo las dilataciones o contracciones producidas por los efectos térmicos, ni los

asentamientos, ni las vibraciones excesivas, las únicas responsables del desalineamiento en caliente, sino que también inciden en este, la acción de las fuerzas hidráulicas, aerodinámicas y las reacciones de torque.

3.4. MÉTODOS Y EL SISTEMA STÁNDAR ABS

Describiremos dos métodos para eliminar la inclinación del eje como parte del proceso de alineación:

1. El método de “caída estimada”, por el cual la inclinación en la brida del mangón se calcula aproximadamente partiendo de tablas de inclinación y se compensa directamente.
2. El método de “la balanza sustentadora” mediante el cual se compensa directamente el peso del eje no sustentado.

➤ Método de Caída Estimada

Para método utilizaremos tablas que contienen valores calculados de deflexión o caída correspondiente a ejes de acero en voladizo con bridas pequeñas, medianas o grandes montadas en el extremo libre. Continuación mostramos la forma ilustrativa (figura 12) de cómo es esta deflexión o caída y las dimensiones que corresponden a la utilización de las tablas de inclinación que se dan en los anexos. Para determinar la inclinación (deflexión) en el extremo libre del eje (extremo de la brida) se utilizan tres conjuntos de valores:

1. Diámetro del cubo de mangón (D_h).
2. Diámetro del eje de la hélice (D).
3. Longitud del eje en voladizo (L).

La relación “Dh/D “, determina que conjunto de tablas de inclinación corresponden.
 La intersección entre “D “y “L/D” en la tabla correspondiente determina el valor de la inclinación aproximado. En muchos casos los valores reales de” D y de “L/D” están comprendidos entre dos de los indicados en la tabla .En estos casos la inclinación se puede hallar por interpolación de los datos de la tabla.

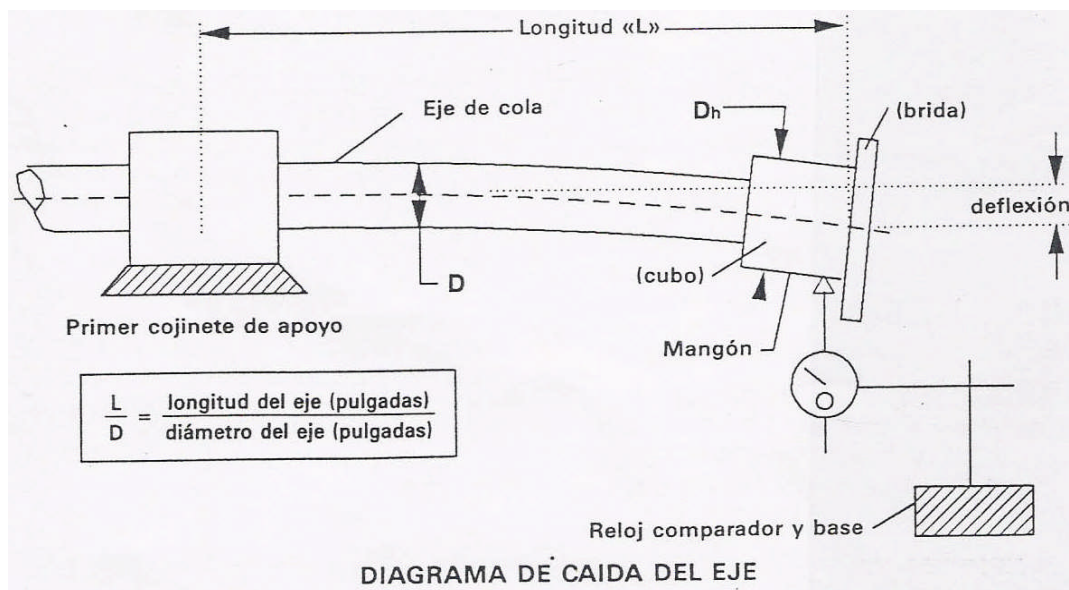


Figura N°3.1. El esquema muestra el método de caída del eje

➤ **Método de la Balanza Sustentadora**

Este método comprende elevar, con el empleo de una balanza, un peso igual a la mitad del peso del eje en voladizo más, el peso del mangón correspondiente levantándolo por el cubo del mangón como se muestra a continuación. El peso correspondientes a ejes de acero o secciones circulares, se pueden calcular empleando la formula:

$$\text{PESO (lbs.)} = 0.22 \cdot D^2 \cdot L.$$

Donde:

D = Diámetro del eje o sección circular en pulgadas.

L = Longitud del eje o sección circular en pulgadas.

De donde el peso total sería:

- $D^2 \cdot L = \dots\dots\dots$ (libras). 0.11*
- $*h = \dots\dots\dots$ (libras). 0.22*Dh²
- $f = \dots\dots\dots$ (libras). 0.22*Df²*
- $\dots\dots\dots$ -----
- $\dots\dots\dots$ -----
- **Peso total =** $\dots\dots\dots$ (libras).

Como la mitad del peso del eje mas el peso del mangón correspondiente se ha de compensar en la balanza el peso total se ha de calcular mediante la relación anterior.

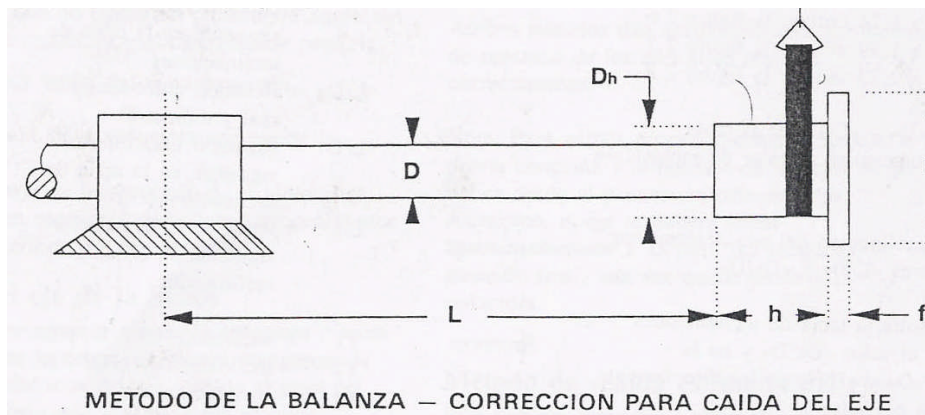


Figura Nº 3.2. El esquema muestra el método de la balanza.

➤ **El Sistema Estándar ABS**

El sistema de la ABS solo nos proporciona como las demás clasificadoras como determinar el diámetro del eje de cola, eje intermedio, eje motor, el espesor de camisas, y diámetro de los pernos de acoplamiento, pero si recomienda como realizar la inspección del eje de cola.

El diámetro mínimo de los ejes intermedios y de empuje utilizando acero de grado 2 (acero forjado) se determinara por medio de la siguiente relación:

$$d = c * \sqrt[3]{\frac{KH}{R}}$$

Donde:

d = Diámetro del eje en mm.

H = Potencia al freno a la velocidad de régimen.

R = RPM a la velocidad del régimen.

K = 58 para buques pesqueros.

C = 22.85 para ejes intermedios.

C = 26.65 para ejes de empuje.

El diámetro de ejes intermedios que pasen a través de bocinas no será menor de 1.16 veces el requerido para los ejes intermedios utilizando acero de grado 2 y donde tales ejes estén en contacto con el agua de mar, en el interior de la bocina, el diámetro no será menor de 1.19 veces el requerido para la línea de ejes intermedios. El diámetro mínimo del eje de cola se determinara por medio de la siguiente relación:

$$T = 1.11 \cdot d + \frac{P}{C}$$

Donde:

T = Diámetro del eje de cola.

D = Diámetro calculado del eje intermedio en mm, requerido para el tipo de maquinaria propulsora que se trate.

P = Diámetro de la hélice.

C = 100, cuando el eje no está provista de una camisa continua.

La parte interior del eje de cola ,junto al acoplamiento puede hacerse tronco cónico pero no menor de 1.06 veces el diámetro mínimo requerido del eje intermedio deberán evitarse los cambios bruscos de los diámetros de los ejes en el acoplamiento entre el eje de cola y el eje intermedio .El espesor del plato o brida de acoplamiento del eje de cola no será menor que el diámetro mínimo requerido de los pernos de acoplamiento y el radio de la curva de unión entre el eje y el plato o brida no será menor de un octavo del diámetro del eje.

Las dimensiones de los ejes huecos deberán ser tales que su resistencia sea equivalente a la requerida por las relaciones para los correspondientes ejes macizos. Cuando las tensiones debidas a las vibraciones torsionales excedan de los límites precedentes a un número de rpm. Comprendido dentro de la zona de funcionamiento ,pero menor del 90% de la velocidad de régimen ,deberá determinarse una zona prohibida de funcionamiento .Deberá marcarse el tacómetro y colocarse un letrero de aviso de peligro en un motor. Debido a que los las

vibraciones torsionales tienen otros efectos perjudiciales distintos de la tensión adicional de la línea de ejes.

1. Los ejes de cola provistos de camisas continuas o de obturadores que impidan eficazmente que el agua salada entre en contacto con el eje de acero, se sacara por lo menos una vez cada tres años para los buques de una sola hélice y cuatro años para los buques dotados de más de una hélice. Todo los demás ejes se sacaran cada dos años o más frecuentemente si se considera necesario por los inspectores en caso de buques de una sola hélice provistos de ejes de cola que tengan camisas continuas o de obturadores que obturen eficazmente ,el intervalo entre los reconocimientos puede prolongarse a cuatro años cuando se solicite por los armadores .El proyecto incluye otras características que reduzcan mas las concentraciones de esfuerzos en el montaje de la hélice y durante cada inspección el eje se reconozca por medio de un método eficaz de detección de grietas desde el extremo de mayor diámetro .
2. Cuando la maquinaria vaya situada en el centro del buque, el cojinete de popa tiene que encasquillarse de nuevo cuando tenga un desgaste de hasta 6.4 milímetros de huelgo en el caso de ejes de 229 mm. O menor diámetro 7.95mm. De huelgo cuando el diámetro sea mayor de 229 mm, pero no mayor de 305 mm. Y 9.53mm.De huelgo cuando el eje exceda de 305mm. De diámetro .En los casos en que la maquinaria vaya situada a popa, el huelgo máximo deberá ser un grado menor que las precedentes.
3. Los ejes de cola deberán tener un ajuste cónico preciso con el núcleo de la hélice, prestándose particular atención al ajuste en el extremo mayor del cono. La chaveta encajar muy ajustada en el chavetero y será de dimensiones

suficientes para transmitir todo el par de torsión del eje, pero no deberá llegar hasta la camisa, al lado de proa del núcleo de la hélice. El extremo de proa del chavetero en el eje deberá maquinarse de tal forma que la superficie de unión entre el interior del chavetero y la superficie del eje tengan una curvatura suave.

4. La longitud del cojinete del eje porta hélice, es decir la longitud del cojinete más próximo a la hélice y que soporta esta no deberá ser menor de cuatro veces el diámetro exigido para el eje de cola, excepto la longitud de los cojinetes metálicos.
5. Cuando las camisas se hagan de bronce, se empleara una aleación de buena calidad, exenta de poros y otros defectos comprobándose su estanqueidad con una prueba hidráulica a 1kg/cm^2 . , Todas las camisas se calaran cuidadosamente en caliente o se forzaran a presión el eje y no se afirmaran por medio de pasadores.
6. Además se dispondrán medios eficaces para impedir que el agua entre en contacto con el eje entre el extremo de popa de la camisa y el núcleo de la hélice.

3.5. MARCO CONCEPTUAL

Como la embarcación trabaja a alta velocidad, a temperaturas y carga normales, se deberá mantener al mínimo la desalineación entre el motor principal y todo el equipo que mueve mecánicamente este. Muchas averías en los cojinetes de apoyo de los descansos, en la bocina, y en el eje y de más elementos, se deben a alineación incorrecta en los sistemas accionados.

La desalineación en condiciones de servicio y bajo carga, siempre da por resultado vibraciones y/o tensiones. Como no existe un método exacto y práctico para medir la alineación con el motor funcionando a régimen y bajo carga, todos los procedimientos de alineación Caterpillar se deben realizar a motor parado y con el motor y todo el equipo en condición de no operación. Se entiende por alineamiento de una línea de ejes, el posicionar a estos de modo que tengan el mismo eje geométrico, esto es, lograr su coaxialidad. Obviamente, el hecho de que dos juegos de ejes 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. Estas formas de desalineamientos son:

➤ **Desalineamiento Paralelo o Diametral**

Corresponden a este tipo aquellos ejes cuyas caras están paralelas pero sus Centros teóricos de rotación (líneas centrales) no se intersecan.

➤ **Desalineamiento Angular o Axial**

Corresponden a este tipo aquellos ejes cuyas caras presentan un ángulo entre sí pero, sus centros teóricos de rotación se intersecan.

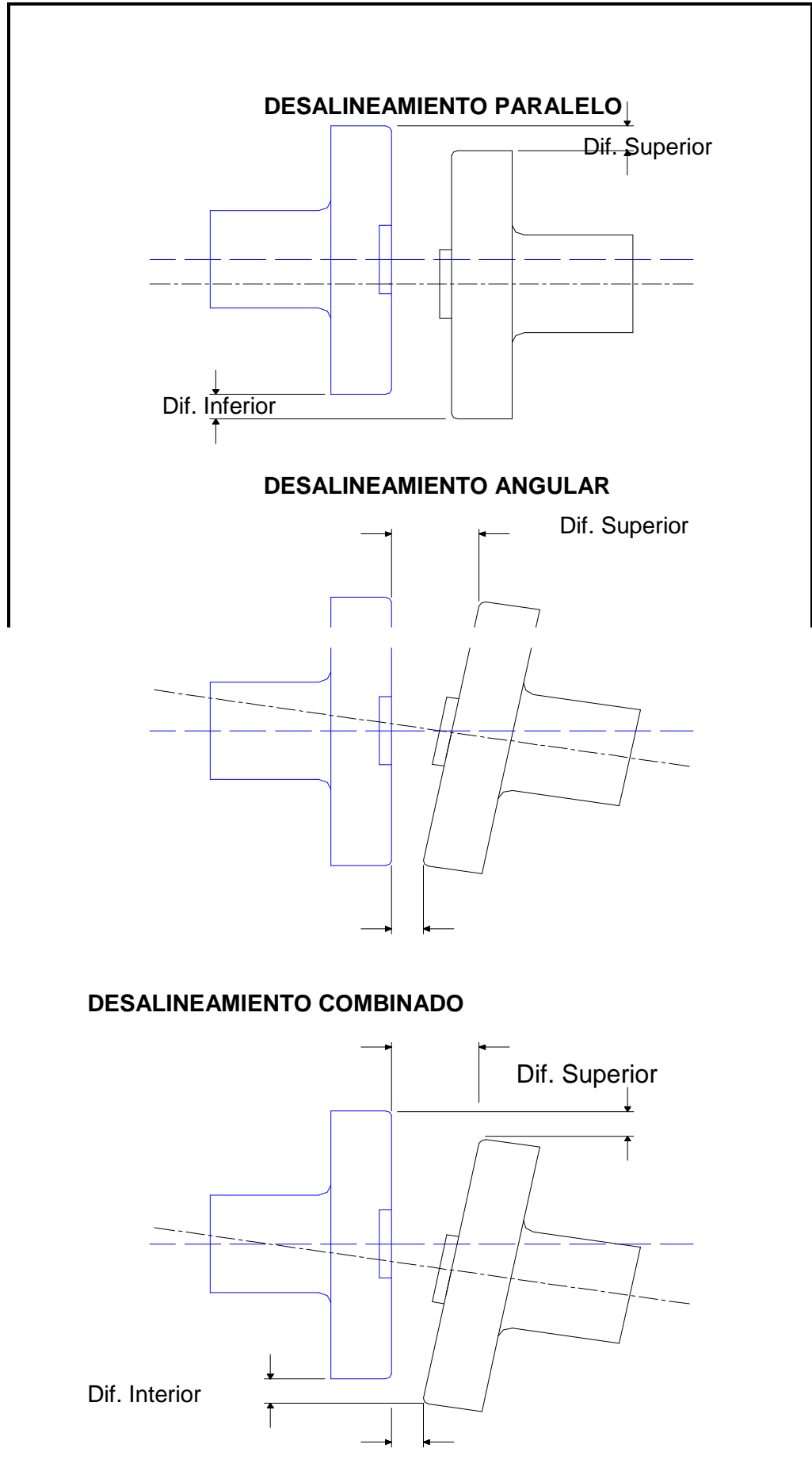


Figura N° 3.3. Las formas de alineamiento

Desalineamiento Combinado

Este tipo de desalineamiento de una combinación de los dos anteriores, es decir, sus caras presentan un ángulo entre si y además presentan una diferencia de altura

3.6. REFERENCIAS TÉCNICAS Y EXPERIMENTALES OBSERVADAS

Según Referencias experimentales observadas los factores externos más dominantes que influyen en la alineación de los ejes de servicio estos son: los efectos de las alteraciones de calado, influencias térmicas, empuje excéntrico de la hélice, inclinación y flexibilidad de los descansos. Trataremos así mismo, la importancia de considerar la flexión angular entre el eje y el casquillo de la bocina de popa y la alineación en el dique. Se concluye que para aproximarnos al concepto de alineación óptima debemos analizar todos estos factores anteriores en la realización de nuestro proyecto.

➤ Criterio de Alineación

1. En el caso de las instalaciones engranadas, las reacciones en el descanso de engranaje deben ser aproximadamente iguales a temperatura normal de trabajo. La diferencia admisible entre las reacciones del descanso de engranaje la especifica generalmente el fabricante. Debemos tener especial cuidado en este tipo de instalaciones ya que una desalineación produciría una distribución de cargas no uniforme en los dientes de engranaje, lo cual puede producir averías en estos dientes.
2. La distribución de cargas en la bocina debe ser lo más uniforme posible, sin presiones extremas en el borde, en todas las condiciones normales de funcionamiento, incluyendo el giro lento del eje.

3. El momento flector transmitido desde la línea de ejes al eje de engranaje, debe estar dentro de los límites aceptables.
4. Todos los descansos deben tener una considerable carga neta hacia abajo el ángulo de la línea central del eje con relación al casquillo del descanso debe estar dentro de valores razonables con el fin de evitar cualquier presión pronunciada en el extremo.
5. Las tensiones en todas las partes de la línea de ejes deben ser aceptables.
6. El sistema de la línea de ejes debe tener una flexibilidad transversal adecuada para tolerar determinados errores o cambios de alineación (ejemplo: debido a las flexiones del casco, efectos térmicos, etc. Debe concederse la debida consideración a las características de vibración del sistema.

➤ **Calado**

En general la rigidez de la línea de ejes ha aumentado, y la del doble fondo se ha reducido, esto significa que la línea de ejes principal, especialmente en buques de gran tamaño, se ha hecho más sensible que antes a los cambios de calado y la mar gruesa. Como la alineación de los ejes 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 (por ejemplo, distancia de los cojinetes, o la rigidez de la estructura del doble fondo

➤ **Efectos Térmicos**

Como la primera alineación de la línea de ejes debe efectuarse en frío, es esencial disponer de una precisión fiable, con la magnitud de la diferencia de temperatura de cojinetes de la caja reductora y los cojinetes de la chumacera, en condiciones normales de funcionamiento. Este aumento en los cojinetes de la caja reductora se debe a la expansión térmica de la propia caja reductora, también a la diferencia de temperatura entre los soportes de la chumacera y el soporte de la caja reductora.

➤ **Empuje**

Las fuerzas de empuje excéntricas de la hélice introducen un momento flector en el extremo de popa de la línea de ejes 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. La posición media del centro de empuje cambia con el calado y las condiciones de funcionamiento, especialmente en los grandes petroleros 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 de los cojinetes de la parte de popa de la línea de ejes. Especialmente la distribución de presión en el casquillo de la bocina puede variar con la condición de funcionamiento.

El descanso de empuje y su asiento pueden deformarse o inclinarse debido a la fuerza de empuje. Una inclinación similar del descanso de empuje, se produce en la mayoría de los casos durante la carga del buque, la inclinación del descanso de empuje puede dar lugar a una distribución no uniforme de empuje entre los

segmentos de empuje de los cojinetes, lo cual induce un momento flector externo adicional en la línea de ejes aplicadas en el collarín de empuje. Influencia de las reacciones del descanso debidas a la excentricidad de empuje y momento de flexión adicional del descanso de empuje

➤ **Flexibilidad de los Descansos**

Es una costumbre usual, al realizar los cálculos de alineación del eje, suponer que los descansos y soportes de descansos son infinitamente rígidos. Es evidente que esto supone una simplificación del problema; ya que las cajas de descansos, sus soportes en la estructura del buque y la capa de aceite, son elementos flexibles. El supuesto de los descansos rígidos puede introducir serios errores en la valoración de las reacciones de los mismos, en los casos en que la rigidez de varios descansos varia de un modo completamente diferente a como lo hacen las reacciones de los cojinetes correspondientes. Para este caso la curva real de deformación de la línea de ejes puede variar considerablemente de la curva de deformación hallada con descansos que se suponen rígidos.

➤ **Flexiones Angulares del Eje en el Casquillo de la Bocina**

La mayor flexión angular del eje se produce generalmente en el casquillo de la bocina como consecuencia del peso de la hélice en voladizo. La fuerza de empuje excéntrica aumentara o reducirá la flexión angular, dependiendo de la estela (condición de carga) y de la geometría de la hélice. Al producirse grandes perturbaciones en los cojinetes como consecuencia de la desalineación del casquillo de la bocina, se ha hecho hincapié en que la valoración del comportamiento del casquillo de la bocina es una parte importante en el análisis del proyecto de alineación del eje, junto con la valoración de las reacciones de los

cojinetes. Debe tenderse a la elección de la curva de alineación que engrane la distribución de presión longitudinal más uniforme posible en el casquillo de la bocina en condiciones normales de funcionamiento.

➤ **Alineación en el Dique**

Cuando se pretende alinear la línea de ejes antes de poner el buque a flote, hay que conocer los cambios relativos de las posiciones de los cojinetes, de la condición de soportado a flotante. Esta información puede obtenerse por las condiciones de las deformaciones del doble fondo de la sala de maquinas.

Las dos condiciones deben incluirse como mínimo en el análisis.

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

3.6.1. Alineamiento Racional de Ejes

El alineamiento Racional de ejes está basado en el análisis del sistema de ejes como una viga continua, soportada por múltiples descansos o apoyos. Este análisis resulta ser largo y complejo, por ello, será llevado a cabo mediante software Ansys 8.0 y corroborado por programa computacional.

Se realiza preferentemente en la etapa de diseño del buque para poder contar con la mejor disposición o acomodación de los descansos de la línea de ejes, también se realiza en cada una de las revisiones posteriores si es que la línea de ejes o alguna pieza dependiente de ella sufren alguna modificación. El principio de su aplicación es simple Suponemos una línea de ejes imaginaria ideal (línea central del sistema), la cual no se ve afectada por ninguna carga ni deformación y es la que usamos como referencia. Luego asumimos nuestra

línea de ejes de trabajo, la cual coincide con nuestra línea ideal ya que no hemos aplicado cargas a nuestro sistema. Ahora dividimos nuestra línea de ejes en las partes básicas de esta, por lo cual los acoplamientos quedan sueltos. Luego definimos las cargas a las cuales está sometido nuestro eje, ellas son: el peso de la hélice y el peso propio además, debemos definir las reacciones de los descansos; ahora el eje asumirá cierta deformación (calculada a partir de los momentos presentes en los apoyos), por lo cual, los machones ya no quedan perpendicular a la línea de ejes, sino que forman un ángulo. Este ángulo es calculado en cada caso, para los diferentes machones.

Pero además de la diferencia angular existente, tenemos una diferencia de altura, la cual es fácil de obtener ya que solo debemos tomar como referencia la línea ideal que nos fijamos anteriormente. Teniendo estas medidas, son pasadas a terreno con dispositivos de linternas para dar la diferencia de altura calculada y por medio de un feeler para calcular el ángulo o cuña obtenida entre los machones. Presentamos a continuación, la línea de ejes que tomaremos para el presente cálculo de alineamiento racional de ejes.

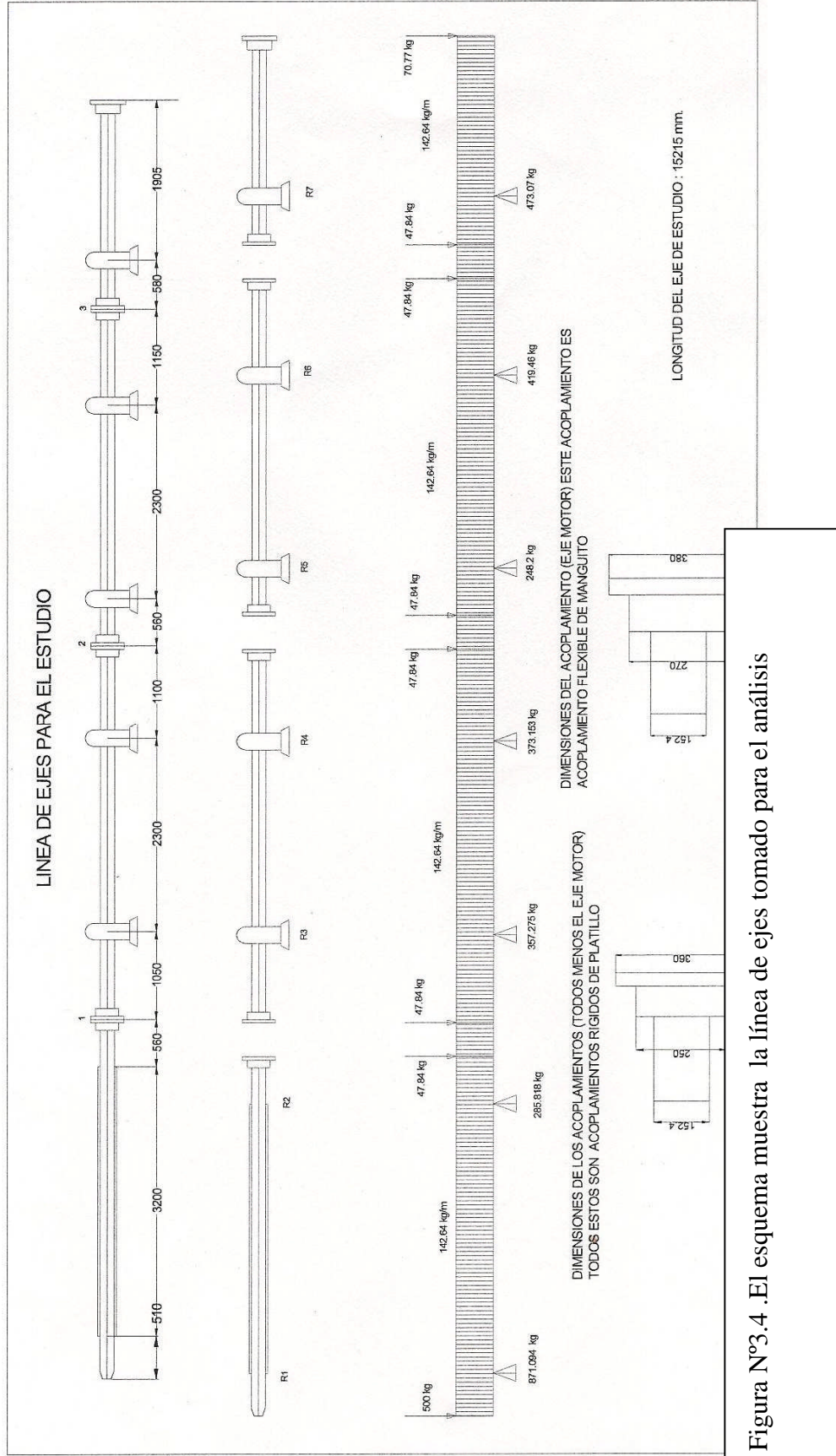


Figura N°3.4. El esquema muestra la línea de ejes tomado para el análisis

Análisis Matemático

Estudiar el comportamiento mecánico de un cuerpo implica, desde el punto de vista ingenieril, idealizar al cuerpo y plantear un modelo matemático el cual conducirá a la obtención de ecuaciones diferenciales que gobiernan su comportamiento y que a su vez deberán cumplir con las condiciones de borde del problema estudiado. Los problemas tridimensionales pueden reducirse a problemas bidimensionales si ellos cumplen condiciones de tensión plana. La teoría de la elasticidad sólo consigue estudiar de un modo riguroso los casos de cuerpos correspondientes a sistemas muy sencillos. En los casos en que la viga sólo está solicitada por fuerzas en el plano medio, se pueden despreciar las tensiones z xz yz s , t , t y considerar las tensiones x y xy yx s , s , $t = t$ repartidas uniformemente en la viga. Los ejes sustentados como vigas constituyen las vigas pared o vigas de gran altura¹. El límite entre vigas esbeltas y vigas de gran altura se establece según la distribución de las deformaciones ϵ_x , que para esbelteces l/d aproximadamente mayores o iguales a 2, para vigas de un solo tramo y l/d aproximadamente mayores o iguales a 3, para tramos intermedios de vigas continuas aún se mantiene aproximadamente lineal, de modo que las tensiones s_x pueden calcularse mediante la teoría común de flexión (Bernoulli – Navier). En la Figura 1 se muestran las relaciones de esbelteces que pueden considerarse como límite de las vigas de gran altura.

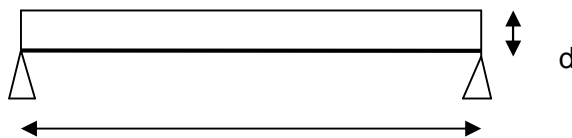
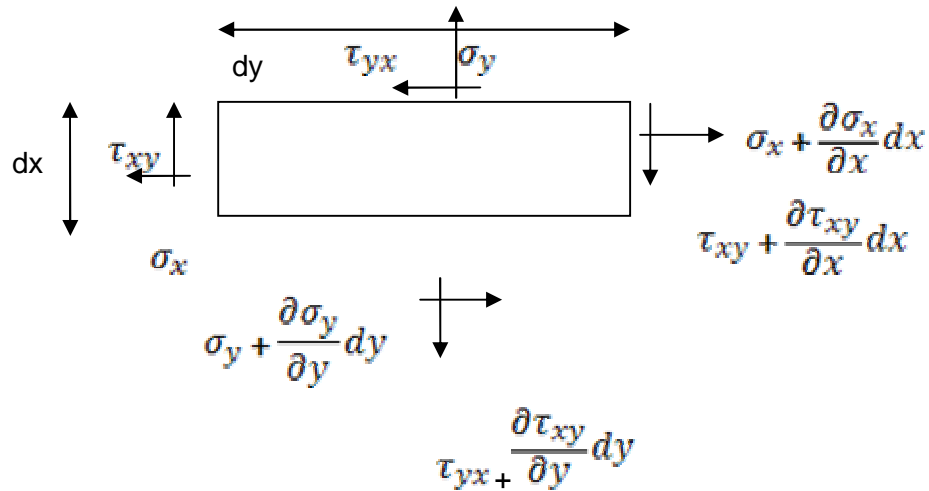


Figura N° 3.5 El esquema muestra un elemento de un eje para el análisis por elementos finitos.

La teoría común de flexión con $s_x = M/W$, no es aplicable para vigas de gran altura y ménsulas, pues por efecto de la carga, las secciones no se mantienen (hipótesis de Bernoulli, diagrama de s_x lineal) y por ello, aún para un material idealmente elástico la distribución de las tensiones s_x ya no es lineal. Tampoco es posible despreciar en este caso las componentes de tensión s_y y las de resbalamiento s_{xy} debida a las cargas exteriores. Por ello es necesario determinar las tensiones en vigas de gran altura teniendo en cuenta todas las condiciones de equilibrio y compatibilidad de los esfuerzos internos.

El problema a solucionar tiene dos alternativas a contemplar. Uno de ellos es encontrar la solución exacta, si ésta es posible, y segunda encontrar una solución aproximada. Nosotros utilizamos un método numérico como es el Método de los Elementos Finitos, de utilidad para la comprobación de los resultados de la teoría de la elasticidad y como medio para el estudio de los problemas para los cuales las soluciones analíticas no están disponibles o son difíciles de obtener. Un problema típico de estado plano de tensiones es una viga cargada con una carga uniforme a lo largo de uno de sus lados. Para nuestro modelo tomamos un elemento rectangular de dimensiones dx , dy y b , sobre el cual el material circundante ejerce fuerzas normales N_x , N_y , tangenciales T_{xy} , T_{yx} , y el peso propio del elemento $G = \rho \cdot b \cdot dx \cdot dy$, siendo ρ o el peso específico del material de la viga. De las condiciones de equilibrio de las fuerzas se obtiene, expresando las fuerzas N y T en forma de tensiones, de acuerdo a la Figura.



$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \gamma_1 = 0 \quad \text{----- (1)}$$

Las deformaciones según las direcciones de los ejes coordenados vienen dadas por las expresiones y las variaciones angulares:

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \quad \text{----- (2)}$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \quad \text{----- (3)}$$

Combinando las ecuaciones (2) y (3) se obtiene la condición de compatibilidad.

$$\frac{\partial^2 \epsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \epsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2 y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2 x} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y} \quad \text{----- (4)}$$

Según la ley de Hooke, las tensiones y las deformaciones están ligadas por las expresiones.

$$\epsilon_x = \frac{1(\sigma_x - u\sigma_y)}{E}, \quad \epsilon_y = \frac{1(\sigma_y - u\sigma_x)}{E}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} = \frac{2(1+u)\tau_{xy}}{E} \quad \text{-----}$$

(5)

Sustituyendo estas relaciones en las ecuaciones (4) se obtiene.

$$\frac{2(1+u)\partial^2\tau_{xy}}{\partial x\partial y} = \frac{\partial^2\sigma_x}{\partial y^2} - \frac{u\partial^2\sigma_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\sigma_y}{\partial x^2} - \frac{u\partial^2\sigma_x}{\partial x^2} \quad \text{-----} \quad (6)$$

Las ecuaciones (1) se satisfacen idénticamente si se representan las tres tensiones que aparecen en ellas por las derivadas segundas de la función de Airy $F(x,y)$, es decir.

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 F(x,y)}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 F(x,y)}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = \frac{\partial^2 F(x,y)}{\partial x\partial y} \quad \text{-----} \quad (7)$$

Combinando las expresiones (6) y (7) se obtiene.

$$\frac{\partial^4 F(x,y)}{\partial y^4} - \frac{u\partial^4 F(x,y)}{\partial x^2\partial y^2} + \frac{\partial^4 F(x,y)}{\partial x^4} - \frac{u\partial^4 F(x,y)}{\partial x^2\partial y^2} = \frac{-2(1+u)\partial^4 F(x,y)}{\partial x^2\partial y^2} \quad \text{---} \quad (8)$$

O bien.

$$\frac{\partial^4 F(x,y)}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 F(x,y)}{\partial x^2\partial y^2} + \frac{\partial^4 F(x,y)}{\partial y^4} = 0 \quad \text{-----} \quad (9)$$

De la estructura, sujeta a cargas puede ser definida usando exclusivamente los desplazamientos y fuerzas nodales. Un sistema de ecuaciones de equilibrio entre fuerzas y desplazamientos nodales puede formularse en forma matricial para toda la estructura.

$$\{P\} = [K].\{U\}. \text{-----} \quad (10)$$

Donde:

$\{P\}$ = es el vector de fuerzas nodales (fuerzas; momentos; temperatura; etc.)

$[K]$ = es la matriz de rigidez global del sistema.

$\{U\}$ = es el vector de desplazamientos nodales.

Como se ha mostrado Ansys para dar solución al problema realiza el cálculo de las ecuaciones diferenciales de primer, segundo y tercer orden, planteadas mediante su software de elementos finitos, el software posee una serie de pasos secuenciales que debemos respetar para su correcto uso, los cuales, están asignados para introducir datos específicos de nuestro modelo a analizar.

Cuadro Nº 3.1 Características del Motor y Eje

CARACTERISTICAS			
Dimensiones (L = 32.2 m , B = 8.8 , D = 6.3)			
DATOS DEL MOTOR Y RELACION DE REDUCCION			
MOTOR TURBOALIMENTADO	CATERPILLAR , MODELO , 3508 B		
MOTOR	EN V DE 8 CILINDROS		
POTENCIA (bhp)	960		
POTENCIA (bkw)	716		
REVOLUCIONES (r.p.m)	1800		
REDUCTOR CON RELACION	6.36 : 1		
DATOS DEL EJE			
MATERIAL	ACERO FORJADO MACIZO		
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	450 N/mm ²		
ACOPLAMIENTOS RIGIDOS DE PLATILLO			
DESCANSOS DE APOYO CON COJINETE DE METAL BLANCO Y LUBRICADO POR ACEITE			
BOCINA DE THORDON			
HELICE DE BRONCE	3 PALAS		

Fuente: Elaborado por el autor.

1.- Reproceso

El reproceso es el primer paso para comenzar a trabajar en Ansys 8.0, en el debemos definir.

1.1 Modelado

En esta primera etapa trabajamos con la creación de la figura del eje completo mediante keypoints y líneas, para ello trasladamos las coordenadas de cada línea obtenidas de Autocad 2002.

1.2 Tipo de Elemento

Para nuestro caso en estudio hemos definido el elemento BEAM 188, obtenido de la librería del programa, el cual cumple con las siguientes características:

Es un elemento de viga en 3D (tridimensional), el cual posee dos nodos y seis grados de libertad en cada uno de ellos, estos son: traslación en los ejes X, Y, Z y rotación en los mismos ejes.

1.3 Secciones

Se grafica la forma y dimensión de la sección transversal del modelo.

1.4 Constantes Reales

No son requeridas para nuestro elemento, las calcula en forma automática, pero en los demás casos se deben completar datos tales como inercia, área de sección trasversal, peso, etc.

1.5 Propiedades del Material

Las siguientes propiedades fueron asignadas a nuestro modelo.

Material (MAT) : Isotrópico.

Densidad (DENS) : 7820 kg/m³

Coef. Poisson (PRXY) : 0,29

Modulo de Young (EX) : $2,068 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

Mallado

Se procede a discretizar el modelo mediante mallado automático anterior a obtener las soluciones requeridas.

2. Solución

En esta etapa del trabajo vamos a definir el tipo de análisis a realizar, las restricciones de contorno del modelo, la fuerza de gravedad y las demás fuerzas externas a que se verá sometido el modelo.

2.1 Tipo de Análisis

Elegimos el tipo de análisis que queremos simular, para nuestro caso basta con un análisis estático.

2.2 Definir Cargas

Aplicamos las cargas externas del modelo para este modelo solo se aplica una carga equivalente al peso de la hélice. También se aplica la fuerza de gravedad que afectara a todo el modelo. Establecemos los tipos de apoyos para nuestro modelo, en nuestro caso serán apoyos simples en cada uno de los descansos, con restricción de traslación en los ejes X, Y.

2.3 Solucionar

Comando que sirve para ejecutar la solución del problema.

3. Post proceso

Nos ayuda a visualizar en forma grafica y numérica las soluciones obtenidas del análisis realizado. A continuación se presentan resultados obtenidos en Ansys 8.0

La siguiente fotografía obtenida del software utilizado, muestra la deflexión sufrida por el eje, debido al peso de la hélice en el extremo izquierdo del eje de cola y el peso propio en toda la línea. Esta grafica nos dará un indicio de cómo deben quedar distribuidas las futuras cuñas que debemos aplicar a cada uno de los acoplamientos de la línea propulsora. En la parte inferior de dicha grafica, podemos apreciar un cuadro de medición con el cual verificaremos, en relación a los colores, las dimensiones de las deflexiones .A continuación se muestra el comportamiento de la línea de ejes en distintos tramos, se distingue la deflexión de la línea de ejes.

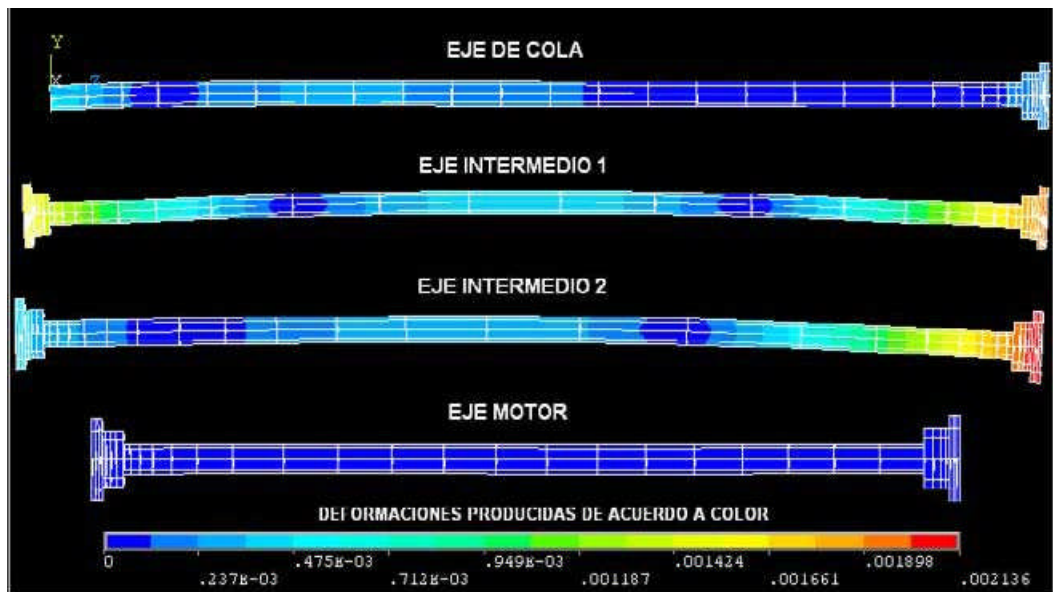


Figura Nº 3.6 Se muestra el comportamiento de la línea de ejes.

A continuación procedemos a detallar las dimensiones y forma de las deflexiones en cada una de las caras de acoplamientos de los machones. El cuadro resumen muestra en primera instancia, el valor en coordenadas cartesianas, del punto ideal del acoplamiento indicado en grafica, es decir, cuando el modelo no está sometido a ninguna fuerza, luego se presenta la nueva ubicación después de haber sido aplicada la concentración de cargas sobre el eje y este ha sufrido deflexión. En grafica de la (figura), además esta simulada la posición ideal del eje con línea punteada.

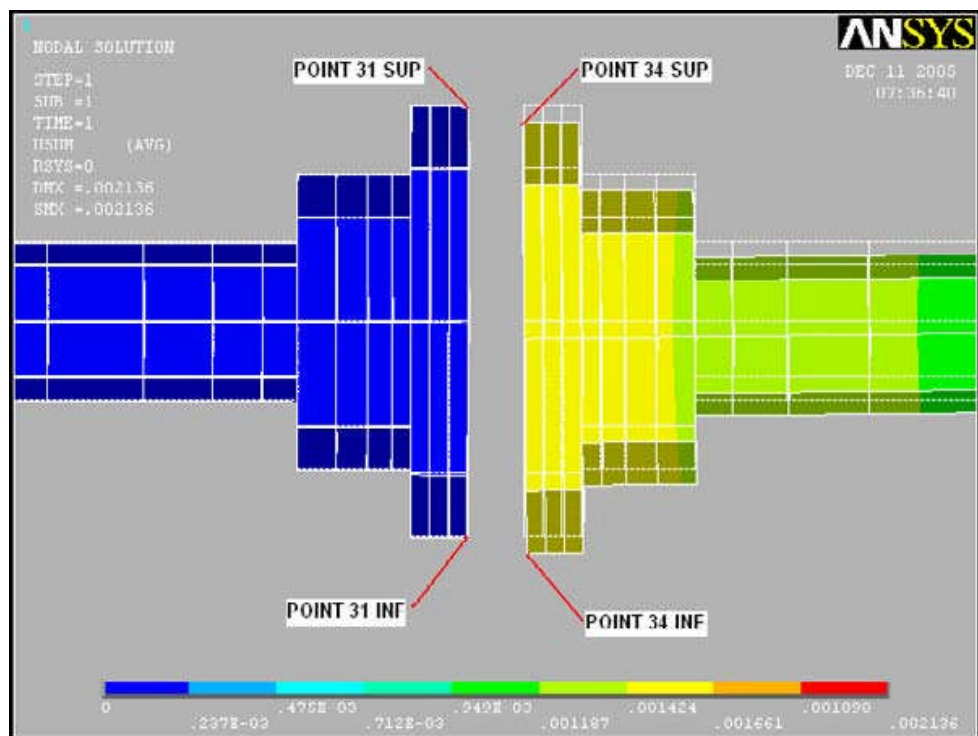


Figura N° 3.7. El grafico muestra el acoplamiento número 1 (de popa a proa)

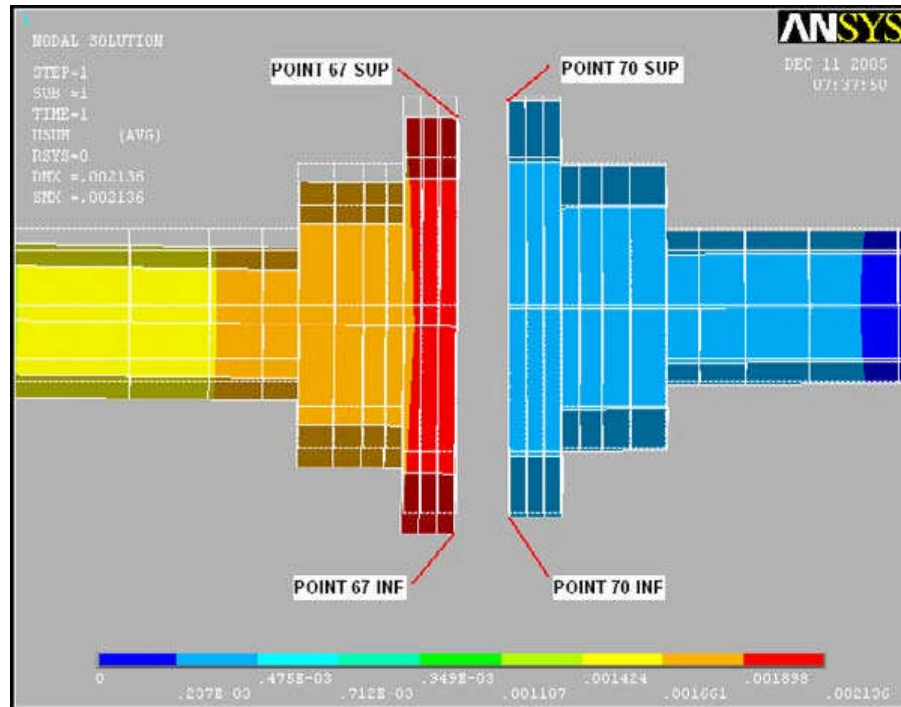


Figura N°3.8. El grafico muestra el acoplamiento número 2 (de popa a proa).

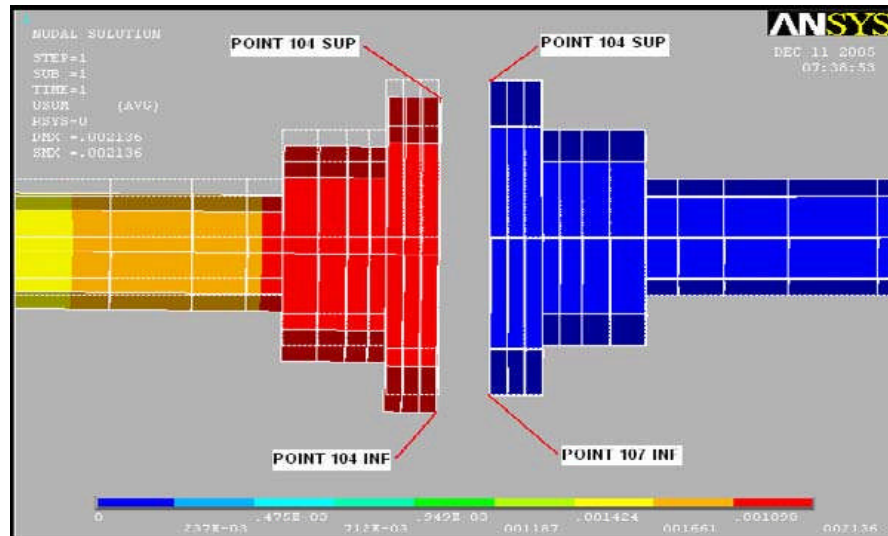


Figura N° 3.9. El grafico muestra el acoplamiento número 2 (de popa a proa).

4. Cuñas

Con los datos obtenidos anteriormente podemos calcular las respectivas cuñas o tolerancias que debemos dejar en cada uno de los acoplamientos de

la línea de ejes, tanto posición vertical (altura) como en posición horizontal (abertura).

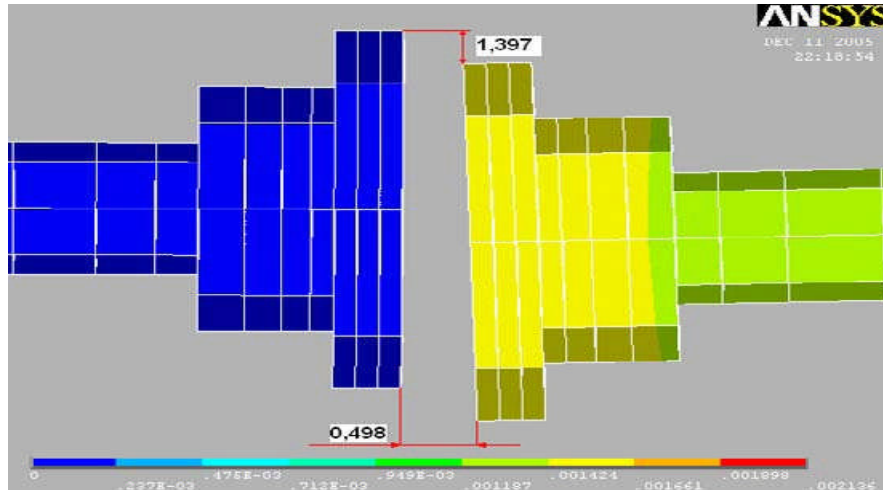


Figura Nº 3.10. Se muestra las diferencias tanto superior del desalineamiento en el acoplamiento 1. Los valores que determina el software son en milímetros.

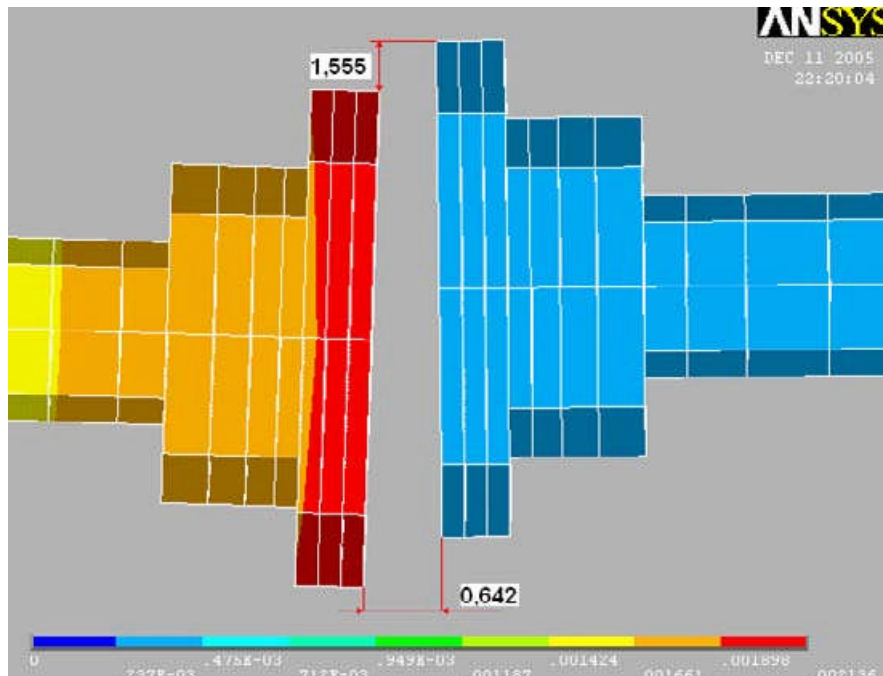


Figura Nº 3.11. Se muestra las diferencias tanto superior del desalineamiento en el acoplamiento 2. Los valores que determina el software son en milímetros.

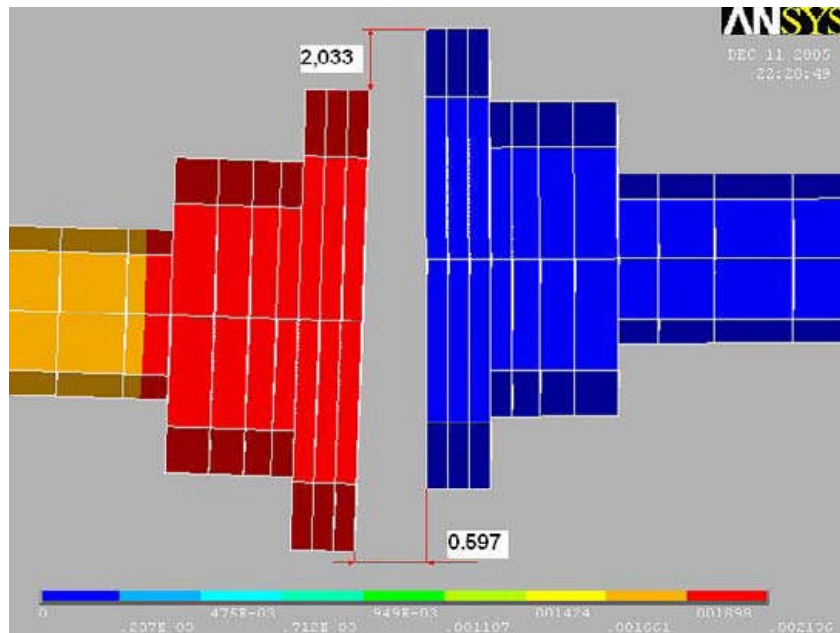


Figura N° 3.12. Se muestra las diferencias tanto superior del desalineamiento en el acoplamiento 3. Los valores que determina el software son en milímetros

3.6.2. Funcionamiento del Diagrama para la Alineación

A continuación se muestra el diagrama de alineamiento de una línea de ejes. Que utilizan los grandes astilleros en el mundo para una correcta alineación de la línea de ejes. Para esto debemos de recordar los términos, "Alineamiento en frío" y "Alineamiento en caliente". Estos a su vez definen las técnicas o métodos utilizados para ejecutar la respectiva alineación de maquinas.

No puede decirse que exista una convencionalidad en los métodos utilizados, puesto que su aplicación depende de la certeza con la cual se pretenda alinear. Las características distintivas en los métodos son: la infraestructura en materiales, equipos e instrumentos necesarios; así como

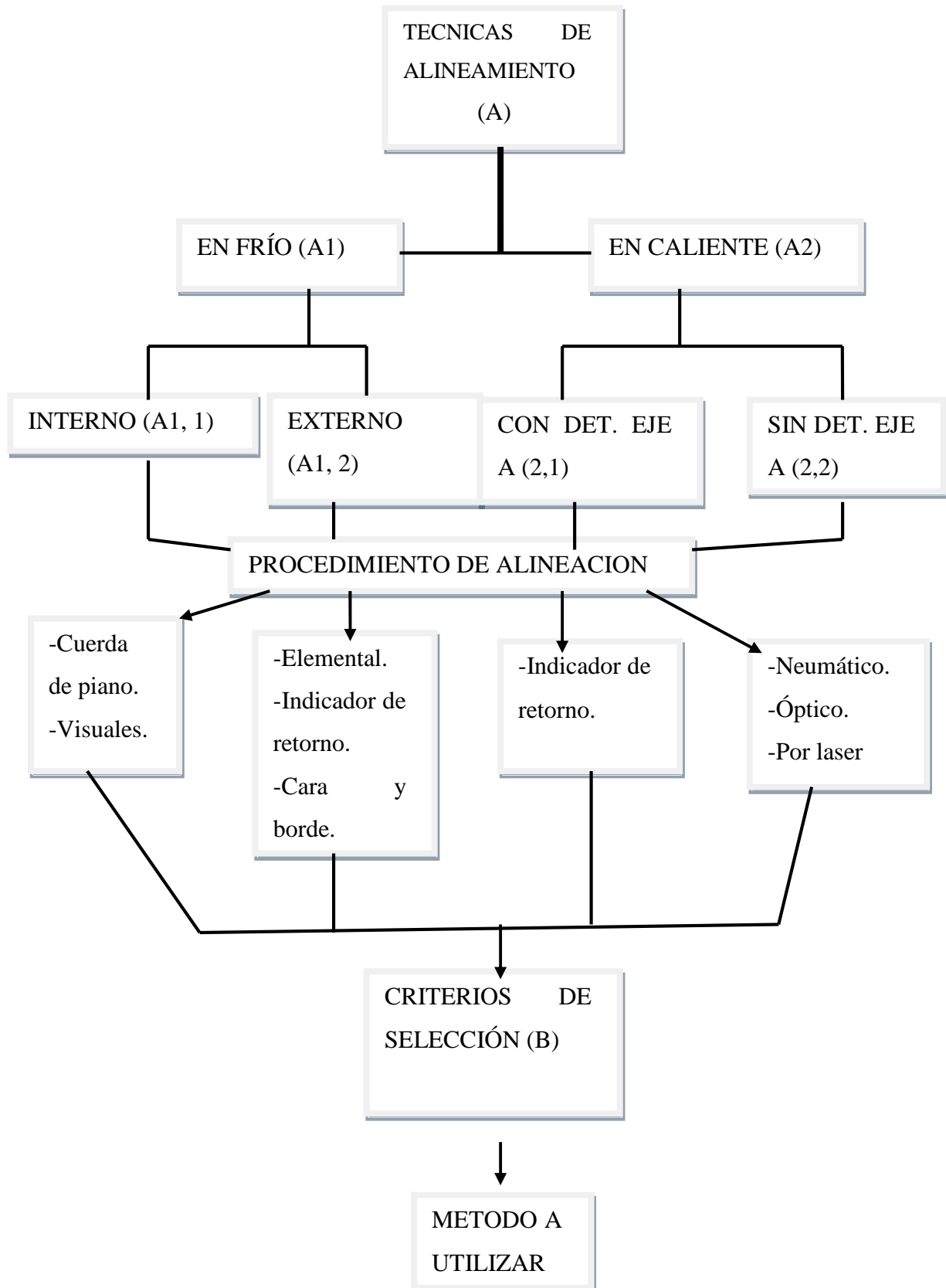
también, la cantidad y la calidad del personal relacionado con el desarrollo del alineamiento.

También hemos mencionado las acepciones del alineamiento en frío que serán tratadas a saber alineamiento en frío interno y alineamiento en frío externo, ambas susceptibles de utilizar en maquinas en condiciones de no operación. 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 aun 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. Por otra parte, el alineamiento en frío externo está orientado a conseguir la alineación de los ejes de las maquinas involucradas, tomando a cada una de estas como un todo. Este último es significativo pues da las características distintivas finales entre las acepciones del alineamiento en frío. Para el caso del alineamiento en frío interno, todas y cada una de las correcciones necesarias para obtener la ulterior 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. Para el caso del alineamiento en frío externo, las correcciones necesarias son realizadas desplazando la maquina completa. Son las maquinas 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.

En muchas ocasiones, el alineamiento en frío se realiza teniendo presente las desviaciones que se presentaran 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 maquinas quedaran 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. Las técnicas de alineamiento en caliente cuantifican 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 maquinas a través del tiempo.

En el diagrama se muestra las técnicas de alineamiento tanto en frío como en caliente, a su vez el alineamiento en frío se subdivide en alineamiento en frío interno y alineamiento en frío externo entiéndase que estas técnicas se realizan con el sistema en no operación; para realizar los trabajos de alineamiento en frío interno se puede utilizar el procedimiento de alineación por: cuerda de piano, línea de fuego, óptico telescópico. Para los trabajos de alineamiento en frío externo se pueden utilizar los procedimientos de: elemental, indicador de retorno, cara borde. Para los trabajos de alineamiento en caliente se puede utilizar los procedimientos con detención del eje, indicador de retorno, sin detención del eje, neumático, óptico y por laser

Figura N°3.1. Diagrama de Correcta Alineación de Ejes



3.6.3. Alineamiento por Cuerda

Para desarrollar esta técnica, la cuerda debe ser situada mediante dos apoyos (fijos), teniendo presente los huelgos que debe mantener el eje en las distintas posiciones. Como es de suponer, la cuerda fija en sus dos extremos se deflectara debido a su propio peso. Por esta razón, es necesario conocer las catenarias de la cuerda para diferentes distancias entre apoyos. La cuerda más utilizada en la aplicación de este método, corresponde a la cuerda de piano número 6 de 0,016" de diámetro, para lo cual General Electric especifica las Catenarias, utilizando una tensión de 30 libras en un extremo con el otro fijo. La cuerda es tensada por medio de un peso W , y en el otro extremo la cuerda es empotrada. Se observa además, que estas referencias están separadas a una distancia L , la una de la otra, y que por lo dicho anteriormente existirá una catenaria que será conocida. El efecto de la catenaria se aprecia en la (figura 3.13). Para conseguir la medición vertical real hay que sumar a la medición obtenida en terreno, el valor de la deflexión de la cuerda en ese punto (SAG).

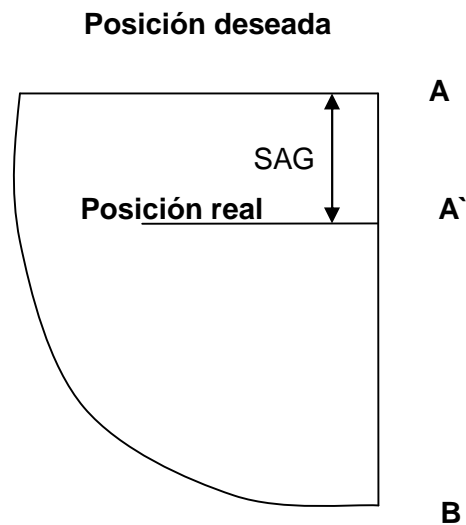


Figura Nº 3.13. El esquema muestra el método de la cuerda de piano

AB = Medición deseada.

A`B = Medición real.

SAG = Efecto de la catenaria en la lectura.

5. Procedimiento

Para efectuar el alineamiento de los elementos intermedios (descansos) se procede como se indica a continuación:

- 1.- Se ubican los descansos en los lugares previamente establecidos.
- 2.- Se mide con el micrómetro interior la distancia que hay desde la cuerda a distintos puntos del descanso (generalmente se toman cuatro puntos del descanso, ubicados a 90 grados cada uno).
- 3.- Se corrigen las medidas si es que es necesario.
- 4.- Posteriormente, se llevan estas medidas a un grafico para determinar a través de la acción a seguir (subir, bajar, mover hacia la derecha o a la izquierda el descanso).
- 5.- Esta medición se hace en ambos extremos del descanso.

3.6.4. Alineamiento por Línea de Fuego

El procedimiento más antiguo para definir un alineamiento rectilíneo, es el llamado línea de fuego, por la industria naval. Se basa en los principios de la óptica geométrica y cuando no se ha practicado por sí mismo, el procedimiento parece de una simplicidad y de una precisión muy grande. Para definir una alineación se determinan, primero dos de sus puntos por dos pequeños agujeros de diámetro inferior a 1 milímetro, abiertos en las pantallas metálicas E1 y E2 colocadas en los dos extremos de la alineación. Una fuente luminosa de pequeña dimensión, pero de fuerte brillo S, está colocada detrás

del agujero en la pantalla E1 y se mira este agujero, fuertemente alumbrado y colocando la vista detrás del agujero de la pantalla. Ver la siguiente (figura 3.14).

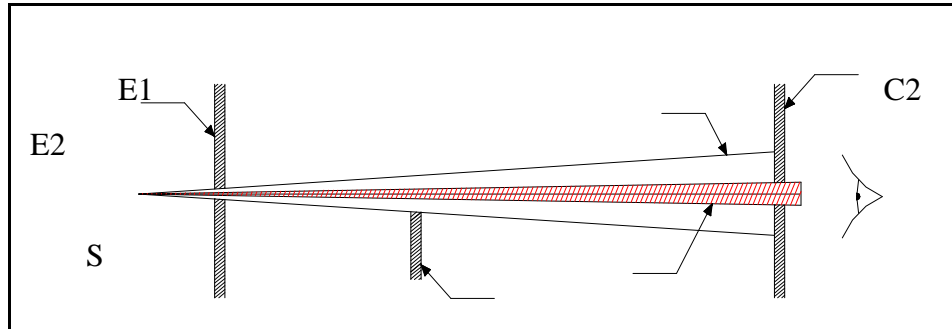


Figura N°3.14. Esquema que muestra el método de la línea de fuego.

3.6.4.1. La Difracción y su Influencia Sobre el Método de la Línea de Fuego

Se sabe que la luz da lugar en realidad, al fenómeno de la difracción que modifica muy sensiblemente, en ciertos casos, las conclusiones que pueden deducirse de los esquemas de la óptica geométrica. La primera consecuencia del fenómeno indicado antes en la aplicación del método de la línea de fuego, es que la luz que sale de la abertura de la pantalla E1 en lugar de estar limitada al cono geométrico C1 de la figura estará difractada en un cono C3, mucho más abierto.

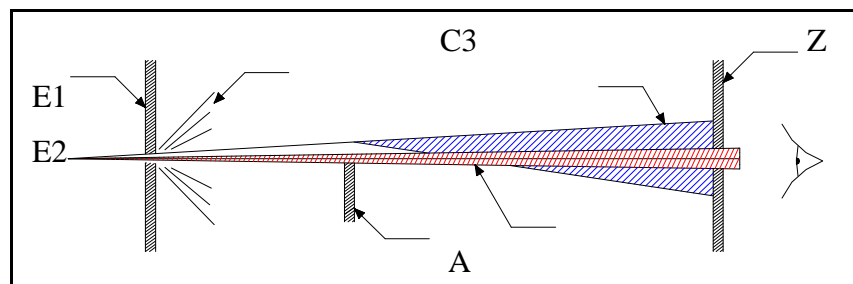


Figura N° 3.15. El esquema muestra la difracción de la luz.

Difracción producida en la línea de fuego. La segunda consecuencia de la difracción aparece cuando se busca interceptar el cono ficticio C2 (que no ha sido modificado entre E1 y E2 por la difracción sobre los bordes del agujero de la pantalla E1) por una pantalla opaca E3. En efecto, a consecuencia de este fenómeno, el borde de la pantalla E3 desvía una parte de la luz en la zona Z y aunque todo el cono geométrico C2 habrá sido interceptado por la pantalla E3, la luz permanecerá no obstante visible por el agujero de la pantalla E2. Si el cono luminoso C3 difractado por el agujero de la pantalla E1 fuese perfectamente de revolución, desde el punto de vista geométrico y óptico, alrededor de la alineación, las posiciones de intercepción total de la luz por la pantalla E3 subiendo y bajando, permanecería rigurosamente simétricas respecto a la alineación a definir y el fenómeno de la difracción no causaría dificultad suplementaria. Se ve, pues, que el fenómeno de la difracción, ligado al hecho de la falta de homogeneidad del cono de la luz difractado por el agujero inicial, puede conducir a un error de apreciación de alineación en el primer punto intermedio que se pretende determinar.

3.6.5. Alineamiento Óptico por Método Telescópico

El instrumento óptico básico para llevar a cabo la alineación óptica es el telescopio. La configuración más simple la constituye el telescopio de observación, mediante el cual nos es posible efectuar mediciones. Este se compone básicamente de dos lentes, una es el objetivo y la otra es el ocular. Si se intercala entre ambos lentes una placa óptica con una cruz grabada se transforma de telescopio de observación, en uno de puntería. Si a este último se le agregan los micrómetros ópticos, que se componen de placas de vidrio de caras paralelas articuladas y unidas mediante un vástago a los tambores

micrométricos más un blanco montado en forma independiente. Ver (figura 40) Se obtiene el microscopio de alineación, mediante el cual, es posible medir el desalineamiento.

Procedimiento

1. Centrando el telescopio con los blancos en el tubo codaste y centro del machón de acoplamiento podemos centrar cada descanso, ubicando en este un blanco (subimos, bajamos o desplazamos el descanso).
2. Centrado el telescopio con el tubo codaste y los descansos podemos verificar si la maquina está centrada.
3. Centrado el telescopio con un blanco a popa del tubo codaste y el machón de acoplamiento podemos ver si el extremo de proa del tubo codaste esta fuera de línea.
4. Centrado el telescopio con un blanco a proa del tubo codaste y el machón de Acoplamiento podemos ver si el extremo de popa del tubo codaste esta descentrado.

3.6.6. Alineamiento por Método Elemental

Este método goza de gran popularidad en instalaciones menores. Su esencia es la aproximación, y su precisión depende de la calidad y capacidad del personal encargado para cuantificar las magnitudes de las desviaciones.

Los instrumentos comúnmente usados para establecer el desalineamiento angular son variados, dependiendo de las condiciones inherentes a saber: compas mecánicos, feeler, gages telescópicos y reglillas paralelas. Para establecer el desalineamiento paralelo, se hace uso de una reglilla metálica

apoyada entre los bordes de los machones. Todas las mediciones deben ser realizadas en cuatro puntos de los machones, a 90 grados uno de otro.

La aplicación de este método es muy sencilla y no requiere un tratamiento de mayor envergadura. Es un sistema de alineamiento rápido, utilizado en los casos en los que los requisitos de montaje no son exigentes, dado que es poco preciso. El proceso de alineamiento es como sigue:

- Los ejes, con los platos calados, se aproximan hasta la medida que se especifique.
- Con una regla de acero y un nivel, se sitúan en las generatrices laterales que Podemos denominar Este y Oeste (o 3 y 9) y se irá corrigiendo hasta que los consideremos alineados.
- Se comprueba el paralelismo de los platos midiendo en cuatro puntos a 90°.
- Si en el plano Norte-Sur no tenemos el nivel a cero, quiere decir que el mecanismo está “CAÍDO” o “LEVANTADO”, por lo que habrá que colocar forros donde se necesite para que los dos platos queden paralelos.

3.6.7. Alineamiento por Indicador de Retorno

La esencia del método del indicador de retorno, o indicador reverso (I.R.), consiste en detectar el desalineamiento de un eje relativo a otro y luego repetir la operación para la posición opuesta. De su aplicación resulta la identificación del desalineamiento paralelo e implícitamente la correspondiente al desalineamiento angular. El instrumento usado en combinación con el dispositivo de fijación del mismo a cada eje, es normalmente un indicador de

dial con un rango de medición amplio y con una graduación en ambos sentidos de giro de aguja. La idea básica de este método de alineación en frío está fundada en que el Indicador de dial montado en el respectivo dispositivo de fijación o barra del indicador, se convierte en una extensión del eje al cual están adosadas las correspondientes abrazaderas.

Al ajustar a cero la carátula giratoria del indicador en la posición superior, revelara en su posición inferior una magnitud igual al doble de la excentricidad relativa entre el eje de referencia y al eje al cual se verifica su alineación al primero. Lo recién especificado atiende a la certificación del desalineamiento paralelo o diametral solo en el plano vertical.

El análisis del desalineamiento paralelo en el plano horizontal se determina implícitamente al constatar una revolución del palpador del indicador respectivo, alrededor de la superficie de medición. La cuantificación del desalineamiento angular o axial hace necesario el mismo procedimiento pero en el sentido inverso, cambiando el eje asumido como referencia. Esto se logra cambiando de posición las abrazaderas y verificando el alineamiento del otro eje respecto a la nueva referencia (si se dispone de un solo indicador), o haciendo uso de un dispositivo doble, que registre las magnitudes simultáneamente en ambos ejes.

De acuerdo a las condiciones, situaciones o espacios inherentes, el registro de las lecturas se puede efectuar apoyando el palpador del dial indicador ya sea en las generativas del eje o del cubo del machón de acoplamiento. La lógica del dial indicador responde a la posición relativa de su vástago o

palpador. Comprimiendo el vástago (giro en el sentido horario), las lecturas serán positivas. Alargando el vástago (giro en el sentido anti horario), las lecturas serán negativas.

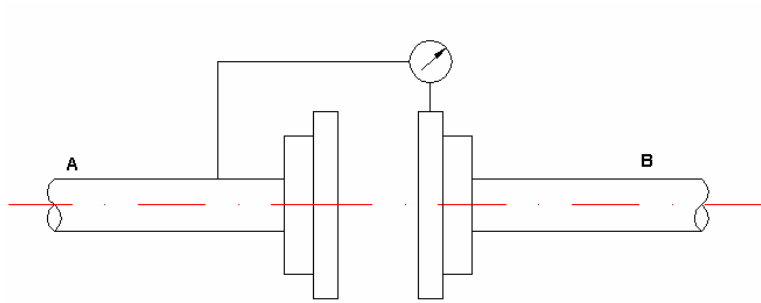


Figura N°3.16. Esquema del método de indicador de retorno

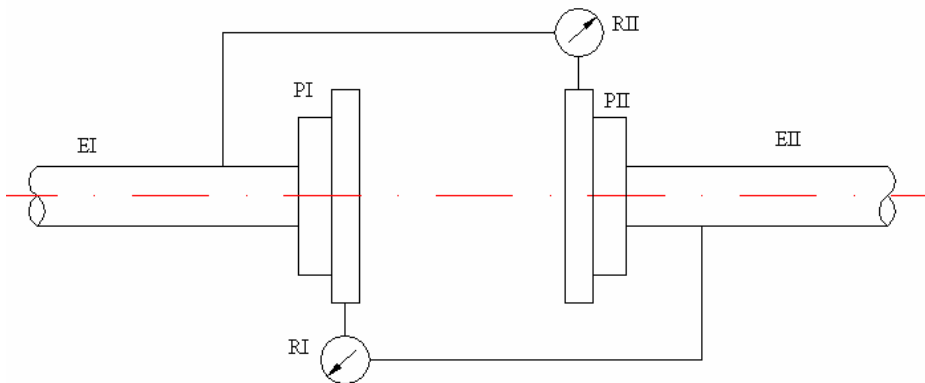


Figura N° 3.17. Esquema del método de indicador de retorno inverso

3.6.8. Alineamiento Neumático

Al dirigir aire comprimido lanzado desde una tobera sobre una superficie, la presión del aire con que es alimentada dicha tobera variara ante cualquier cambio en la distancia a que se encuentre de la superficie. Basándose en esto, existen actualmente sensores neumáticos que permiten determinar los movimientos del eje o de las carcasas durante el funcionamiento del equipo. Este método también ofrece la posibilidad de efectuar la medición

directamente sobre el eje, y si las condiciones definidas en el terreno no lo permitieran, existe al igual que en el método anterior, la alternativa de medir los desplazamientos suscitados sobre targets especialmente construidas. El procedimiento para tomar las lecturas respectivas, es idéntico al anunciado en la descripción del método eléctrico. La diferencia radica en su naturaleza, ya que la Infraestructura utilizada es esencialmente neumática. El aire proveniente del compresor es, primeramente filtrado y luego regulado a la presión adecuada; para posteriormente enviarlo a la tobera de medición que se encuentra apuntando sobre la superficie en la cual se desean realizar las lecturas. El manómetro ubicado entre la tobera de entrada y la tobera de medición, detectara los cambios de presión producidos por el desplazamiento de la superficie. En la figura siguiente se puede apreciar un esquema básico que facilita la comprensión de lo anterior. Mediante la calibración del sensor, se podrá determinar a qué magnitud de movimiento corresponde una cierta variación en la presión de entrada.

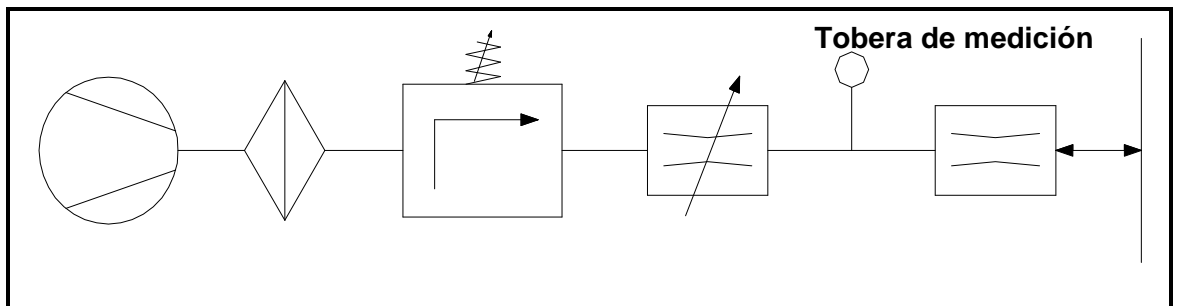


Figura N° 3.18. El esquema muestra el alineamiento Neumático.

3.6.9. Alineamiento Óptico

Este método utiliza un trolito que tiene incorporado un micrómetro óptico de resolución adecuada (por ejemplo, 0,001"). Se ocupan además un conjunto de escalas ópticas graduadas. Estas escalas se montan en un soporte que esta

fijo a la carcasa, denominado targets. Para poder determinar el alineamiento en caliente del equipo, es necesario ubicar los targets en la misma forma que para los métodos anteriores. Mientras se encuentra detenido el equipo, se fijan los targets a la carcasa y luego son instaladas las reglas ópticas sobre los targets, las cuales son montadas especialmente y con anticipación. Antes de poner en servicio el equipo, son fijados los puntos de referencias en las escalas ópticas. Una vez concluida esta operación, se pone en marcha el tren de maquinaria y cuando se ha establecido el régimen estable de operación, se toman las mediciones del desplazamiento de cada punto en cuestión, mediante el micrómetro óptico.

3.6.10. Alineamiento por Láser

A principios de los años 80, emergió este nuevo sistema de alineamiento para ejes, cuyo principio de funcionamiento es sencillo y que sin duda revolucionó la industria por su facilidad de uso y exactitud de resultados. El sistema de laser óptico mide el desplazamiento radial en relación a una distancia axial conocida. Usando brackets de fijación multipropósito, un emisor de laser 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 alineación de tubo codaste). Ver figuras a continuación. El haz de laser viaja a lo largo de los 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 laser, 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. 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. 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. Secuencia de trabajo con método laser.

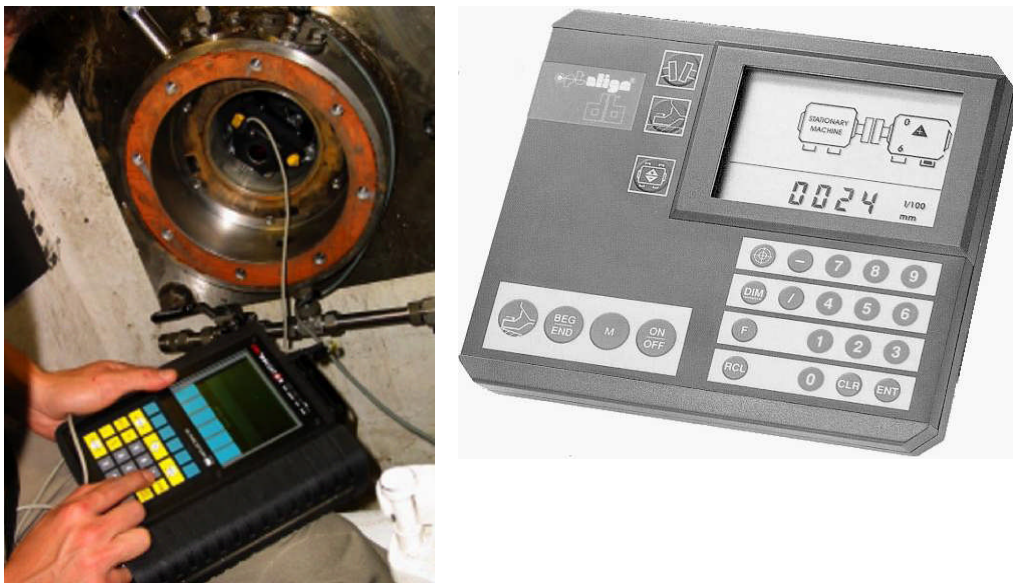


Figura N°3.19. Se muestra una fotografía donde se aplica el alineamiento por láser.

CAPITULO IV

HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y MÉTODOS

4.1. HIPÓTESIS CENTRAL

6. Cuando la instalación del sistema de ejes se ha realizado utilizando las técnicas y procedimientos apropiados la operación de la embarcación durante las faenas de pesca se llevara a cabo sin fallas mecánicas en sus instalaciones, aumentando la vida útil de la embarcación y por ende logrando un ahorro económico.
7. Si el sistema de ejes se ubicara a popa y fuera de la sala de maquinas traería beneficios a la embarcación ya que la longitud de la línea de ejes disminuiría, produciendo disminución de la vibración, menos accesorios, tales como descansos, acoplamientos, etc. además tendríamos espacio disponible en la sala de maquinas.

4.2. HIPÓTESIS COMPLEMENTARIAS

- Si en el proyecto base de instalación del sistema de ejes se hubiera prevenido el número de accesorios y elementos necesarios, el funcionamiento del conjunto motor-ejes-hélice tendría mayor eficiencia en su sistema aumentando el rendimiento de la embarcación.
- Si el cálculo de los descansos y el freno del eje están instalados conforme a las normas de clasificación durante las faenas de pesca se observara poca vibración.

- El estudio de la vibración torsional se utiliza para garantizar una buena operación del buque durante su vida útil, en los sistemas convencionales no se observa este estudio por el cual no garantiza un rendimiento esperado.

4.3. OBJETIVOS GENERALES

- Determinar la deflexión en la línea de ejes utilizando el software Ansys 8.0 y la desalineación producidos en los acoplamientos, realizar una correcta instalación y alineación del sistema propulsor, sabiendo que si las instalaciones se han efectuado con los procedimientos y técnicas adecuadas, la operación del buque durante las faenas de pesca se realizaran sin fallas mecánicas en sus instalaciones.
- Determinar apropiadamente los métodos de alineación a utilizar en las distintas etapas de alineamiento de un sistema de ejes en embarcaciones pesqueras, Tomando énfasis en las embarcaciones con sala de maquinas a popa, sabiendo que si las instalaciones se han efectuado con los procedimientos y técnicas adecuadas, la operación del buque durante las faenas de pesca se realizaran sin fallas mecánicas en sus instalaciones.
- Calcular adecuadamente los descansos según normas de clasificación y conseguir que todos los descansos de la línea de ejes en todas las condiciones de servicio tengan reacciones positivas , es decir que la línea de ejes se apoye siempre en la parte baja de su cojinete Al aparecer una reacción negativa en cualquier condición de servicio, significaría que el eje está levantando el descanso, 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.

- Asegurar que en todas las condiciones de servicio el efecto de la línea de ejes sobre el motor, es decir, la fuerza cortante y el momento flector transmitido a través del acoplamiento, sean totalmente aceptables para el fabricante del motor. Esto se logra haciendo que las diferencias de las reacciones de los descansos de proa y popa del engranaje del reductor sean mínimas. Las tres condiciones anteriores se pueden imponer a la línea de ejes, modificando la altura de los descansos.

4.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Se debe conseguir que la carga sobre los descansos del tubo codaste (bocina) sea lo más distribuida posible en todas las condiciones de servicio.
- Calcular e instalar, los descansos y el freno del eje conforme a las normas de clasificación ya que esto produciría poca vibración en la línea de ejes.
- Realizar el estudio de la ubicación del sistema propulsor a popa y fuera de la sala de máquina de la embarcación.

4.5. MÉTODO DE ESTUDIO Y EL DISEÑO TEMÁTICO

El método que se ha elegido para la realización de este trabajo es el método de investigación descriptiva.

- **Universo**

Está conformado por técnicas de alineamiento tradicionales.

- **Muestra**

Está conformado por procedimientos de alineamientos modernos.

- **Técnicas de recolección de datos**

1. Fuente externa de datos secundarios (libros, revistas, tesis, Internet).

2. Prácticas profesionales en Astillero SERNISAC. CALLAO, Astillero EL NAZARENO, CHICLAYO.
3. Uso de herramienta computacional (SOFTWARE DE ELEMENTOS FINITOS ANSYS 8.0.)

CAPITULO V

RESULTADOS Y CONTRASTACION DEL ESTUDIO

5.1. EL PROBLEMA Y EL MARCO TEÓRICO EN EL ESTUDIO

Las fallas durante la operación de pesca y vida útil de la embarcación se solucionarían, empleando adecuadamente las técnicas de alineamiento durante la instalación del sistema de propulsión y llevando a cabo un mantenimiento preventivo de los elementos que conforman el sistema de ejes. El propósito es prever las fallas manteniendo los sistemas de ejes en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos. Se debe de inspeccionar el sistema y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno.

El procedimiento de alineación racional mediante el empleo del software de elementos finitos ANSYS 8.0 nos arrojó resultados de desalineamiento en los acoplamientos de la línea de ejes analizando de popa a proa que fueron los esperados y con una precisión aceptable. Según datos de entrada mostrados en el capítulo III obtuvimos los siguientes resultados respecto las desviaciones:

1. Acoplamiento N° 1 de Popa a Proa

POINT 31 SUPERIOR		POINT 34 SUPERIOR	
IDEAL	CALCULADO	IDEAL	CALCULADO
Y= 0,18	Y= 0,179828	Y= 0,18	Y= 0,178431
POINT 31 INFERIOR		POINT 34 INFERIOR	
IDEAL	CALCULADO	IDEAL	CALCULADO
Y= -0,18	Y= -0,170172	Y= -0,18	Y= -0,171569

Diferencia superior (altura) entre el punto 31 y 34 del acoplamiento 1

$$Y1 = Y31C - Y34C = (0.179828 - 0.178431) \text{ m} = 1.397 \text{ mm.}$$

Diferencia inferior horizontal fue de: $X1 = 0.498 \text{ mm.}$

2.- Acoplamiento N° 2 de Popa a Proa

POINT 67 SUPERIOR		POINT 70 SUPERIOR	
IDEAL	CALCULADO	IDEAL	CALCULADO
Y= 0,18	Y= 0,17805	Y= 0,18	Y= 0,179605
POINT 67 INFERIOR		POINT 70 INFERIOR	
IDEAL	CALCULADO	IDEAL	CALCULADO
Y= -0,18	Y= -0,17195	Y= -0,18	Y= -0,170395

Diferencia superior (altura) entre el punto 67 y 70 del acoplamiento 2.

$$Y2 = Y70C - Y67C = (0.179605 - 0.17805) \text{ m} = 1.555 \text{ mm.}$$

Diferencia inferior horizontal fue de: $X1 = 0.642 \text{ mm.}$

3. Acoplamiento N°3 de Popa a Proa

POINT 104 SUPERIOR		POINT 107 SUPERIOR	
IDEAL	CALCULADO	IDEAL	CALCULADO
Y= 0,18	Y= 0,177879	Y= 0,18	Y= 0,179912
POINT 104 INFERIOR		POINT 107 INFERIOR	
IDEAL	CALCULADO	IDEAL	CALCULADO
Y= -0,18	Y= -0,172121	Y= -0,18	Y= -0,170082

Diferencia superior (altura) entre el punto 104 y 107 del acoplamiento 3.

$$Y3 = Y107C - Y104C = (0.179912 - 0.177879) \text{ m} = 2.033 \text{ mm.}$$

Diferencia inferior horizontal fue de: $X1 = 0.597 \text{ mm.}$

El exceso de soportes como accesorios en la línea de eje y descansos, esté problema se presenta especialmente cuando se tiene la maquinaria principal a proa o sección media de la embarcación, ya que es en estos casos que se tiene ejes de gran longitud y por ende necesita mayor cantidad de soportes, accesorios y descansos para su instalación, que ocasionaran mayores pérdidas de potencias en la transmisión así como un aumento de la vibración es por esto que particularmente planteo la ubicación del sistema propulsor a popa y fuera de la sala de la maquina esto es. Una vez definida la ubicación del sistema de propulsión que para nuestro caso se ubicara a popa de la sección media del buque por consideraciones tales como: Una embarcación que tiene el sistema propulsor a popa reduce en gran medida el numero de ejes intermedios, en este caso la longitud de la línea de ejes sería menor por lo que disminuiría el numero de descansos, acoplamientos y otros elementos tales como cojinetes, camisas, etc. Esto sería un ahorro importante en el aspecto económico, además sabemos que la

línea de ejes ,las transmisiones marinas y los motores van montados en el casco ,el casco no es perfectamente rígido ,las olas grandes ,los cambios de temperatura, el empuje de la hélice, la reacción del par del motor, la carga de la embarcación y otros factores ,dan por resultado fuerzas que deforman el casco ,produciendo desalineación en la línea de ejes y si esta fuera de mayor longitud seria más notoria ,en el caso descrito la desalineación seria mínima y esta desalineación se controlaría por medio de los acoplamientos flexibles ya que estos permiten que el sistema se adapte a la desalineación sin daño.

Cuando la sala de maquinas esta a popa de la embarcación para alinear los ejes se utilizan alineamientos paralelos y alineamientos angulares, pero lo predominante acá es el alineamiento paralelo ya que este proceso es aplicado a las líneas de ejes cortas, en donde la sala de maquina esta a popa del buque. Consiste nada mas, en entender 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 solo deben ser verificadas en altura, lo cual es posible con una regla. El sistema de ejes es esencialmente el enlace entre la hélice y el motor principal, este debe ser operable en todas las condiciones de trabajo sin que falle, durante toda la vida del buque.

¿Pero exactamente donde deberíamos de colocar el motor de una embarcación en popa o proa?

Este análisis es importante hacerlo antes de empezar con la construcción de la embarcación, además va a depender del tipo y de la dimensión de esta para nuestro caso sabemos que será una embarcación pesquera de cerco, si realizamos este trabajo cuando ya fue construido el buque. Es decir posicionamos

el motor en un lugar que no sea el correcto produciría apopamiento, en caso este colocado muy a popa de la embarcación, o en otro caso produciría encabuzamiento si está colocado muy aproa de la embarcación. además el no colocarlo sobre la línea base , es decir en la sección media de la embarcación produciría un ángulo de escora ya sea si se coloca a estribor o a babor de la embarcación ,es por esto que las personas encargadas de hacer este trabajo deben ser cuidadoso con este trabajo ,particularmente se recomienda que para elegir el lugar donde se va a posicionar el motor del sistema de propulsión se deberá hacer esto en la etapa de diseño es decir , observar el perfil de las líneas de agua con las curvas hidrostáticas luego ubicar el LCB a su calado en máxima carga y determinar el peso total de la embarcación en máxima carga y cómo podemos conocer el peso de nuestro motor y demás elementos del sistema propulsor trataremos que la distancia entre fuerzas sea lo más cercano posible esto con la finalidad de eliminar posibles encabuzados y apopamientos.

La separación de descansos está muy distante el cual permite el aumento de vibraciones. Es por esto que se debe de realizar un buen cálculo para determinar la separación de los descansos. Y como hemos mostrado anteriormente la sociedad de clasificación Germanischer Lloyd, y Caterpillar nos proporcionan formas de calcular esta distancia de separación.

Según Germanischer Lloyd:

$$L_{max} = K2 * \sqrt{\frac{d}{n}}$$

Donde:

d = diámetro del eje entre el descanso en (mm).

n = revoluciones del eje en (Rev. $^{-1}$).

K_2 = 8400, para descansos que tienen cojinetes de metal blanco y lubricados con aceite. Si el eje de cola gira dentro de la bocina en cojinetes de metal blanco.

Según Caterpillar el espaciamiento entre los cojinetes de apoyo se puede calcular de la siguiente forma según recomendación d CATERPILLAR. Primero trace una recta desde la escala de diámetros de ejes (segunda línea), hasta la escala de módulos (cuarta línea) 26 para metal monel, que es un metal muy utilizado en apoyos, luego trace una recta desde el punto de intersección de la escala central hacia la izquierda hasta conectar con las revoluciones de la hélice (primera escala) y prolongue esa misma recta hacia la derecha hasta conectar con la escala de espaciamiento de cojinetes (quinta escala).

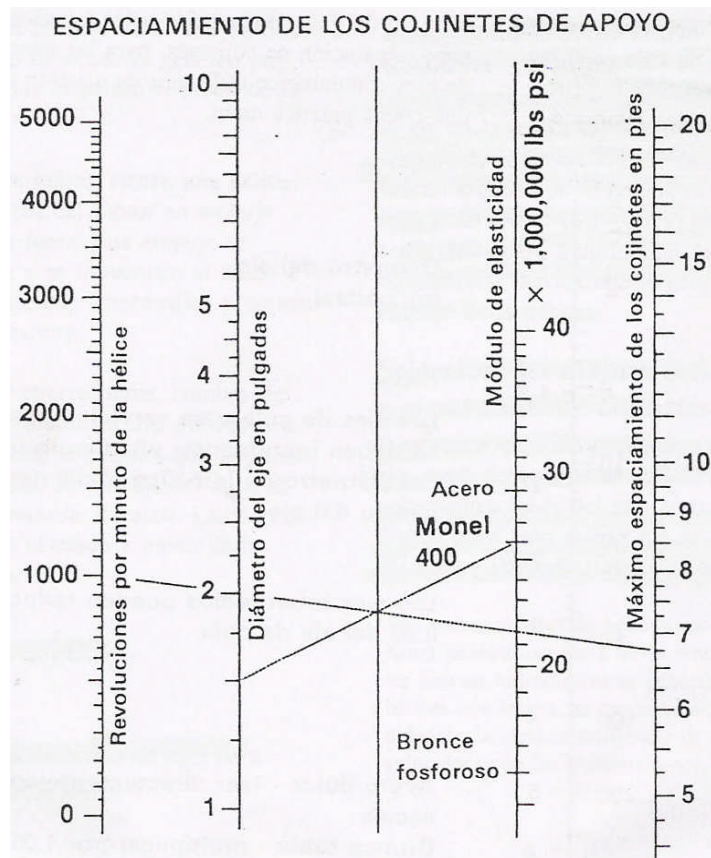


Figura N°5.1. El esquema nos permite determinar la distancia entre descansos según Caterpillar.

5.2. EL MARCO TEÓRICO, LAS HIPÓTESIS Y OBJETIVOS PLANTEADOS

Cuando las instalaciones se efectúan con las técnicas adecuadas la embarcación durante su faena de pesca lo cumplirá sin fallas mecánicas en sus instalaciones. Para esto utilizamos los procedimientos de alineación que se emplean, pero de acuerdo a nuestros requerimientos para los alineamientos en frío y en caliente, es decir no existe un método de alineación que sea eficiente al 100% pero hay unos respecto de otros que te proporcionan una mayor confiabilidad en sus mediciones, es importante mencionar de que un buen proceso de alineamiento es la suma de la aplicación de los distintos procedimientos de alineación, pues se ha determinado que estos procedimientos se tienen que complementar para lograr

los objetivos de un buen alineamiento en general. Los procedimientos que hemos descrito son:

1. Alineamiento por Cuerda de Piano

Este tipo de alineamiento consiste en dos etapas. La primera, que busca posicionar la cuerda en dos puntos, para los cuales existen tolerancias dadas por el fabricante, y la segunda, que consiste en ubicar adecuadamente las partes internas de acuerdo a esta posición.

Consideraciones

Hay que tener presente que para llevar a cabo un buen alineamiento por medio de la aplicación de este método, existen restricciones, sean estas de características técnicas o de condiciones de operación o ambientales. Es así, por ejemplo, que debe tenerse especial cuidado en que exista una adecuada amortiguación de las vibraciones producidas por los equipos adyacentes, ya que podrían incidir negativamente en la toma de lecturas.

Se debe realizar la operación de alineamiento en condiciones climáticas parejas, para que las lecturas no sean alteradas por el efecto de dilatación térmica de la cuerda. Este cuidado (transferencia de calor), también debe ser ampliado para los equipos cercanos que generen calor.

2. Alineamiento por línea de Fuego

Es un método muy aplicado pero tiene consideraciones a tomar si se pretende ser más precisos en las mediciones. Las consideraciones precedentes muestran que el fenómeno de la difracción, junto a la falta de simetría de los conos luminosos sucesivos, realizados en la alineación, puede conducir a ciertos errores. Pero

estos errores permanecen sin embargo, limitados. Estos errores no son, en particular, tales como para condenar definitivamente el método en cuestión, utilizado desde siempre en los astilleros de construcción naval. El gran inconveniente del método reside en el hecho de que está enteramente basado sobre la apreciación de un observador. Las cantidades de luz puestas en juego son muy débiles y resulta por tanto una gran fatiga visual de los observadores... Además, es preciso señalar bien toda determinación descansa sobre la apreciación del desvanecimiento total de la luz. Si el fenómeno fuese instantáneo, esta apreciación sería fácil, pero es progresiva y resulta extremadamente difícil de apreciar exactamente en qué momento se deja de no ser gran cosa, para no ver nada del todo.

3. Alineamiento Óptico por Medio del Telescopio

Mediante el cual, es posible medir el desalineamiento de equipos es un método también muy usado cuando se pretende alinear el tubo codaste con el machón del acoplamiento, y luego alinear los descansos tomando como referencia estas centrando el telescopio con los blancos en el tubo codaste y en el centro del machón de acoplamiento, podemos centrar cada uno de los descansos. Centrando el telescopio en el tubo codaste y los descansos, podemos verificar si la maquinaria está centrada. Centrando el telescopio con un blanco a popa del tubo codaste y el machón de acoplamiento, podemos ver si el extremo de proa del tubo codaste esta fuera de la línea. Centrando el telescopio con un blanco a proa y el machón de acoplamiento, Podemos ver si el extremo de popa del tubo codaste esta descentrado

Consideraciones

El alineamiento debe efectuarse con el buque en dique, con lo que las condiciones son diferentes a las existentes con el buque a flote, por las deformaciones que se producen en el casco al estar el buque en las camas de varada. Se debe considerar que este método sirve como una primera aproximación, debiendo efectuarse de todas maneras una verificación del alineamiento con el buque a flote. Debe efectuarse un desmonte completo de la línea de ejes, para usarse como referencia los descansos (o bocinas) del tubo codaste, desde el exterior y el machón del eje de salida de la caja de reducción de engranajes.

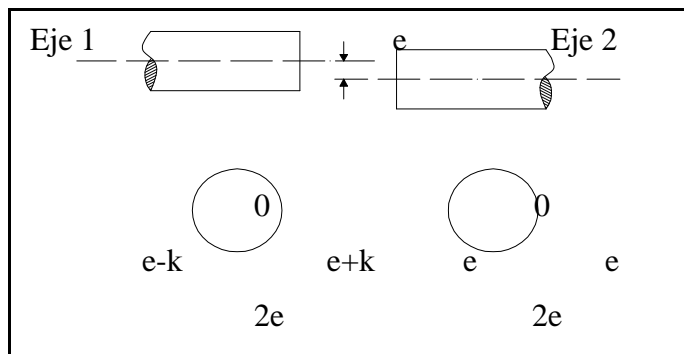
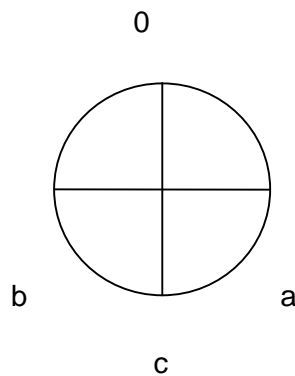


Figura N° 5.2. Se muestra el alineamiento por indicador de retorno

4. Alineamiento por Indicador de Retorno

Suponiendo que la posición de los ejes involucrados en la alineación es la correspondiente a la ilustrada en la figura la cual muestra la situación con desalineamiento diametral vertical con desviación paralela cuantificada en e unidades de longitud. El eje 1 (izquierda) está sobre el eje 2 (derecha) en e unidades. Asumiendo al eje 1 como sistema de referencia, se montan las abrazaderas del dispositivo de fijación del dial indicador en, el palpador del dial indicador se apoya en el eje 2, cuya posición relativa al eje 1 se verifica. La lectura

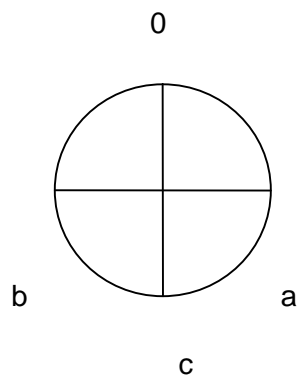
cero (0) se fija en la parte superior mediante el ajuste adecuado de la carátula del dial indicador. De los casos enunciados, se puede deducir una conclusión importante que destaca en la aplicación del método del indicador de retorno. Se observa que la suma vertical (algebraica) corresponde a la suma horizontal (algebraica); esto tiene una importancia radical puesto que es un índice para comprobar en forma rápida si las lecturas tomadas están correctas o no. Vale decir, que para una determinada lectura, se tiene lo siguiente lectura:



Condición necesaria (sin corrección): $a + b = c$

Cualquiera diferencia implica realizar correcciones a las lecturas, que se deducen de un estudio de las causas del problema. Posteriormente se desarrollara esta situación. Si se tiene una determinada lectura, es fácil determinar el desplazamiento de un eje con respecto al otro, de la siguiente manera:

Lectura:



Desplazamiento vertical: $c / 2$ (+ o -).

Si es positivo (+), el eje está más bajo que el eje donde se encuentran montadas las abrazaderas. Si es negativo (-), el eje está más arriba.

Desplazamiento horizontal: $(a - b) / 2$ (+ o -)

Si es positivo (+), el eje está desplazado a la derecha respecto al eje donde están montadas las abrazaderas. Si es negativo, se encuentra desplazado hacia la izquierda. Es aconsejable tomar todas las lecturas en una sola revolución de los ejes.

Las características distintivas de este método, son entre otras, las siguientes:

Por medio del diseño apropiado de los soportes (dispositivos de fijación y abrazaderas), se elimina la necesidad de extraer el carrete espaciador de acoplamiento. Esta característica proporciona cuatro ventajas adicionales.

1. Se reduce el desgaste en el acoplamiento.
2. Puesto que ambos ejes se giran como una unidad con el espaciador instalado, los errores provocados por los cambios de posición de los machones relativos a la horizontal, se eliminan por completo.
3. Se magnifica en gran medida la apreciación del desalineamiento angular, diagnosticándose en forma más precisa. Se eliminan las lecturas de cara, en los machones.
4. Puesto que se han eliminado las lecturas de cara, no existe preocupación respecto a la flotación axial de los ejes.

Consideraciones

El método del indicador de retorno (I.R.) no es exitoso si se usan elementos inapropiados, deben construirse elementos especiales. Los resultados del

alineamiento son simplemente mejores si se usan las barras y dispositivos de sujeción adecuados. La importancia de este último radica en minimizar las presunciones para evitar las lecturas falsas que obliguen a las correcciones de terreno.

5. Alineamiento Neumático

Este procedimiento es importante cuando el trabajo se realiza en atmosferas explosivas, o cuando no es afectado por la vibración del medio ambiente o circundante, además es un método limpio y la energía que emplea se encuentra en abundancia.

Consideraciones

Requiere de aire tratado proveniente de una fuente que debe cumplir con determinadas especificaciones. El equipo neumático resulta difícil de transportar y de manipular, Para medir grandes desplazamientos, se requiere aire de alta presión con lo que aumenta la envergadura del equipo neumático a utilizar.

Para desplazamientos pequeños, existen dificultades de cuantificación debidas a la inercia del indicador (aguja) del manómetro. Se pueden medir hasta 30 mils., lo cual define un rango poco apreciable para lograr una mayor certeza en las lecturas. Se requiere de un mayor espacio, al realizar las mediciones directamente sobre el eje

6. Alineamiento Óptico

Consideraciones

La precisión que se puede obtener ocupando este método es de 5 centésimas de milímetro en 15 m. El método óptico resulta ser muy ventajoso, pues no requiere la construcción de soportes especiales anclados a la fundación; y por lo tanto,

puede ser la alternativa escogida cuando no hay espacio disponible para montar los soportes requeridos. Por el contrario, usando este método es muy difícil medir directamente sobre el eje. Además, su uso resulta indebido si hay exceso de vibración en el piso donde está apoyado el teodolito. Otra desventaja que representa en la facilidad con que se puede perder el punto de referencia.

7. Alineamiento por Láser

Es el método más preciso para el alineamiento. El equipo a utilizar es el OPTALIGN, de Prüftechnik AG. Consta de una unidad Láser/Detector, que montada en el eje de la máquina estacionaria, emite un rayo láser, que es dirigido al prisma montado en el eje de la máquina que debe ser movida; donde es reflejado hacia el detector. Un computador recibe la información del detector y suministra todos los datos necesarios para un alineado preciso. El láser es de semiconductores Ga- Al-As, y emite luz en la zona del rojo visible (longitud de onda 670 nm). Su potencia es del orden de pocos Mw.

Consideraciones

Es de rápido de montaje, realiza todos los cálculos automáticamente hasta dar los valores de corrección, elimina errores de excentricidad, elimina errores de huelgo axial, elimina errores de lectura, valora directamente posiciones de eje, alinea maquinas horizontales y verticales, alinea ejes acoplados y desacoplados, no existe desviaciones ya que el láser no tiene catenarias, el centro de un cojinete puede ser perfectamente encontrado, es claro y deja dudas ya que es conforme a normas ISO 9000, también permite considerar en forma automática el crecimiento térmico y la flexión del eje. y finalmente se puede calcular desalineamiento paralelo y angular en forma inmediata.

Los inconvenientes de este procedimiento son; no puede medir cuando uno de los ejes no puede girar, el láser puede ser desviado por corrientes térmicas o de vapor, sus componentes son sensibles a los ambientes con suciedad ,requiere revisiones de la casa para garantizar los resultados , requiere una formación y una adaptación del operario, finalmente el alto costo para la adquisición del equipo es uno de los inconvenientes mas marcados para astilleros peruanos ,esto teniendo un prejuicio equivocado de que los trabajos de alineamiento no son tan importantes.

5.3. REFERENCIAS TÉCNICAS Y LOS COSTOS TECNO-ECONÓMICOS PARA EL ARMADOR

El proceso de alineamiento como hemos indicado son de vital importancia durante los trabajos de instalación del sistema de propulsión, es por esto que el alineamiento llevado a cabo correctamente nos proporcionara un ahorro económico importante durante la vida útil de la embarcación.

Entonces realizaremos un análisis económico, de la aplicación de los procedimientos de alineación realizados con la finalidad de determinar la rentabilidad de la aplicación de los procedimientos.

- **La Rentabilidad**

La palabra "rentabilidad" es un término general que mide la ganancia que puede obtenerse en una situación particular. Es el denominador común de todas las actividades productivas. Se hace necesario introducir algunos parámetros a fin de definir la rentabilidad. En general, el producto de las entradas de dinero (V) menos

los costos totales de producción sin depreciación (C) dan como resultado el beneficio bruto (BB) de la actividad realizada.

$$BB = V - C$$

Cuando se consideran los costos de depreciación, el beneficio neto antes de impuestos (BNAI) resulta:

$$BNAI = BB - e \times I_F = V - C - e \times I_F$$

Para determinar la rentabilidad de nuestro proyecto determinaremos cual es nuestra tasa de retorno sobre la inversión original. En estudios de ingeniería económica, la tasa de retorno sobre la inversión es expresada normalmente como un porcentaje. El beneficio neto anual dividido por la inversión total inicial representa la fracción que, multiplicada por 100, es conocida como retorno porcentual sobre la inversión (I_{RO}).

El numerador el valor del beneficio neto promedio:

$$BNP = \frac{1 \cdot \sum_{i=1}^{i=n} BNP_i}{n}$$

y de esta manera la tasa de retorno sobre la inversión original, i_{ROI} , será:

$$I_{RO} = \frac{BNP}{I_T} .$$

- **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Este método tiene en cuenta la valorización del dinero invertido con el tiempo y está basado en la parte de la inversión que no ha sido recuperada al final de cada año durante la vida útil del proyecto. Por lo tanto, la tasa de retorno que se obtiene

es equivalente a la máxima tasa de interés que podría pagarse para obtener el dinero necesario para financiar la inversión y tenerla totalmente paga al final de la vida útil del proyecto.

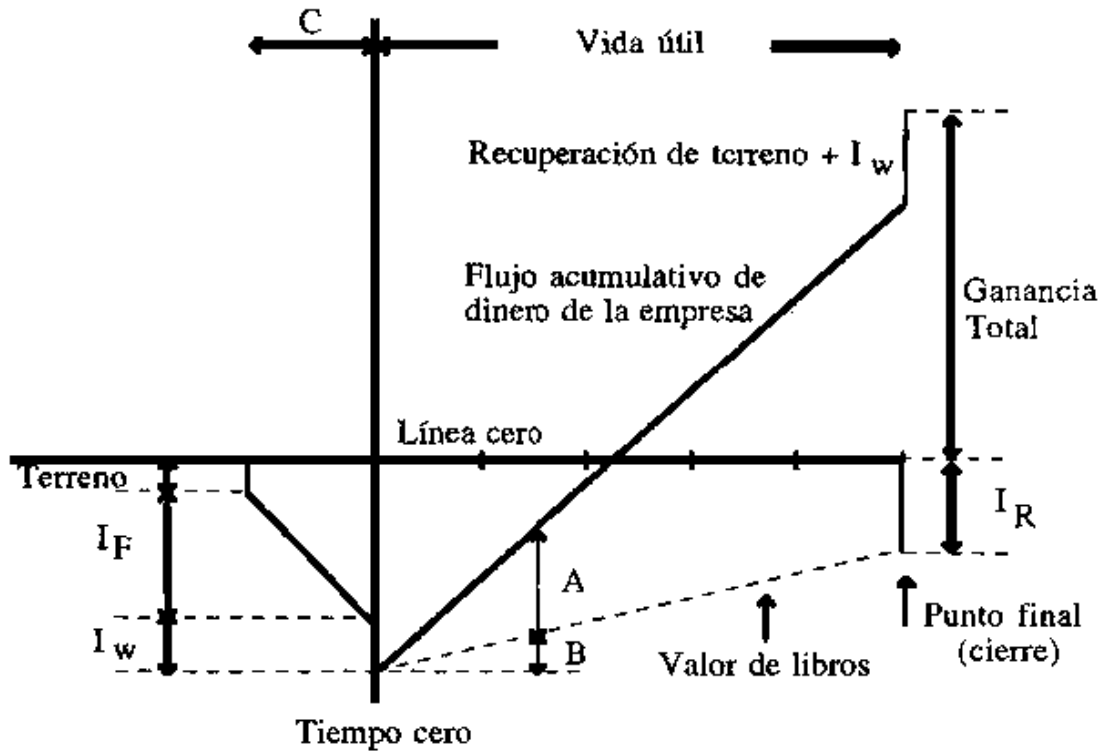


Figura N° 5.3 .El esquema muestra un análisis de rentabilidad.

A continuación calculamos los costos que implican la realización de cualquiera de los procedimientos para determinar cuál de ellos es más recomendable en base a un análisis. Costo – tiempo (instalación de equipos y realización del alineamiento)

- **Descripción de Procedimientos de Alineamiento**

Hemos analizado 8 procedimientos de alineamiento de ejes, las cuales son:

1. Alineamiento por
Cuerda de Piano (P1).

2. Alineamiento por Línea de Fuego (P2).
3. Alineamiento por medio del Telescopio (P3).
4. Alineamiento por Método Elemental (P4).
5. Alineamiento por Indicador de Retorno (P5).
6. Alineamiento Neumático (P6).
7. Alineamiento Óptico (P7).
8. Alineamiento por Laser (P8).

- **Tiempo Requerido Para la Aplicación de los Procedimientos**

Es el tiempo requerido para la aplicación de los procedimientos es decir desde que están en taller, traslado a la embarcación e instalación de los equipos y duración de la operación de alineamiento.

1. P1 = 5 días.
2. P2 = 8 días.
3. P3 = 7 días.
4. P4 = 4 días.
5. P5 = 6 días.
6. P6 = 7 días.
7. P7 = 4 días.
8. P8 = 2 días.

9. Costos Requeridos Para la Realización de los Procedimientos

Estos son los costos que se requieren para la realización de los procedimientos, es decir: costo de transporte, costo de cada equipo, costo que implica su instalación en el lugar y mano de obra de los operarios.

1.- COSTOS DEL P1 en SOLES.

- ✓ Costo del equipo = 500.
- ✓ Costo por transporte = 100.
- ✓ Costo de operarios (3 operarios) = 750.

2.- COSTOS DEL P2 en SOLES.

- ✓ Costo del equipo = 1300.
- ✓ Costo por transporte = 250.
- ✓ Costo de operarios (4 operarios) = 1600.

3.- COSTOS DEL P3 en SOLES.

- ✓ Costo del equipo = 6000.
- ✓ Costo por transporte = 800
- ✓ Costo de operarios (3 operarios) = 1050.

4.- COSTO DEL P4 en SOLES.

- ✓ Costo del equipo = 2500.
- ✓ Costo por transporte = 200.
- ✓ Costo de operarios (3 operarios) = 600.

5.- COSTO DEL P5 en SOLES.

- ✓ Costo del equipo = 7500
- ✓ Costo por transporte = 900.
- ✓ Costo de operarios (4 operarios) = 1200.

6.- COSTO DEL P6 en SOLES.

- ✓ Costo del equipo = 5000.
- ✓ Costo por transporte = 800.
- ✓ Costo de operarios (4 operarios) = 1400.

7.- COSTO DEL P7 en SOLES.

- ✓ Costo del equipo = 3500.
- ✓ Costo por transporte = 500.
- ✓ Costo de operarios (3 operarios) = 600.

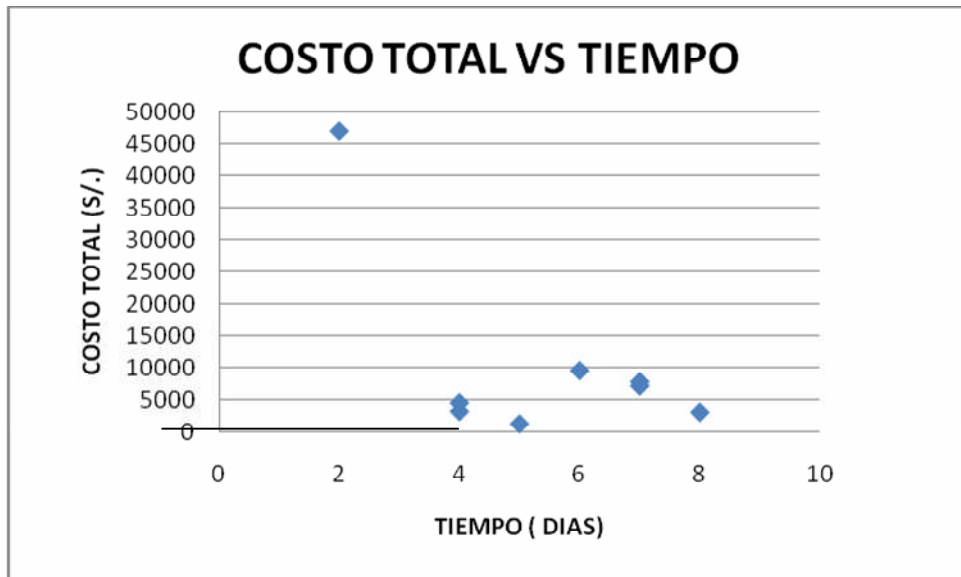
8.- COSTO DEL P8 en SOLES.

- ✓ Costo del equipo = 45000.
- ✓ Costo por transporte = 1200.
- ✓ Costo de operarios (3 operarios) = 750.

A continuación mostramos un cuadro con los tiempos y costos requeridos para la realización de los procedimientos de alineamiento. La fuente de información fueron recabadas de los astilleros SIMA CHIMBOTE, SERNISAC así como de empresas fabricantes de equipos para alineamientos de ejes de transmisión como: OPTALIGN, que es una empresa alemana con vasta experiencia en este campo.

Cuadro N°5.1. El cuadro muestra la distribución de costos y el tiempo

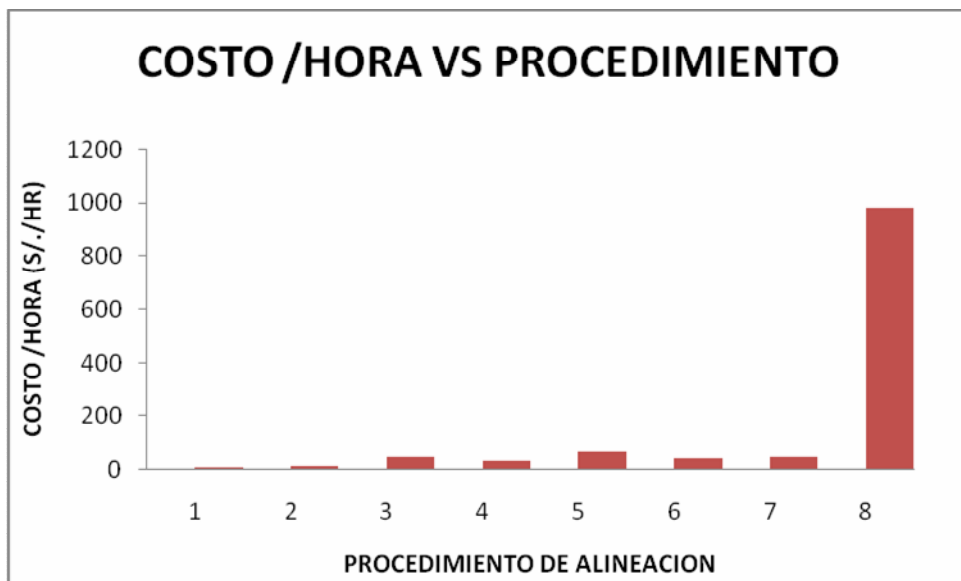
PROCEDIMIENTO	TIEMPO (DIAS)	COSTO DEL EQUIPO (SOLES)	COSTO DE INSTALACION (SOLES)	COSTO POR TRANSPORTE (SOLES)	COSTO TOTAL(SOLES)	COSTO POR HORA (SOLES/HORA)
1	5	500	750	100	1350	11.25
2	8	1300	1600	250	3150	16.40625
3	7	6000	1050	800	7850	46.72619048
4	4	2500	600	200	3300	34.375
5	6	7500	1200	900	9600	66.66666667
6	7	5000	1400	800	7200	42.85714286
7	4	3500	600	500	4600	47.91666667
8	2	45000	750	1200	46950	978.125

Cuadro N°5.2 .El diagrama muestra el costo total vs tiempo.

En el grafico se indica el costo total requerido para la aplicación de cada procedimiento para el alineamiento respecto del tiempo que implica la realización de dicho procedimiento, cómo se observa ,el procedimiento por laser es más costoso pero su aplicación se realiza en aproximadamente 2 días, este procedimiento es costoso pero su técnica de alineamiento tiene gran precisión

respecto de las demás ,que son menos costoso pero su técnica de alineamiento no es muy confiable además que implica mas días de trabajo lo cual en ese contexto es una perdida dinero pues haciendo un análisis más allá del comportamiento costo vs tiempo ,La precisión de las mediciones nos asegurar mayor vida útil de nuestra embarcación y a la larga un ahorro económico para el armador .

Cuadro N°5.3. El diagrama muestra el costo total vs el procedimiento de alineación.



En el grafico costo/hora vs procedimiento de alineación se observa que el procedimiento por laser implica mayor costo /hora respecto de los demás, que es de = 978.125 soles /hora. Y el de menos valor es el procedimiento por cuerda de piano que es de = 11.25 soles/hora. Este procedimiento es menos costoso pero su técnica de alineamiento no es tan segura y eso implica que la línea de ejes estará más propensa a desalinearse y por consiguiente producirán fallas en el eje y

demás elementos que constituyen el sistema de líneas de ejes disminuyendo la vida útil de la embarcación.

5.4. TOLERANCIAS DEL CASCO, HÉLICE Y EL MOTOR

El rendimiento de una embarcación depende de gran manera de estos tres aspectos de la instalación, es decir es el resultado de una completa interacción de estos tres aspectos; del casco de la hélice y del motor. El dimensionado adecuado de los componentes es muy importante para la vida útil y el rendimiento del sistema de propulsión completo. Para esto existen tolerancias en diversos aspectos del sistema de propulsión. En las condiciones más desfavorables, el resultado puede ser una vida útil corta o un rendimiento insatisfactorio.

Para el caso del motor podemos esperar que la potencia del motor varíe debido a tolerancias de fabricación hasta un $\pm 3\%$ o potencia 100%.

Para la hélice, la absorción de potencia de la hélice puede llegar a ser un 5% mayor, o menor que lo esperado en principio. Podría ser el resultado de tolerancias de fabricación en el paso, el acabado de la superficie y el perfil de las palas.

Para el casco, la resistencia ofrecida por el casco puede llegar a variar hasta un 20% respecto a los valores calculados o a experiencia anterior debido a diferencias inevitables en el peso y en la forma. La hélice tiene tanta importancia como el casco o el motor para el rendimiento de la embarcación. La hélice influye directamente en: la velocidad máxima, la eficiencia del combustible y la vida útil del motor

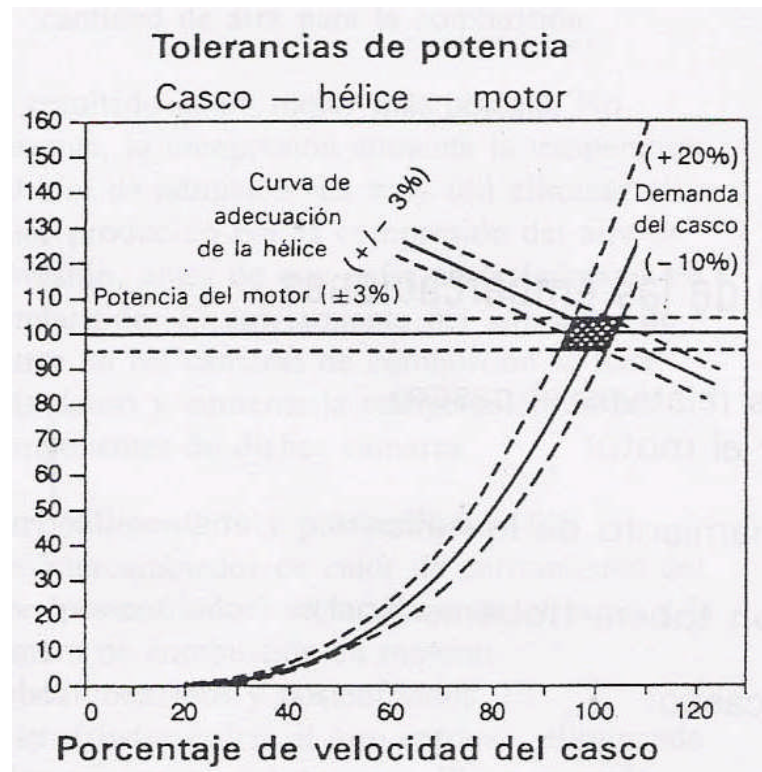


Figura N°5.4. Tolerancias del casco, hélice y el motor.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES GENERALES

1. Los resultados obtenidos del alineamiento racional calculados según el software Ansys 8.0 Fueron muy próximos a los calculados mediante el método de alineamiento por laser con una aproximación en 0.05 mm .Este resultado nos da una buena aproximación de las cuñas que debemos de dejar cuando ocurra un desalineamiento entre los acoplamientos, cuando están en movimiento los ejes.
2. Los resultados gráficos observados de la solución del software son los valores de deflexión en los distintos puntos mediante una escala de colores a las cuales les corresponde un valor de deflexión.
3. Observamos que en el extremo de popa de la línea de ejes se manifiesta la máxima deflexión del eje, específicamente en el casquillo de la bocina como consecuencia de soportar el peso de la hélice en voladizo.
4. Además debemos de mencionar que un buen proceso de alineamiento no se refiere a utilizar solo un determinado procedimiento de manera aislada, ya que un buen proceso de alineamiento es la suma efectiva de todos ellos .Esto es desde las etapas de diseño con el alineamiento racional obtenido por medio del software de elementos finitos ANSYS 8.0 ,esto en la fase de proyecto hasta las pruebas de alineamiento en caliente ,realizando mediciones de las temperaturas en los descansos durante el viaje de pruebas

de la embarcación, este procedimiento debe de ser efectuado para una condición de carga específica de la embarcación , normalmente en embarcaciones pesqueras ,con el 100% de los consumibles y las bodegas vacías , ya que la embarcación será sometida a una serie de esfuerzos y deformaciones por situaciones de mar irregular y este será el peor de los casos de carga a los que se verá afectado la nave.

6.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

1. Los resultados obtenidos en el alineamiento racional gozan de cierta tolerancia con los resultados obtenidos por el software mencionados anteriormente., pero en ningún caso están alejados de los valores reales o son erróneos, recordemos que estamos hablando de milímetros, deberíamos poner mayor cuidado en la toma de mediciones dados en terreno, para ello debemos de realizar este trabajo con personal responsable y capacitados para tener un buen grado de confiabilidad.
2. Además tomamos las recomendaciones dadas por las sociedades de clasificación en lo referente a hacer un correcto procedimiento de cálculo de dimensiones de la líneas de ejes de embarcaciones en proyecto y tolerancias admisibles de desgaste que se pueden dar a piezas de dicha línea cuando no es nueva.

6.3. RECOMENDACIONES

Según los estudios realizados y por consiguiente los beneficios que obtendríamos al ubicar el sistema propulsor de una embarcación pesquera de cerco a popa de la embarcación y con el añadido de que este , tiene que estar fuera de la sala de maquinas , es decir entre el mamparo de pique de popa y el mamparo a popa de

sala de maquinas con esta ubicación logramos que la sala de maquinas ahorre en espacio ,que pueden ser utilizados para la ubicación de equipos auxiliares bombas ,grupos electrógenos , etc. Por otro lado el sistema de líneas de ejes reduciría su longitud esto ,es beneficioso ya que en primer lugar se ahorra dinero al no requerir varios trozos de ejes intermedios ,además al ser la línea de ejes relativamente corto los descansos estarían muy próximos entre sí y por lo tanto el eje no sufriría deflexión notoria , también se reduciría la perdida de energía en las transmisiones y por consiguiente ahorro de combustible al ser más cortas y no tener muchos apoyos y otros elementos accesorios que irían en la línea de ejes, además no tendríamos niveles altos de vibración y ruidos transmitidos al casco a través de los descansos y cojinetes de empujes y por consiguiente a la tripulación, además por tratarse de embarcaciones pesqueras de cerco de menor bordo que es lo común en nuestra flota pesquera, los problemas de estabilidad de la embarcación al colocar el sistema propulsor a popa de la sala de maquina es manejable ya que según los requerimientos del armador en la etapa de diseño para seleccionar un motor de acuerdo a la potencia requerida , pero también nos interesa el peso de esta y de los demás elementos del sistema propulsión para definir cuál será nuestro peso y si esta afectara la estabilidad tanto estática como dinámica del buque sobre todo cuando está en faena de pesca, por lo mencionado es importante definir la forma de nuestra embarcación en la parte de popa y en la parte de proa ,pero sabiendo de ante mano que desde una vista de planta al plano de agua a calado máximo se debe intentar tener ligeramente más área en la parte de popa que en la parte de proa para que el peso del sistema propulsor respecto del peso de la embarcación no sea notoria como para producir algún problema de estabilidad dinámica y la distancia entre el peso del sistema propulsor respecto al peso de la embarcación sea lo menor posible para no producir a popamientos y

que se observe esto en la línea de formas de la embarcación ya que a partir de esta nosotros tenemos que darle la forma . Al realizar el proceso de alineamiento de la línea de ejes del sistema de propulsión se debe de tener presente los distintos procedimientos de alineación, esto es conocer sus características para determinar cuándo se utiliza un determinado procedimiento, esto sabiendo que un buen procedimiento de alineación es la suma de la aplicación de los distintos procedimientos de alineación y de cómo estos se complementan para la obtención de un buen resultado final.

BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS

1. Textos Consultados

- ✓ Maquinas para la Propulsión del Buque. Enrique Casanova Rivas. Chile Quinta Edición 1998.
- ✓ Marine Propulsión Engine Caterpillar. EEUU .Octava Edición 2006.
- ✓ Buques Pesqueros .José Fernando Núñez Basáñez. España Cuarta Edición 1998.
- ✓ Embarcaciones de Pesca y carga .Dr. Víctor Eleno Obregón Pizarro Perú .Edición 1996
- ✓ Marine Diesel Engine Pounder, C.C. Inglaterra. Edición 1999
- ✓ Mecánica de Materiales Timoshenko. Cuarta Edición 2000.

2. Tesis consultadas

- ✓ Estudio de Fallas en Ejes Porta Hélices de Barcos .Carlos Álvarez A. 1980.Universidad de Valdivia Chile.
- ✓ Metodología para el Calculo de Ejes por Medio de Elementos Finitos Mauricio Cornejo Aguayo 1994. Universidad politécnica de Madrid
- ✓ Ingeniería en el Mantenimiento de Sistemas Propulsivos .Claudio Flores Llanos 2002 .ESPOL. Ecuador.

3. Sociedades de Clasificación Consultadas

- ✓ Germanischer LLoyds 2005.
Reglamento de Clasificación y Construcción parte 1: Buques de Pesca
- ✓ LLoyds Register of Shipping 2002.
Reglas y Regulación para la Clasificación de Buques parte 5: capitulo 6 y 8.
- ✓ American bureau of shipping
Reglas para la Construcción y Clasificación de Buques de Acero. 2007

4. Páginas Web Solicitadas

- ✓ www.Ansys.Com
- ✓ www.Construccion.Uniovi.es
- ✓ www.Dvingenieria.Com.ar
- ✓ www.Machinesupport.Com
- ✓ www.Neseal.Com
- ✓ www.Noise-Control.Com
- ✓ www.Pruftechnik.Com
- ✓ www.Transmarsas.Com
- ✓ www.Vetus.nl

ANEXOS

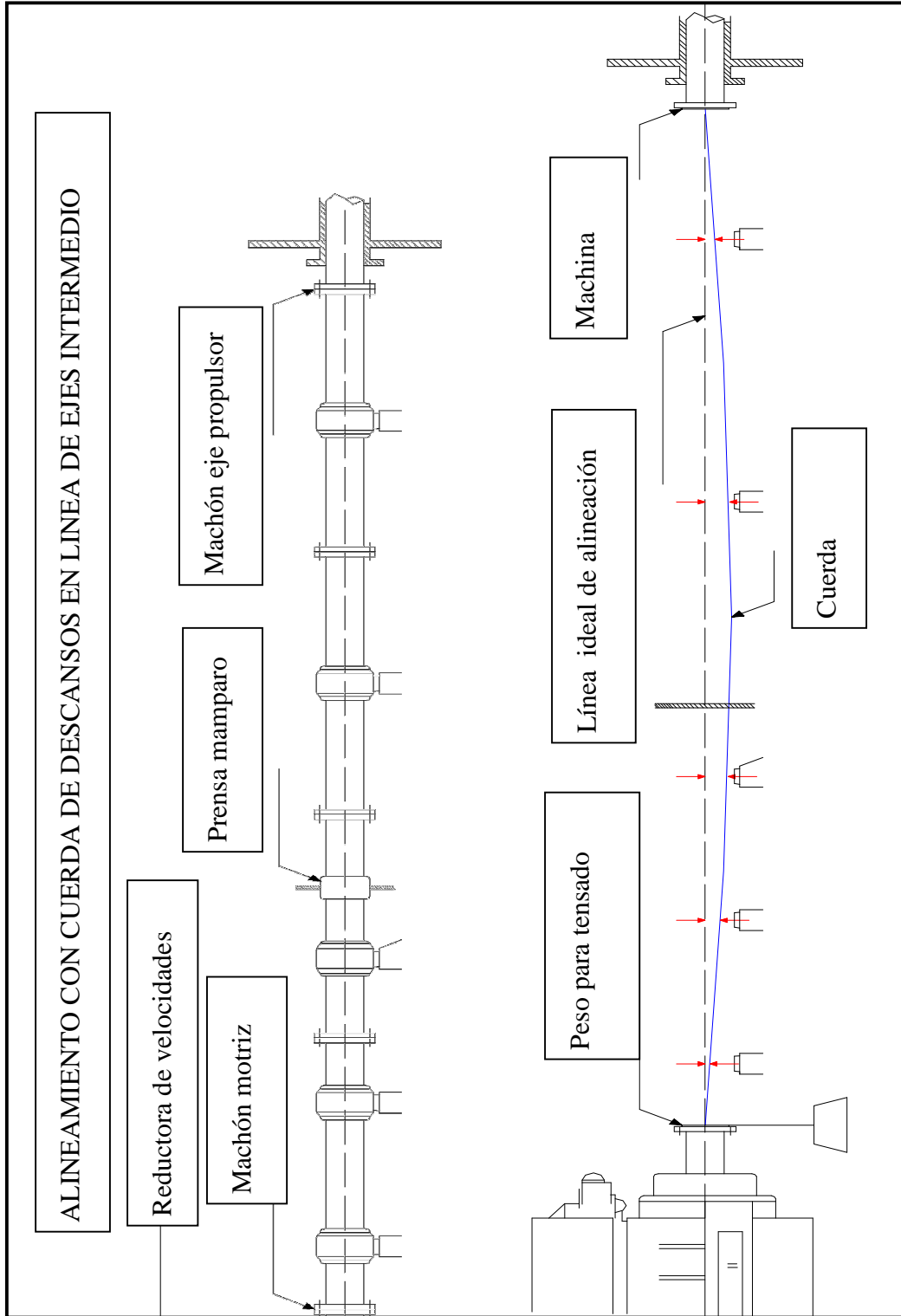


Figura N°1.1 .alineamiento por medio de la cuerda de piano

Cuadro N°1.1 Tabla que indica el valor de las flechas de cuerdas tensionadas.

Distancia del soporte en pies	Tabla de flechas de cuerda tensionada, mostrando los valores permisibles de la flecha en el alineamiento con cuerda																								
	Distancia entre soportes en pies.																								
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50					
1	1,5	2	2	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4,5	4,5	5	5	5,5	5,5	6	6,5	6,5	7	7					
2	3	3,5	4	4,5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12,5	13	13,5	14					
3	4	6	5,5	6,5	7,5	8,5	9	10	11	12	13	13,5	14,5	15,5	16,5	17	18	19	20	20,5					
4	4,5	6	7	8	9,5	10,5	11,5	13	14	15	16,5	17,5	19	20	21	22,5	23,5	24,5	26	27					
5	5	6,5	8	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5	20	21	22,5	24	25,5	27	28,5	30	31,5	33					
6	5,5	7	9	10,5	12,5	14	16	17,5	19,5	21	23	24,5	26,5	28	30	31,5	33,5	35	37	38					
7		7	9	11,5	13,5	15,5	17,5	19,5	21,5	23,5	25,5	27,5	30	32	34	36	38	40	42	44					
8			9,5	11,5	14	16,5	19	21	23,5	26	28	30,5	33	35	37,5	40	42	44,5	47	49,5					
9				12	14,5	17	20	22,5	25	27,5	30,5	33	35,5	38	41	43,5	46	48,5	51,5	54					
10					14,5	17,5	20,5	23,5	26,5	29,5	32	35	38	41	44	47	50	53	55,5	58,5					
11						17,5	21	24	27,5	30,5	34	37	40	43,5	46,5	50	53	56,5	59,5	63					
12							21	24,5	28	31,5	35	38,5	42	46	49	52,5	56,5	60	63,5	67					
13								25	28,5	32,5	36	40	44	47,5	51,5	55	59	63	66,5	70,5					
14									28,5	33	37	41	45	49	53,5	57,5	61,5	65,5	69,5	74					
15										33	37,5	42	46	50,5	55	59,5	63,5	68	72,5	77					
16											37,5	42	47	51,5	56	61	63,5	70,5	75	79,5					
17												42,5	47,5	52,5	57	62,5	65,5	72,5	77	82					
18													47,5	53	58	63,5	67,5	74	79	84,5					
19														53	58,5	64	68,5	75	80,5	86,5					
20															58,5	64,5	69,5	76	82	88					
21																64,5	70,5	77	83	89,5					
22																	70,5	77,5	84	90,5					
23																		77,5	84,5	91					
24																			84,5	91,5					
25																				91,5					

arriba basados en fórmula de parábola. (LOS VALORES DE CORRECCION ESTAN EN MILESIMAS DE PULGADA.)

$$Y = \frac{6wx}{P} (s - x)$$

w = peso de la cuerda. s = distancia entre los separadores. P = peso en libras
 x = distancia desde el soporte. y = flecha en pulgada

DISPOSICION GENERAL DE UN ALINEAMIENTO POR TELESCOPIO

DISPOSICION GENERAL DE UN ALINEAMIENTO OPTICO

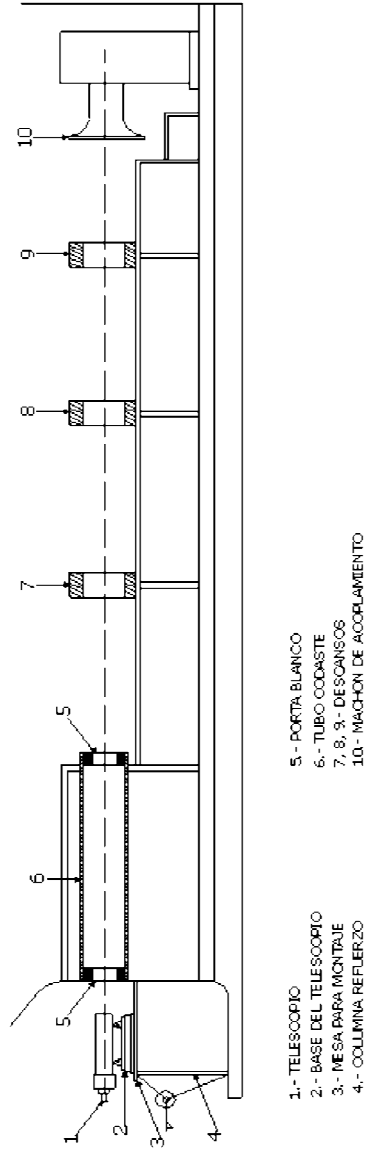


Figura Nº1.2. Alineamiento por telescopio

Montaje y Alineación de Motores Marinos de Propulsión

La instalación del motor marino en una embarcación y su alineación con los elementos de propulsión como lo son la transmisión marina y los ejes, son tareas que exigen sumo cuidado. La cooperación entre el fabricante de motores y el astillero garantizara a cada uno de ellos el aprovechamiento de la experiencia y conocimientos del otro. En las páginas siguientes se describen los requerimientos y proceso de montaje de los motores Caterpillar y su alineación al eje de transmisión. Como fabricantes de motores queremos identificar los requerimientos para el montaje y alineación adecuado a la parte del eje y estructura que va unido al producto Caterpillar. La responsabilidad del montaje total y alineación recae sobre el instalador del equipo. No trate de hacer la alineación final de los motores de propulsión a menos que se haya cumplido con los requisitos siguientes:

- a) Todo el lastre permanente debe estar en posición.
- b) Los tanques de combustibles, agua y lastre provisorio están llenos hasta sus niveles normales de funcionamiento, generalmente de un medio a tres cuartos
- c) Toda la maquinaria principal que pese más de 450 kg. Está instalada o se ha colocado un peso equivalente en su ubicación correspondiente.

La alineación final debe hacerse inmediatamente antes de las carreras de prueba, en el agua.

Alineación

El factor principal que influye en la alineación de los ejes y cojinetes es la deflexión del casco producida por las variaciones de temperatura, diferentes cargas y lastres, velocidad del casco y mar gruesa. La maquinaria de precisión justifica todo esfuerzo para garantizar su alineación adecuada, pero no debemos asumir

que la fundación de la maquinaria es una superficie plana, estacionaria que no sufre deflexiones.

Alineación entre la Línea de Ejes y la Transmisión Marina

La alineación de la línea de ejes con la brida de salida de la transmisión marina debe estar dentro de determinadas tolerancias para obtener una duración satisfactoria de la transmisión marina. El requisito básico es alinear la brida de la transmisión marina a la brida de acoplamiento del eje de la hélice, dentro de determinadas limitaciones de paralelismo y angulares, mientras el eje está pendiendo libre de su punto acostumbrado de montaje en la transmisión marina. El descentramiento axial ocurre cuando las líneas de centro de la transmisión marina y de las bridas de acoplamiento están descentralizadas. La desalineación angular o de cara ocurre cuando las líneas de centro de la Transmisión marina y las bridas de acoplamiento forman un ángulo. Las tolerancias para el descentramiento y la desalineación angular relativas a la capacidad de las transmisiones marinas para soportar las tensiones producidas por desalineación son:

Alineación Angular

La diferencia entre las aberturas mayor y menor de las bridas debe ser inferior a 0,005 mm. Por centímetro de diámetro exterior de la brida.

Procedimiento de Alineación

Bridas

La alineación angular y la concentricidad entre la transmisión marina y su brida y entre el eje de la hélice y su brida no deben exceder de 0,05 mm. Y deben comprobarse antes de empezar la alineación entre la transmisión marina y el eje de la hélice. La ubicación del primer cojinete en el eje desde la brida de la

transmisión marina es de suma importancia. Para no producir tensiones innecesarias en el cojinete de tope de la transmisión marina, el cojinete del eje de transmisión debe estar colocado por lo menos a 12 veces, y de preferencia 20 o más veces el diámetro del eje, desde la brida de la transmisión marina. Si no se puede evitar colocarlo a lo menos de 12 veces el diámetro del eje, las tolerancias de alineación deben revisarse, disminuirse en forma apreciable y debe considerarse el uso de un acoplamiento flexible

Acoplamiento Flexible

Cuando la transmisión marina no es de fabricación Caterpillar y no está conectada en forma directa, es necesario instalar un acoplamiento flexible para compensar por las tolerancias de alineación entre el motor y la transmisión marina. El acoplamiento flexible debe elegirse para que corresponda con la capacidad del motor y de la transmisión marina. La selección del acoplamiento debe verificarse por medio de un análisis torsional del sistema completo en funcionamiento. El motor debe alinearse al equipo accionado para obtener las tolerancias indicadas por el fabricante.

Eje de Transmisión

El eje de transmisión se compone de eje, hélice, cojinete del eje prensa estopa, bocina, tubo de popa y cojinete de popa. Generalmente se usan dos tipos de ejes de transmisión. Uno de ellos usa la línea central de la estructura del barco para soporte. El otro está apoyado a un lado de la línea central del barco, por medio de montantes y otros accesorios. El desplazamiento del eje de transmisión determina el nivel y el ángulo de instalación de la maquinaria propulsora. El eje de la hélice debe ser lo bastante fuerte para poder transmitir el par motor a la hélice y el

empuje de la hélice al casco por medio del cojinete de empuje. El eje de transmisión debe poder dilatarse y contraerse a uno u otro lado del cojinete de empuje. Deben usarse solamente cojinetes de expansión en puntos diferentes al cojinete de empuje. Los cojinetes del eje se deben colocar cerca de los extremos del eje para reducir al mínimo los efectos de excentricidad del eje ocasionados por tolerancias de descentramiento en el interior de los acoplamientos y en las caras de las bridas. Los cojinetes del eje de transmisión deben ir montados lo bastante cerca uno de otro, como para evitar sacudidas del eje y lo suficientemente separados para permitir que el eje pueda flexionarse con el casco de la embarcación sin ocasionar esfuerzos perjudiciales a los cojinetes. Por esta razón, el eje de transmisión no debe ser excesivamente pesado para el empuje y fuerza de torsión que le sean aplicados. Ya que solamente el eje de la hélice está sujeto a daños cuando la hélice golpea contra objetos extraños sumergidos, solamente este eje necesita ser más resistente. Las secciones de eje deben conectarse con acoplamientos rígidos o flexibles. Las conexiones rígidas son generalmente de brida para las secciones en el interior del barco y acoplamientos de manguitos para las secciones fuera de borda. Las conexiones flexibles se usan solamente para las secciones del eje en el interior del barco. Todas las conexiones situadas a popa del cojinete de empuje deben ser capaces de transmitir el empuje de la hélice en avance y en retroceso. Todos los cojinetes delante del cojinete de topo deben absorber la dilatación y la contracción del eje entre estos y el componente más a popa del eje motriz que lleve un cojinete fijo.

Antes de comenzar la alineación, el peso del eje que este sin soporte se debe Apoyar para justificar por la desviación o inclinación del eje de transmisión La inclinación se debe eliminar para evitar carga innecesaria sobre el cojinete de la

transmisión marina. Un método apropiado para justificar la inclinación del eje de transmisión consiste en utilizar un equipo compuesto por un diámetro, un sensor y un estrobo. Este equipo facilita la elevación del extremo sin apoyo del eje de transmisión, con una fuerza que se puede medir. Otro método similar utiliza el diámetro de comprensión y empujando hacia arriba el extremo del eje.

1. Mueva el eje de transmisión hasta situarlo con 13 mm, de su posición empernada.
2. Determine la mitad del peso suspendido, además de todo el peso de la brida de acoplamiento.
3. Al elevar el eje asegúrese que el soporte esta directamente encima o debajo de la línea central de la brida de acoplamiento.
4. Levante el eje de transmisión hasta que el dinamómetro indique el peso deseado. Otro método conveniente para corregir la inclinación del eje de transmisión emplea dos indicadores de cuadrante.
5. Coloque un indicador en la parte superior o en la parte inferior del eje, en el punto más próximo al cojinete del eje de transmisión.
6. Coloque el segundo indicador en la parte superior de la brida de acoplamiento.
7. Levante lentamente el eje de transmisión desde el extremo de la brida de acoplamiento hasta que se note un cambio de consideración en la lectura del indicador colocado en el extremo del cojinete de 0,025 - 0,038 mm. es suficiente.
8. Anote la variación en la lectura del indicador en el extremo de la brida de acoplamiento.

9. Baje el eje de transmisión en la mitad de la cantidad de la lectura del indicador en la brida de acoplamiento. Aunque este método no es tan exacto como usando el dinamómetro, es suficiente para un alineación satisfactoria. Con el eje colocado ahora en posición correcta, el motor y la transmisión marina se deben colocar en línea con el eje de transmisión. Mueva el motor y la transmisión marina a su posición final aproximada, dentro de 8 mm. de la brida de acoplamiento. Sin hacer entrar la guía de la brida.
10. Coloque un indicador en la parte superior o en la parte inferior del eje, en el punto más próximo al cojinete del eje de transmisión.
11. Coloque el segundo indicador en la parte superior de la brida de acoplamiento.
12. Levante lentamente el eje de transmisión desde el extremo de la brida de acoplamiento hasta que se note un cambio de consideración en la lectura del indicador colocado en el extremo del cojinete de 0,025 - 0,038 mm. es suficiente.
13. Anote la variación en la lectura del indicador en el extremo de la brida de acoplamiento.
14. Baje el eje de transmisión en la mitad de la cantidad de la lectura del indicador en la brida de acoplamiento. Aunque este método no es tan exacto como usando el dinamómetro, es suficiente para un alineación satisfactoria. Con el eje colocado ahora en posición correcta, el motor y la transmisión marina se deben colocar en línea con el eje de transmisión. Mueva el motor y la transmisión marina a su posición final aproximada, dentro de 8 mm. de la brida de acoplamiento sin hacer entrar la guía de la brida.

Centrado

Mida el descentramiento en cuatro puntos igualmente espaciados en los diámetros de las bridas marcadas A, B, C y D. Haga los ajustes de posición necesarios con los tornillos niveladores del motor para centrar la brida de la transmisión marina dentro de 0,05 mm. Cuando se haya conseguido esto, se hace entrar la guía en su alojamiento trayendo el eje de la hélice y la brida de acoplamiento hacia adelante hasta que las bridas estén separadas 4,5 mm, más o menos la alineación angular en todo el rededor de las bridas.

Alineación Angular

Ahora se pueden hacer ajustes necesarios de la alineación. Angular del motor y transmisión marina con el eje de transmisión. Usando un calibrador de espesores o un calibrador para agujeros pequeños, se toman las medidas de separación de las caras de las bridas en cuatro puntos diferentes, espaciados por igual en sus diámetros, marcados A, B, C y D. A continuación se tabulan las lecturas de la separación de las caras. Se comparan diametralmente las lecturas de la separación de la cara opuesta de A a C y B a D. Se resta la lectura menor de la mayor diametralmente opuesta. Ejemplo: si A es 0,175 "y C es igual a 0,165 ", se resta 0,165" de 0,175" y tendremos un resultado de 0,010 ". La diferencia resultante es proporcional a la cantidad de desalineación angular. La tolerancia admisible en el alineamiento angular es de 0,005 mm. Por centímetro de diámetro de las bridas. Si la lectura de la diferencia excede este valor, el motor de la transmisión marina debe moverse por medio de los tornillos niveladores, hasta que se consigna la tolerancia requerida. Al mover el motor para hacer el ajuste de la alineación angular se debe comprobar que no se altera el centrado con el eje de transmisión. Compruebe todas las lecturas de alineaciones, inserte los pernos en

las bridas y prepare los soportes del motor para la sujeción final a la estructura de la embarcación.

Montaje de Motores Marinos

(Motores en V con cilindros de 159 mm. de diámetro, y de 137 mm. de diámetro). Los rieles de montaje estándar Caterpillar se necesitan para soportar, anclar y alinear adecuadamente los motores Caterpillar en V con cilindros de 159 mm. Y 137 mm. de diámetro. Los procedimientos que se indican para establecer una base adecuada para el motor garantizaran la seguridad de funcionamiento y gran duración para los que fue diseñado y fabricado el motor.

Flexibilidad

Los cascos de las embarcaciones se flexionaran debido a tensiones internas producidas por la variación en el desplazamiento y las tensiones externas del viento, agua y temperatura. La flexión de una parte determinada del casco depende del diseño estructural del casco en su totalidad, del diseño de la sección particular o compartimiento y de la ubicación del comportamiento dentro del casco. Si el motor está montado excesivamente rígido a los miembros longitudinales de la sala de maquinas, estará sometido a tensiones ocasionadas por cualquier movimiento de estos miembros. Los rieles de montaje estándar proporcionan la flexibilidad necesaria para aislar el motor del leve movimiento de los miembros de soporte del casco. Los agujeros de los rieles de montaje están situados a una distancia de la cara interior de los rieles, de manera que los rieles se puedan flexionar, aislando las deflexiones de la embarcación. Los rieles de montaje Caterpillar deben usarse para proveer la flexibilidad necesaria para evitar la necesidad de modificar el casco.

Dilatación

El hierro fundido tiene un coeficiente de dilatación lineal de 0,0000055" por grado Fahrenheit y el acero tiene un coeficiente de dilatación lineal de 0,0000063" por grado Fahrenheit. Esto quiere decir que el bloque de un motor de 2387 mm. Se dilatará 2,12 mm. Si su temperatura aumenta de 50 °F a 200 °F. Si tomamos 0,0000063" por °F como el coeficiente de dilatación de una plancha de acero, una pieza de acero soldada de 94" se dilatará 2,26 mm. En la misma escala de temperaturas. La pequeña diferencia en dilatación entre el bloque del motor y el cárter está compensada en el diseño del motor mediante el taladrado de agujeros en la brida del riel más grandes que los pernos de fijación. La cantidad de dilatación para estos componentes principales del motor varía. Como el bloque alcanzara la temperatura de funcionamiento más rápidamente que el Carter, no deben usarse pernos rectificadas que pudieran producir restricción en la dilatación entre el bloque y el Carter. Los rieles de montaje del motor también aumentarán de temperatura, pero en menor grado. Por lo tanto, no hace falta proporcionar tanta separación entre los pernos de fijación y los rieles de montaje del motor, como se podría anticipar por la dilatación del motor.

Instrucción de Instalación

Un motor Caterpillar debe montarse y anclarse siguiendo las siguientes reglas:

- 1.- Los extremos superiores de los miembros de asiento o soporte deben estar en el mismo plano para que el motor asiente en su posición natural, es decir no debe ser pretensado.
- 2.- El sistema de anclaje debe sujetar el motor en su asiento a pesar de su vibración y cualquier empuje que se le imponga y sin embargo debe permitirle dilatarse y contraerse, ya que el motor funciona con cargas

diferentes y se le deja funcionar en vacío por periodos de tiempo a distintas temperaturas ambientes (mar y aire).

- 3.- El montaje del motor debe ser lo suficientemente flexible para absorber los movimientos imperceptibles de la estructura de apoyo, sin considerar la carga que lleva el barco y mientras este navega con el mar en cualquier estado que se encuentre, en el servicio para el que ha sido destinado.
- 4.- Cualquier acoplamiento flexible en el volante y la alineación del equipo accionado deben estar dentro de las tolerancias previstas para que otras fuerzas destructivas no sean transmitidas al cigüeñal o cojinetes.

Transmisión Marina

Una vez concluido el proceso de alineación es necesario colocar la cantidad suficiente de pernos de fijación para transmitir el empuje de la hélice a la estructura del barco. Se deben instalar suficientes pernos rectificados en la transmisión marina a fin de unirla a la estructura del barco, para soportar la fuerza de empuje. Un valor apropiado para la fuerza de empuje es de 16 kg. Por Hp requerido en el eje de la hélice. Si se utiliza un cojinete de tope independiente de la transmisión marina, no hace falta usar pernos rectificados en esta. El uso de pernos rectificados en la transmisión marina es opcional.

Montaje Anti ruido y Anti vibratorio

La vibración se puede clasificar en tres gamas de frecuencia generales. Estas son las frecuencias audibles y las que están por encima y por debajo del alcance audible. La vibración por debajo del alcance audible se nota, no se oye. Puede causar ruido desapacible de paneles estructurales flojos o vibración resonante de los miembros estructurales sólidos que tengan la misma frecuencia natural.

Cualquier vibración audible que procede de la variedad sub audible es muy difícil de localizar si el motor o cualquiera de los miembros rotativos del eje de transmisión parecen virtualmente libres de movimiento vibratorio. El método más eficaz para eliminar el ruido de baja frecuencia es proporcionar rigidez adicional al miembro o panel del casco que lo produzca.

Eliminación de Sobrecargas del Motor en Embarcaciones Pesqueras con Exceso de Horas de Navegación

Cuando la velocidad del motor (rpm), medida durante pruebas de mar de un barco no alcanza la velocidad de prueba exigida, la razón puede ser debido a las siguientes causas:

- **Ensuciamiento excesivo del casco**

Se puede resolver limpiando el casco y volviendo a efectuar las pruebas de mar:

- **Baja potencia del motor**

Se resuelve midiendo y registrando los parámetros de funcionamiento del motor, tales como en admisión y escape.

- **Transmisión o hélice incorrecta**

Sigue una exposición detallada de la resolución de esta circunstancia: esta exposición se limitara solo para hélices de paso fijo tal como es nuestro caso.

- **Reglaje del combustible del motor**

Esta causa es común observar en muchos maquinistas y astilleros esto es; intentan aumentar el reglaje de cremallera cuando el motor no alcanza la velocidad

del régimen durante las pruebas de mar. A primera vista, este remedio parece ser el más sencillo y menos costoso.

No obstante, en tal situación esta solución es incorrecta; aun cuando la velocidad del motor (rpm) aumenta hasta alcanzar la nominal. Aumentar el reglaje de cremallera de admisión da por resultado una menor vida útil del motor, mayor desgaste o aun algo peor; es decir el fallo prematuro del motor y con toda probabilidad, los costos de reparación y mantenimiento sobrepasaran con mucho el costo de sustituir o modificar la transmisión o la hélice. El remedio correcto, pero el más costoso, es instalar una hélice y/o transmisión de relación de reducción debidamente adecuada que permita al motor funcionar dentro de sus parámetros nominales. Sin embargo hay otra alternativa que consideraremos en aquellos casos en los que no se puede o no se quiera considerar el cambio de componentes en la línea de ejes. Este método consiste en una reducción del reglaje de la cremallera y de la velocidad alta en vacío del motor, como es natural, la potencia del motor y la velocidad de régimen se reducen en el proceso, no obstante aprovechamos el hecho que la demanda de potencia de la hélice disminuye mucho más rápidamente que la capacidad de potencia del motor cuando se reduce la velocidad del motor y de la hélice. El resultado neto es que el motor funcionara en sus límites de utilización y que se habrá optimizado la adecuación del motor/hélice. A continuación se da una relación a recomendación de CATERPILLAR para una hélice de paso fijo para determinar la velocidad requerida para una determinada potencia :

$$\frac{\eta p_1}{\eta p_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3$$

Donde:

hp1 = Potencia del motor producida con acelerador a tope durante las pruebas de mar. Este nivel de potencia se determina tomando como referencia la curva de rendimiento correspondiente a la potencia original del motor vendido por el suministrador y leyendo la potencia sobre la curva a la velocidad registrada.

hp2 = Demanda de potencia de la hélice calculada a la nueva velocidad (rpm) reducida del motor propuesta para esta utilización.

N1 = Velocidad del motor (rpm) observada y registrada durante la prueba de mar original antes de hacer modificaciones en el reglaje de cremallera de combustible y de velocidad en vacío (esta velocidad se debe de medir con un tacómetro de precisión).

N2 = Nueva velocidad (rpm) del motor reducida que se debe determinar al objeto de lograr una adecuación aceptable entre el motor, la transmisión y la hélice.

Hélices Marinas

La misión de la hélice es convertir la potencia liberada en el extremo de popa de la línea de ejes (DHP) y que ha sido suministrada por el motor en forma de par de giro, en un empuje dirigida hacia proa y que es utilizada en impulsar el buque. En definitiva una hélice marina actúa como una bomba de flujo axial que toma el agua de la parte anterior y la impulsa hacia atrás con lo que se genera el empuje. Mientras que una hélice es normalmente capaz de convertir más de la mitad de la potencia suministrada con el par de giro (DHP) en empuje, el resto de dicho DHP es utilizado en vencer la resistencia que opone el agua al giro de la hélice. De donde la eficiencia de la hélice se calcula como el cociente entre la potencia convertida en empuje (THP) y la potencia entregada a la hélice (DHP). Las hélices

utilizados en las embarcaciones pesqueras suelen tener 3 o 4 palas dependiendo de la mayor o menor carga a que este sometida la hélice .Normalmente es conveniente limitar la carga por pala, siendo el valor máximo permitido de 10.35 kg/cm². Otro factor a tener en cuenta a la hora de elegir el numero de palas es el vibratorio .Si el numero de palas coincide o es un submúltiplo del numero de cilindros del motor principal ,puede ser que los periodos propios del propulsor (hélice) y del conjunto línea de ejes-motor coincidan dando lugar a criticas peligrosas ,por lo cual se recomienda que a la hora de elegir hélices se tenga en cuenta este factor , por ejemplo ,para un motor de 8 cilindros , bien en línea o en V ,deberá escogerse una hélice de 3 palas o excepcionalmente una de 5 palas . El paso de una hélice es importante para redistribuir la carga que actúa sobre ella, cada punto de la cara activa de una hélice tiene un paso propio ,que puede definirse como la distancia en dirección paralela al eje de la hélice que se desplaza un área elemental ,mientras realiza una revolución alrededor de dicho eje con un radio constante. Normalmente las hélices empleados en las embarcaciones pesqueras tienen paso constante desde la raíz hasta la punta de la pala.

Metales Blancos

Se fabrican una serie de composiciones de metal blanco para cojinetes de alta calidad y resistencia. Dichas aleaciones están formuladas bajo normas ASTM, DIN, SAE.

Metal Blanco(A):

Esta aleación se emplea para trabajos forzados y en altas velocidades como así también para temperaturas elevadas; se puede utilizar para velocidades superiores a las 2.000 rpm. Con cargas extremadamente altas y gran resistencia

a la compresión, se usa para motores diesel marinos, turbinas, máquinas de vapor.

Metal Blanco (B):

Esta aleación se emplea donde las velocidades superan las 2.000 rpm. Con cargas medianas y temperaturas superiores a las 70°C. Se utiliza para motores a explosión de grandes y bajas potencias ya sea de 2T como de 4T, motores eléctricos, ventiladores, forzadores y todo tipo de máquina industrial con media velocidad.

Metal Blanco(C):

Este metal se emplea donde las velocidades no superan las 1.500 rpm. y con cargas extremadamente altas. Se utiliza para máquinas pesadas, molinos, ascensores, moliendas, vagones, válvulas y todo tipo de máquina industrial donde las velocidades no son extremadamente altas.

Metal Blanco (D):

Este es el más económico de todos los metales blancos, pero dadas sus características físicas se emplea para máquinas pesadas con bajas velocidades no pasando éstas de las 700 rpm. Hasta 90°C.

Tablas para Determinar la Deflexión del Eje en Voladizo Según el Método de Caída Estimada del Eje.

Figura N°.41

Eje L/d	Diámetro del eje (pulgadas)						
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
8	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004
9	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
10	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.007	0.008
11	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.009	0.012
12	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.013	0.016
13	0.003	0.005	0.008	0.010	0.013	0.017	0.021
14	0.004	0.007	0.010	0.014	0.018	0.022	0.028
15	0.006	0.009	0.013	0.017	0.023	0.029	0.035
16	0.007	0.011	0.016	0.022	0.029	0.036	0.045
17	0.009	0.014	0.020	0.028	0.036	0.046	0.056
18	0.011	0.017	0.025	0.034	0.044	0.056	0.069
19	0.014	0.021	0.031	0.042	0.054	0.069	0.085
20	0.016	0.026	0.037	0.050	0.066	0.083	0.103
21	0.020	0.031	0.044	0.060	0.079	0.100	0.123
22	0.023	0.037	0.053	0.072	0.094	0.119	0.147
23	0.028	0.043	0.062	0.085	0.111	0.140	0.173
24	0.033	0.051	0.073	0.100	0.130	0.165	0.203
25	0.038	0.059	0.085	0.116	0.152	0.192	0.237
26	0.044	0.069	0.099	0.135	0.176	0.223	0.275
27	0.051	0.079	0.114	0.155	0.203	0.257	0.317
28	0.058	0.091	0.131	0.178	0.233	0.295	0.364
29	0.067	0.104	0.150	0.204	0.266	0.337	0.416
30	0.076	0.118	0.170	0.232	0.303	0.383	0.473

Eje L/d	Diámetro del eje (pulgadas)						
	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
8	0.004	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
9	0.006	0.007	0.008	0.009	0.011	0.013	0.014
10	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.018	0.021
11	0.012	0.014	0.017	0.019	0.023	0.026	0.029
12	0.016	0.019	0.023	0.027	0.031	0.035	0.040
13	0.021	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.054
14	0.028	0.033	0.040	0.047	0.054	0.062	0.071
15	0.035	0.043	0.051	0.060	0.070	0.080	0.091
16	0.045	0.054	0.065	0.076	0.088	0.101	0.115
17	0.056	0.068	0.081	0.095	0.110	0.127	0.144
18	0.069	0.084	0.100	0.117	0.136	0.156	0.178
19	0.085	0.103	0.122	0.144	0.166	0.191	0.217
20	0.103	0.124	0.148	0.174	0.201	0.231	0.263
21	0.123	0.149	0.178	0.208	0.242	0.278	0.316
22	0.147	0.178	0.211	0.248	0.288	0.330	0.376
23	0.173	0.210	0.250	0.293	0.340	0.390	0.444
24	0.203	0.246	0.293	0.344	0.399	0.458	0.521
25	0.237	0.287	0.342	0.401	0.465	0.534	0.608
26	0.275	0.333	0.396	0.465	0.539	0.619	0.704
27	0.317	0.384	0.457	0.536	0.622	0.714	0.812
28	0.364	0.441	0.524	0.615	0.714	0.819	0.932
29	0.416	0.503	0.599	0.703	0.815	0.936	1.065
30	0.473	0.573	0.681	0.800	0.927	1.065	1.211

Para el diámetro del cubo = 1,40 a 1,74 veces el diámetro del eje.

Figura N°- 42

Eje L/d	Diámetro del eje (pulgadas)						
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
8	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
9	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.007	0.008
10	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012
11	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.013	0.016
12	0.004	0.006	0.008	0.011	0.014	0.018	0.022
13	0.005	0.007	0.010	0.014	0.019	0.024	0.029
14	0.006	0.009	0.014	0.018	0.024	0.030	0.038
15	0.008	0.012	0.017	0.023	0.031	0.039	0.048
16	0.010	0.015	0.022	0.029	0.038	0.049	0.060
17	0.012	0.019	0.027	0.036	0.047	0.060	0.074
18	0.015	0.023	0.033	0.044	0.058	0.074	0.091
19	0.018	0.027	0.040	0.054	0.070	0.089	0.110
20	0.021	0.033	0.048	0.065	0.084	0.107	0.132
21	0.025	0.039	0.057	0.077	0.101	0.127	0.157
22	0.030	0.046	0.067	0.091	0.119	0.150	0.186
23	0.035	0.054	0.078	0.107	0.139	0.176	0.218
24	0.041	0.063	0.091	0.124	0.163	0.206	0.254
25	0.047	0.074	0.106	0.144	0.188	0.238	0.294
26	0.054	0.085	0.122	0.166	0.217	0.275	0.339
27	0.062	0.097	0.140	0.191	0.249	0.315	0.389
28	0.071	0.111	0.160	0.218	0.284	0.360	0.444
29	0.081	0.126	0.182	0.247	0.323	0.409	0.505
30	0.091	0.143	0.206	0.280	0.366	0.463	0.572

Eje L/d	Diámetro del eje (pulgadas)						
	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
8	0.006	0.007	0.008	0.009	0.011	0.013	0.014
9	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.019	0.021
10	0.012	0.014	0.017	0.020	0.023	0.027	0.030
11	0.016	0.020	0.024	0.028	0.032	0.037	0.042
12	0.022	0.027	0.032	0.037	0.043	0.050	0.056
13	0.029	0.035	0.042	0.049	0.057	0.065	0.074
14	0.038	0.045	0.054	0.064	0.074	0.085	0.096
15	0.048	0.058	0.069	0.081	0.094	0.108	0.122
16	0.060	0.073	0.086	0.101	0.117	0.135	0.153
17	0.074	0.090	0.107	0.125	0.145	0.167	0.190
18	0.091	0.110	0.131	0.153	0.178	0.204	0.232
19	0.110	0.133	0.158	0.186	0.216	0.247	0.282
20	0.132	0.160	0.190	0.223	0.259	0.297	0.338
21	0.157	0.190	0.226	0.266	0.308	0.354	0.402
22	0.186	0.225	0.267	0.314	0.364	0.418	0.475
23	0.218	0.264	0.314	0.368	0.427	0.490	0.558
24	0.254	0.307	0.366	0.429	0.498	0.571	0.650
25	0.294	0.356	0.424	0.497	0.577	0.662	0.754
26	0.339	0.411	0.489	0.573	0.665	0.763	0.869
27	0.389	0.471	0.560	0.658	0.763	0.876	0.996
28	0.444	0.538	0.640	0.751	0.871	1.000	1.137
29	0.505	0.611	0.727	0.854	0.990	1.136	1.293
30	0.572	0.692	0.823	0.966	1.121	1.286	1.464

Para el diámetro del cubo = 1.75 a 1.99 veces el diámetro del eje.

Figura N°-43

Eje L/d	Diámetro del eje (pulgadas)						
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
8	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008
9	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.009	0.011
10	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.013	0.016
11	0.004	0.006	0.008	0.011	0.014	0.018	0.022
12	0.005	0.007	0.011	0.014	0.019	0.024	0.030
13	0.006	0.010	0.014	0.019	0.025	0.031	0.039
14	0.008	0.012	0.018	0.024	0.032	0.040	0.050
15	0.010	0.016	0.022	0.031	0.040	0.051	0.062
16	0.012	0.019	0.028	0.038	0.050	0.063	0.078
17	0.015	0.024	0.034	0.047	0.061	0.077	0.096
18	0.019	0.029	0.042	0.057	0.074	0.094	0.116
19	0.022	0.035	0.050	0.069	0.089	0.113	0.140
20	0.027	0.042	0.060	0.082	0.107	0.135	0.167
21	0.032	0.049	0.071	0.097	0.126	0.160	0.197
22	0.037	0.058	0.084	0.114	0.148	0.188	0.232
23	0.043	0.068	0.097	0.133	0.173	0.219	0.271
24	0.050	0.079	0.113	0.154	0.201	0.254	0.314
25	0.058	0.091	0.130	0.178	0.232	0.293	0.362
26	0.067	0.104	0.150	0.204	0.266	0.337	0.416
27	0.076	0.119	0.171	0.233	0.304	0.385	0.475
28	0.086	0.135	0.194	0.265	0.345	0.437	0.540
29	0.098	0.153	0.220	0.299	0.391	0.495	0.611
30	0.110	0.172	0.248	0.338	0.441	0.558	0.689

Eje L/d	Diámetro del eje (pulgadas)						
	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
8	0.008	0.009	0.011	0.013	0.015	0.018	0.020
9	0.011	0.014	0.016	0.019	0.022	0.026	0.029
10	0.016	0.020	0.023	0.027	0.032	0.036	0.041
11	0.022	0.027	0.032	0.037	0.043	0.050	0.057
12	0.030	0.036	0.043	0.050	0.058	0.067	0.076
13	0.039	0.047	0.056	0.065	0.076	0.087	0.099
14	0.050	0.060	0.071	0.084	0.097	0.111	0.127
15	0.062	0.076	0.090	0.106	0.122	0.141	0.160
16	0.078	0.094	0.112	0.131	0.152	0.175	0.199
17	0.096	0.116	0.138	0.161	0.187	0.215	0.245
18	0.116	0.141	0.167	0.196	0.228	0.261	0.297
19	0.140	0.169	0.201	0.236	0.274	0.315	0.358
20	0.167	0.202	0.240	0.282	0.327	0.375	0.427
21	0.197	0.239	0.284	0.334	0.387	0.444	0.505
22	0.232	0.281	0.334	0.392	0.455	0.522	0.594
23	0.271	0.328	0.390	0.458	0.531	0.609	0.693
24	0.314	0.380	0.452	0.531	0.616	0.707	0.804
25	0.362	0.438	0.522	0.612	0.710	0.815	0.928
26	0.416	0.503	0.599	0.703	0.815	0.935	1.064
27	0.475	0.575	0.684	0.802	0.931	1.068	1.215
28	0.540	0.653	0.777	0.912	1.058	1.215	1.382
29	0.611	0.739	0.880	1.033	1.198	1.375	1.564
30	0.689	0.834	0.992	1.165	1.351	1.551	1.764

Para el diámetro del cubo = 2.00 a 2.25 veces el diámetro del eje.