

ALINEACIÓN DE DOS LÍNEAS DE PROPULSIÓN DE UN VELERO DE 50 METROS DE ESLORA

Treball Final de Grau



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:

Fernando Anselmo Garcia Homar

Dirigit per:

Germán de Melo Rodríguez

Grau en Tecnologies Marines

Barcelona, Junio de 2019

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutica





El trabajo en equipo es la capacidad de trabajar juntos hacia una visión común. La capacidad de dirigir los logros individuales hacia los objetivos de la organización. Es el combustible que permite a la gente común obtener resultados poco comunes.

- Andrew Carnegie -





1 AGRADECIMIENTOS

Antes de todo me gustaría agradecer a todo el equipo de Astilleros de Mallorca la oportunidad que me ha dado con la posibilidad de realizar prácticas en sus instalaciones y aprender tanto en tan poco tiempo.

Además me gustaría agradecerle en particular a mi tutor en la empresa el esfuerzo que ha hecho para colocarme en tantos proyectos diferentes ya que he podido ver muchas cosas distintas que me ayudarán en un futuro.

Y para finalizar dar las gracias a mis compañeros en el taller que tanto me han ayudado y enseñado ya no solo en temas mecánicos sino en la forma de trabajar, de afrontar los problemas y sobre todo a trabajar en equipo, ya que no hay méritos individuales porque todos somos un equipo.





2 RESUMEN

El objetivo de este proyecto es estudiar cómo se realiza la alineación de dos líneas de propulsión de un motovelero de 50 metros de eslora, y ver el procedimiento paso a paso de cómo lograr una alineación correcta con el fin de reducir tiempo y costes en futuras averías.

Los errores de alineación en las máquinas rotatorias pueden causar numerosos problemas, como desgaste prematuro del material que puede llegar a causar desde pérdidas de producción hasta inactividad imprevista y mayores costes de mantenimiento. Esto puede evitarse, en gran medida, alineando bien la máquina de propulsión con su respectivo eje durante la instalación y siguiendo un programa de mantenimiento adecuado con el tiempo.



3 ABSTRACT

Alignment errors in rotary machines can cause numerous problems, from production losses to unplanned inactivity and increased maintenance costs. This can be avoided to a great extent by aligning the machines well during the installation and following a suitable maintenance program over time.

Modern machines require precision alignment to stay within a recommended tolerance range and, on occasion, conventional alignment methods are not appropriate and result in poor alignment. A common alignment method is to use rulers or gauges, which depend on the limited resolution of the human eye.

The objective of this project is to realize a study of how the alignment of two propeller lines of a sailboat of 50 meters in length is carried out, and see the step by step procedure of how to achieve an almost perfect alignment in order to reduce costs and time in future troubleshooting.

.



4 ÍNDICE

<u>1</u>	<u>AGRADECIMIENTOS.....</u>	<u>5</u>
<u>2</u>	<u>RESUMEN</u>	<u>7</u>
<u>3</u>	<u>ABSTRACT.....</u>	<u>8</u>
<u>4</u>	<u>ÍNDICE</u>	<u>9</u>
<u>5</u>	<u>ÍNDICE DE IMÁGENES, TABLAS Y ECUACIONES</u>	<u>13</u>
5.1	IMÁGENES.....	13
5.2	TABLAS	15
5.3	ECUACIONES.....	15
<u>6</u>	<u>GLOSARIO</u>	<u>17</u>
<u>7</u>	<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>19</u>
<u>8</u>	<u>OBJETIVO Y NORMATIVA</u>	<u>23</u>
8.1	OBJETIVO.....	23
8.2	NORMATIVA	24
<u>9</u>	<u>HERRAMIENTAS Y MATERIALES.....</u>	<u>31</u>
9.1	HERRAMIENTAS PARA LA ALINEACIÓN	31



9.2 MATERIAL PARA LA FIJACIÓN: CHOCKFAST NARANJA.....	35
<u>10 EQUIPOS A ALINEAR</u>	<u>45</u>
10.1 EJES.....	46
10.2 REDUCTORAS	46
10.3 MOTORES PRINCIPALES	47
<u>11 ALINEACIÓN DE EJE CON REDUCTORA</u>	<u>49</u>
11.1 PRIMER DÍA.....	49
11.2 SEGUNDO DÍA.....	50
11.3 TERCER DÍA	51
11.4 CUARTO DÍA.....	52
11.5 QUINTO DÍA	53
11.6 SEXTO DÍA.....	53
11.7 SÉPTIMO DÍA (48H DESPUÉS).....	54
11.8 RESULTADO FINAL DE ALINEACIÓN DE EJE CON REDUCTORA	55
<u>12 ALINEACIÓN DE REDUCTORA CON MOTOR PRINCIPAL</u>	<u>61</u>
12.1 PRIMER DÍA.....	61
12.2 SEGUNDO DÍA.....	62
12.3 TERCER DÍA (48 H)	62
12.4 CUARTO DÍA.....	63



12.5	QUINTO DÍA	64
12.6	RESULTADO FINAL DE ALINEACIÓN EN LOS MOTORES PRINCIPALES	65
13	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>71</u>
14	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>73</u>
15	<u>ANEXOS.....</u>	<u>77</u>
15.1	PROCEDIMIENTO PARA EL USO DE CHOCKFAST EN CAJERAS.....	77
15.2	FICHA TÉCNICA DE LAS REDUCTORAS.	79
15.3	FICHA TÉCNICA DE LOS MOTORES PRINCIPALES.....	80
15.4	PLANO OIL DISTRIBUTION BOX.....	81
15.5	PLANO SISTEMA DE PROPULSIÓN.....	81
15.6	PLANO SILENTBLOCK DE MOTOR.	82
15.7	NORMATIVA.....	83
15.8	SUPLEMENTOS DE NORMATIVA	93





5 ÍNDICE DE IMÁGENES, TABLAS Y ECUACIONES

5.1 IMÁGENES

Imagen 1. Plano de OD-Box.	18
Imagen 2. Plano de silentblock de motor principal.	18
Imagen 3. Métodos de alineación (SKF, Método de alineación).	20
Imagen 4. Vista de la sala de máquinas des de la cubierta principal.....	23
Imagen 5. Colocación de reloj para alineación radial.	31
Imagen 6. Colocación de reloj para alineación angular.....	32
Imagen 7. Tipos de alineación (SKF, Tipos de alineación).....	32
Imagen 8. Reloj comparador usado para la alineación.....	32
Imagen 9. Reloj comparador mitutoyo (Mitutoyo).	32
Imagen 11. Contretes de empuje de la reductora.	33
Imagen 12. Pesos del motor y reductora.	33
Imagen 10. Contretes de empuje del motor.....	33
Imagen 13. Grasa blanca antigripante.	34
Imagen 14. Chockfast.....	35
Imagen 15. Ajustar la espuma a la altura apropiada.....	38
Imagen 16. Insertar encofrado para el plan de taqueado 6.	39
Imagen 17. Tapar los agujeros de los pernos (con los tapones bien engrasados.) Rociar la zona de taqueado (con una fina capa de agente desmoldeante).....	39



Imagen 18. Soldar provisionalmente la chapa del encofrado. Insertar los componentes del bebedero.....	40
Imagen 19. Sellar la parte baja de la chapa frontal del encofrado. Rociar la cara interior con agente desmoldeante.	40
Imagen 20. Medir espesores.	41
Imagen 21. Mezclar la Resina y el endurecedor durante 2-3 minutos.	42
Imagen 22. Verter en el bajo fondo.	42
Imagen 23. Plano de propulsión.	45
Imagen 24. Vista de motor-reductora-od/box.....	45
Imagen 25. Vista del eje en el interior de la sala de máquinas.....	46
Imagen 26. Vista de frente de la reductora.	46
Imagen 27. Bomba de agua de la reductora.	47
Imagen 28. Od-box.....	47
Imagen 29. Vista de los motores principales y sus silenciadores.....	47
Imagen 31. Alineación de la reductora con el carrete.	49
Imagen 30. Vista de od-box ya montada.	49
Imagen 32. Disposición de concretos.....	50
Imagen 33. Carrete en substitución de la OD-Box.....	51
Imagen 34. Alineación radial y angular.....	52
Imagen 35. Chockfast vertido en reductora.....	53
Imagen 37. Durómetro (Sauter).....	54

Imagen 36. Barcol test (composites).	54
Imagen 38. Chockfast finalizado.	54
Imagen 41. Vista de las cajas.	61
Imagen 39. Posición de trabajo entre motor y reductora.	61
Imagen 40. Vista del acoplamiento a punto de ser montado.	61
Imagen 42. Chockfast vertido en motor.	62
Imagen 43. Vista de motor y reductora ya alineado.	63
Imagen 44. Posición del reloj comparador para alinear de forma angular.	63
Imagen 45. Sala de máquinas ya montada y terminada.	71

5.2 TABLAS

Tabla 1. 4-3-2/7.5.1: Harmónico permitido.	26
Tabla 2. Gráfico de temperaturas del acero.	43
Tabla 3. Propiedades mecánicas de tornillos (tornillera.com).	52

5.3 ECUACIONES

Ecuación 1. Esfuerzo vibratorio permisible.	27
Ecuación 2. Rango restringido.	27





6 GLOSARIO

- **Barrón:** Es un eje que forma parte del sistema de paso variable, es el encargado de trasladar el movimiento desde la OD-Box hasta la propia hélice. El barrón va por el interior del eje principal de propulsión y gira solidariamente con este.
- **Durómetro:** Es un equipo que sirve para medir la dureza de metales y plásticos duros, además de resinas como el chockfast. Consta de una aguja que ejerce presión sobre el material y proporciona el dato de dureza.
- **Línea de propulsión:** Es el conjunto propulsivo, en este proyecto: eje, reductora y motor. Además es una línea imaginaria que se toma a la entrada y salida de la bocina, ya que es el punto que no se puede modificar, una vez montado el eje en la bocina este ya queda alineado, y a partir de este momento ya se puede empezar a alinear el resto de equipos.
- **Llave dinamométrica:** Es una herramienta que se utiliza para medir el par de apriete y se usa para apretar los pernos con el torque que necesitan.
- **Masilla de carroceros:** Es un sellador preformado que sirve para sellar aberturas con la particularidad de que no endurece.
- **OD-Box:** Es la caja de distribución de aceite, se encarga de realizar el movimiento del paso controlable, y lo hace con un pistón y una cámara de aceite que dependiendo de por donde se inyecte el aceite, el barrón, que es la parte acoplada al pistón, se mueva adelante o atrás.

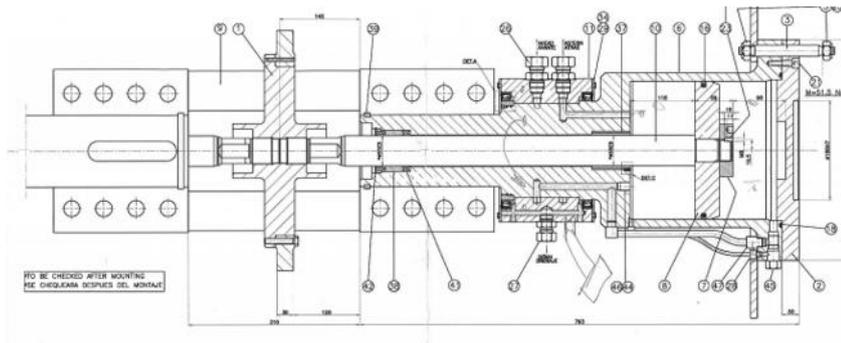


Imagen 1. Plano de OD-Box.

- Presentar “de forma mecánica”: La expresión presentar en un taller se refiere a cuando se coloca una pieza en el sitio donde va montada pero no se ajusta, como por ejemplo, se coloca una válvula pero los pernos no quedan apretados, en este momento la válvula está presentada.

- Silentblock: Es la pieza que va situada entre la bancada y los soportes del motor o de la reductora, consta de un sándwich de metal-goma-metal el cual impide que se trasladen las vibraciones producidas por las máquinas al propio buque. Estas piezas no solo se usan en equipos marinos sino en cualquier sitio donde no se quieran vibraciones: bombas, automoción,...

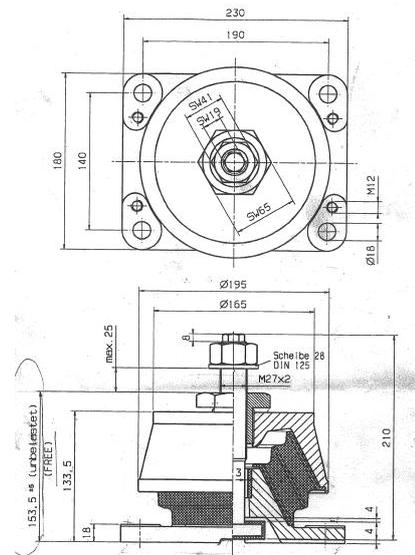


Imagen 2. Plano de silentblock de motor principal.

- Spray ring: Este sistema sirve para refrigerar los gases de escape, va acoplado a al propio tubo de escape y funciona con agua que es pulverizada dentro del tubo en forma de spray provocando que el gas se enfríe antes de salir a la atmosfera, la capacidad de refrigeración va desde una temperatura superior a los 300°C a la salida del escape hasta una temperatura cercana a los 50°C.



7 INTRODUCCIÓN

Los errores de alineación en las máquinas rotatorias pueden causar numerosos problemas, desde pérdidas de producción hasta paradas de actividad no planeadas que producen un aumento significativo de gastos. La mayoría de estos problemas se pueden evitar realizando una correcta alineación durante el montaje y después con sus respectivas paradas de mantenimiento.

La alineación de los ejes ayuda a alargar la vida útil de la máquina, protegiendo la disponibilidad de la misma e incrementando la calidad de la producción y la eficiencia del equipo, provocando que los niveles de vibraciones se reduzcan al mínimo.

Las máquinas desalineadas producen fuerzas de reacción muy altas en los acoplamientos, lo que a su vez provoca altas temperaturas y desgaste prematuro en los materiales de la propia máquina como sellos, acoplamientos e incluso llegando a perjudicar el propio eje. Un nivel alto de vibraciones o elevadas temperaturas suelen ser las primeras pistas para sospechar de defectos en la línea del equipo. Los efectos de la temperatura elevada como resultado de la desalineación de los ejes:

- Cuando el equipo tiene una desalineación, los acoplamientos flexibles empiezan a calentarse haciendo que trabajen a temperaturas diferentes a la nominal, provocando desgaste de material.
- Altas fuerzas de reacción y fallos que provocan roturas en los acoplamientos y pérdidas de producción.

¿Por qué es importante el alineamiento de precisión de los ejes?

El alineamiento de precisión de los ejes es ventajoso, ya que evita:

- Un mayor consumo energético a causa de un aumento de la fricción
- Mayor número de fallos, evita averías precipitadas cojinetes, acoplamientos, retenes e incluso en el propio eje.

Y ofrece:

- Una planificación las paradas de mantenimiento, ya que no hay desgastes excesivos y por lo tanto se puede adoptar un tipo de mantenimiento predictivo en lugar de uno correctivo.
- Reduce costes de mantenimiento, ya que pasa a ser un mantenimiento predictivo.
- Disminuye la posibilidad de paradas de planta no deseadas.
- Aumenta la fiabilidad de la máquina.
- Reduce considerablemente la vibración y el ruido de la máquina

Métodos convencionales de alineamiento de ejes

Para la alineación de las máquinas existen varios métodos muy utilizados. A medida que ha ido avanzando la tecnología la forma de alinear también ha evolucionado. Los tres métodos más utilizados son: reglas o galgas (A), reloj comparador (B) y láser (C).

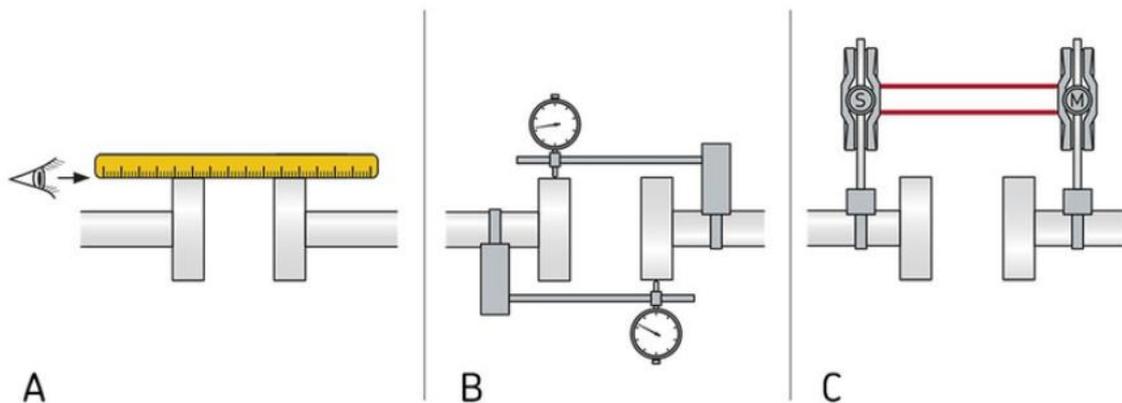


Imagen 3. Métodos de alineación (SKF, Método de alineación).



- Galgas o reglas: Aunque es el método más antiguo de los tres, este se sigue usando para alineaciones que no son críticas, que pueden absorber bastante holgura, como por ejemplo la línea que recorre la cadena del ancla desde que entra al buque hasta que llega a la caja de cadenas, esta debe ser una línea lo más recta posible pero no tiene porqué estar alineada a la centésima de milímetro. La ventaja de este sistema es que es rápido y fácil de usar aunque como se ha dicho anteriormente no tiene muy buena precisión.
- Reloj comparador: Este es el método que se usa en este proyecto. Este método ofrece una precisión de 1/100 mm, por lo tanto es muy utilizado en alineaciones críticas como la línea de propulsión de un buque ya que aparte de su precisión es bastante económico. Por otra parte es un sistema complicado de manejar y se requiere experiencia para poder llevar a cabo una alineación.
- Alineación por láser: Es el método más moderno, por lo tanto el más preciso, rápido y no es muy complicado de usar. Su problema es el precio, es un equipo que no está al alcance de todas las empresas.



8 OBJETIVO Y NORMATIVA

8.1 OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es describir un proyecto de reparación realizado en un motovelero Perini Navi de 50 metros de eslora. En este proyecto se llevó a cabo una obra en la sala de máquinas que duro 10 meses y donde se desmontó toda la cámara de máquinas y se volvió a montar cambiando prácticamente todos los equipos que había en ella.

Concretamente, en este trabajo se describirá la operación de alineación y acoplamiento de eje-reductora-motor de ambas líneas de propulsión, con el objetivo de aprender el porqué y el cómo se debe realizar esta operación cuando la línea de propulsión se desacopla para realizar tareas de mantenimiento en ella.

Esta alineación se explicará en forma de diario ya que es un proyecto real que se llevó a cabo durante el verano de 2017 (durante mis prácticas en Astilleros de Mallorca). De esta forma se verá tal y como se procedió a realizar el proyecto, también se observará los problemas que hubo y como se solucionaron. Se ha elegido explicarlo de manera cronológica para una comprensión más sencilla y más clara del proyecto.

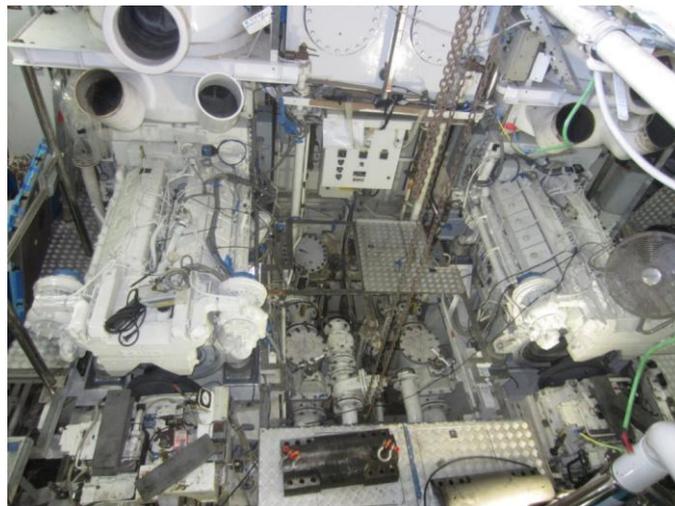


Imagen 4. Vista de la sala de máquinas des de la cubierta principal.



8.2 NORMATIVA

La normativa aplicada en este proyecto es:

- REGLAS DE ABS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y LA CLASIFICACIÓN DE LOS BUQUES DE ACERO 2000.
 - Parte 4; Capítulo 3: Maquinaria de Propulsión y Maniobra; Sección 2: de eje de propulsión

A continuación se muestra un pequeño resumen de la normativa que se ha usado, mostrando los puntos más importantes, el resto de la normativa se encuentra en los anexos.

7. Alineación del eje de propulsión y vibraciones.

7.3 Cálculos de alineación de ejes.

En general, los cálculos de alineación de ejes deben enviarse para referencia. Específicamente, los siguientes tipos de instalación sensibles a la alineación deben enviarse para su revisión:

- i) Ejes de propulsión con engranajes reductores donde el engranaje de toro es impulsado por dos o más piñones de avance.
- ii) Ejes de propulsión con toma de fuerza o con arreglos de potencia de refuerzo.
- iii) Ejes de propulsión para los cuales los cojinetes del eje de cola se encuentran inclinados.

Los cálculos de alineación deben incluir reacciones de los cojinetes, fuerzas de corte y momentos de flexión a lo largo del eje.

Los cálculos de alineación deben realizarse para las siguientes condiciones, según corresponda:



Alineación teórica de las condiciones de frío y calor del eje con tolerancias de alineación especificadas.

Desviación de las condiciones alineadas teóricas debido a las fuerzas ejercidas por la toma de fuerza o la potencia de refuerzo.

Los cálculos deben realizarse para las tolerancias de alineación máximas permitidas y deben mostrar que:

- Las cargas de los cojinetes en todas las condiciones de operación están dentro de los límites aceptables especificados por el fabricante del cojinete.
- Las reacciones de los cojinetes son siempre positivas (es decir, soportan el eje).
- Las fuerzas de corte y los momentos de flexión en el eje están dentro de los límites aceptables en asociación con otras tensiones en el eje.
- Las fuerzas y los momentos en los equipos de propulsión están dentro de los límites especificados por los fabricantes de maquinaria.

7.5 Vibraciones torsionales.

7.5.1 Tensión admisible para un solo armónico.

El esfuerzo de vibración torsional en el sistema de ejes de propulsión, incluidos los acoplamientos, engranajes, tomas de fuerza para la conducción de los auxiliares, embragues, amortiguadores, etc., debido a un solo factor de excitación armónica en el pico de resonancia, no debe exceder el esfuerzo vibratorio permitido. S, dado en 4-3-2 / Tabla 1.

Allowable vibratory stress for single harmonic

	<i>SI units</i>	<i>MKS units</i>	<i>US units</i>
S = allowable vibratory stress	$\frac{U + 160}{18} C_K C_D C_r$ N/mm ²	$\frac{U + 16.3}{18} C_K C_D C_r$ kgf/mm ²	$\frac{U + 23180}{18} C_K C_D C_r$ psi
U = minimum tensile strength of shaft material	To be taken as not more than 600 N/mm ² (see Note)	To be taken as not more than 61.2 kgf/mm ² (see Note)	To be taken as not more than 87,000 psi (see Note)
C_K = shaft design factor	<ul style="list-style-type: none"> - 1.0 for line shaft with integral coupling flanges or shrink fit couplings. - 0.85 for thrust shafts external to engines, on both sides of thrust collar or in way of roller thrust bearings. - 0.60 for line shafts with keyways. - 0.55 for tail shafts, tube shafts and crank shafts. Other shafts will be subject to special consideration.		
C_D = size factor	$0.35 + \frac{0.93}{\sqrt[3]{d}}$	$0.35 + \frac{0.93}{\sqrt[3]{d}}$	$0.35 + \frac{0.487}{\sqrt[3]{d}}$
d = actual shaft diameter	mm	mm	in.
C_r = speed ratio factor	$3 - 2\lambda^2$ for $\lambda < 0.9$ 1.38 for $0.9 \leq \lambda \leq 1.05$		
λ	<u>Critical speed (RPM) at which vibratory stress is calculated</u> rated speed (RPM)		

Note: Regardless of the actual minimum specified tensile strength of the shaft (tail shaft, tube shaft and line shaft, as applicable) material, the value of U used in these calculations is not to exceed the values indicated. Higher value of U , but not exceeding 800 N/mm² (81.5 kgf/mm², 116,000 psi) may be specially considered for line shaft.

Tabla 1. 4-3-2/7.5.1: Harmónico permitido.

7.5.2 Límite para el estrés vibratorio total.

El esfuerzo vibratorio total en el intervalo de 90% a 105% de la velocidad nominal debida a los armónicos resonantes y las partes magnificadas dinámicamente de los armónicos no resonantes significativos no debe exceder el 150% del esfuerzo permisible para un solo factor de excitación armónica.

7.5.3 Operación por debajo de la velocidad nominal.

Cuando el servicio es tal que la embarcación operará durante una parte significativa de la vida a velocidades inferiores al 90% de la velocidad nominal, los límites de tensión en el intervalo = 0.9 a = 1.05 como se muestra en 4-3-2 / 7.5.2 son ser utilizado en tales rangos de velocidad.

7.5.5 Rangos de velocidad perjudiciales.

Cuando los esfuerzos de vibración torsional superan los límites anteriores, a una velocidad dentro del rango de operación pero menos del 80% de la velocidad nominal, se debe proporcionar un rango perjudicial. El esfuerzo vibratorio permisible en un rango perjudicial debido a las vibraciones torsionales alternas no debe exceder los valores dados por lo siguiente:

$$S_2 = \frac{1.7S}{\sqrt{C_k}} \text{ for } \lambda \leq 0.8$$

Ecuación 1. Esfuerzo vibratorio permisible.

Dónde:

S_2 = esfuerzo vibratorio permisible dentro de un rango perjudicial, N / mm², kgf / mm² o psi.

λ , S , C_k son como se definen en 4-3-2 / 7.5.1.

Los rangos bloqueados no son aceptables en el rango de velocidad entre 0.8 y 1.05 de la velocidad nominal.

La existencia de un rango restringido a velocidades inferiores a 0,8 de la velocidad nominal debe considerarse al establecer velocidades de operación estándar para el barco. El ancho del rango restringido es tener en cuenta la amplitud y la gravedad de la velocidad crítica, pero no debe ser inferior a los siguientes límites:

$$\frac{16n_c}{18-\lambda} \geq n_l \text{ and } \frac{(18-\lambda)n_c}{16} \leq n_u$$

Ecuación 2. Rango restringido.

Donde n_c = velocidad crítica; n_l = límite inferior; n_u = límite superior; y λ es como se define en 4-3-2 / Tabla 1.



7.7 Vibraciones axiales.

El diseñador o el constructor deben evaluar el sistema de ejes para garantizar que las características de vibración axial en asociación con las fuerzas de frecuencia del motor diesel o la pala de la hélice no produzcan efectos perjudiciales en todo el rango de velocidad de operación del motor, teniendo también en cuenta la posibilidad de el acoplamiento de vibraciones torsionales y axiales, a menos que la experiencia con instalaciones de sistemas de ejes similares lo haga innecesario. Las vibraciones axiales pueden controlarse mediante detectores de vibración axial para cambiar la frecuencia natural del sistema o mediante amortiguadores de vibración axial para limitar la amplitud de las vibraciones axiales a un nivel aceptable.

Cuando en base a los cálculos de vibración axial el diseñador o constructor propuso proporcionar rangos de velocidad restringidos dentro del rango de velocidad de operación del motor, los cálculos deben enviarse para información.

Los rangos de velocidad restringidos debidos a las vibraciones axiales deben verificarse y establecerse mediante medición.

7.9 Vibraciones laterales (giratorias).

El diseñador o el constructor deben evaluar el sistema de ejes para garantizar que las amplitudes de vibración lateral (giro) sean de una magnitud aceptable en todo el rango de velocidad de operación del motor, a menos que la experiencia con instalaciones de sistemas de ejes similares lo haga innecesario.

Cuando, en base a los cálculos de vibración lateral, el diseñador o constructor propuso proporcionar rangos de velocidad restringidos dentro del rango de velocidad de operación del motor, los cálculos deben enviarse para información. Los rangos de velocidad restringidos debidos a la vibración lateral deben verificarse y establecerse mediante medición.

11 Instalación y ensayos.

11.1 Alineación de ejes.

11.1.1 Alineación.

La alineación del eje se debe llevar a cabo en presencia de un inspector. La alineación normalmente se verifica en condiciones a flote con la superestructura en su lugar. Cuando se requiere que los cálculos de alineación se presenten de acuerdo con 4-3-2 / 7.3, los datos de alineación calculados deben ser verificados y registrados mediante procedimientos de medición apropiados en presencia y para la satisfacción de un inspector.

11.1.2 Calzas de resina fundida.

Los calzos de resina destinados al bloqueo de la base del rodamiento del eje o del tubo de popa deben ser de un tipo aprobado (consulte 4-1-1 / 3.5 para la aprobación de tipo).

No se debe confiar en los calzos de resina para mantener la integridad impermeable del casco o la integridad a prueba de aceite del sistema de aceite lubricante. En consecuencia, debe evitarse el contacto directo de los calzos de resina con agua o aceite. Cuando se utilicen, las disposiciones y los procedimientos de instalación deben estar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los arreglos de la instalación propuesta, junto con los parámetros de instalación tales como el peso muerto, el par de apriete del perno de sujeción, etc., y los cálculos que muestran que no se excede la presión permitida especificada por el fabricante, deben presentarse para su revisión en cada caso.

11.7 Pruebas de mar.

La instalación de ejes se debe probar durante las pruebas en el mar en diversas condiciones de maniobra. Debe libre de vibraciones críticas y para la satisfacción del Inspector.



9 HERRAMIENTAS Y MATERIALES

9.1 HERRAMIENTAS PARA LA ALINEACIÓN

- Reloj comparador: Referencia bibliográfica: (Metrologia)

El reloj comparador no se usa para obtener medidas absolutas de dimensiones, sino que se emplea mayoritariamente para determinar la diferencia de altura, tanto en la inclinación de una superficie o en la excentricidad de un eje o rueda. En este caso se busca un punto de referencia y luego se determinan las demás cotas respecto a esta referencia.

Para comprobar la alineación de una brida con otra se colocan de modo que una sea fija, donde apoyará el reloj, y la otra pueda girar libremente, como aparece en la imagen 5 y 6. Para realizar la alineación debe tenerse en cuenta que hay dos alineaciones:

- Alineación radial:

En esta alineación se indica la diferencia de excentricidad entre la línea del motor y la línea del eje propulsor, para medirla se coloca el reloj de forma perpendicular a la línea tal y como se muestra en la siguiente imagen.

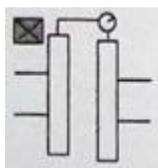


Imagen 5. Colocación de reloj para alineación radial.

- Alineación angular:

A diferencia de la alineación radial, en esta línea se comprueba el ángulo entre las dos bridas, en este caso para medirla se coloca el reloj de forma paralela a la línea de la brida fija. Esta alineación es la más crítica y por lo tanto la que menor error debe tener, ya que es la que puede provocar más daños.

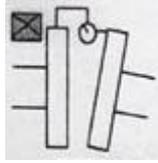


Imagen 6. Colocación de reloj para alineación angular.

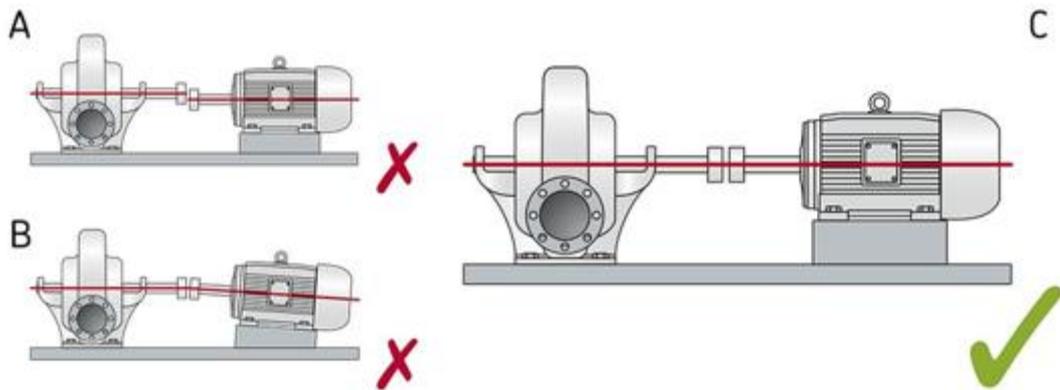


Imagen 7. Tipos de alineación (SKF, Tipos de alineación).

Localizado el punto de referencia, en este caso el punto superior del plato, se pone a cero la medida indicada en el reloj, girando la esfera haciendo coincidir el cero de la escala principal con la aguja en ese momento. Normalmente no se coloca en 0 milímetros sobre la esfera pequeña, ya que la medida recogida ha de poder ser tanto positiva como negativa. Si la aguja gira en sentido horario la distancia aumenta con respecto a la referencia, y si gira en sentido anti horario la distancia disminuye con respecto a la referencia.

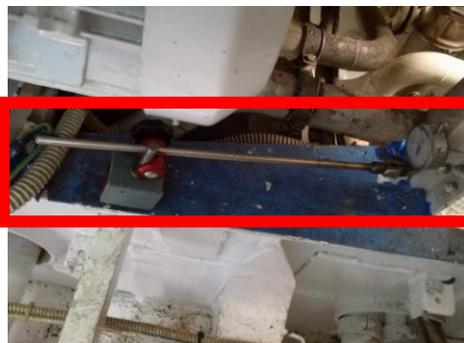


Imagen 8. Reloj comparador usado para la alineación.



Imagen 9. Reloj comparador mitutoyo (Mitutoyo).

- Contretes de empuje:

Pieza metálica que está soldada cerca del silentblock al lado del soporte del motor o de la reductora. Esta sirve para empujar el equipo que se quiere alinear hacia al lado que interese para así conseguir la alineación deseada.



Imagen 11. Contretes de empuje de la reductora. Imagen 10. Contretes de empuje del motor.

- Pesos:

Piezas de plomo para sustituir el peso de los fluidos de la máquina, ya que el peso afecta directamente a la propia alineación. Las piezas usadas en el proyecto pesaban 25 kg cada una, estas eran lingotes de plomo.

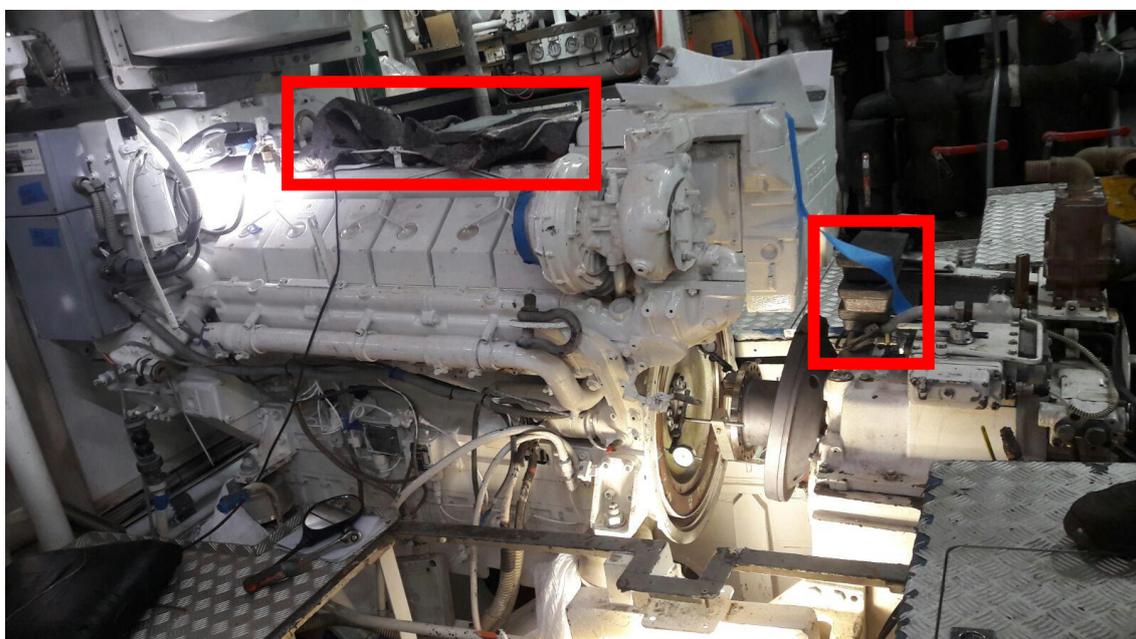


Imagen 12. Pesos del motor y reductora.

- Grasa blanca antigripante: (DEPAC)

Al no ser un compuesto de base metálica a diferencia de los Anti-Seize convencionales, se puede usar también en aquellas aplicaciones donde el níquel o el cobre no son aplicables debido a la corrosión por corrientes galvánicas.



Imagen 13. Grasa blanca antigripante.

Además es repelente de la humedad y el agua. Se puede utilizar en todos los metales incluyendo el acero y acero inoxidable.

También permite a este material ser utilizado no sólo a una presión extremadamente alta, sino también a altas temperaturas de hasta 1400 ° C. La capacidad de rodamiento y la lubricidad garantizan el montaje y desmontaje más fácil de todos los metales, incluso después de años de uso.

En este caso no solo se usa como protección para los pernos, sino que también se usa para evitar que el chockfast se adhiera a ellos y así poder manipularlos después del vertido sin riesgo a que se agriete el chockfast.

9.2 MATERIAL PARA LA FIJACIÓN: CHOCKFAST NARANJA

Es un compuesto de resina epoxi de dos componentes, 100% sólido, inerte, especialmente formulado para la fijación de maquinaria. Está diseñado para soportar ambientes marinos e industriales severos que implican un alto grado de choque físico y térmico. El compuesto no se contrae y tiene una fuerza de impacto y de compresión muy alta.



Imagen 14. Chockfast.

NORMATIVA DE SINTEMAR PARA EL USO DE CHOCKFAST NARANJA: Referencia bibliográfica: (Sintemar, Boletín técnico nº 692 A: Guía chockfast para aplicaciones marinas)

DISEÑO PARA ALINEACIONES CRÍTICAS

(Maquinaria de propulsión etc.)

- a) La tensión sobre los calzos debido al peso de la máquina, no deberá exceder de 7 Kgf/cm² (100 psi). Conocido como carga por peso muerto.
- b) La tensión estática debida al peso muerto más la tensión de los pernos es típicamente designada para ser 35 Kgf/cm² (500 psi). Ver las aprobaciones de clasificación aplicables para mayor tensión; la mayoría de las aprobaciones son al menos de 45Kgf/cm² (640 psi).
- c) La tensión total de los pernos de anclaje será como mínimo 2,5 veces el peso de la máquina. Esto es para asegurar que la máquina no se moverá.
- d) La tensión de los pernos de anclaje deberá ser como mínimo 4,73 Kgf/mm² (6.720 psi). Esto es para asegurar que los pernos permanecerán apretados.



e) Los continuos cambios de temperatura no excederán de 90°C. A menos que no esté indicado de otra manera, puede asumirse que los calzos de un motor Diesel no excederán de 80°C.

f) Cuando ha de transmitirse un empuje, no se requerirán topes de colisión si la carga total sobre calzos excede de 3,33 veces el empuje.

Esto está indicado para el diseño de los calzos con espesores entre 12 mm a 70 mm.

CANTIDAD PARA PEDIR

La cantidad de Chockfast requerida es el volumen de los calzos más sus bebederos.

Es aconsejable a la hora de hacer el pedido de resina aumentarle un extra del 10 al 15% para permitir las variaciones en el espesor de los calzos y las mermas, Foam para el encofrado, batidor para la mezcla, masilla para estancar, agente desmoldeante y grasa no fundible (Molicote BR-2)

INSTRUCCIONES GENERALES PARA EL USO DE COMPUESTOS VERTIBLES PARA TAQUEADOS ITW PHILADELPHIA RESINS

Estas instrucciones de aplicación son para instalaciones normales del Chockfast sobre polines de acero, cuando el espesor del taqueado está dentro de los límites

CHOCKFAST NARANJA 12 mm - 70mm.

I. MATERIALES NECESARIOS

1. Chockfast Naranja

Tomando un exceso del 10 al 15% previniendo variación en los espesores de los calzos y bebederos, así como posibles pérdidas accidentales etc., SINTEMAR, toma como exceso el 15%.



2. Materiales para el encofrado
 - a) Encofrado Flexible
 - b) Chapa de hierro para bebederos
 - c) Masilla sellante
 - d) Cola de contacto cuando sea necesario
3. PR-225 Aerosol antiadherente
4. Grasa no fundible (Molicote BR-2)
5. Taladro de mano con suficiente potencia y una velocidad de trabajo sobre las 200 rpm
6. Removedor de ITW PHILADELPHIA RESINS (jiffy) y otro de repuesto
7. También es conveniente un termómetro de contacto y de inmersión
8. Pantalla para los ojos o gafas protectoras.
9. Navaja o cúter.
10. Guantes de protección.
11. PRT-59 u otro disolvente similar para limpieza del removedor y la navaja.
12. Si la temperatura del hierro está por debajo de 13°C ó hay que proporcionar calor para elevar la temperatura tanto del polín como de la bancada por encima de 15°C.

II. PREPARACIÓN

1. Comprobar todo el material suministrado.
2. Almacenar la resina y el endurecedor de 20°C a 25°C, por lo menos 12 horas antes de usarse. Esto asegura una mezcla fácil y una viscosidad de vertido.

3. La alineación de la máquina deberá estar terminada y correcta así como todos los agujeros de los pernos de anclaje deberán haber sido taladrados.

Si no tienen los pernos, entonces atravesar entre polín y bancada con cilindros de madera del diámetro del agujero o con tubos de armaflex.

4. Limpiar toda la superficie que va a estar en contacto con el CHOCKFAST. Esta superficie deberá estar libre de aceites, grasas, agua, herrumbre o pinturas en malas condiciones. Una buena y fina capa de shop primer es aceptable.

III. ENCOFRADO

1. La imagen nº15 muestra un proceso de encofrado normal. Las medidas para los calzos las da el plano para cada máquina en particular (imagen nº15 y 16).

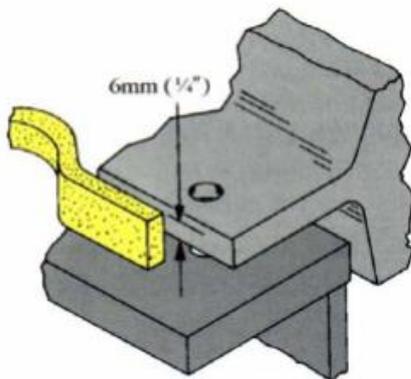


Imagen 15. Ajustar la espuma a la altura apropiada.

2. En los agujeros para los pernos, a excepción de los pernos ajustados, sería preferible usar cilindros de madera o Armafex. Alternativamente los pernos pueden estar colocados en su lugar y con las tuercas apretadas con la mano. Cualquiera que sea el material usado para sustituir el perno hay que cubrirlo siempre con grasa no fundible.

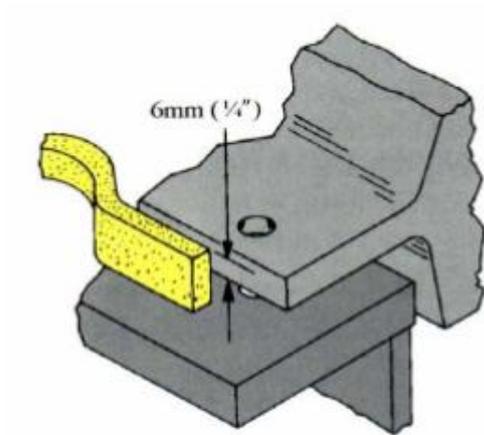


Imagen 16. Insertar encofrado para el plan de taqueado 6.

3. Los pernos ajustados deberán estar instalados y rociados con el Aerosol PR-225 agente desmoldeante.

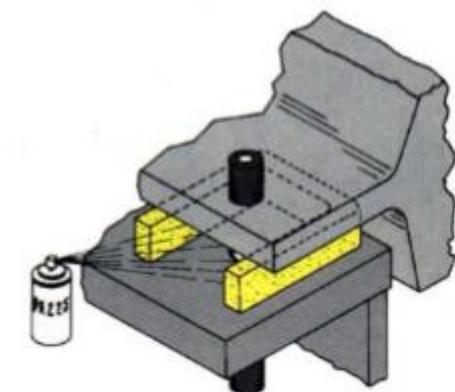


Imagen 17. Tapar los agujeros de los pernos (con los tapones bien engrasados.) Rociar la zona de taqueado (con una fina capa de agente desmoldeante).

4. Añadir foam en los extremos de los encofrados frente a los bebederos, para soportar la sobre medida de resina de los bebederos, ancho de los bebederos de 12 a 18 mm y de alto mayor de 15 mm (ver imagen nº18).

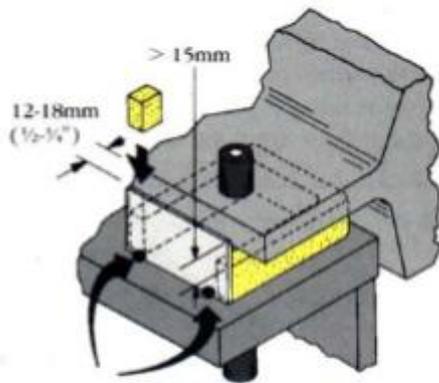


Imagen 18. Soldar provisionalmente la chapa del encofrado. Insertar los componentes del bebedero.

5. Hacer el sellado de todas las paredes para asegurar toda pérdida potencial. Es más cómodo prevenir las pérdidas antes de verter la resina que pararas después (ver imagen nº 19)

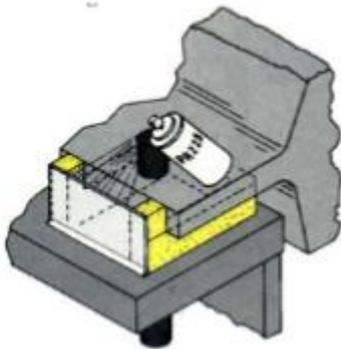


Imagen 19. Sellar la parte baja de la chapa frontal del encofrado. Rociar la cara interior con agente desmoldeante.

6. Medir los espesores de los calzos, la temperatura de la bancada y el polín (imagen nº 20).

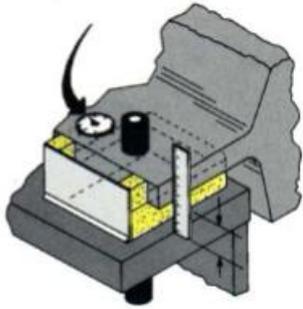


Imagen 20. Medir espesores.

IV. MEZCLADO Y VERTIDO

1. Asegurar que todo el encofrado está completo.
2. Solamente para el Chockfast Naranja decidir con la carta guía la cantidad de endurecedor que debe usarse.
3. Traer del almacén donde se ha tenido atemperándose la resina y el endurecedor.
4. Colocarse los guantes y las gafas de protección.
5. Añadir el endurecedor dentro de la lata de resina, mezclar con el removedor recomendado por nuestro DISTRIBUIDOR durante 3 minutos y con un taladro de mano de 200 rpm, no sobrepasar de 500 rpm mantener la hélice sumergida y con movimientos a través del fondo de la lata asegurándonos que los fondos de la lata también son removidos (imagen nº 21).
6. Verter la resina dentro del encofrado tan pronto como sea posible después del mezclado, no rebañar las paredes ni el fondo de la lata. (imagen nº 22).



Imagen 21. Mezclar la Resina y el endurecedor durante 2-3 minutos.

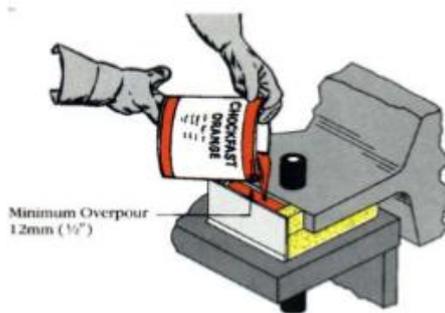


Imagen 22. Verter en el bajo fondo.

V. DESPUÉS DEL VERTIDO

1. Las pérdidas pueden comenzar en cualquier momento mientras la resina está todavía líquida. Por eso, no abandonar la máquina hasta que todos los calzos hayan endurecido (gelificado).

2. Asegurarse de que la temperatura es superior a 13°C. Use un calefactor si es necesario y deje que los calzos curen al menos el siguiente tiempo:

- 13°C - 18°C 48 horas
- 19°C - 21°C 24''
- Por encima de 21°C 18''

3. Cuando se ha tenido suficiente tiempo curando, desmontar el calefactor si se ha usado y dejar los calzos a la temperatura ambiente.

4. Quitar la chapa frontal del bebedero. Quitar el borde del bebedero.
5. Aflojar los pernos de nivelación, cuñas u otros soportes para la alineación.
6. Apretar los pernos de anclaje a la tensión o par de apriete designado.
7. Ajustar las piezas testigos si la alineación es crítica.

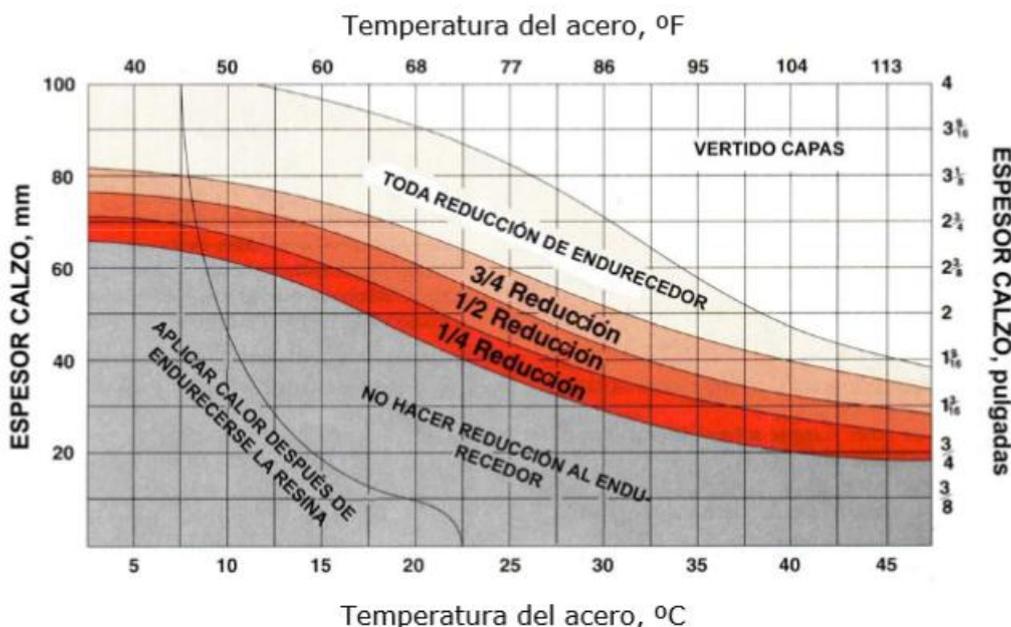
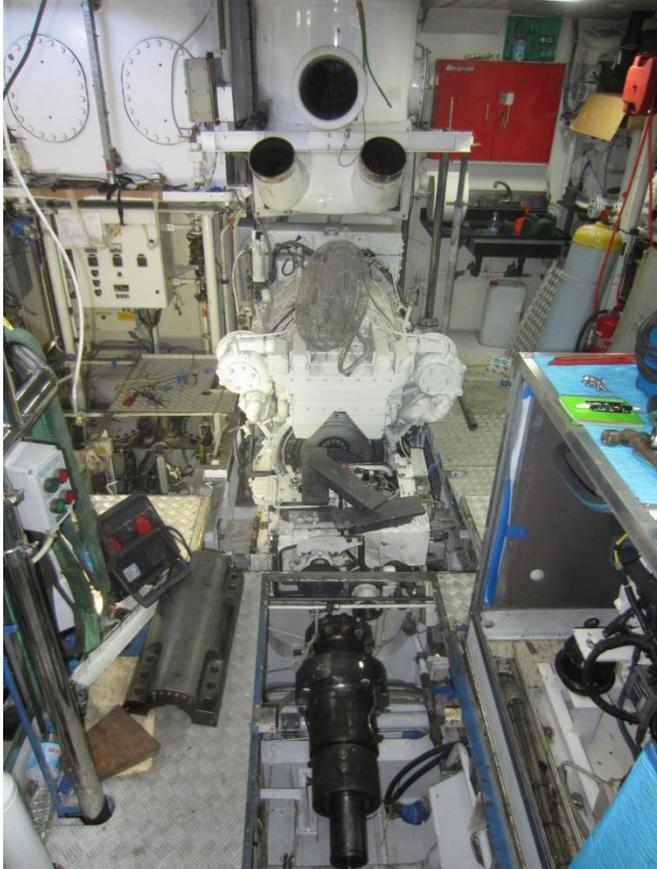


Tabla 2. Gráfico de temperaturas del acero

NOTA: En este caso que el buque es de aluminio las normas cambian ligeramente, ya que el aluminio no disipa el calor de la misma forma que el acero y, por lo tanto, la cantidad de reducción debe cambiar, siendo esta en menor cantidad. En el caso de que la curva de temperatura de secado exceda los 90°C el Chockfast empieza a hervir creando burbujas de aire que debilitan la estructura final, por eso se debe refrigerar con agua fría los alrededores.



10 EQUIPOS A ALINEAR

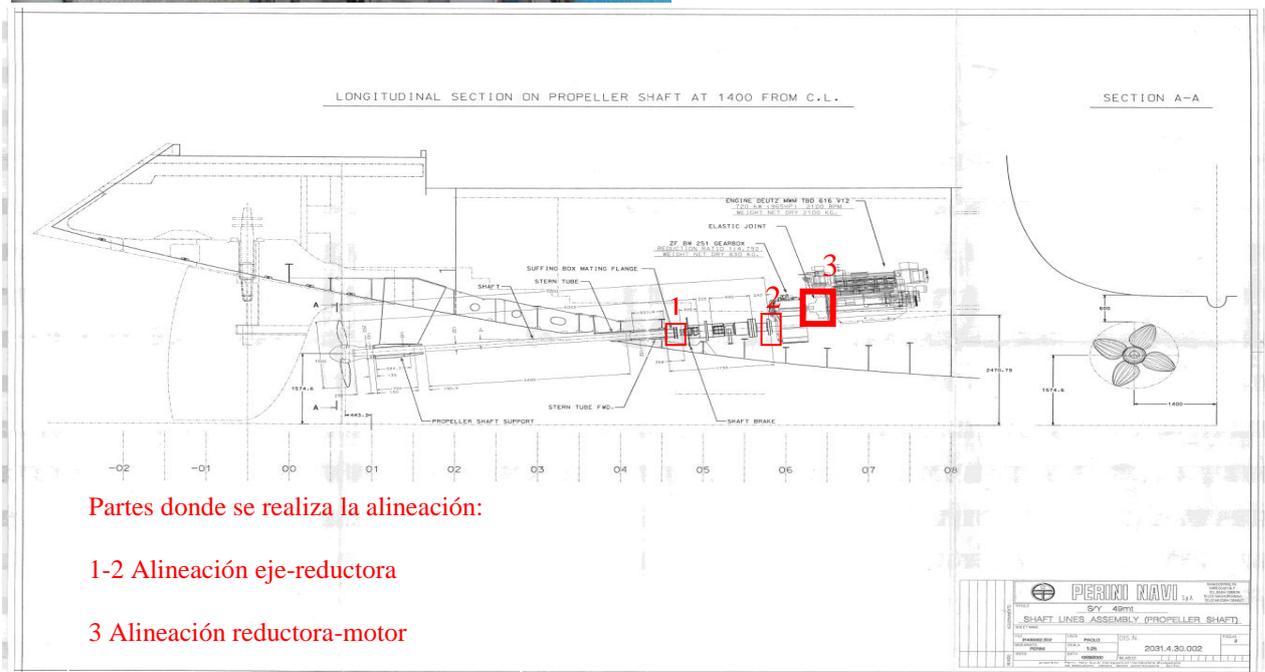


En esta fotografía se puede ver la línea de propulsión des de la od-box hasta el motor principal.

En este buque la línea propulsiva está compuesta por hélice, eje con arbotante, bocina, freno de eje, od-box, reductora, motor principal.

Imagen 24. Vista de motor-reductora-od/box.

Imagen 23. Plano de propulsión.



10.1 EJES

Diámetro máximo del eje en arbotante: 145,00 mm



Imagen 25. Vista del eje en el interior de la sala de máquinas.

Diámetro máximo del eje en bocina: 132,00 mm

Diámetro de acoplamiento a reductora: 130,00 mm

Al ser un eje para una hélice de palas orientables, el eje está hueco por dentro para

dejar sitio a un barrón que conecta la od-box con la hélice para así transmitir el movimiento deseado a las palas para

orientarlas.

10.2 REDUCTORAS



Imagen 26. Vista de frente de la reductora.

(Anexo 13.2)

Constructor: ZF

Tipo: BW251

BHP/ R.P.M.: 978 / 2.100 Rel. Reducción 1: 4,792

PESO: 1.015 kg

Pernos de amarre: M22, 8.8 → M20, 12.9 (x8)

(mas juego a la hora de mover la reductora en el momento de la alineación (cambio supervisado por Sintemar y American Bureau of Shipping)

Par Apriete: 350 Nm

Cada reductora lleva acoplada una bomba de agua para refrigeración y entre la reductora y eje hay acoplada una od-box (oil distribution box) utilizada para el sistema de paso variable.



Imagen 27. Bomba de agua de la reductora.



Imagen 28. Od-box.

10.3 MOTORES PRINCIPALES

(Anexo 13.3)



Imagen 29. Vista de los motores principales y sus silenciadores.

Constructor: DEUTZ

Tipo: TBD 616 V12

BHP/ R.P.M.: 978 / 2.100

PESO: 2.445 kg

Pernos de amarre: M16, 8.8 (x16)

Par Apriete: 150 Nm



11 ALINEACIÓN DE EJE CON REDUCTORA



Imagen 31. Alineación de la reductora con el carrete.



Imagen 30. Vista de od-box ya montada.

11.1 Primer día

El primer día se procedió a la preparación para iniciar las alineaciones de ambas reductoras sobre las bocinas, para ello se desmanteló el tecele necesario de la sala de máquinas para poder acceder con comodidad a la zona de trabajo, siendo esta la zona de la bocina hasta los alrededores de la reductora, pudiendo alcanzar con facilidad las patas de la reductora y la punta del eje.

Después se procedió a añadir el peso correspondiente a los fluidos de la reductora, aproximadamente unos 75 kg, en lingotes de plomo de 25 kg cada uno para así igualar el peso de la reductora en vacío con su peso en funcionamiento, ya que si no se tiene en cuenta la diferencia de peso la alineación sería errónea porque al añadir este peso la reductora baja y por consiguiente la línea de propulsión.

Para realizar la alineación fue necesario desmontar la OD-Box, ya que el peso de esta era demasiado y dificultaba la alineación, hay que decir que pesa 227 kg y por lo tanto no se puede sacar a peso, por lo que se tuvo que montar una maniobra con varios diferenciales y apartarla en un sitio que no molestara.

Por último, el primer día se construyeron los concretos de empuje, se construyeron 16 de ellos, 8 para cada reductora, estos disponían de un taladro roscado de métrica 16, donde se roscaban los tornillos que empujarían las patas de las reductoras. A estos tornillos se modificaron las puntas para hacerlas redondeadas de tal forma que el tornillo apoyara la menor superficie en la pata y el movimiento fuese constante.

11.2 Segundo día

En el segundo día se realizó la primera lectura con el reloj comparador en la reductora de babor con el objetivo de comprobar la alineación que había y así poder realizar una estimación de los movimientos que debería hacer la reductora. Una vez realizada la primera lectura se procedió a trasladar la bomba de sentina desde el taller, donde se le había realizado la revisión y se le cambiaron los rodamientos, hasta el velero, una vez en el barco, con diferenciales se colocó en su sitio y se dejó presentada. En este buque la bomba de sentina y la bomba contraincendios tienen las mismas características por motivos de seguridad, ya que en caso de emergencia se puedan alternar en el caso de que una de las dos bombas fallara.

Para finalizar el segundo día se soldaron los concretos alrededor de las patas de las reductoras de tal forma que se pudiera empujar tanto de proa a popa como de babor a estribor. La forma de colocarlos se muestra en la siguiente figura:

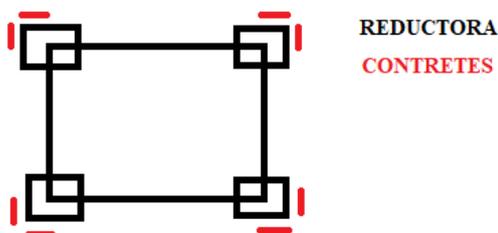


Imagen 32. Disposición de concretes.

11.3 Tercer día

El tercer día se acabó de montar la bomba de sentina y se cogió una segunda medición, aunque después de esta se decidió crear un carrete en substitución de la od-box ya que al sacarla, la reductora quedaba muy alejada del eje y era necesario crear una aproximación para hacer más cómodo el trabajo y también evitar así algún error debido a la distancia entre la base magnética y el reloj comparador. Este carrete constaba de un tubo soldado a una brida que se acoplaba a la reductora.



Imagen 33. Carrete en substitución de la OD-Box.

Debido a la primera y segunda medición se comprobó que la reductora estaba desviada más de un milímetro de su sitio y se decidió cambiar los tornillos originales de M22x150 (8.8) por tornillos de M20x150 (12.9), la diferencia entre los tipos de tornillos viene descrita en la siguiente tabla, a causa de este cambio se tuvieron que fabricar tornillos provisionales para poder trabajar mientras llegaban los nuevos tornillos. Este cambio se realizó con la supervisión de American Bureau of Shipping (sociedad de clasificación del buque) y Sintemar.

Una vez fabricados los tornillos provisionales, hechos con una varilla roscada de M20 y una tuerca soldada a modo de cabeza, se montaron en los “silentblocks” y a continuación se montó el carrete en la reductora de estribor para empezar con la alineación al día siguiente.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE TORNILLOS

Propiedades mecánicas exigibles de tornillos y piezas análogas

Según ISO 898-1

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		CLASE DE CALIDAD							
		4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		10.9	12.9
						d≤16mm**	d>16mm**		
Resistencia tracción R _m (N/mm ²)	nominal	400	500	500	600	800	800	1000	1200
	mín. ^{*2}	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Dureza Vickers HV F≥ 98N	mín.	130	155	160	190	250	255	320	385
	máx.	250				320	335	380	435
Dureza Brinell HB F= 30 D ²	mín.	124	147	152	181	238	242	304	366
	máx.	238				304	318	361	414
Dureza Rockwell HR	mín. HRB	71	79	82	89	-	-	-	-
	mín. HRC	-	-	-	-	22	23	32	39
	máx. HRB	99,5				-	-	-	-
	máx. HRC	-	-	-	-	32	34	39	44
Límite elástico inferior R _{eL} ^{*3} (N/mm ²)	nominal	320	300	400	480	-	-	-	-
	mín.	340	300	420	480	-	-	-	-
Límite elástico al 0,2% R _{p0,2} (N/mm ²)	nominal	-	-	-	-	640	640	900	1080
	mín.	-	-	-	-	640	660	940	1100
Alargamiento %	mín.	14	20	10	8	12		9	8
Resiliencia J.	mín.	-	25	-	-	30		20	15

*1 Para la tornillería destinada a estructuras metálicas el límite es 12 mm.
 *2 Las características de tracción mínimas se aplican a los productos con una longitud nominal L ≥ 2,5 d. La dureza mínima se aplica a los productos con una longitud nominal L < 2,5 d., y a otros productos que no pueden ser ensayados a tracción debido a su forma, ej.: por la configuración de la cabeza.
 *3 En el caso de que el límite elástico inferior R_{eL} no se pueda determinar, se permite medir el límite elástico R_{p0,2}.

Tabla 3. Propiedades mecánicas de tornillos (tornillera.com).

11.4 Cuarto día

El cuarto día se dedicó casi en su totalidad a la alineación de la reductora de estribor, empezando con las lecturas radiales, una vez la alineación era aceptable se pasó a la alineación angular y una vez acabada esta se volvió a comprobar la línea radial ya que podía variar. Este tipo de alineación es de ensayo y error, por lo tanto se va jugando con ambas líneas hasta que el error es despreciable. Una vez acabada la alineación se precintó la reductora para evitar que alguna persona ajena pudiera desalinéarla con el simple hecho de apoyarse sobre ella.



Imagen 34. Alineación radial y angular.

Para acabar el día y habiendo finalizado la alineación de la reductora se desmontó el carrete y se pasó a la reductora de babor para empezar con ella al día siguiente.

11.5 Quinto día

Al empezar el quinto día se montó el carrete en la reductora de babor, mientras se montaba, otro equipo empezó a tomar las medidas de las patas de la reductora para empezar a fabricar las cajas de chockfast. Una vez cogidas las medidas y el carrete montado se empezó a alinear la reductora de babor.

11.6 Sexto día

El sexto día se finalizó la alineación de la reductora de babor y se montaron las cajas en babor y estribor, estas se sellaron con masilla de sellado y adhesivo multifunción (Sikaflex) para evitar pérdidas de chockfast al verterlo en las cajas, una vez selladas se colocó masilla de carroceros en las posibles fugas y se impregnaron los tornillos en grasa antigripante (Depac-505) para evitar que el chockfast se adhiriera a los pernos y poder manipularlos posteriormente. Una vez preparado todo para verter el chockfast se hizo una última comprobación de la línea y seguidamente se procedió a llenar de chockfast las cajas mediante un tubo de pvc cortado por la mitad a modo de rampa y poder echarlo desde el teclé.

Una vez cumplido todo el procedimiento descrito en el apartado 9.2 y teniendo ya el chockfast en las cajas se taparon con masilla las fugas y se registraron las temperaturas como aparece en el anexo 13.2 esperando ver la curva de secado para comprobar que se había realizado de forma correcta, a parte de las cajas se rellenó una probeta de chockfast para guardarla junto con la probeta del vertido en los motores por si hubiera algún problema en un futuro o para que el inspector de la sociedad de clasificación pudiera realizarle ensayos de dureza con un durómetro (Barcol test).



Imagen 35. Chockfast vertido en reductora.



Imagen 37. Durómetro (Sauter).



Imagen 36. Barcol test (composites).

11.7 Séptimo día (48h después)

El séptimo día de alineación fue 48 horas después del sexto día para dar tiempo al secado del chockfast. Durante este día se acabaron las dos alineaciones y se procedió a rellenar los informes que después se entregarían al departamento técnico de chockfast (anexo 13.2) e informes de ambas alineaciones (anexo 13.4). En el barco se realizó el apretado final de las reductoras, apretando los pernos de sujeción a 350 Nm con la ayuda de una llave dinamométrica. Mientras tanto también se desencofraba el chockfast y se realizaba una última lectura de las reductoras.

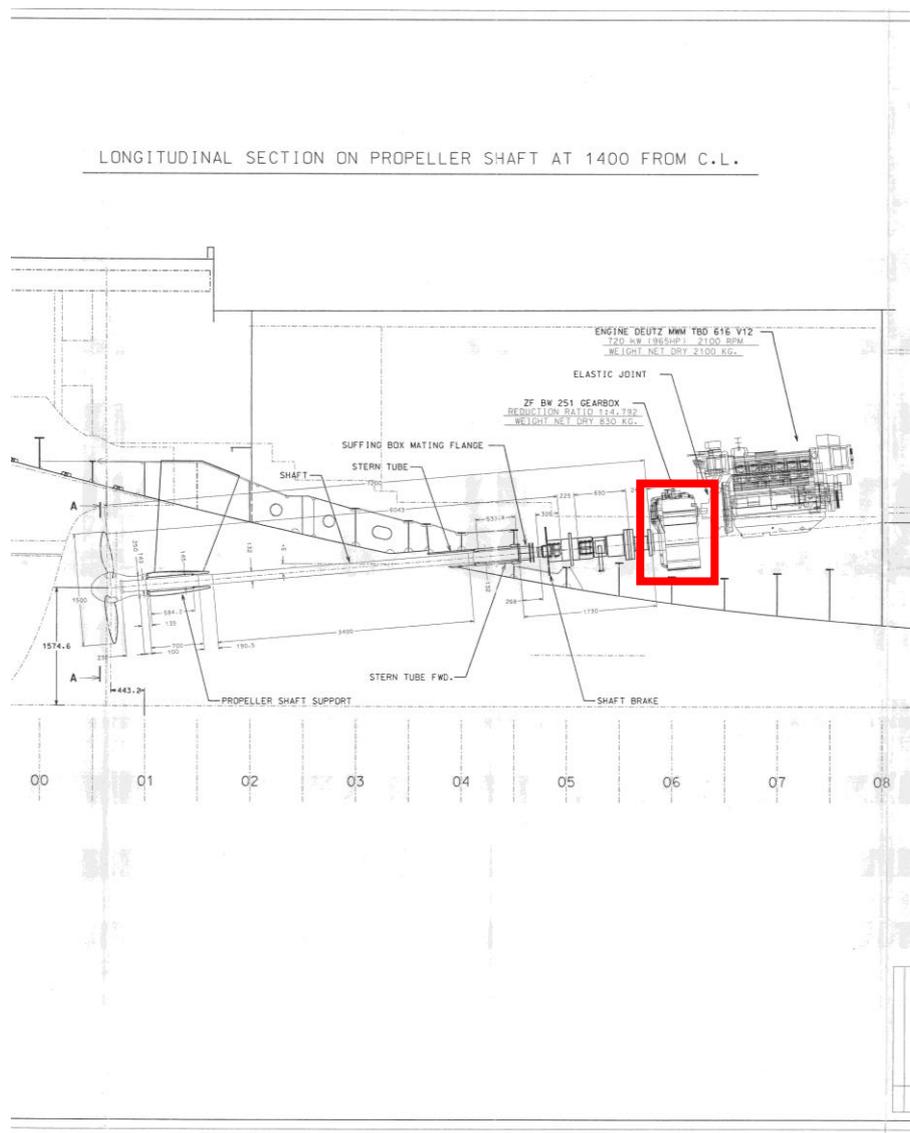


Imagen 38. Chockfast finalizado.

Una vez la reductora quedó lista se montó el freno del eje, el cual tiene la función de evitar que el eje gire cuando el buque navega a vela y que el cierre de bocina trabaje sin refrigeración. Luego se montó a OD-Box acoplado el barrón y finalmente se acopló el eje a la reductora, dando por finalizada la alineación de eje con reductora.

11.8 Resultado final de alineación de eje con reductora

A continuación se muestran los resultados de chockfast y de la alineación final de cada reductora, como se puede ver en las alineaciones, las reductoras quedan un poco elevadas que al realizar el apriete y con el tiempo de funcionamiento inicial, estas bajan y se quedan en su posición





Resultado de chockfast en la reductora de babor.



Yate / Yacht: _____
 Fecha / Date: 15-3-17
 Material: Acero / Steel Aluminio / Aluminium Fibra / Fiber
 Lugar de aplicación / Application site:
 - Cojinetes / Bearings: Docina / Stern tube: ER / STBD BR / PORT
 Arbotante / Bracket: ER / STBD BR / PORT
 Otros (especificar) / Others: _____
 - Soportes Equipos / Equipment Supports:
 Motor Principal / Main Engine: ER / STBD BR / PORT
 Reductora / Gearbox: ER / STBD BR / PORT
 Otros (especificar) / Others: _____

Número de colada del producto / Product Batch Number: 250816 828
 (NOTA: comprobar que todas las latas tienen el mismo número de colada. Si no, apuntarlos todos.)
 Trabajo realizado por / Made by: _____

Reducción aplicada / Applied Reduction: Grose Medio / Medium Thickness: 25
 Hora y Fecha Iniciales / Initial Time and Date (hh:mm)(dd/mm/aaaa): 11:00 15-3-17
 Hora y Fecha Finales / Final Time and Date (hh:mm)(dd/mm/aaaa): 11:40 15-3-17
 Temperatura Chockfast / Chockfast Temperature (°C): 30° Inyección / Injection:
 Temperatura Material / Material Temperature (°C): 28° Gravedad / Gravity
 Temperatura Ambiente / Ambient Temperature (°C): 30° Bomba / Pump

Temperatura:

Hora (hh:mm)	Temp (°C)						
11:05	35	11:50	44				
11:10	35,5	11:55	45				
11:15	36	12:00	45				
11:20	36,7	12:05	43				
11:25	38	12:10	40				
11:30	39	12:15	37				
11:35	42	12:40	35				

Observaciones / Remarks

Elaborado por: _____ Revisado por: _____



Resultado de chockfast en la reductora de estribor.




APLICACIÓN DE CHOCKFAST **CHOCKFAST APPLICATION**

Yate / Yacht: [REDACTED]

Fecha / Date: 45-3-13

Material: Acero / Steel Aluminio / Aluminium Fibras / Fiber

Lugar de aplicación / Application site:

- Cojinetes / Bearings: Bocina / Stern tube: ER / STBD BR / PORT
 Arbotante / Bracket: ER / STBD BR / PORT
 Otros (especificar) / Others: _____

- Soportes Equipos / Equipment Supports:

 Motor Principal / Main Engine: ER / STBD BR / PORT
 Reductora / Gearbox: ER / STBD BR / PORT
 Otros (especificar) / Others: _____

Número de colada del producto / Product Batch Number: 230916 829

(NOTA: comprobar que todas las latas tienen el mismo número de colada. Si no, apuntarlos todos.)

Trabajo realizado por / Made by: [REDACTED]

Reducción aplicada / Applied Reduction: 0 Grosor Medio / Median Thickness: 25

Hora y Fecha Iniciales / Initial Time and Date (hh:mm/dd/mm/aaaa): 12:00 45-3-13

Hora y Fecha Finales / Final Time and Date (hh:mm/dd/mm/aaaa): _____

Temperatura Chockfast / Chockfast Temperature (°C): 30° Inyección / Injection: _____

Temperatura Material / Material Temperature (°C): 28° Gravedad / Gravity

Temperatura Ambiente / Ambient Temperature (°C): 32° Bomba / Pump

Temperaturas:

Hora (hh:mm)	Temp (°C)						
12:05	36	12:40	42,5				
12:10	36	12:45	44				
12:15	37	12:50	46				
12:20	38	12:55	44				
12:25	40	13:00	43				
12:30	41	13:05	38				
12:35	48,5	13:10	35				

Observaciones / Remarks:

Elaborado por: [REDACTED] Revisado por: [REDACTED]

MA004-01 Registro de uso 18/9/2012 V2



Alineación final de reductora de babor.

MALLORCA
TALLER - ALINEACIÓN DE MÁQUINAS

YATE: [REDACTED] FECHA: 15 / 07 / 2017

Plato de Popa:

- Eje, soportado a [REDACTED] mm del extremo
- Reductora
- Unidad paso variable
- Motor principal
- Otro: [REDACTED]
- Plato de referencia o para alinear
- Plato fijo o gira

Plato de Proa:

- Eje, soportado a [REDACTED] mm del extremo
- Reductora
- Unidad paso variable
- Motor principal
- Otro: [REDACTED]
- Plato de referencia o para alinear
- Plato fijo o gira

BABOR o CENTRAL:

ANGULAR: Lecturas en milímetros con: Reloj comparador Galgas

Relej mide sobre diámetro: 430 mm Nº Serie del reloj: [REDACTED]

ESTRIBOR:

RADIAL: Lecturas en milímetros con: Reloj comparador Galgas

Relej mide sobre diámetro: 430 mm Nº Serie del reloj: [REDACTED]

AXIAL: Distancia entre platos. Lecturas con micrómetro o calibre

Máxima: 110 mm Minima: 100 mm

Máxima: [REDACTED] mm Minima: [REDACTED] mm

Soportado de la máquina a alinear:

- Número tacos elásticos: 7
- Tacos elásticos nuevos: SÍ/NO
- Tipo de tacos elásticos: Elevables SÍ/NO
- Base: Embronos SÍ/NO Chockfast SÍ/NO

Otra información:

- Alineación: Afrote En seco
- Máquina precalentada: 25 °C NO

REALIZADO POR: [REDACTED] REVISADO POR: [REDACTED]

Alineación final de reductora de estribor.

TALLER - ALINEACIÓN DE MÁQUINAS

YATE: [REDACTED] **FECHA:** 45 / 07 / 2017

Plato de Popa:

- Eje, soportado a [REDACTED] mm del extremo
- Reductora
- Unidad paso variable
- Motor principal
- Otro: [REDACTED]
- Plato de referencia o para alinear
- Plato fijo o gira

Plato de Proa:

- Eje, soportado a [REDACTED] mm del extremo
- Reductora
- Unidad paso variable
- Motor principal
- Otro: [REDACTED]
- Plato de referencia o para alinear
- Plato fijo o gira

BABOR o CENTRAL:	ESTRIBOR
<p>ANGULAR: Lecturas en milímetros con: <input checked="" type="checkbox"/> Reloj comparador <input type="checkbox"/> Galgas</p> <p>Reloj mide sobre diámetro: 450 mm</p> <p>Nº Serie del reloj: [REDACTED]</p>	
<p>ALTO: [REDACTED] BAJO: [REDACTED] DRECHA: [REDACTED] IZQUIERDA: [REDACTED]</p>	<p>ALTO: [REDACTED] BAJO: +0,09 DRECHA: -0,04 IZQUIERDA: +0,02</p>
<p>RADIAL: Lecturas en milímetros con: <input checked="" type="checkbox"/> Reloj comparador <input type="checkbox"/> Galgas</p> <p>Reloj mide sobre diámetro: 450 mm</p> <p>Nº Serie del reloj: [REDACTED]</p>	
<p>ALTO: [REDACTED] BAJO: [REDACTED] DRECHA: [REDACTED] IZQUIERDA: [REDACTED]</p>	<p>ALTO: [REDACTED] BAJO: +0,22 DRECHA: +0,10 IZQUIERDA: +0,06</p>
<p>AXIAL: Distancia entre platos. Lecturas con micrómetro o calibre</p> <p>Máxima: [REDACTED] mm Mínima: [REDACTED] mm</p>	
<p>Máxima: 420 mm Mínima: 100 mm</p>	
<p>Soportado de la máquina a alinear:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Número tacos elásticos: 4 - Tacos elásticos nuevos: SÍ/NO - Tipo de tacos elásticos: Elevables SÍ/NO - Base: Embonos SÍ/NO Chockfact SÍ/NO 	
<p>Otra información:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alineación: Afloje <input checked="" type="checkbox"/> En seco <input type="checkbox"/> - Máquina precalentada: 28, 40 	
REALIZADO POR: [REDACTED]	REVISADO POR: [REDACTED]



12 ALINEACIÓN DE REDUCTORA CON MOTOR PRINCIPAL

Las alineaciones de los dos motores solo duraron 4 días, ya que el velero tenía urgencia de salir, y como consecuencia se crearon dos equipos de 4 personas cada uno, cosa que provocó que en ese momento hubiera 8 operarios trabajando en el buque casi unas 10 horas diarias.



Imagen 39. Posición de trabajo entre motor y reductora.

12.1 Primer día

En el primer día de la alineación de los motores principales se levanto el teclé necesario y se prepararon los concretos con la misma disposición que en las reductoras, solo que el tamaño era mayor.

Durante este día se empezó con la alineación de ambos motores llegando hasta el punto de dejarlos prácticamente alineados, porque mientras tanto ya se habían tomado las medidas de las cajas y se estaban fabricando.



Imagen 40. Vista del acoplamiento a punto de ser montado.

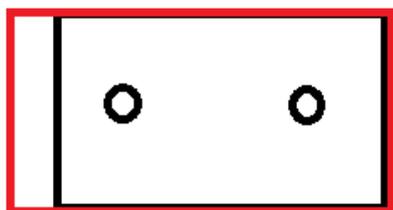
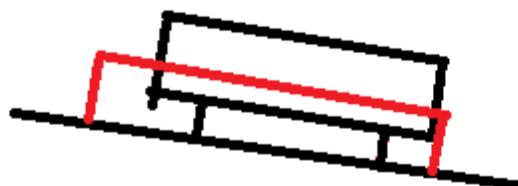


Imagen 41. Vista de las cajas.



Por la tarde ya se preparó todo el proceso para el vertido del chockfast que se iba a realizar de la misma forma que con las reductoras.

12.2 Segundo día

Durante el segundo día se finalizaron ambas alineaciones y ya se precintaron los motores para evitar posibles desalineaciones. Una vez todo estaba preparado se vertió el chockfast en las cajas y se taparon las fugas que habían. Cuando los motores quedaron asegurados y precintados con el chockfast vertido se procedió a trasladar los escapes desde el almacén de piezas hasta el velero, una vez en cubierta se bajaron hasta la sala de máquinas con maniobras de diferenciales, y una vez en la cámara de máquinas se colocaron de forma que no molestaran ni el paso ni afectaran a los motores.



Imagen 42. Chockfast vertido en motor.

Como en la zona de los motores no se podía trabajar, ya que el chockfast estaba húmedo se reapretaron las reductoras con sus acoplamientos.

12.3 Tercer día (48 h)

Al igual que en las reductoras después del vertido de chockfast es necesario esperar 48h para poder trabajar en la zona. Cuando el chockfast estuvo seco se apretaron los motores con 150 Nm de par, una vez estos estuvieron apretados se presentó el acople del motor con la reductora, el cual funciona como un silentblock, esto también ayuda a la hora de alinear, ya que este acople puede absorber parte del error reduciendo aún más los fallos

que puedan haber. El acople se montó con un par de 180Nm y después de ello se acopló la campana de protección que va situada en la parte posterior del acople.

12.4 Cuarto día

Durante el cuarto día se apretaron las tuercas de los silentblocks de tal forma de que ya quedaran fijos y se montaron los soportes de los escapes, dando por finalizada la alineación de los motores. Además se montaron también los escapes con los spray rings, y después se procedió a forrarlos con las mantas para aislar la sala de máquinas del calor de los escapes.



Imagen 43. Vista de motor y reductora ya alineado.



Imagen 44. Posición del reloj comparador para alinear de forma angular.



12.5 Quinto día

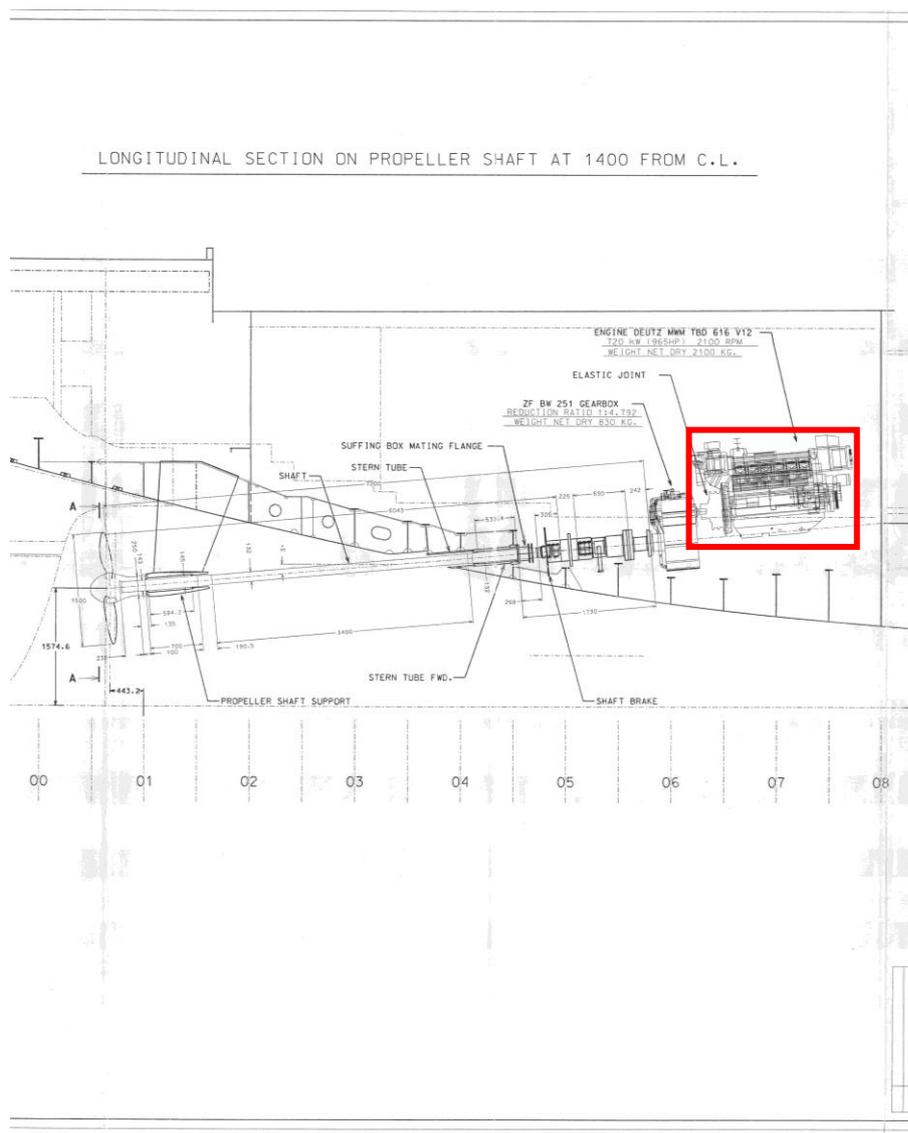
El quinto día, que ya no forma parte de alineación, fueron las pruebas de mar, este día se podría considerar que es la parte más importante de todo el proyecto, ya que es donde se ve de forma directa si todo el trabajo realizado se ha hecho bien: si el chockfast ha sellado bien y si resiste la fuerza del motor y la reductora, si la alineación es correcta viendo las vibraciones del sistema propulsivo y si todo está bien acoplado. Una vez acabaron las pruebas de mar se procedió a reapretar todo, para revisar si había algún perno que se pudiera haber soltado.

En este caso, al ser un proyecto muy grande, en las pruebas de mar embarcaron:

- De parte de la empresa:
 - Jefe de proyecto
 - Jefe de taller
 - Jefe de hidráulica
 - Mecánico
 - 2 alumnos de taller
 - Alumno de jefe de proyecto
- Externos a la empresa:
 - Representante de Rolls-Royce para el sistema de palas orientables
 - Representante de la sociedad de clasificación: American Bureau of Shipping.

12.6 Resultado final de alineación en los motores principales

Al igual que en las reductoras, aqui se muestran los resultados finales de las alineaciones y chockfast de ambos motores, estos también quedan altos por la misma razón que co las reductoras.





Resultado de chockfast del motor principal de estribor.

APLICACIÓN DE CHOCKFAST **CHOCKFAST APPLICATION**

Yate / Yacht: [REDACTED]
Fecha / Date: 19-7-11

Material: Acero / Steel Aluminio / Aluminium Fibra / Fiber

Lugar de aplicación / Application site:

- Cojinetes / Bearings: Buzina / Stern tube: ER / STBD BR / PORT
Achante / Bracket: ER / STBD BR / PORT
Otro (especificar) / Others: _____

- Soportes Equipos / Equipment Supports:
Motor Principal / Main Engine: ER / STBD BR / PORT
Reductores / Gearbox: ER / STBD BR / PORT
Otro (especificar) / Others: _____

Número de cola del producto / Product Batch Number: 251177
(NOTA: comprobar que todas las latas tienen el mismo número de cola. Si no, apuntarlos todos.) (P)

Trabajo realizado por / Made by: _____

Reducción aplicada / Applied Reduction: 50% Grosor Medio / Medium Thickness: 15mm

Hora y Fecha Inicial / Initial Time and Date (hh:mm)/(dd/mm/aaaa): 5:34 19-7-11
Hora y Fecha Final / Final Time and Date (hh:mm)/(dd/mm/aaaa): 11:16 19-7-11

Temperatura Chockfast / Chockfast Temperature (°C): 30 Inyección / Injection: _____
Temperatura Material / Material Temperature (°C): 30 Gravedad / Gravity:
Temperatura Ambiente / Ambient Temperature (°C): 30

DATOS DE TEMPERATURAS [°C]

Hora (hh:mm)	Temp (°C)	Hora (hh:mm)	Temp (°C)	Hora (hh:mm)	Temp (°C)
	30		35		48
	30		30		48
	32		32		46
	37		37		46
	32		35		37
	37				35
					47

Observaciones / Remarks: _____

Elaborado por: [REDACTED] Revisado por: [REDACTED]

Resultado de chockfast del motor principal de babor.




APLICACIÓN DE CHOCKFAST **CHOCKFAST APPLICATION**

Yate / Yacht: [REDACTED]

Fecha / Date: 27-8-18

Material: Acero / Steel Aluminio / Aluminium Fibra / Fiber

Lugar de aplicación / Application site:

- Copetes / Bearings: Bocina / Stern tube: ER / STBD BR / PORT
 Arbolante / Bracket: ER / STBD BR / PORT
 Otros (especificar) / Others: _____

- Soportes Equipos / Equipment Supports:

Motor Principal / Main Engine: ER / STBD BR / PORT
 Reductora / Gearbox: ER / STBD BR / PORT
 Otros (especificar) / Others: _____

Número de colada del producto / Product Batch Number: 20094

(NOTA: comprobar que todas las latas tienen el mismo número de colada. Si no, apuntarlos todos.)

Trabajo realizado por / Made by: _____

Reducción aplicada / Applied Reduction: 1/2 Grosor Medio / Medium Thickness: 32

Hora y Fecha Iniciales / Initial Time and Date (hh:mm/aaaa): 11:00

Hora y Fecha Finales / Final Time and Date (hh:mm/aaaa): 11:30

Temperatura Chockfast / Chockfast Temperature (°C): 37 Inyección / Injection

Temperatura Material / Material Temperature (°C): 37

Temperatura Ambiente / Ambient Temperature (°C): 37

DATOS DE TEMPERATURAS [°C]

Hora (hh:mm)	Temp (°C)	Hora (hh:mm)	Temp (°C)
11:00	30	11:00	41
11:05	31	11:05	43
11:10	32	11:10	47
11:15	34	11:15	46
11:20	37	11:20	39
11:25	37	11:25	37
11:30	38	11:30	36

Observaciones / Remarks: _____

Elaborado por: _____ Revisado por: _____



Resultado final de la alineación del motor principal de estribor.

MALLORCA
TALLER - ALINEACIÓN DE MÁQUINAS

YATE: [REDACTED] FECHA: 27/7/2017

Plato de Popa:
 Eje, soportado a [REDACTED] mm del extremo
 Reductora
 Unidad peso variable
 Motor principal
 Otro: [REDACTED]
 Plato de referencia o para alinear
 Plato fijo o gira

Plato de Proa:
 Eje, soportado a [REDACTED] mm del extremo
 Reductora
 Unidad peso variable
 Motor principal
 Otro: [REDACTED]
 Plato de referencia o para alinear
 Plato fijo o gira

BABOR o CENTRAL:		ESTRIBOR
ANGULAR: Lecturas en milímetros con <input checked="" type="checkbox"/> reloj comparador <input type="checkbox"/> Saigo Reloj mide sobre diámetro: 90 mm Nº Serie del reloj: [REDACTED]		<input type="checkbox"/> Saigo Nº Serie del reloj: [REDACTED]
 ALTO: [REDACTED] BAJO: [REDACTED] DERECHA: [REDACTED] IZQUIERDA: [REDACTED]		 ALTO: 0 BAJO: -0,05 DERECHA: +0,05 IZQUIERDA: -0,05
RADIAL: Lecturas en milímetros con <input checked="" type="checkbox"/> reloj comparador <input type="checkbox"/> Saigo Reloj mide sobre diámetro: 90 mm Nº Serie del reloj: [REDACTED]		<input type="checkbox"/> Saigo Nº Serie del reloj: [REDACTED]
 ALTO: [REDACTED] BAJO: [REDACTED] DERECHA: [REDACTED] IZQUIERDA: [REDACTED]		 ALTO: 0 BAJO: +0,05 DERECHA: +0,05 IZQUIERDA: +0,77
AXIAL: Distancia entre platos. Lecturas con micrómetro o calibre Máxima: 705 mm Mínima: [REDACTED] mm		Máxima: 705 mm Mínima: [REDACTED] mm
Soportado de la máquina a alinear: - Número tacos elásticos: <input checked="" type="checkbox"/> - Tacos elásticos nuevos: <input checked="" type="checkbox"/> - Tipo de tacos elásticos: Elevables <input checked="" type="checkbox"/> - Base: Embones <input checked="" type="checkbox"/> Chockfast <input checked="" type="checkbox"/>		Otra información: - Alineación: Afloje <input checked="" type="checkbox"/> En seco <input type="checkbox"/> - Máquina prealantada: <input type="checkbox"/>
REALIZADO POR: [REDACTED]		REVISADO POR: [REDACTED]

Resultado final de la alineación del motor principal de babor.

YATE: XXXXXXXXXX FECHA: 11/7/2017

Plato de Popa. **Plato de Proa.**

<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Eje, soportado a <input type="text"/> mm del extremo <input type="checkbox"/> Reductora <input type="checkbox"/> Unidad paso variable <input type="checkbox"/> Motor principal <input type="checkbox"/> Otro: <input type="text"/> <p>• Plato de referencia <input type="checkbox"/> o para alinear <input type="checkbox"/></p> <p>+ Plato fijo <input type="checkbox"/> o gira <input checked="" type="checkbox"/></p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Eje, soportado a <input type="text"/> mm del extremo <input type="checkbox"/> Reductora <input type="checkbox"/> Unidad paso variable <input checked="" type="checkbox"/> Motor principal <input type="checkbox"/> Otro: <input type="text"/> <p>• Plato de referencia <input type="checkbox"/> o para alinear <input type="checkbox"/></p> <p>• Plato fijo <input checked="" type="checkbox"/> o gira <input type="checkbox"/></p>
---	--

BABOR o CENTRAL:	ESTRIBOR
-------------------------	-----------------

ANGULAR: Lecturas en milímetros con Reloj comparador Cargas

Reloj mide sobre diámetro: 620 mm Nº Serie del reloj:

Diagram showing angular alignment for Babor/Central. A central circle is labeled 'ALTO' (top) and 'BAJO' (bottom). Horizontal arrows point to the left and right, labeled '-0.06' and '-0.11' respectively. A vertical arrow points down, labeled '-0.06'. A small diagram on the left shows a dial indicator setup.

Diagram showing angular alignment for Estribor. A central circle is labeled 'ALTO' (top) and 'BAJO' (bottom). Horizontal arrows point to the left and right. A vertical arrow points down. A small diagram on the left shows a dial indicator setup.

RADIAL: Lecturas en milímetros con Reloj comparador Cargas

Reloj mide sobre diámetro: 670 mm Nº Serie del reloj:

Diagram showing radial alignment for Babor/Central. A central circle is labeled 'ALTO' (top) and 'BAJO' (bottom). Horizontal arrows point to the left and right, labeled '+0.06' and '+0.12'. A vertical arrow points down, labeled '+0.20'. A small diagram on the left shows a dial indicator setup.

Diagram showing radial alignment for Estribor. A central circle is labeled 'ALTO' (top) and 'BAJO' (bottom). Horizontal arrows point to the left and right. A vertical arrow points down. A small diagram on the left shows a dial indicator setup.

AXIAL: Distancia entre platos. Lecturas con micrómetro o calibre

Máxima: <u>795</u> mm	Máxima: <u>785</u> mm
Mínima: <input type="text"/> mm	Mínima: <input type="text"/> mm

Soportado de la máquina a alinear:

- Número tacos elásticos:
- Tacos elásticos nuevos:
- Tipo de tacos elásticos: Elevables
- Base: Embonos Chockfat

Otra información:

- Alineación: Aficta En seco
- Máquina precalentada:

REALIZADO POR: XXXXXXXXXX REVISADO POR: XXXXXXXXXX



13 CONCLUSIONES

Para concluir este trabajo tengo que decir que este proyecto en el que yo estuve involucrado me ha servido para aprender muchísimo sobre las máquinas que tenemos en la propia sala de máquinas y además también me ha servido para aprender que lo más importante en un buque es el mantenimiento preventivo y no el mantenimiento correctivo.

Sobre la alineación de ejes he de decir que antes de llevar a cabo el proyecto pensaba que esto era despreciable, ya que creía que al acoplar la máquina se alineaba sola, pero al final me he dado cuenta que 0.5 mm pueden suponer un gasto adicional de miles de euros, ya que notaríamos muchísimas vibraciones que se traducen en un desgaste mayor de material y por lo tanto más ruido, cosa que provocaría incomodidad en el buque y habría que invertir ese dinero en evitar toda la incomodidad, que se resumiría en una correcta alineación de la máquina.



Imagen 45. Sala de máquinas ya montada y terminada.





14 BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- American Bureau of Shipping, A. (2000). Rules for Building and Classing: Steel vessels 2000. En A. B. Shipping.
- Sintemar. Boletín técnico nº 692 A: Guía chockfast para aplicaciones marinas. Portugalete, Vizcaya, España.

Páginas Web:

- DEPAC. (s.f.). *Depac 505 anti-seize*. Recuperado el 25 de Marzo de 2019, de:
http://files.mp-ys.com/200002846-997489a6c8/Flyer_505_EN_050916.pdf
- Fluke. (s.f.). *apliquem.com*. Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de:
www.apliquem.com/adjunts/documents/93.pdf
- Metrologia. (s.f.). *instrumentacion-metrologia.es*. Recuperado el 04 Mayo de 2018, de:
<https://www.instrumentacion-metrologia.es/epages/instrumentacion-metrologia.sf>
- Prüftechnik. (s.f.). *cpifppiramide.com*. Recuperado el 15 de Abril de 2019, de:
<https://www.cpifppiramide.com/doc/pon9.pdf>



- Sintemar. (s.f.). *sintemar.com*. Recuperado el Mayo de 2018, de:
<http://www.sintemar.com/es/productos/chockfast-naranja-chockfast-orange>
- SKF. (s.f.). *skf.com*. Recuperado el 05 de Abril de 2019, de:
<https://www.skf.com/es/products/maintenance-products/alignment-tools/shaft-alignment-tools/info.html>

Imágenes extraídas de páginas Web:

- QI composites. *Barcol test*. Recuperado el 05 de Abril de 2019, de:
<http://www.qicomposites.com/eng/services/barcol-hardness-test/>
- Mitutoyo. *Reloj comparador*. Recuperado el 04 de Mayo de 2019, de:
<https://porter.com.py/mitutoyo-2046SB-reloj-comparador>
- Sauter. *Durómetro*. Recuperado el 05 de Abril de 2019, de:
<https://www.sauter-spain.es/Durometro-Analogico-Shore-A-HB0-100-0>
- SKF. *Método de alineación*. Recuperado el 05 de Abril de 2019, de:
<https://www.skf.com/es/products/maintenance-products/alignment-tools/shaft-alignment-tools/info.html>



- SKF. *Tipos de alineación*. Recuperado el 05 de Abril de 2019, de:
<https://www.skf.com/es/products/maintenance-products/alignment-tools/shaft-alignment-tools/info.html>

- tornillera.com. *Propiedades mecánicas de tornillos* Recuperado el 25 de Marzo de 2019, de:
http://www.tornillera.com/archivos/info_tecnica/esp/propiedades_tornillos.pdf



15 ANEXOS

15.1 Procedimiento para el uso de chockfast en cajas.




APLICACIÓN DE CHOCKFAST
CHOCKFAST APPLICATION

MATERIAL NECESARIO

- Chockfast Naranja (PR-610TCF+ endurecedor).
- Materiales para encofrado
 - goma esponjosa para el encofrado flexible
 - chapa para los bebederos
 - armaflex para los agujeros
 - masilla sellante o silicona
 - cola
- PR-225 Aerosol antiadherente
- Taladro de mano (velocidad de giro 200-400 rpm)
- Paletas removedoras
- Termómetro de contacto
- Gafas protectoras o pantalla para la cara
- Navaja o cutter
- Guantes de protección
- PRT-59 u otro disolvente
- Grasa no fundible (Molicote BR-2)
- Calefactores o Focos (solo en determinadas ocasiones)

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

- Comprobar que se tienen todos los materiales necesarios
- Almacenar la resina y endurecedor a temperatura entre 20°C y 25°C al menos 12 horas antes de usar.
- Comprobar la temperatura del polín y bancada y planear el precalentamiento si fuera necesario
- Limpiar todas las bases de apoyo con disolvente (no debe haber restos de pintura, grasa etc.)
- Engrasar e instalar las gomas de encofrado. Deben ser aprox. 6 mm más alta que el hueco a cubrir y sobresalir unos 25 mm en la zona en la que se instalará el bebedero).
- Engrasar e insertar tubos de armaflex en los agujeros para pernos (excepto para los pernos ajustados).
- Insertar los pernos ajustados rociados con aerosol PR-225
- Fabricar los bebederos con chapas de metal de 4-6 mm dejando un ancho de bebedero de 12 a 18 mm y un alto de unos 15 mm por encima del espesor del taco. La chapa se fijará con un par de puntos de soldadura. Rellenar con goma los laterales del bebedero hasta llegar a la altura de la chapa metálica.
- Sellar todas las paredes del taco con masilla o con silicona si va a pasar bastante tiempo hasta la aplicación del chockfast.
- Aplicar el agente desmoldante PR225
- Colocar las chapas de probeta sobre la misma bancada (probetas de 100 x 100 mm)
- Medir la temperatura de la bancada y el Polín y registrarla debe estar siempre por encima de 13°C
- Chequear los encofrados
- Determinar la cantidad de endurecedor a aplicar según la tabla adjunta y las condiciones ambientales
- Traer del almacén el chockfast y apuntar los números de colada.
- Colocarse las gafas y los guantes de protección
- Mezclar la resina durante 3-4 min. Mantener la hélice sumergida para no incluir aire en la mezcla. Si fuera necesaria más de una lata verter la segunda sobre la primera para evitar tomar aire.
- Verter el chockfast tan pronto sea posible después del mezclado, no rebañar las paredes ni el fondo.
- Empezar a rellenar siempre por la parte mas baja y no moverse de ese sitio hasta que el taco se vaya completando. Procurar que el chorro sea fino y en altura para eliminar aire.
- Rellenar hasta sobrepasar en unos 15 mm el espesor del calzo.
- Verter el chockfast en las probetas. (Al menos una por colada)
- Comprobar que no hay ninguna pérdida hasta que se haya sobrepasado la temperatura de gel.
- Monitorear la temperatura hasta que se haya sobrepasado la temperatura de gel.
- Colocar calefactores si es necesario.
- Comprobar los bebederos hasta que se haya sobrepasado la temperatura de gel y en caso de ser necesario rellenarlos.
- No abandonar el lugar hasta que la resina haya sobrepasado el punto de gel.
- En caso necesario aplicar calor siempre después de sobrepasar el punto de gel (2/3 h después de la aplicación de chockfast)
- Dejar curar 48 h

APLICACIÓN DE CHOCKFAST

CHOCKFAST APPLICATION

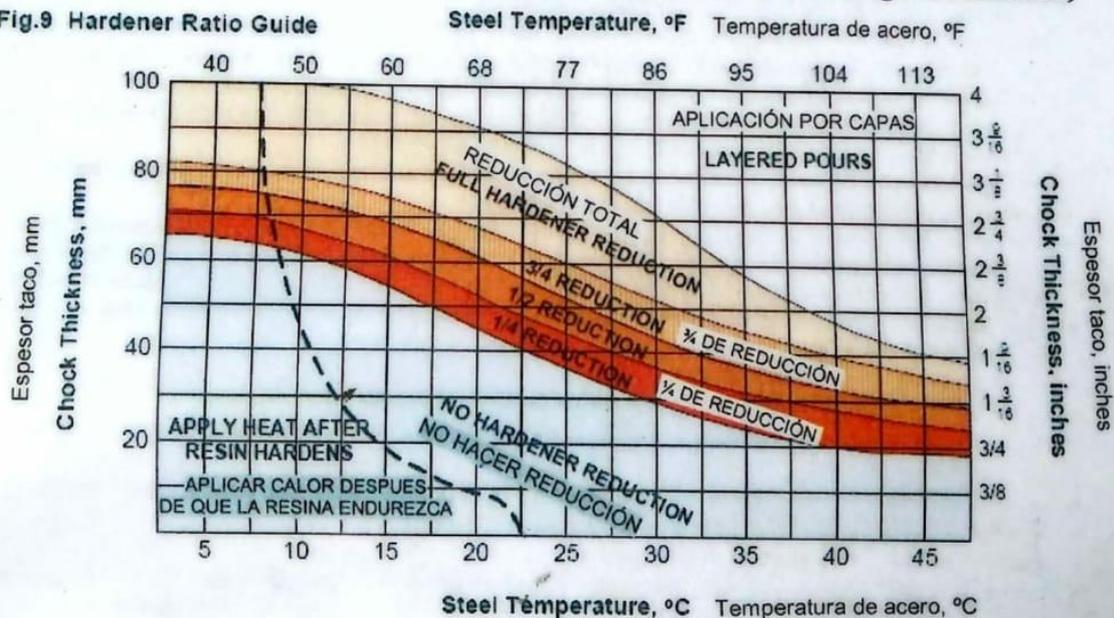
- Si se han utilizado calefactores desmontarlos y dejar que se atemperen los tacos unas horas antes de desmoldar.
- Desmoldar sin dar golpes al taco de chockfast.
- Si hubiera alguna grieta o pequeña perdida de material en una esquina se puede aplicar por estética la masilla Philibond orange
- Aflojar los pernos de nivelación, cuñas o soportes.
- Apretar los pernos de anclaje al par de apriete asignado.
- Marcar las probetas y entregar al jefe de taller junto con el registro cumplimentado.

CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CHOCKFAST NECESARIA

Calcular volumen a rellenar y aplicar un margen del 12%
Volumen aproximado de las latas: Grande 4000 cm³. Pequeña 2000 cm³.

**CURVA DE REDUCCION A APLICAR PARA POLINES DE ACERO Y AMBIENTE 25°C
(Para polines de aluminio y/o temperaturas ambiente diferentes corregir la reducción)**

Fig.9 Hardener Ratio Guide



COMENTARIOS DE CÁLCULO

Altura Mínima aceptada por sociedades de clasificaron: 12 mm (10 mm el GL)
 Altura Máxima recomendada por ITW: la de la menor dimensión del calzo. (20-30 mm es lo habitual)
 El curado óptimo se da si el punto de gel se da entre 40°C y 70°C
 El taco bajará entre 1,5 y 2 centésimas por cada cm de altura, se observara la mitad de la reducción al colocarle el peso y la otra mitad al aplicar el aprieto.



15.2 Ficha técnica de las reductoras.

	PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Rev. 1
		Fecha: 07.08.2013
		Hoja 1 de 1
F111.01	HOJA DE DATOS DE TAQUEADO	

PROYECTO Nº [REDACTED] ASTILLERO: ASTILLEROS DE MALLORCA
 REALIZADO POR: [REDACTED] FECHA: 13/07/17 BUQUE: [REDACTED]

HOJA DE DATOS PARA EL TAQUEADO CON "CHOCKFAST" DEL REDUCTOR

DATOS DEL BUQUE:

Nombre : [REDACTED]
 Tipo : YATE
 Armador:

DATOS DE LA MAQUINA:

Constructor: ZF
 Tipo : BW 251
 BHP/R.P.M. 978 / 2.100 Rel. Reducción 1 : 4,792
 Número de máquinas: 2
 Peso de la máquina en servicio 1.015 Kgs.

	Cantidad	Agujero	Métrica	Sección Resis.
PERNOS				
Pernos de amarre: Ajustados				
" " " " : No ajustados	8	23 mm.	20	245 mm.2
Total pernos de amarre	8			
" " nivelación:	8	18 mm.	18	
Superficie debida a agujeros			53,60 cm.2	

DATOS DEL TAQUEADO "CHOCKFAST"

Tipo de resina: CHOCKFAST PR-610-TCF ORANGE
 Máxima temperatura esperada en calzos 60°

CALZOS

Número de calzos	4
Anchura de los calzos	120 mm
Longitud de calzos	275 mm
Superficie bruta	1.320,00 cm ²
Superficie bruta total	1.320,00 cm ²
Superficie efectiva	1.266,40 cm ²
Carga por peso de la máquina sobre calzos	0,80 Kp/cm ²
Carga total sobre calzos	57,146 Kp/cm ²
Tensión en pernos ajustados	8.919,37 Kp
Tensión en pernos no ajustados	71.354,95 Kp
Tensión total debida a pernos	
Esfuerzo de tracción en pernos ajustados	36,41 Kp/mm ²
Esfuerzo de tracción en pernos no ajustados	108,00 Kp/mm ²
Límite elástico mínimo recomendado para el material del perno (Ac. Ca. 12,9)	
PAR DE APRIETE RECOMENDADO EN PERNOS AJUSTADOS	350,00 N.m
PAR DE APRIETE RECOMENDADO EN PERNOS NO AJUSTADOS	



15.3 Ficha técnica de los motores principales.

	PROCEDIMIENTO DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Rev. 1
		Fecha: 07.08.2013
		Hoja 1 de 1
F111.01	HOJA DE DATOS DE TAQUEADO	

PROYECTO Nº [REDACTED] ASTILLERO: ASTILLEROS DE MALLORCA
REALIZADO POR: [REDACTED] FECHA: 13/07/17 BUQUE: [REDACTED]

HOJA DE DATOS PARA EL TAQUEADO CON "CHOCKFAST" DEL MOTOR PRINCIPAL

DATOS DEL BUQUE:
Nombre : [REDACTED]
Tipo : YATE
Armador:

DATOS DE LA MAQUINA:
Constructor: DEUTZ
Tipo : TBD 616 V12
BHP/R.P.M.: 978 / 2.100
Número de máquinas: 2
Peso de la máquina en servicio: 2.445 Kgs.

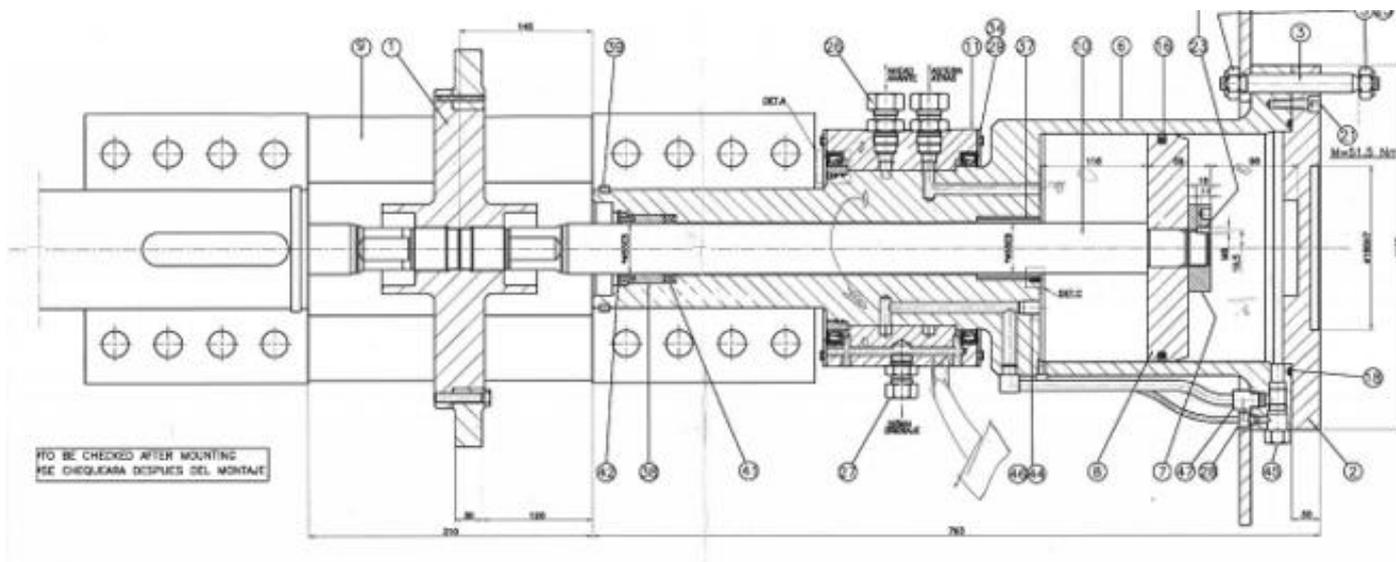
	<u>Cantidad</u>	<u>Agujero</u>	<u>Métrica</u>	<u>Sección Resis.</u>
PERNOS				
Pernos de amarre: Ajustados				
" " " : No ajustados	16	18 mm.	16	157 mm.2
Total pernos de amarre	16			
" " nivelación:	16	12 mm.	12	
Superficie debida a agujeros			58,81 cm.2	

DATOS DEL TAQUEADO "CHOCKFAST"
Tipo de resina: CHOCKFAST PR-610-TCF ORANGE
Máxima temperatura esperada en calzos: 70°

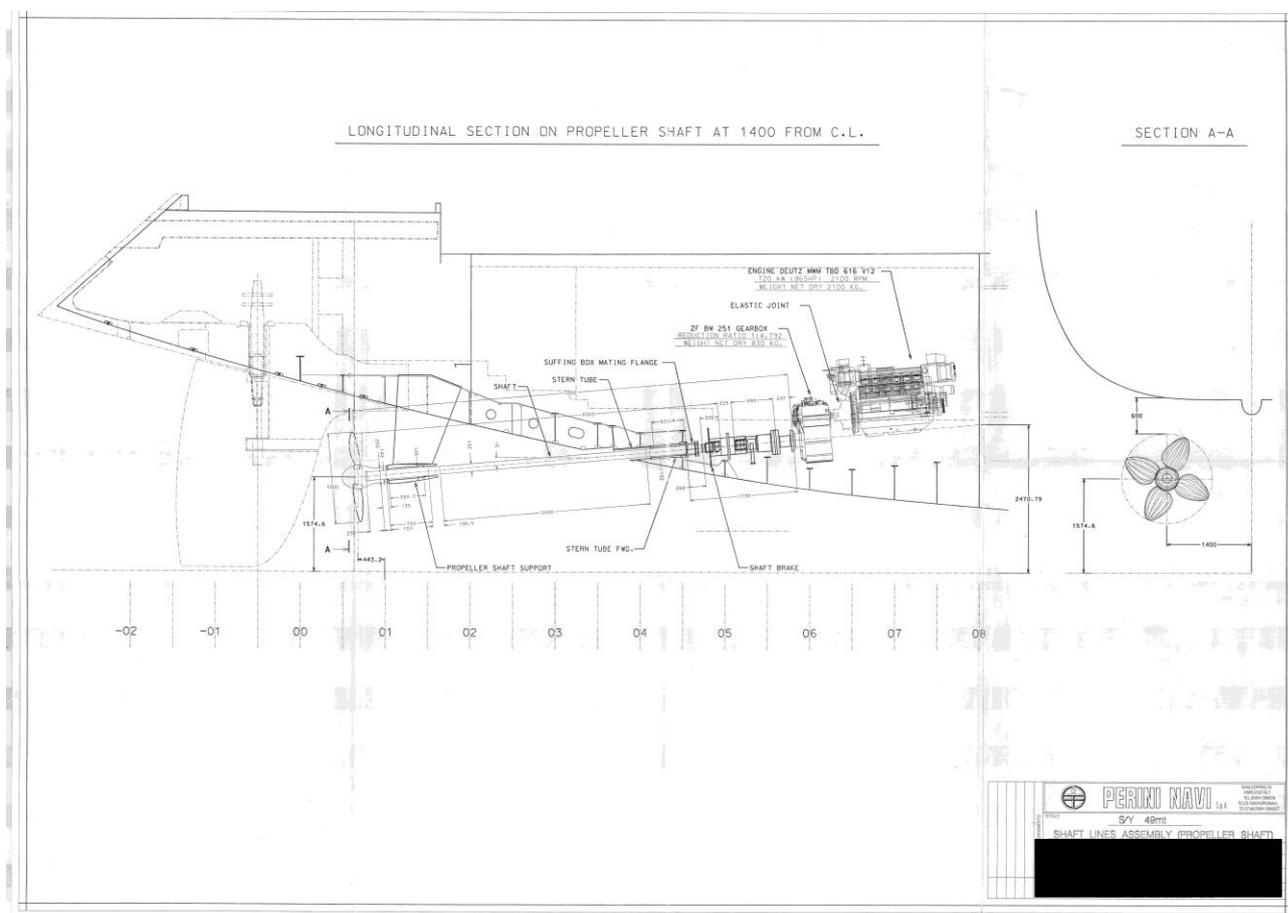
CALZOS

Número de calzos	4
Anchura de los calzos	230 mm
Longitud de calzos	180 mm
Superficie bruta	1.656,00 cm ²
Superficie bruta total	1.656,00 cm ²
Superficie efectiva	1.597,19 cm ²
Carga por peso de la máquina sobre calzos	1,53 Kp/cm ²
Carga total sobre calzos	49,397 Kp/cm ²
Tensión en pernos ajustados	
Tensión en pernos no ajustados	4.778,21 Kp
Tensión total debida a pernos	76.451,36 Kp
Esfuerzo de tracción en pernos ajustados	
Esfuerzo de tracción en pernos no ajustados	30,43 Kp/mm ²
Límite elástico mínimo recomendado para el material del perno (Ac. Cal 8.8)	64,00 Kp/mm ²
PAR DE APRIETE RECOMENDADO EN PERNOS AJUSTADOS	
PAR DE APRIETE RECOMENDADO EN PERNOS NO AJUSTADOS	150,00 N. m.

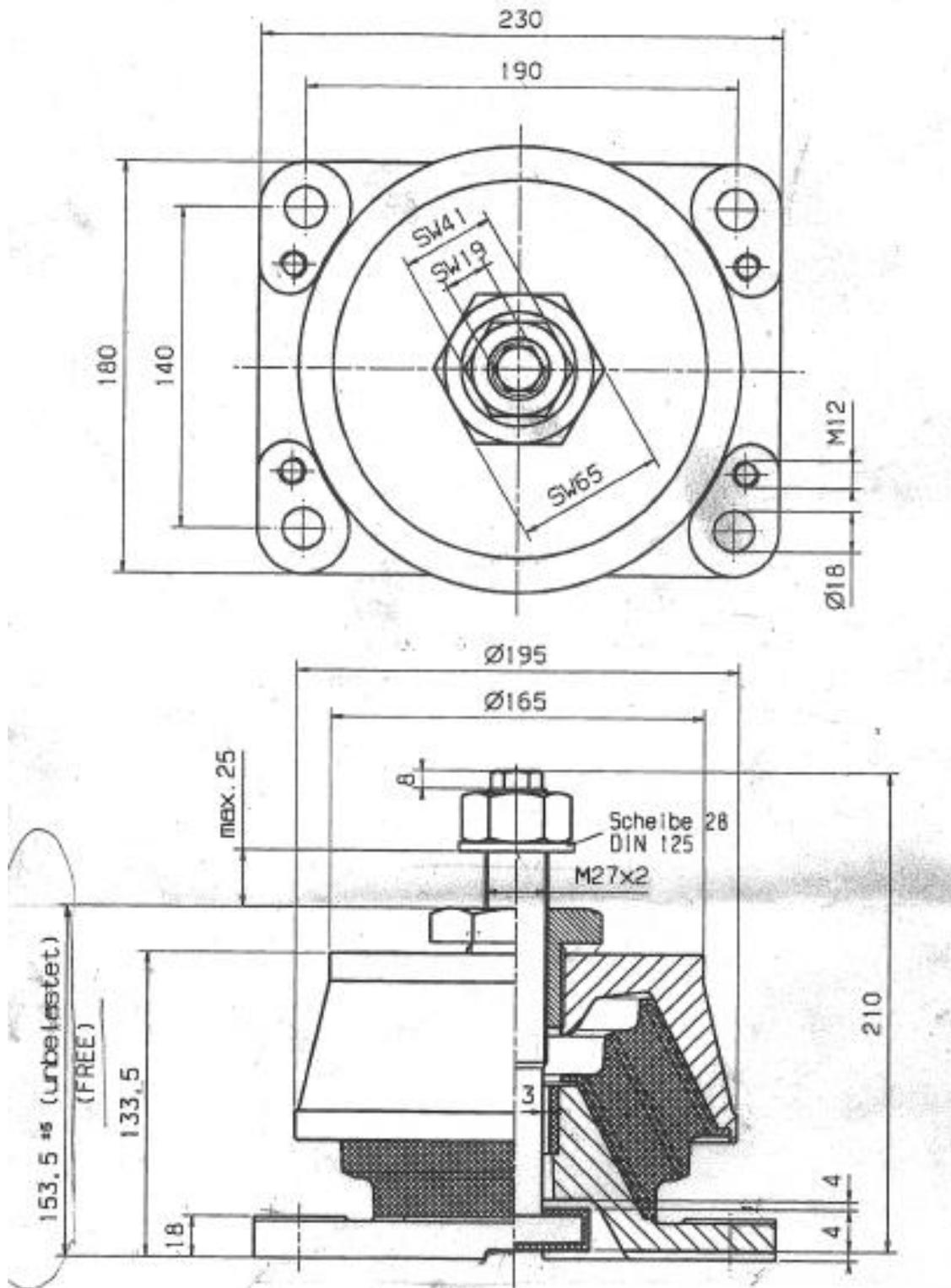
15.4 Plano Oil Distribution Box.



15.5 Plano Sistema de propulsión.



15.6 Plano Silentblock de motor.





15.7 Normativa

7. Alineación del eje de propulsión y vibraciones.

7.1 General.

Además de los requisitos de diseño mencionados anteriormente, se deben tener en cuenta las tensiones adicionales en el sistema de ejes que se originan por la alineación del eje en relación con la ubicación y la separación de los cojinetes del eje, y por las vibraciones axiales, laterales y torsionales.

7.3 Cálculos de alineación de ejes.

En general, los cálculos de alineación de ejes deben enviarse para referencia. Específicamente, los siguientes tipos de instalación sensibles a la alineación deben enviarse para su revisión:

- iv) Ejes de propulsión con engranajes reductores donde el engranaje de toro es impulsado por dos o más piñones de avance.
- v) Ejes de propulsión con toma de fuerza o con arreglos de potencia de refuerzo.
- vi) Ejes de propulsión para los cuales los cojinetes del eje de cola se encuentran inclinados.

Los cálculos de alineación deben incluir reacciones de los cojinetes, fuerzas de corte y momentos de flexión a lo largo del eje.

Los cálculos de alineación deben realizarse para las siguientes condiciones, según corresponda:

Alineación teórica de las condiciones de frío y calor del eje con tolerancias de alineación especificadas.

Desviación de las condiciones alineadas teóricas debido a las fuerzas ejercidas por la toma de fuerza o la potencia de refuerzo.



Los cálculos deben realizarse para las tolerancias de alineación máximas permitidas y deben mostrar que:

- Las cargas de los cojinetes en todas las condiciones de operación están dentro de los límites aceptables especificados por el fabricante del cojinete.
- Las reacciones de los cojinetes son siempre positivas (es decir, soportan el eje).
- Las fuerzas de corte y los momentos de flexión en el eje están dentro de los límites aceptables en asociación con otras tensiones en el eje.
- Las fuerzas y los momentos en los equipos de propulsión están dentro de los límites especificados por los fabricantes de maquinaria.

7.5 Vibraciones torsionales.

7.5.1 Tensión admisible para un solo armónico.

El esfuerzo de vibración torsional en el sistema de ejes de propulsión, incluidos los acoplamientos, engranajes, tomas de fuerza para la conducción de los auxiliares, embragues, amortiguadores, etc., debido a un solo factor de excitación armónica en el pico de resonancia, no debe exceder el esfuerzo vibratorio permitido.

Tabla1:



Allowable vibratory stress for single harmonic

	<i>SI units</i>	<i>MKS units</i>	<i>US units</i>
S = allowable vibratory stress	$\frac{U + 160}{18} C_K C_D C_r$ N/mm ²	$\frac{U + 16.3}{18} C_K C_D C_r$ kgf/mm ²	$\frac{U + 23180}{18} C_K C_D C_r$ psi
U = minimum tensile strength of shaft material	To be taken as not more than 600 N/mm ² (see Note)	To be taken as not more than 61.2 kgf/mm ² (see Note)	To be taken as not more than 87,000 psi (see Note)
C_K = shaft design factor	<ul style="list-style-type: none"> - 1.0 for line shaft with integral coupling flanges or shrink fit couplings. - 0.85 for thrust shafts external to engines, on both sides of thrust collar or in way of roller thrust bearings. - 0.60 for line shafts with keyways. - 0.55 for tail shafts, tube shafts and crank shafts. Other shafts will be subject to special consideration.		
C_D = size factor	$0.35 + \frac{0.93}{\sqrt[3]{d}}$	$0.35 + \frac{0.93}{\sqrt[3]{d}}$	$0.35 + \frac{0.487}{\sqrt[3]{d}}$
d = actual shaft diameter	mm	mm	in.
C_r = speed ratio factor	$3 - 2\lambda^2$ for $\lambda < 0.9$ 1.38 for $0.9 \leq \lambda \leq 1.05$		
λ	<u>Critical speed (RPM) at which vibratory stress is calculated</u> rated speed (RPM)		

Note: Regardless of the actual minimum specified tensile strength of the shaft (tail shaft, tube shaft and line shaft, as applicable) material, the value of U used in these calculations is not to exceed the values indicated. Higher value of U , but not exceeding 800 N/mm² (81.5 kgf/mm², 116,000 psi) may be specially considered for line shaft.

7.5.2 Límite para el estrés vibratorio total.

El esfuerzo vibratorio total en el intervalo de 90% a 105% de la velocidad nominal debida a los armónicos resonantes y las partes magnificadas dinámicamente de los armónicos no resonantes significativos no debe exceder el 150% del esfuerzo permisible para un solo factor de excitación armónica.

7.5.3 Operación por debajo de la velocidad nominal.

Cuando el servicio es tal que la embarcación operará durante una parte significativa de la vida a velocidades inferiores al 90% de la velocidad nominal, los límites de tensión en el intervalo = 0.9 a = 1.05 como se muestra en 4-3-2 / 7.5.2 son ser utilizado en tales rangos de velocidad.



7.5.4 Instalaciones específicas.

7.5.4 (a) Instalaciones de motores diesel. Para las instalaciones de motores diesel, las tensiones vibratorias deben calcularse con cualquier cilindro que no se dispare y los cálculos deben enviarse para información.

7.5.4 (b) Instalaciones similares. Si los arreglos de velocidad crítica de torsión son similares a las instalaciones aprobadas anteriormente, que han sido probadas por la experiencia de servicio, se considerará un mayor estrés al presentar todos los detalles.

7.5.5 Rangos de velocidad perjudiciales.

Cuando los esfuerzos de vibración torsional superan los límites anteriores, a una velocidad dentro del rango de operación pero menos del 80% de la velocidad nominal, se debe proporcionar un rango perjudicial. El esfuerzo vibratorio permisible en un rango perjudicial debido a las vibraciones torsionales alternas no debe exceder los valores dados por lo siguiente:

$$S_2 = \frac{1.7S}{\sqrt{C_k}} \text{ for } \lambda \leq 0.8$$

Dónde:

S_2 = esfuerzo vibratorio permisible dentro de un rango perjudicial, N / mm², kgf / mm² o psi.

λ , S, C_k son como se definen en 4-3-2 / 7.5.1.

Los rangos bloqueados no son aceptables en el rango de velocidad entre 0.8 y 1.05 de la velocidad nominal.

La existencia de un rango restringido a velocidades inferiores a 0,8 de la velocidad nominal debe considerarse al establecer velocidades de operación estándar para el barco. El ancho del rango restringido es tener en cuenta la amplitud y la gravedad de la velocidad crítica, pero no debe ser inferior a los siguientes límites:

$$\frac{16n_c}{18-\lambda} \geq n_l \text{ and } \frac{(18-\lambda)n_c}{16} \leq n_u$$

Donde n_c = velocidad crítica; n_l = límite inferior; n_u = límite superior; y λ es como se define en 4-3-2 / Tabla 1.

7.5.6 Marcado de tacómetro y alarmas.

Cuando se identifica un rango de velocidad restringido como en 4-3-2 / 7.5.5, se debe marcar el tacómetro y se debe mostrar un aviso de advertencia en todas las estaciones de control de propulsión (local y remota) para advertir que la operación está prohibida. El rango debe ser evitado excepto para pasar a través. Cuando se instale un control de propulsión remoto en el puente de navegación o cuando se instale una estación de control centralizada, se deben proporcionar medios en estas estaciones de control de propulsión remotas para alertar al operador de cualquier operación de la unidad de propulsión dentro del rango bloqueado. Esto se puede lograr mediante una pantalla visual o alarma.

7.5.7 Otros efectos.

Debido a que la vibración torsional crítica tiene efectos perjudiciales distintos a la fatiga del eje, los límites en 4-3-2 / 7.5.2 no están destinados a la aplicación directa como factores de diseño, y es deseable que el rango de servicio sea superior al 90% de la velocidad nominal. Evitar las velocidades críticas de torsión en la medida de lo posible.

7.5.8 Pruebas de torsiógrafo.

Cuando el cálculo indica que se producen críticas dentro del rango operativo, cuya gravedad se aproxima o excede los límites en 4-3-2 / 7.5.2, se pueden requerir pruebas de torsiógrafía para verificar los cálculos y ayudar a determinar los rangos de operación restringida.



7.5.9 Amortiguadores de vibraciones.

Cuando las tensiones vibratorias torsionales superan los límites de 4-3-2 / 7.5.2 y no se acepta un rango perjudicial, el sistema de propulsión se rediseñará o se instalarán amortiguadores de vibraciones para reducir las tensiones.

7.5.10 Engranajes.

Cuando la hélice se acciona a través del engranaje de reducción, o cuando se proporciona una potencia de refuerzo con engranaje o una toma de fuerza, se debe proporcionar un rango de barrena a la velocidad crítica aceptable si se produce una vibración de dientes de engranaje durante la operación continua a esta velocidad.

7.7 Vibraciones axiales.

El diseñador o el constructor deben evaluar el sistema de ejes para garantizar que las características de vibración axial en asociación con las fuerzas de frecuencia del motor diesel o la pala de la hélice no produzcan efectos perjudiciales en todo el rango de velocidad de operación del motor, teniendo también en cuenta la posibilidad de el acoplamiento de vibraciones torsionales y axiales, a menos que la experiencia con instalaciones de sistemas de ejes similares lo haga innecesario. Las vibraciones axiales pueden controlarse mediante detectores de vibración axial para cambiar la frecuencia natural del sistema o mediante amortiguadores de vibración axial para limitar la amplitud de las vibraciones axiales a un nivel aceptable.

Cuando en base a los cálculos de vibración axial el diseñador o constructor propuso proporcionar rangos de velocidad restringidos dentro del rango de velocidad de operación del motor, los cálculos deben enviarse para información.

Los rangos de velocidad restringidos debidos a las vibraciones axiales deben verificarse y establecerse mediante medición.



7.9 Vibraciones laterales (giratorias).

El diseñador o el constructor deben evaluar el sistema de ejes para garantizar que las amplitudes de vibración lateral (giro) sean de una magnitud aceptable en todo el rango de velocidad de operación del motor, a menos que la experiencia con instalaciones de sistemas de ejes similares lo haga innecesario.

Cuando, en base a los cálculos de vibración lateral, el diseñador o constructor propuso proporcionar rangos de velocidad restringidos dentro del rango de velocidad de operación del motor, los cálculos deben enviarse para información. Los rangos de velocidad restringidos debidos a la vibración lateral deben verificarse y establecerse mediante medición.

9 Inspección, pruebas y certificación.

9.1 General.

Los componentes del eje deben ser inspeccionados, probados y certificados por un inspector en la planta del fabricante de acuerdo con los siguientes requisitos.

9.3 Pruebas de materiales.

Para pruebas de materiales de componentes de ejes, consulte 4-3-2 / 3.7.

9.5 Ejes de propulsión y partes asociadas.

9.5.1 Partes transmisoras de potencia.

Todos los ejes de propulsión y las partes asociadas, como los pernos de acoplamiento, deben examinarse visualmente para detectar fallas en la superficie, fuera de la redondez, rectitud y tolerancias dimensionales. El inspector en caso de dudas puede requerir pruebas adicionales no destructivas. Ver 4-3-2 / 3.7.3 para los requisitos del eje de cola.

9.5.2 Forros.

Los revestimientos del eje deben demostrarse ajustados bajo una prueba hidrostática de 1,0 bar (1 kgf / cm², 15 psi). Después del ensamblaje, el ajuste del forro al eje debe



verificarse para que no tenga huecos. Cualquier vacío en la forma de los rodamientos se tratará como en 4-3-2 / 5.17.3.

9.7 Acoplamientos flexibles, embragues, ejes de cardán, etc.

Las piezas de transmisión de par fabricadas, como los acoplamientos flexibles, los embragues (independientes del conjunto de engranajes), los ejes de cardan, etc. deben ser inspeccionados, probados y certificados por un inspector en la planta de fabricación. Alternativamente, estas piezas pueden certificarse bajo el Programa de aprobación de tipo (consulte 4-1-1 / 3.5.3).

11 Instalación y ensayos.

11.1 Alineación de ejes.

11.1.1 Alineación.

La alineación del eje se debe llevar a cabo en presencia de un inspector. La alineación normalmente se verifica en condiciones a flote con la superestructura en su lugar. Cuando se requiere que los cálculos de alineación se presenten de acuerdo con 4-3-2 / 7.3, los datos de alineación calculados deben ser verificados y registrados mediante procedimientos de medición apropiados en presencia y para la satisfacción de un inspector.

11.1.2 Calzas de resina fundida.

Los calzos de resina destinados al bloqueo de la base del rodamiento del eje o del tubo de popa deben ser de un tipo aprobado (consulte 4-1-1 / 3.5 para la aprobación de tipo).

No se debe confiar en los calzos de resina para mantener la integridad impermeable del casco o la integridad a prueba de aceite del sistema de aceite lubricante. En consecuencia, debe evitarse el contacto directo de los calzos de resina con agua o aceite. Cuando se utilicen, las disposiciones y los procedimientos de instalación deben estar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Los arreglos de la instalación



propuesta, junto con los parámetros de instalación tales como el peso muerto, el par de apriete del perno de sujeción, etc., y los cálculos que muestran que no se excede la presión permitida especificada por el fabricante, deben presentarse para su revisión en cada caso.

11.3 Medición de vibraciones.

11.3.1 Vibración torsional.

Cuando se requiere una medición de torsiógrafo según 4-3-2 / 7.5.8, la medición se debe realizar en presencia de un inspector.

Cuando se proporciona un rango de velocidad restringido de acuerdo con 4-3-2 / 7.5.5, el marcado del tacómetro, la advertencia y las alarmas en las estaciones de control remoto (donde estén instaladas) como se describe en 4-3-2 / 7.5.6 son para encajar los dispositivos electrónicos de regulación de la velocidad pueden estar preestablecidos para pasar el rango restringido además del aviso de advertencia.

Cuando la hélice se mueve a través de engranajes reductores, el Inspector debe asegurarse de que no se produzca una vibración en el engranaje en todo el rango de operación; de lo contrario, se debe proporcionar un rango de velocidad restringido según 4-3-2 / 7.5.5; ver 4-3-2 / 7.5.10.

11.3.2 Vibraciones axiales y laterales.

Cuando los cálculos indican que los rangos de velocidad restringidos están presentes según 4-3-2 / 7.7 y 4-3-2 / 7.9, estos rangos de velocidad restringidos deben ser verificados y registrados por procedimientos de medición apropiados en presencia y para la satisfacción de un Inspector.

11.5 Corrientes circulantes.

Cuando se proporcionan medios para evitar que las corrientes de circulación pasen entre la hélice, el eje y el casco, se debe proporcionar una placa de aviso de advertencia en un lugar visible que advierta sobre la eliminación de dicha protección.



11.7 Pruebas de mar.

La instalación de ejes se debe probar durante las pruebas en el mar en diversas condiciones de maniobra. Debe libre de vibraciones críticas y para la satisfacción del Inspector.





15.8 Suplementos de normativa

4-3-2/3.7

3.7 Pruebas de materiales.

3.7.1 General.

Los materiales para todas las piezas que transmiten el par, incluidos los ejes, embragues, acoplamientos, pernos de acoplamiento y llaves, se deben probar en presencia del inspector.

3.7.2 Requisitos de prueba alternativos.

3.7.2 (a) 375 kW (500 h p) o menos. Los materiales para piezas que transmiten 375 kW (500 hp) o menos pueden ser aceptados por el inspector en base a la verificación de la certificación del fabricante y la verificación de la dureza observada.

3.7.2 (b) Tornillos de acoplamiento. Los pernos de acoplamiento fabricados y marcados según un estándar reconocido no requerirán pruebas de materiales.

3.7.3 Inspecciones y ensayos no destructivos.

El inspector debe examinar la superficie de los ejes y los acoplamientos. Las piezas forjadas para ejes de cola de 455 mm (18 pulg.) Y más de diámetro acabado deben examinarse por ultrasonido de acuerdo con 2-3-7 / 9.3. Los ejes de cola en el estado de la máquina terminada deben someterse a partículas magnéticas, penetrantes de tinte u otros exámenes no destructivos. Deben estar libres de discontinuidades lineales mayores de 3.2 mm (1/8 in.), Excepto que en los siguientes lugares, los ejes deben estar libres de todas las discontinuidades lineales:

3.7.3 (a) Ejes de cola cónicos: la longitud de un tercio delantero del cono, incluido el extremo delantero de cualquier chavetero y una longitud igual de la parte paralela del eje inmediatamente delante del cono.

3.7.3 (b) Ejes de cola con bridas: el área de filete de la brida.

4-3-2/5.17.3

5.17.3 Guarnición de línea.

Todos los revestimientos deben encogerse o forzarse con cuidado sobre el eje mediante presión y no deben asegurarse con pasadores. Si el revestimiento no encaja firmemente en el eje entre las partes de los cojinetes, el espacio entre el eje y el revestimiento debe llenarse por presión con un compuesto insoluble no corrosivo.

4-1-1/3.5

3.5 Administración del Programa de Aprobación de Tipo.

La administración del Programa de Aprobación de Tipo se muestra esquemáticamente en 4-1-1 / Tabla 2.

Tabla 2:

Administration of Type Approval Program

<i>Type Approval Program</i>							
Product design assessment 4-1-1/3.5.1			Product quality assurance assessment 4-1-1/3.5.2				
(a) Design evaluation	And /or	(b) Prototype examination and/or prototype test	(a) Manufacturing facilities certified to a quality standard	And /or	(b) Manufacturer's facilities and quality plan audited for product-specific requirements	Or	(d) Manufacturer's documentation of product quality
(c) Product design assessed ⇒ Product design assessment certificate			(c) Product quality assurance assessed ⇒ Quality assurance assessment certificate				
Product design assessed + Product quality assurance assessed ⇒ Type approval certificate							

3.5.1 Evaluación del diseño del producto.

3.5.1 (a) Evaluación del diseño. Los planes que muestran los detalles de la construcción y la documentación, como las especificaciones del producto, los datos de rendimiento, el estándar de cumplimiento, los análisis de ingeniería, etc., según corresponda, deben enviarse para su revisión. El diseño se revisará para cumplir con los requisitos

aplicables de las Reglas, o un estándar alternativo de cumplimiento según lo permitan las Reglas. Los productos para los cuales no existen requisitos específicos en las Reglas pueden ser evaluados en base a los estándares de la industria aplicables; o, en ausencia de normas aplicables o criterios de la industria, estándares o especificaciones del fabricante y análisis de ingeniería. La base de la evaluación del diseño se indicará en la documentación de la Oficina relativa al producto.

3.5.1 (b) Examen de prototipo y / o pruebas. El fabricante debe presentar una muestra o muestra del producto, representativa del "tipo" que se aprobará a la Oficina con el fin de verificar que el "tipo" se ha fabricado de conformidad con los documentos de diseño. Cuando corresponda, y según se considere necesario para el proceso de evaluación, el fabricante debe someter la muestra a pruebas de rendimiento, no destructivas, destructivas, ambientales u otras, según se especifique en las Reglas, en la norma de cumplimiento o en la norma del fabricante. Especificaciones en presencia de un inspector.

3.5.1 (c) Certificado de evaluación de diseño de producto. Los productos evaluados de acuerdo con 4-1-1 / 3.5.1 (a) o 4-1-1 / 3.5.1 (b) o ambos, según corresponda, y se encuentran en conformidad con las disposiciones aplicables de las Reglas, Las normas o especificaciones se emitirán un Certificado de Evaluación de Diseño de Producto. Los productos así aprobados serán elegibles para ser incluidos en la publicación de la Oficina; ver 4-1-1 / 3.5.5.

3.5.2 Evaluación de la garantía de calidad.

3.5.2 (a) Estándar de garantía de calidad. El fabricante debe operar un sistema de garantía de calidad que cumpla con un estándar de calidad reconocido, como la serie ISO 9000 o equivalente. El sistema de calidad debe ser certificado por la Oficina o por un registrador independiente para el cumplimiento de la norma. La certificación incluirá la revisión de los manuales del sistema de calidad y la auditoría de la implementación de los procedimientos del sistema de calidad. Las auditorías periódicas de vigilancia y las auditorías de renovación de certificación deben estar de acuerdo con las disposiciones de la norma de garantía de calidad aplicable.



3.5.2 (b) Control de calidad. Los planes de calidad típicos, que describen los métodos para asegurar y controlar la calidad durante la producción según lo requieran las especificaciones del producto o el estándar de cumplimiento, estarán sujetos a la evaluación de la Oficina. En particular, los planes de calidad deben reflejar encuestas, pruebas, etc. específicos requeridos por las Reglas.

3.5.2 (c) Certificado de evaluación de la garantía de calidad. Las instalaciones de fabricación se auditaron de acuerdo con 4-1-1 / 3.5.2 (a) o 4-1-1 / 3.5.2 (b) o ambas, según corresponda, y se considera que cumplen con una norma de garantía de calidad adecuada, y / o tener un control de calidad de fabricación que cumpla con las disposiciones aplicables de las Reglas, la norma de producto aplicable, las especificaciones del fabricante o una combinación de las mismas, se emitirá con un Certificado de Evaluación de Garantía de Calidad. Los fabricantes evaluados serán elegibles para ser incluidos en la publicación de la Oficina; ver 4-1-1 / 3.5.5.

3.5.2 (d) Documentación del fabricante. En lugar de la aprobación formal de garantía de calidad como se describe en 4-1-1 / 3.5.2 (a) y / o 4-1-1 / 3.5.2 (b) anterior, el reconocimiento de la Oficina, a su discreción, de la calidad de ciertos productos puede basarse en la documentación del fabricante de conformidad con las especificaciones, o en los registros de servicio satisfactorios de dichos productos, o en ambos. 3.5.3 Aprobación de tipo 4-1-1 / 3.5.3 El certificado de aprobación de tipo se emitirá para un producto cuyo diseño se haya evaluado de acuerdo con 4-1-1 / 3.5.1 y cuyas instalaciones de fabricación se hayan evaluado de acuerdo con 4-1-1 / 3.5.2.

3.5.4 Certificados.

3.5.4 (a) Validez. El período de validez de los certificados indicados en 4-1-1 / 3.5.1 (c), 4-1-1 / 3.5.2 (c) y 4-1-1 / 3.5.3 será de cinco años a partir de la fecha de emisión. En cualquier momento, donde haya un cambio en el diseño del producto, o un cambio en los estándares aplicables, es responsabilidad del fabricante enviar dicho cambio de diseño a la Oficina con una solicitud para la incorporación del cambio para su registro, fines, o para la reevaluación del producto, según sea el caso. Cualquier falla en notificar a la Oficina sobre un cambio de diseño invalidará el certificado.



3.5.4 (b) Renovación. Para la renovación de los certificados, el fabricante debe informar a la Oficina de cualquier cambio en el diseño del producto, y se debe realizar lo siguiente, según corresponda: volver a evaluar el diseño del producto de acuerdo con 4-1-1 / 3.5.1, si hay un cambio de diseño o especificación, o un cambio a las reglas o estándares aplicables; volver a auditar el plan de calidad de acuerdo con 4-1-1 / 3.5.2 (b); y evidencia a la vista de que se ha mantenido un sistema de garantía de calidad válido de acuerdo con 4-1-1 / 3.5.2 (a) o 4-1-1 / 3.5.2 (d).

3.5.5 Listado de productos y fabricantes de productos.

Los productos aprobados y los fabricantes aprobados se incluirán en la lista de la publicación de la Oficina de productos de tipo aprobado. Se proporcionan tres categorías de listado:

- productos evaluados en el diseño (ver 4-1-1 / 3.5.1 (c))
- fabricantes evaluados de control de calidad (ver 4-1-1 / 3.5.2 (c))
- tipo de productos aprobados (ver 4-1-1 / 3.5.3).