

REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
ARMADA NACIONAL
PREFECTURA NACIONAL NAVAL
DIRECCION REGISTRAL Y DE MARINA MERCANTE

Montevideo, 9 de Enero de 2015. -

Circular DIRME N° 001/2015.

DE: Director Registral y de Marina Mercante.

PARA: Lista de Destinatarios.

ASUNTO: Establecer Criterios de control que aplicarán los Inspectores de COTEC en las Inspecciones en seco de buques y artefactos navales.

ANEXO: "ALFA" Normas de referencia a aplicarse en inspecciones y trabajo de mantenimiento de carena en seco.

REFERENCIAS: -Decreto N°302/983.
-Disposición Marítima N° 154/2014.
-Normas aplicados por las IACS.
-Normas NTN de la Armada Nacional.
-Comunicado N° 010602.
-Resolución OMI A.1053 (27)

VISTO: Que la Disposición Marítima 154/14, reglamentó los periodos de mantenimiento de carena en seco para buques y artefactos navales en general, así como el otorgamiento de prórrogas, y estableció además mantenimientos y controles de carácter obligatorio y otros de carácter recomendable.

CONSIDERANDO:

1) Que si bien la Disposición Marítima 154/2014 estableció los mantenimientos y controles de carácter obligatorio y de carácter recomendable, no existen criterios reglamentados en lo atinente a las tolerancias admisibles aplicables a las inspecciones de los distintos elementos del buque que se controlan y mantienen durante los periodos de carenado.-

2) Esta ausencia de criterios reglamentados a su vez dificulta el logro de estándares mínimos de mantenimiento para la flota nacional.-

3) Que esta medida está en concordancia con el Objetivo Estratégico 6.3 del Plan General COMAR Cambio 2014, al incrementar los estándares Nacionales de Seguridad de la Vida Humana en el Mar y Preservación del Medio Marino.-

4) La necesidad de avanzar en la mejora continua de la gestión, adoptando normas y procedimientos, fijando criterios que den transparencia y sirvan de guías tanto para los Inspectores de COTEC como para los Armadores.-

5) La responsabilidad que tiene esta Dirección en lo atinente a la implementación y verificación del cumplimiento de los estándares de seguridad nacional e internacional por parte de los buques de bandera nacional.-

RESUELVE :

1.-Las naves y artefactos navales para obtener los respectivos Certificados de Navegabilidad deberán ser puestos en seco para mantenimiento de carena en concordancia con lo establecido en la Disposición Marítima 154/2014.

2.-Los Inspectores de COTEC tomarán como referencia en sus inspecciones de buques en diques o varaderos, las normas establecidas en el Anexo "Alfa" de la presente Circular.

3.-Los referidos criterios se aplicarán a partir de la fecha de este comunicado a todo buque que sea puesto en seco para mantenimiento de carena, en cumplimiento de la fecha que marca su Certificado de Navegación o excepcionalmente la prórroga otorgada.

CANCELACIÓN: Por orden expresa.

Capitán de Navío (CIME).....

Jorge PEREZ

Director Registral y de Marina Mercante

LISTA DE DESTINATARIOS

- a. Prefecto Nacional Naval.
- b. Circunscripciones de la P.N.N.
- c. Cámara de la Marina Mercante.
- d. Cámara de Armadores Pesqueros del Uruguay.
- e. UCOMAR.
- f. SUNTMA.
- g. Centro de Maquinistas Navales.

ANEXO "A"

NORMAS DE REFERENCIA A APLICARSE EN INSPECCIONES Y TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE CARENA EN SECO

INDICE

INTRODUCCION

METODO DE RECONOCIMIENTOS DEL ESTADO DEL CASCO

1. MEDIOS PARA EVALUAR EL ESTADO DEL CASCO

1.1 INSPECCION VISUAL

1.1.1 INSPECCION VISUAL GENERAL

1.1.2 EXAMEN MINUCIOSO

1.2 METODOS DE ENSAYO NO DESTRUTIVOS

1.2.1 METODOS DE ENSAYOS POR TINTAS PENETRANTES

1.2.2 DETECCION DE GRIETAS POR PARTICULAS MAGNETICAS

1.2.3 INSPECCION CON RADIOGRAFIAS

1.2.4 PRUEBAS POR ULTRASONIDO

1.3 PRUEBAS DE PRESION Y ESTANQUEIDAD

1.3.1 PRESCRIPCIONES PARA TANQUES QUE NO SEAN DE CARGA

1.3.2 PRUEBAS DE PRESION A LOS TANQUES DE CARGA

1.3.3 PRUEBAS DE ESTANQUEIDAD EN LAS TAPAS DE ESCOTILLAS

1.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

SECCION I – CASCO

SECCION II – EJES Y COJINETES

SECCION III – HELICES

SECCION IV – TIMON

INTRODUCCION

METODOS DE RECONOCIMIENTOS DEL CASCO

Los métodos de reconocimiento del casco consisten en una serie de recursos y procedimientos destinados a detectar fallos y averías con tiempo suficiente para evitar roturas prematuras.

Los métodos de reconocimientos del casco no solo abarcan todo tipo de sistemas para detectar deficiencias o vigilar el estado de los elementos estructurales, sino que también definen esquemas de inspección para su aplicación durante el período que va desde la última revisión hasta el hipotético que se puede producir el fallo.

Entre otros se consideran medios de detección de defectos y de vigilancia de la condición a los siguientes:

- ✓ Inspecciones visuales
- ✓ Ensayos no destructivos y calibración
- ✓ Examen de la estanqueidad y del funcionamiento
- ✓ Medición de espesores y vibraciones

Los esquemas de inspección consisten en prescripciones de reconocimientos periódicos que, basándose en la experiencia en proyectos y operaciones obtenida a lo largo del tiempo, permitan descubrir deficiencias con la suficiente antelación como para evitar que se produzcan averías o roturas.

1. MEDIOS PARA EVALUAR EL ESTADO DEL CASCO

1.1 Inspección visual

Una buena parte de las labores de reconocimiento del casco se realiza en base al ojo clínico del inspector, que le permite realizar los exámenes como criterio y llegar a tener una opinión fundamentada del estado del buque.

Inspecciones generales, una revisión general del estado del casco del buque mediante la observación visual

Exámenes minuciosos en:

a. Aquellos lugares en donde se hayan descubierto discontinuidades, roturas o deformaciones y en determinadas estructuras estipuladas por las reglas y/o prescripciones, por ejemplo en la zona de la carga de los tanques de hidrocarburos.

b. En determinadas estructuras del casco estipuladas por las reglas y/o prescripciones, por ejemplo en la zona de carga de los tanques de hidrocarburos.

Exámenes de zonas en las que se sospeche de una posible concentración de grietas o corrosiones. Los métodos basados en una serie de procedimientos a seguir durante la inspección visual pueden aplicarse como sigue:

1.1.1 Inspección visual general

Examen del cuerpo externo del casco

Deberá concentrarse la atención visual en las formas, líneas y curvas del buque, con el objeto de detectar posibles

- ✓ Deformaciones inusuales
- ✓ Desalineación de elementos estructurales a lo largo de las planchas del fondo, el forro exterior de los costados, las quillas de pantoque o las cubiertas.

Como resultado, las deformaciones permanentes de determinadas secciones pueden tener su origen en:

- ✓ El quebranto
- ✓ El arrufo
- ✓ Deformaciones locales que afectan a la estructura original

Inspecciones internas en las bodegas, tanques y otros elementos del casco

En el interior de los compartimentos se pueden realizar exámenes visuales parecidos:

Deberá concentrarse la atención en los elementos estructurales que están fuera de escuadra a lo largo de las líneas que van de proa a popa y de babor a estribor, en especial:

- ➔ Palmejares y refuerzos longitudinales
- ➔ Forros, mamparos longitudinales y corrugaciones
- ➔ Plataformas, elementos transversales y mamparos
- ➔ Cuadernas, cartabones, baos de cubierta
- ➔ Varengas y rigidizadores unidos a ellas.

Las líneas y/o estructuras que sufran desalineaciones, deformaciones, pandeos, alabeos u otras discontinuidades indican la presencia de defectos que exigen un reconocimiento minucioso.

Inspecciones en dique seco

Cuando el buque entre en dique seco, deberá concentrarse la atención en:

- Descubrir deformaciones y/o discontinuidades a lo largo de las planchas de la quilla, el fondo y los costados, las quillas de pantoque y las uniones
- Una vez se han hecho rebosar los tanques de lastre para realizar la inspección comprobar que no existen fugas de dentro a fuera
- Quitar el tornillo de purga de la pala del timón. Si sale agua es porque la pala no es estanca y el agua ha penetrado en su interior (si no se hace esta prueba, la entrada de agua podría pasar desapercibida)
- La medición de los huelgos en los cojinetes del timón mediante galgas puede considerarse también como una técnica propia de la inspección visual, en este caso dirigida a evaluar el desgaste de estos componentes. Lo mismo sucede con la calibración de los eslabones de la cadena del ancla mediante un calibre de corredera.
- El estado de la brida del timón; los pernos o tuercas deben estar totalmente apretados
- El estado de la soldadura en las costuras y las uniones a tope y en las zonas donde haya aberturas de salida al exterior.

1.1.2 Examen minucioso

Si se localizan hendiduras y/o deformaciones, habrá que proceder a realizar exámenes minuciosos.

La zona sometida a este escrutinio debe ser accesible para realizar la inspección de alcance visual inmediato del inspector.

Este tipo de inspecciones hay que hacerlas con un proyector que proporcione una buena iluminación, etc. Se dispondrá siempre de una buena linterna y un martillo de pruebas, así como de una rasqueta para eliminar resto de óxido y suciedad y poder dejar descubierto el material al desnudo.

En caso de deformación:

Las deformaciones que puedan haberse producido como resultado de fuerzas extremas o internas deberán analizarse cuidadosamente.

En caso de que aparentemente no haya habido cargas extraordinarias a lo largo de forro exterior, la cubierta o el fondo, deberá explorarse la posibilidad que se haya producido alguna de las siguientes circunstancias:

- ✓ Movimientos internos de carga, líquidos, etc.
- ✓ Excesiva flexibilidad de la estructura
- ✓ **Concentraciones de esfuerzos localizadas en determinadas zonas (cargas puntuales excesivas)**

Es posible que se necesite continuar los exámenes en busca de fracturas y grietas incipientes.

Deberán examinarse además otras zonas idénticas en busca de defectos similares, por si estuvieran ya presentes o en períodos de gestación.

En caso de grietas:

Situación de la grieta

- Configuración de la estructura/elemento estructural
- Punto de origen de la grieta
- Longitud y dirección
- Profundidad y anchura de la grieta

Posibles causas:

- ★ Soldadura defectuosa en las uniones
- ★ Discontinuidad en las uniones
- ★ Compresión o tensión entre partes adyacentes
- ★ Movimiento de retorcimiento
- ★ Tipo de corrosión
- ★ Disminución de espesor

Estas posibles causas deberán analizarse no sólo en la zona en cuestión, sino también en zonas idénticas o simétricas, especialmente por la banda contraria.

Zonas críticas para las grietas y la corrosión

Localización de las concentraciones de esfuerzos y las grietas incipientes diferentes zonas del barco.

En cubierta:

- Esquina de escotillas en cubierta de intemperie
- Esquinas en uniones de cubierta con casetas y superestructura
- Planchas de cubierta entre escotillas de carga, especialmente en las zonas en las que cambia el espesor de la plancha

- En uniones de barraganetes con cubierta

Bajo cubierta:

- Escotadura en bulárcamas, en el punto por donde pasan las vagras
- Escotaduras en los mamparos, en el punto donde están cerrados los pasos de las vagras
- Extremos de las planchas de refuerzo (cartabones) en las uniones de mamparo
- Zonas en que los refuerzos longitudinales se encuentren con la estructura con las estructuras verticales

En los espacios de máquinas:

- En la misma localizaciones bajo cubierta enumeradas supra y especialmente en zonas proclives a sufrir vibraciones inducidas (alrededor de máquinas con movimientos oscilantes)
- Debajo de los asientos del motor a lo largo de la bancada
- En los asientos de los cojinetes de empuje.

Lugares proclives a la corrosión acelerada:

Son en general los lugares donde los revestimientos (pinturas) son inadecuados o defectuosos o su mantenimiento es escaso.

- Esquinas y extremos ciegos en los que se acumula el agua sin posibilidad de drenaje o circulación (por ejemplo las uniones de los mamparos de popa con el plan)
- Interior de los tubos imbornales, especialmente en los codos que llevan al forro exterior.
- En los tirantes de las amuras y brazolas, en las zonas en que se unen a cubierta, a lo largo de las uniones de cubierta con las brazolas de escotillas, los conductos de ventilación, los tubos de aireación etc.
- En la parte superior de los tubos/conductos de aireación o por debajo de ellos, especialmente en las zonas en que los elementos galvanizados se unen con acero.
- En las tapas de escotillas
- Entre las uniones de paneles y especialmente a lo largo de canales de drenaje, trincas y acanaladuras de goma, a lo largo de la parte inferior de las paredes laterales de los paneles que están en contacto con las brazolas de escotillas
- En los huecos de los puntos donde se hacen firmes las trincas
- En las brazolas de escotillas
- A lo largo de las trincas
- A lo largo de la superficie sobre la que se desplazan los rodillos.
- Bajo cubierta (bodegas/tanques de carga)
- A lo largo de los mamparos transversales de popa, en la zona de unión con la cubierta o la cubierta del tanque, donde es fácil se estanque el agua o se acumulen restos de carga.
- En el interior del túnel de sentinas
- En la base de los tubos de sonda (donde deben instalarse chapas de refuerzo)
- En la base de los abocardados de las tuberías de aspiración

- Alrededor de las bridas y otros elementos de las tuberías
- En la cara inferior de las tuberías, en donde gotea la condensación
- En los tanques de lastre a lo largo de la zona que queda entre el nivel de llenado y el techo del tanque
- En las tuberías especialmente a lo largo de la cara exterior de su parte posterior, en sus accesorios y en el exterior de la parte inferior.

1.2 METODOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

El método de detectar grietas visualmente es medio limitado. Además las imperfecciones internas de los cordones de soldadura o las faltas de material no pueden descubrirse sin unos métodos e instrumentos de exámenes adecuados. Algunos de los métodos de ensayo no destructivo (END) utilizados son los siguientes:

- Métodos basados en líquidos penetrantes
- Método de detección de grietas por partículas magnéticas
- Inspección con radiografía
- Pruebas con ultrasonido

Cada uno de estos ensayos, es aplicables para determinar el estado del material estudiado.

Etapas básicas de la inspección:

Lo primero que se debe hacer es la elección del método y técnica que se va aplicar. Luego se debe obtener una indicación propia, es decir como el ojo puede determinar la falla o estado.

Después viene la etapa de interpretación de la indicación, por ejemplo ultravioleta, rayos x u otros de los cuales vamos a obtener una indicación que después debo evaluar para llegar al diagnóstico.

Por último viene la evaluación de la indicación.

Análisis del ensayo a emplear.

Para llegar a la determinación de que END emplear se debe tener en cuenta el tipo de material a ensayar y la parte de este material que yo quiero ensayar es decir si va ser un ensayo superficial o interno.

Criterios para la selección del método de ensayo:

	UBICACION DEL DEFECTO	UBICACION DEL DEFECTO	UBICACION DEL DEFECTO
TIPO DE MATERIAL	INTERNO	SUPERFICIAL	SUB SUPERFICIAL
METALICO FERROSO	RADIOGRAFIA ULTRASONIDO	TINTAS PENE- TRANTES	PARTICULAS MAGNE- TICAS
NO FERROSO	RADIOGRAFIA ULTRASONIDO	TINTAS PENETRANTES	

OTRO	RADIOGRAFIA ULTRASONIDO	TINTAS PENETRANTES	
------	----------------------------	--------------------	--

1.2.1 Métodos basados en líquidos penetrantes

Un ensayo tipo es el que utiliza un líquido de baja viscosidad que contiene un tinte fluorescente. La zona a comprobar se rocía o empapa de forma que el líquido penetre por acción capilar y una vez transcurrido un lapso de tiempo determinado se seca todo convenientemente. Cuando se aplica luz ultravioleta a la zona, las fisuras aparecen reveladas por el brillo del tinte que ha penetrado en ellas.

Otro ensayo utiliza un penetrante a base de tinte muy potente. El líquido se rocía sobre la zona sospechosa con un aerosol. Transcurrido un tiempo suficiente para que penetre el líquido, se limpia y seca la superficie y se cubre con un líquido que se deja secar hasta que deje un sedimento (revelador).

El penetrante marca el revelador a lo largo de la grieta.

1.2.2 Detección de grietas por partículas magnéticas

Este tipo de pruebas solo vale para aquellos materiales susceptibles de magnetización (no se pueden usar en aceros austeníticos o en metales no ferrosos). Una vez realizado el ensayo el componente se somete a desmagnetización.

Mediante una corriente eléctrica o un imán permanente se crea un campo magnético en el componente y se extienden partículas magnéticas sobre la superficie.

Las grietas se ponen de manifiesto mediante la línea de partículas magnéticas.

Las partículas de polvo magnético que se utilizan pueden ser óxido de hierro negro en suspensión en aceite poco viscoso.

También existen tintas magnéticas coloreadas en aerosol y el método seco utiliza polvo únicamente, extendido sobre la superficie. el polvo tiende a depositarse en la grieta de la misma forma que las limaduras metálicas se agrupan en la unión de dos imanes situados con los polos opuestos unidos.

1.2.3 Inspección con radiografías

Los rayos X los rayos gamma se utilizan para la inspección de soldaduras. Las faltas en el metal afectan a la intensidad de los rayos que pasan a través del material. Una vez revelada, la película sometida a la acción de los rayos produce una fotografía sombrada.

Existen prescripciones que obligan al examen radiográfico de muchas soldaduras especialmente las de los recipientes a presión.

La película muestra determinados defectos como, porosidad, restos de escoria, falta de fusión, falta de penetración, grietas y rebajes.

Las radiografías proporcionan un registro permanente de la calidad de las soldaduras, etc.

Deben situarse indicadores de calidad de imagen sobre las soldaduras o al lado de ellas.

1.2.4 Prueba con ultrasonidos

Toma de espesores en los escantillones del casco

Normalmente la toma de espesores se hace con calibres de ultrasonidos diseñados para la medición de espesores.

Si se realizan de forma profesional y con el muestreo adecuado, las tomas de espesores en el escantillado suelen revelar el estado general del buque en lo que se refiere a su resistencia estructural.

El alcance de las mediciones necesarias viene determinado por el reglamento de las sociedades clasificadoras y está en función del tipo y la edad del buque sometido a reconocimiento.

El estado real de la estructura, verificado mediante observaciones visuales, puede requerir toma de espesores ante de lo que estaba previsto, o toma de espesores adicionales.

Como norma general cuando menor sea el espesor más mediciones habrá que realizar y con mayor rigor.

1.3 Pruebas de presión y estanqueidad

Este tipo de pruebas están prescritas para la fase de construcción de un buque y los reconocimientos periódicos posteriores, también después de realizar reparaciones que obliguen a una nueva comprobación de estanqueidad de las secciones afectadas.

Para estas pruebas los métodos varían en función del tipo de tanque, según sean tanques de carga o no.

1.3.1 Prescripciones básicas para tanques que no sean de carga

Todos los tanques de lastre, asiento, agua de alimentación, agua dulce y estabilizadores, así como los de combustible y aceites lubricantes deben someterse a una prueba hidráulica con el agua correspondiente a una columna de agua de 2,4 m por encima del nivel superior del tanque o nivel del tope de la tubería de rebose, al más alto de los dos.

En algunos casos se permite una prueba hidráulica con aire seguida de una prueba de funcionamiento posterior con el líquido correspondiente.

Si la línea de carga de más calado estuviera a más de 2,4 m por encima del nivel superior del tanque, la estanqueidad se comprobará con la columna de agua que corresponda a la línea de carga del calado máxima.

En todos los casos se realizarán las pruebas con una columna de agua que llegue hasta el nivel más alto del tubo de rebose o aireación.

1.3.2 Pruebas de presión en los tanques de carga

Las pruebas de presión/estanqueidad en los tanques de carga de los petroleros y quimiqueros, los tanques de carga de los buques de carga seca, etc. deben realizarse como siguen:

Antes de la botadura del buque se realizará una prueba de estanqueidad mediante presión de agua en los tanques de carga y en los cofferdams. Esta prueba se realizará de forma que los mamparos de los tanques de carga y los mamparos de los cofferdams se comprueben al menos por una de sus caras.

La prueba se realizará antes de la aplicación de la primera capa de revestimiento

protector.

Si no fuera posible realizar la prueba con agua en el astillero de construcción, la prueba hidrostática se podrá realizar también después de la botadura.

La prueba de los tanques de carga necesita una columna de agua de 2,4 m por encima del nivel superior del tanque. Todo peso específico de la carga que esté por encima del nivel 1,025 t/m³ deberá ser tenido en cuenta.

En los cofferdams basta con un nivel de agua que llegue hasta el borde superior de la escotilla de acceso.

1.3.3 Pruebas de estanqueidad de las tapas de escotillas

Las tapas de escotillas de la cubierta de intemperie deben ser comprobadas para verificar su estanqueidad a la intemperie.

Estas pruebas deben realizarse mediante mangueras contra incendios con lanzas de 12 mm de diámetro a una presión de 2,0 bar y desde una distancia de 1,5 m.

1.4 Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento deben demostrar de forma fehaciente que el elemento sometido a prueba:

- ✓ Cumple con el cometido a que está destinado, en las condiciones para las que se proyectó
- ✓ Se satisfacen todos los aspectos de seguridad pertinentes cuando el componente está funcionando, tanto en la posición de abierto como en la de cerrado.

SECCIÓN I – CASCO

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE CORROSIÓN:

Las distintas tomas de espesores en un sitio concreto tiene una validez durante el periodo que transcurre entre dos varadas consecutivas del buque, al haber transcurrido este periodo se puede llevar a cabo nuevamente el estudio de la zona o solicitarse la inspección en otra región particular.

Antes de comenzar la toma de espesores se hará una inspección visual con el fin de estimar el estado de las distintas chapas, también se revisara el estado del

Bueno	Condición con solo pequeños focos de óxido (ver Figura 1)
Aceptable	Condición con roturas locales en bordes de los refuerzos y conexiones soldadas ó 20% del area considerada con oxido liviano, pero menor de lo definido en condición no aceptable (ver Figura 2).
No aceptable	Condición con 20% o más del área en consideración con roturas del recubrimiento ó si el recubrimiento es duro el porcentaje de daño maximo es del 10% (ver Figura 3).

recubrimiento (pintura) de las distintas chapas según la siguiente clasificación.



Figura 1 (estado bueno)



Figura 2 (estado aceptable)



Figura 3 (estado no aceptable)

DISMINUCIÓN ADMISIBLE DE ESPESORES:

- Buques menores a 90 m de eslora:

Elemento estructural	Diminución admisible (%)
Cubierta principal	25
Cubierta inferiores	30
Cubierta de superestructuras	30
Traca de fondo	25
Traca de quilla	25
Traca de cinta	25
Traca de costado	30
Caja de toma de mar	25
Castillo de proa	30
Refuerzos y mamparos	30

- Buques mayores a 90 m de eslora

Elemento estructural	Diminución admisible (%)	
	*1	*2
Cubierta resistente	20	25
Cubierta de superestructuras	30	30
Cubierta inferiores	30	30
Traca de quilla (*3)		
Traca de pantoque	25	25
Traca de fondo, resto	25	25
Traca de costado	25	25
Traca de cinta	20	25
Doble fondo, tracas exteriores	20	30
Doble fondo, resto	25	30
Mamparo longitudinales, traca inferior	25	25
Mamparo longitudinales, traca superior	20	25
Resto de las tracas de mamparo longitudinales	25	25
Mamparo transversales	25	25
Mamparos extremos de superestructura	30	30
Refuerzos interiores	25	25
Brazolas, tapas de bodegas y barraganetes	30	30

Notas:

- *1- Se refiere al porcentaje de disminución de espesores admisibles, en el caso de estructura longitudinal o combinada.
- *2- Se refiere al porcentaje de disminución de espesores admisibles, en el caso de estructura transversal o longitudinal anterior a 1962.
- *3- Las chapas de la traca de quilla se renovarán cuando alcancen el espesor mínimo indicado para las tracas adyacentes.

EVALUACIÓN DE PITTING:

Denominamos pitting a la corrosión localizada que produce socavaciones que pueden llegar a transformarse en perforaciones. Estos pueden ser:

- Pitting aislado: Son los pitting que se encuentran distanciados del más cercano en por lo menos 14 veces su diámetro.

Se miden sus profundidades mediante el uso de un calibre de profundidad.

Para este tipo de pitting aislado se permite hasta un máximo del 35 % de disminución del espesor de la chapa original, clasificándose en 3 niveles:

Alto: Superior al 35% de disminución local del espesor

Medio: Será cuando la disminución local supera el 15% y menor a lo expresado en alto.

Leve: Será cuando la disminución local menor al 15%.

Por lo que aquellas zonas que presenten elevados niveles se deberán reparar mediante el rellenado de la socavación por soldadura.

Antes de proceder a la reparación por soldadura, se deberá comprobar que las regiones a soldar no se encuentren a una distancia menor de 75 mm entre ellas, así como que las chapas a ser soldadas conserven un espesor remanente mayor a 6 mm o el espesor que el inspector considere necesario para cada caso particular.

El procedimiento de reparación por soldadura debe efectuarse siguiendo los siguientes pasos:

1. Se deberá amolar la región de forma de que el electrodo penetre dentro del pitting con un ángulo de 30° desde la vertical.
2. Se rellenará usando un electrodo de propiedades similares a la del material de la chapa, comenzando y finalizando la soldadura fuera del pitting.
3. Se amolara de forma que no quede ninguna sobre monta.
- 4- Por último se inspeccionará (tintas penetrantes o partículas magnéticas), para comprobar la ausencia de fisuras.







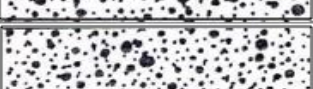


De no ser posible esta reparación, se procederá a renovar un trozo de dicha chapa.

Las zonas con un nivel intermedio, se deberán de limpiar y cubrir con una capa de pintura adecuada o rellenar con un componente plástico.

Las zonas levemente afectadas no requerirán ningún tipo de reparación, pero si las zonas adyacentes se encuentran en buenas condiciones de recubrimiento, se deberá limpiar y uniformizar el recubrimiento.

- Pitting generalizado: Se produce este tipo de pitting cuando en una cierta región se concentran uniformemente distintos tamaños de socavaciones.

La evaluación de pitting generalizado se realizará mediante la estimación del porcentaje de superficie afectada mediante una comparación visual con el siguiente padrón:

Patron visual	Superficie afectada	Disminución de espesor equivalente
	1%	0.4%
	3%	1.2%
	5%	2%
	10%	4%
	15%	6%
	20%	8%
	25%	10%
	30%	12%
	40%	16%

De acuerdo a este porcentaje de superficie afectada, se dará una disminución de espesor equivalente, se evaluarán los pitting más comprometidos de forma individual (como pitting aislados), los cuales serán seleccionados por el inspector a cargo.

Luego al valor obtenido de la tabla se le sumará el desgaste promedio medido con galga electrónica (ultrasonido) Resumen: suma del desgaste estimado por pitting más el remanente medido por sonda.

LIMITES DE ABOLLONES Y FLECHAS ADMISIBLES:

		Cuadernas transversales	Cuadernas longitudinales
Tolerancia de construcción	Buque carguero	12	15
Deformación por golpes de mar en proa		50	50
Deformación por tensiones excesivas (1)		15 + 1,5.e	20 + 2,0.e
Deformaciones por impactos locales (1)	s/e ≤ 50	2,6.e	3,0.e
Deformaciones por impactos locales (1)	s/e > 50	0,06.s	0,07.s
Deformaciones por impactos locales en traca de cinta, trancanil y pantoque		10 + e (<20)	15
Deformaciones por impactos locales en los costados fuera de 0,5 L (refuerzos no afectados)		5.e	5.e
Deformaciones por impactos locales en los costados fuera de 0,5 L (refuerzos afectados)		0,04.h	0,04.h

Notas: (1) – Zona comprendida entre 0,5 L, excepto las zonas de traca de cinta, trancanil y pantoque.

Donde L es la eslora del buque, s es la distancia entre las cuadernas, e es el espesor de la chapa y h es la altura del refuerzo afectado.

REFERENCIAS NORMATIVAS:

- Thickness measurement and close-up survey of ships in accordance with Lloyd's Register rules and regulations for the classification of ships.
- Requirements concerning survey and certification. IACS requirement 1992 revisión 2004.
- Bureau Veritas the certification of firms engaged in thickness measurements of hull structures, attestation N.94/126, anexo 3-C model of attestation of certification, Acceptance criteria for systematic thickness measurements, chapter 6.
- Norma técnica AN.NT.01.022.00.

- Norma técnica AN.NT.01.023.00.

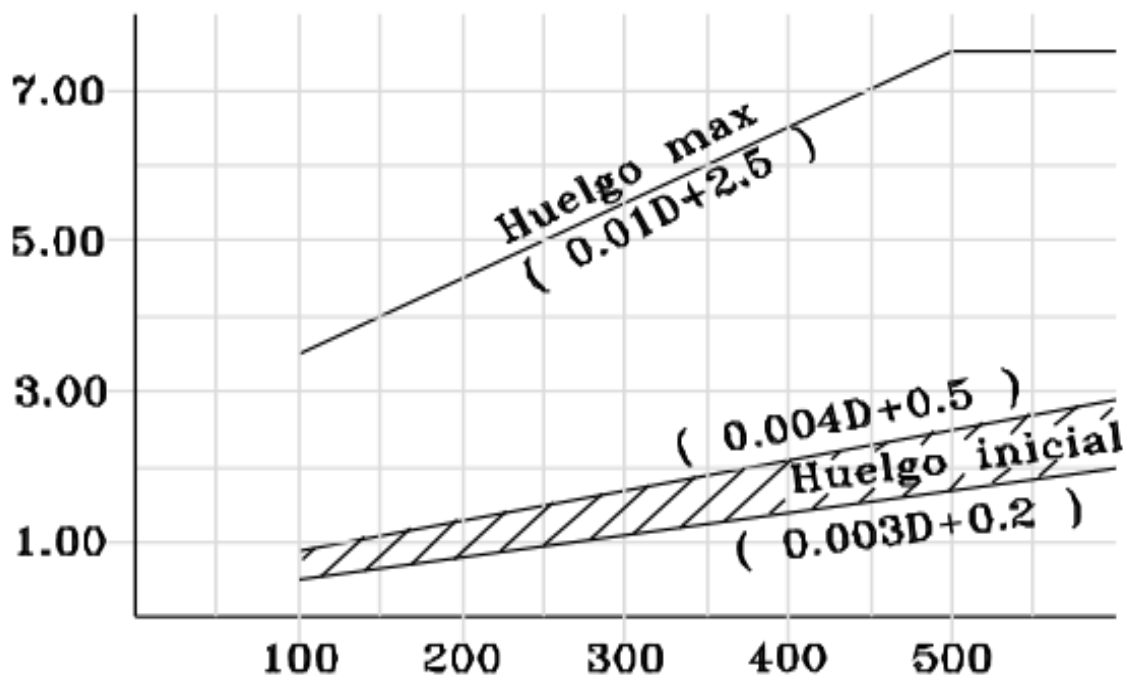
SECCIÓN II – EJES Y COJINETES

RECOMENDACIONES PARA INSTALACIONES DE BOCINAS CON SELLOS SIMPLEX-COMPACT:

- Montaje:
Antes de proceder al montaje del sello, se debe verificar la limpieza de la instalación completa de la bocina.

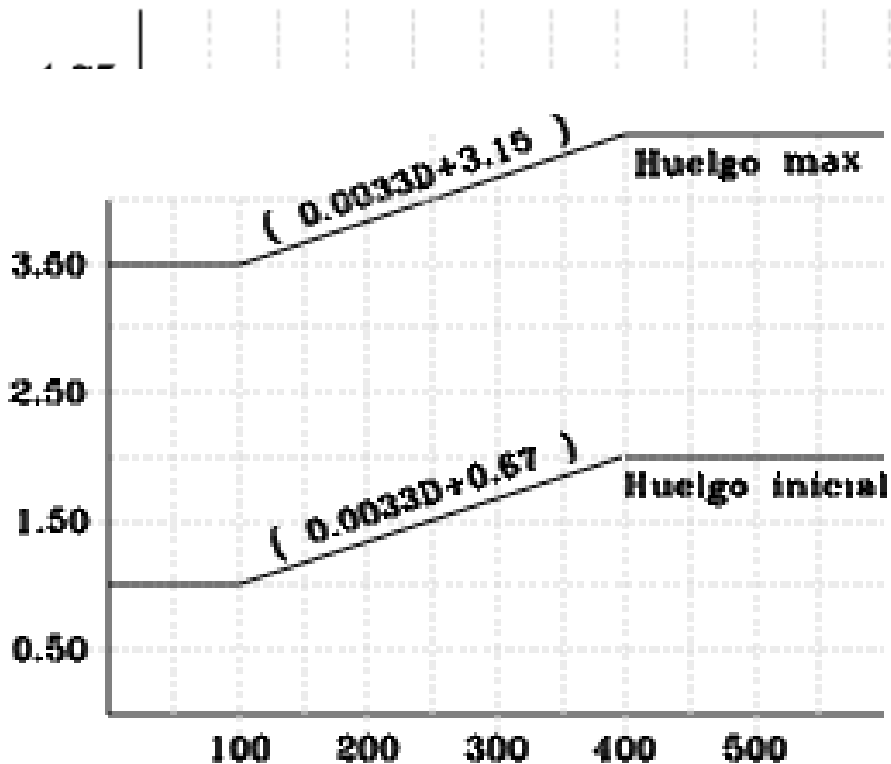
EVALUACIÓN DE HUELGOS ENTRE EL EJE Y EL COJINETE DEL TUBO DE BOCINA:

- Ejes con cojinetes lubricados con agua:
Cojinetes de cualquier material excepto de goma, deben reemplazarse cuando las luces medidas alcancen los valores que se dan en la siguiente gráfica: Cuando los cojinetes son de goma, éstos deben reemplazarse



cuando cualquiera de las canaletas de agua esté a 50% de su profundidad original, o cuando las luces exceden los valores de la gráfica anterior.

- Ejes con cojinetes lubricados con aceite:



En estos casos se reemplazarán los cojinetes cuando el desgaste supere los valores de la siguiente gráfica: Ejes con cojinetes lubricados con grasa: En este caso los cojinetes deberán ser sustituidos cuando los huelgos medidos superen los máximos indicados en la siguiente gráfica:

VALORACIÓN DE LOS EJES:

- Ejes hasta un diámetro de 255 mm:
 - (1) Para fisuras y/o pittings con una profundidad igual o menor a 3,2 mm, se debe reparar adecuadamente.
 - (2) Para fisuras y/o pittings con una profundidad mayor a 3,2 mm hasta $1/5$ del diámetro del eje, se procede a su reparación.
 - (3) Para fisuras y/o pittings con una profundidad mayor a $1/5$ del diámetro del eje, se deberá condenar dicho eje.
- Ejes de diámetro mayor a 255 mm:
 - (1) Para fisuras y/o pittings con una profundidad igual o menor que 6,4 mm, debe repararse el eje.
 - (2) En casos donde las fisuras y/o pittings tengan una profundidad entre 6,4 mm y $1/5$ del diámetro del eje deberá repararse dicho eje.

(3) Se condena el eje para los casos en que las fisuras y/o el pittings supere el 1/5 de diámetro original del eje.

Se permite reducir el diámetro clasificado en 3% (que corresponde a una disminución en la resistencia torsional de 10%) por maquinado o amolado para ambos casos.

REPARACIÓN DE DEFECTOS:

Las picaduras y defectos menores, cuando no hay grietas deben ser emparejados a piedra localmente (redondeados) para eliminar los puntos de concentración de tensiones que puedan originar fisuras. Asimismo, las superficies corroídas y picaduras generalizadas y de poca profundidad, una vez emparejadas a piedra, se deben rellenar con productos apropiados al metal base.

Otro tipo de picadura aisladas (distintas de las expuestas) o distribuidas en una región o cadena, se requiere rebajar el eje concéntricamente en el sitio del defecto, sin exceder las tolerancias que autorice el inspector, se deberá perfilar el contorno con el fin de evitar la concentración de tensiones y se concluirá el trabajo con la colocación de un recubrimiento protector o revestimiento especial.

- Reparación de defectos (1):

Las fisuras y/o pittings aislados con una profundidad igual o menor a 3,2 mm o 6,4 mm, que no forman parte de una alineación o cadena y que no estén ubicadas una con respecto a la otra dentro de los 120° y 200 mm en sentido longitudinal; se pueden corregir del siguiente modo, emparejando con piedra para reducir la concentración de esfuerzos en su base, dejándoles una curvatura de radio no menor a 1,5 de su profundidad y luego rellenando con material apropiado al metal de base.

- Reparación de defectos (2):

Las cavidades así formadas se rellenan con productos apropiados (ejemplo: acero plástico, soldadura) y se pintan de acuerdo a las prácticas establecidas. Las fisuras y / o pittings aislados con una profundidad mayor a 3,2 mm o 6,4 mm hasta 1/5 del diámetro del eje, que no forman parte de una alineación o cadena y que no estén ubicadas una con respecto a la otra dentro de los 120° y 200 mm en sentido longitudinal; se pueden corregir por medio de soldadura. El procedimiento adecuado para el trabajo sería remover toda evidencia de los defectos detectados, diseñar y preparar la junta para la realización de la soldadura, realizar un apropiado tratamiento de pre-calentamiento, soldeo y pos-calentado y las correspondientes inspecciones durante el soldeo y a posteriori del tratamiento térmico post soldadura.

La recuperación de los ejes de transmisión por soldadura de arco puede ser una operación importante o secundaria, dependiendo de la extensión y naturaleza de la avería, pero en todos los casos se deberá seguir estrictamente, las normas fijadas referentes a todos los factores que integran este trabajo de reparación (procedimiento, electrodos, tratamiento térmico, control de deformaciones, enderezamiento, inspección final, etc.). Entre estas se debe tener siempre en cuenta que se debe realizar ensayos no destructivos antes de soldar, para tener la certeza de que el material base está sano y sin fisuras. Luego de finalizado el proceso de soldeo deberá limpiarse y maquinarse la superficie, deberá a posteriori se realizará una inspección de las soldaduras y áreas contiguas.

Las fallas en las zonas de los luchaderos de acero o en la zona de trabajo de bocinas, lugares donde no se pueden aplicar recubrimientos protectores, deben estas ser eliminadas por rectificado, si es factible, sin que nunca se llegue a las dimensiones del cuerpo del eje. Si no se puede recurrir a rectificado para la solución se deberá aplicar soldadura o remetalizado según las normas previstas para dichos fines. Cuando las cubiertas protectoras existentes se han perforado, se deben recortar en las zonas donde ha fallado la adherencia. Toda picadura de corrosión debe ser cuidadosamente emparejada con piedra y rellenada con pulverización metálica de acero o rellenada con acero plástico. Posteriormente se deberá completar la cubierta protectora. Las reparaciones de áreas corroídas o fisuradas dentro de los límites permitidos, deben suavizarse en sus bordes para reducir los concentradores de tensión al mínimo. Los orificios o pittings deben de llenarse con acero plástico o similar, sobre todo si es el área de asiento del sello.

REPARACIONES EN EL CONO DEL EJE PORTA HÉLICE:

La corrosión en la parte cónica del eje porta hélice puede repararse maquinando el cono. Esto resultará en un movimiento hacia delante de la hélice que deberá compensarse por la aplicación de un espaciador entre los manchones de acople.

El espesor máximo permitido para este espaciador es el 25% del espesor de la platina del manchón. Por esta razón el espesor de platina del eje intermedio, es el que determina el máximo espesor que puede maquinarse el material del cono del eje. Ejemplo: espesor de platina del manchón de acople del eje intermedio = 100 mm; el máximo espaciador a emplearse será de 25 mm.

Si la relación en el cono del eje porta hélice es: 1 en 12; el monto radial que puede maquinarse será: $25/12 =$ aproximadamente 2 mm.

El contacto superficial (asiento) de la hélice al cono del eje deberá verificarse usando azul de Prusia, el asiento mínimo de contacto será del 70% igualmente distribuido.

Nota: Así como la corrección del daño, debe determinarse la causa y tomarse las medidas que correspondan para evitar su recurrencia.

Se debe verificar el asiento de los sellos.

EXCENRICIDAD:

Se medirá mediante un comparador y si en cualquier tramo del eje excluyendo los extremos y las zonas de los luchaderos, se da una diferencia superior a los 0,25 mm, se deberá corregir esta al menor valor posible antes de montar el eje.

TORCEDURAS:

En caso que se compruebe la existencia de torceduras importantes se deberá consultar al inspector sobre su reparación, la cual puede realizarse mediante calentamiento localizado o por calentado por inducción eléctrica y enderezado mecánico por fuerza controlada

VIBRACIÓN:

En caso de que se presenten vibraciones inconvenientes se deberá llevar los ejes al taller y verificarse su rectitud. La diferencia en los extremos de los ejes, en el cono

para la hélice o acoplamientos, debe ser menor de 0,12 mm en total (0,06 mm de excentricidad).

Se pueden prevenir los inconvenientes de las vibraciones inadecuadas realizándose un ensayo de toma de vibraciones el cual se realiza para distintas velocidades de rotación del eje con el buque navegando en rumbo fijo en zonas de profundidad apropiada.

El ensayo debería de realizarse cada dos años y medio, con el fin de adelantarse a los inconveniente, realizando las verificaciones pertinentes en la próxima entrada a dique programada.

Cuando se realiza este ensayo se deberá de tener en cuenta que los valores dados son parámetros relacionados a la medición a ser censada y deben ser interpretados a posteriori.

EJES PORTA HÉLICE CON ENCAMISADOS:

Inspeccione siempre la parte interna del eje, donde el ingreso de agua desde la empaquetadura puede causar fisuras por corrosión.

Deberá controlarse la posible ocurrencia de corrosión electroquímica en la región final de la camisa, debido a la diferencia de los metales.

El encamisado protege aquellas partes del eje que de otro modo estarían en contacto con el agua de mar.

El encamisado continuo, en una pieza o en varias secciones cubren al eje desde el extremo delantero del núcleo de la hélice, hasta el extremo delantero de la empaquetadura de bocina.

La parte de la camisa que se desgasta más es la que se encuentra en contacto con la empaquetadura.

El encamisado puede erosionarse por vibraciones o martilleo del eje.

Al estar sujeta a reacciones de torque con el eje, la camisa puede fisurarse (en su superficie o en otras partes).

Las fisuras pueden también ser resultado de recalentamientos ocasionales.

El agua de mar puede filtrarse a través de fisuras y causar rápida corrosión del eje, debido ha la corrosión electroquímica, por lo que se deben efectuar reparaciones para solucionar este inconveniente.

Estas pueden ser desde el cambio del encamisado para todo tipo de fisuras hasta la reparación de las ya existentes.

Otro tipo de corrosión es el resultado del montaje de las camisas, que suelen realizarse por interferencia entre las superficies. Los ejes están sometidos a tensiones helicoidales y es improbable que tal distorsión sea igualmente aplicada sobre todo el largo del encamisado.

Tal frotación entre sí, causa a menudo corrosión que es notada bajo la extremidad de popa de la camisa donde el agua se filtra al interior.

Lo que se menciona de movimiento relativo entre la camisa y el eje, se aplica también a secciones de encamisados conectados por (martillo o en caliente) uniones de cobre rojo.

Las conexiones adyacentes de secciones de camisas están sujetas a reacciones de torque y si las uniones de cobre no aseguran la necesaria estanqueidad, la corrosión entonces será frecuente bajo las uniones y áreas adyacentes.

• Chequeo del montaje y estado del encamisado:

El inspector deberá probar con martillo el encamisado y las uniones entre secciones teniendo presente que el encamisado puede estar desplazado más allá (abajo) de las superficies o luchaderos y por eso darán un sonido diferente, que no deberá ser confundido con el de un encamisado flojo o suelto sobre el eje.

La soltura se nota en las extremidades de la camisa y puede deberse a recalentamientos (en el cojinete de popa o en el prensa estopa) o fisuras en la camisa.

Cualquier fisura o soltura del encamisado (especialmente a popa, próximo a la hélice) o el aflojamiento de las uniones de cobre resultarán en corrosión del eje. Ante tales defectos, las uniones flojas o sueltas de cobre se desmontarán, se maquinará la superficie que corresponda y también otras áreas corroídas de manera de inspeccionar la superficie del eje.

• Renovación/ reparación de camisas:

Las fisuras que tienen penetración plena implican siempre la renovación de al menos de la parte dañada.

Las fisuras pueden maquinarse, siempre que el espesor resultante quede dentro de los límites dados más abajo por desgaste, de otra manera las partes dañadas se renovarán.

Un desgaste mayor del encamisado significa que la unidad no sirve para el uso, el máximo valor de desgaste permisible es:

(1) 25% del espesor en las áreas del cojinete (luchadero) y empaquetadura.

(2) 50% del espesor en otras áreas.

Estas mediciones serán tomadas luego de maquinar el área corroída de la camisa (o con canaletas).

Cuando el daño (fisuras o desgaste) es importante y requiere la renovación de la camisa, se procederá con la camisa como si fuera para un eje nuevo.

• Canaletas en la camisa causadas por la empaquetadura:

Este desgaste requiere la renovación completa o en parte del encamisado, solo si el espesor interior de las canaletas es inferior a la mitad del espesor regulado (o de construcción).

Cuando las canaletas o ranuras sean leves, ejemplo: 3 mm, la camisa se maquinará todo el largo de la caja de empaquetadura.

En las marcas muy leves, solo hará falta un limado o esmerilado con tela abrasiva.

ESPESORES DE BUJES DE EJES:

• Diámetro externo:

El diámetro exterior del buje se obtiene agregando la interferencia al máximo diámetro del porta buje.

• Diámetro interno:

El diámetro interno estándar es obtenido de agregar al máximo diámetro del eje, la interferencia multiplicada por 1,2 más el huelgo interno.

• Grosor de la paredes

Mejor que especificar un diámetro interno, es preferible cuando se mecaniza, especificar y controlar el diámetro externo y el grosor de la pared.

$$\text{Grosor de la pared} = 0,5x[\text{diámetro del portabuje}(\text{min}) - \text{diámetro del eje}(\text{máx}) - (0,2x\text{clavado a presión}) - \text{huelgo}]$$

Los huelgos para los bujes de las líneas de ejes porta hélices lubricados con agua, aceite y grasa ya fueron dado.

HUELGOS PARA COJINETES DE BOCINA Y PATAS DE GALLINA LUBRICADOS CON AGUA:

En la siguiente tabla se establecen los huelgos permitidos para los cojinetes de la bocina y patas de gallina que funcionan lubricados con agua de mar:

Diámetro del eje (mm)	Huelgo min en cojinetes nuevos (mm)	Huelgo total en el cual deben ser renovados (mm)	Excentricidad sobre el cojinete de la pata de gallina (mm)
25	0,38-0,43	1,75	0,875
40	0,42-0,47	2,00	1,000
55	0,46-0,51	2,25	1,125
70	0,50-0,55	2,50	1,250
85	0,54-0,59	2,75	1,375
100	0,58-0,71	3,00	1,500
125	0,64-0,77	3,25	1,625
150	0,70-0,83	3,50	1,750
175	0,76-0,89	3,75	1,875
200	0,82-0,95	4,00	2,000
225	0,88-1,01	4,25	2,125
250	0,94-1,07	4,50	2,250
275	1,00-1,25	4,75	2,375
300	1,06-1,31	5,00	2,500

325	1,12-1,37	5,25	2,625
350	1,18-1,43	5,50	2,750
375	1,24-1,49	5,75	2,875
400	1,30-1,55	6,00	3,000
425	1,36-1,61	6,25	3,125
450	1,42-1,67	6,50	3,250
475	1,48-1,73	6,75	3,375
500	1,54-1,79	6,90	3,450
525	1,60-1,85	7,00	3,500
550	1,66-1,91	7,10	3,550
575	1,72-1,97	7,20	3,600
600	1,78-2,03	7,30	3,650
625	1,84-2,09	7,40	3,700
650	1,90-2,15	7,50	3,750
675	1,96-2,21	7,60	3,800
700	2,02-2,27	7,70	3,850

CANALETAS DE PASO DE AGUA PARA LUBRICACIÓN DEL BUJE PORTA HÉLICE:

La siguiente tabla da los detalles de las canaletas de circulación de agua recomendada para los bujes de eje porta hélices:

Medidas de las canaletas para bujes de eje porta hélice lubricados por agua				
Diámetro del eje (mm)	Nº de canaletas	Angulo entre canaletas	Ancho de las canaletas (mm)	Profundidad de las canaletas (mm)
60-79	7	45°	7	4
80-119	7	45°	9	5
120-159	7	45°	10	6
160-199	7	45°	12	7
200-249	7	45°	12	8
250-299	7	45°	14	8
300-349	8	40°	15	8
350-399	8	40°	15	8
400-499	9	36°	15	9
500-599	10	33°	18	9
600-699	11	30°	18	9
700-800	12	27°	18	9

La forma UV de las canaletas con una canaleta redonda con el borde achaflanado, mantiene una mejor hidrodinámica del film de agua. La profundidad de la canaleta no debería exceder la mitad del grosor de la pared.

REFERENCIAS NORMATIVAS:

- ABS Rule requirements for survey after construction 2001/2002.
- Nipón Kaiji Kyokai (NKK) Guidance for the survey and construction of steel ships. Part K- Materials, 1997.
- ABS Intervalo de inspección de ejes porta hélice 1992.
- A commentaries on marine propeller shaft damages 1990.
- NOCEM, tomo dos capítulo 19 Ejes, cojinetes y hélices.
- Norma técnica AN.NT.01.010.00.

SECCIÓN III – HÉLICES

CLASIFICACIÓN: Las hélices amparadas por esta norma se clasifican en:

- Hélices de diámetro mayor a 2.50 m.
- Hélices de diámetro entre 0.80 y 2.50 m.
- Hélices de diámetro menor a 0.80 m

DETERMINACIÓN DEL MATERIAL:

Como primer paso para la posterior inspección y reparación si es requerido de las palas de las distintas hélices es conocer con un cierto grado de seguridad la composición de la hélice que trabajaremos.

• Aleaciones de cobre:

Las hélices fabricadas de aleaciones de cobre fundido deben cumplir con la composición química y ser resistentes a la tensión de 45 Kg f / mm² y al agua de mar en prueba de fatiga.

Las aleaciones típicas de cobre usadas para la confección de hélices en los distintos buques estarían dentro de uno de los cuatro tipos dados en la siguiente tabla:

Elementos	Composición química en porcentaje			
	Tipo 2 Bronce al Mn	Tipo 3 Bronce al Ni Mn	Tipo 4 Bronce al Ni Al	Tipo 5 Bronce al Mn Ni Al
Cobre	55-60	53,5-57	78 min	71 min
Zinc	Resto	Resto	-	-
Manganeso	1,50	2,5-4,0	3,50	-11
Aluminio	0,5-1,5	2,00	8,5-11,0	7,0-8
Níquel	0,50	2,5-4,0	3,0-5,5	1,5-3
Hierro	0,4-2,0	1,0-2,5	3,0-5,0	2,00
Estaño	1,00	1,00	-	-
Plomo	0,40	0,20	0,03	0,03

Silicio	-	-	-	0,10
---------	---	---	---	------

Es aconsejable mantener más alto el contenido de Ni, que el contenido de Fe.

Si la composición suministrada por el buque fuese distinta a la de estos cuatro tipos se deberán de realizarse los estudios necesarios para la ejecución de la reparación.

• Acero inoxidable:

Los aceros inoxidables usados habitualmente para la fabricación de hélices son los siguientes:

Elementos	Composición química en porcentaje (valores simples son máximos)			
	Grado CF-3	Grado CF-8	Grado CA-6NM	Grado CA-15
Carbono	0.03	0.08	0.06	0.15
Manganeso	1.50	1.50	1.00	1.00
Silicio	2.00	2.00	1.00	1.50
Azufre	0.04	0.04	0.03	0.04
Fósforo	0.04	0.04	0.04	0.04
Cromo	17.0 a 21.0	18.0 a 21.0	11.5 a 14.0	11.5 a 14.0
Níquel	8.0 a 12.0	8.0 a 11.0	3.5 a 4.5	1.00
Molibdeno	-	-	0.40 a 1.0	0.50

Las composiciones marcadas como CF-3 y CF-8 son aceros inoxidables austeníticos, las otras dos composiciones son aceros inoxidables martensíticos.

Las de aleaciones de acero deben cumplir con lo siguiente: Bajo condiciones alternantes de esfuerzos de flexiones a 108 ciclos de carga cantidad aproximada al 20% del mínimo de la resistencia a la tensión y llevarla a cabo en una solución al 3% de NaCl (cloruro de sodio) para poder comprobar que el esfuerzo de fatiga bajo condiciones alternantes de esfuerzos de flexión en agua de mar natural no es menor del 65% de los valores establecidos en la solución al 3% de NaCl.

En caso de ser la composición suministrada por el buque distinta a estas cuatro se deberá realizar un estudio antes de comenzar las reparaciones, si estas fueran necesarias.

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:

- Dimensionales:

La diferencia máxima aceptada en hélices sin toberas es de $\pm 0.25\%$ del radio de diseño.

En lo que corresponde al paso la máxima desviación del paso de la hélice en su conjunto es de 0.5%. Mientras que en lo que corresponde a una pala solamente puede ser de 1%.

La diferencia con los bordes originales puede ser de hasta 0.5 mm.

La tolerancia máxima entre la hélice y la tobera es del 1% del espacio original que existe entre la tobera y la circunferencia máxima que describe las palas de la hélice; la variación del radio de la hélice no deberá de superar el 0.25% del radio de diseño de esta, lo que resulte sea menor de ambas.

REPARACIONES:

- Defectos en bordes:

En el borde de ataque (sección de la pala que ingresa primero en el agua) los pequeños defectos menores a 1.5mm de profundidad así como las rebabas deberán limarse con un esmeril fino, teniendo cuidado de no variarle la forma a la pala.

Cuando se sobrepase la limitación dimensional aceptable dada para los bordes de las palas, estos deben ser llevados a su forma original mediante restauración por soldadura ó colocación de un borde nuevo.

- Reparaciones por soldadura:

Antes de cualquier reparación donde deba suministrarse calor con ó sin aporte de material, se deberá conocer con certeza ante que tipo de material estamos presentes.

Cuando se indique que se reparará mediante soldadura, deberán realizarse ensayos no destructivos en la zona con el fin de delimitar en su totalidad la zona a ser reparada, luego se procederá a su total remoción y por ultimo antes de comenzar el soldeo deberán realizarse nuevamente ensayos con el fin de comprobar que efectivamente fueron quitados todos los defectos.

Luego de efectuado el soldeo de la pieza se deberá nuevamente realizar ensayos con el fin de que la soldadura haya quedado en condiciones aceptables.

Antes de efectuarse cualquier reparación con soldadura en el área crítica (área en la cara de presión de la pala hasta 0,4 del radio de la hélice, comenzando en el borde de ataque y abarcando el 80 % de la cuerda a una distancia de 0,4 del radio de la hélice), se deberá realizar un estudio sobre la mejor forma de realizarlo, siendo la zona crítica la que presenta el mayor interés a ser reparada.

Cuando se realizan soldaduras en las hélices de bronce al manganeso y al níquel-manganeso se debe tener cuidado ya que son muy susceptibles a fisuras por corrosión bajo tensiones, por lo que requerirán un tratamiento de alivio de tensiones al culminar el soldeo.

Mientras que los bronce al níquel-aluminio son prácticamente inmunes a este tipo de fisuras.

Otro problema que tienen los bronce es una fragilización en caliente, en los rangos de temperatura de la siguiente tabla, se deberá en lo posible no

Rangos de temperaturas en que ocurre la fragilización en caliente

Material	Rango de temperatura (°C)
Tipo 4	300-500
Tipo 5	260-480

realizar trabajos por tiempos prolongados.

Cuando se opte por reparar fisuras que llegan a los bordes de palas, mediante la remoción de la fisura y posterior soldeo para la restauración de la pala, deberá de colocarse un soporte externo para el cebado y extinción del arco, la cual se coloca con el fin de realizar el comienzo y el fin de la soldadura fuera de la pala y de este modo minimizar los defectos que pueden encontrarse.

Para la realización de la soldadura es recomendable realizarla con MIG en los casos donde se deban rellenar un gran volumen, mientras que en reparaciones de poca deposición de material se recomienda el uso del proceso TIG.

Aunque no se desecha el uso de algún otro procedimiento de acuerdo a la situación particular.

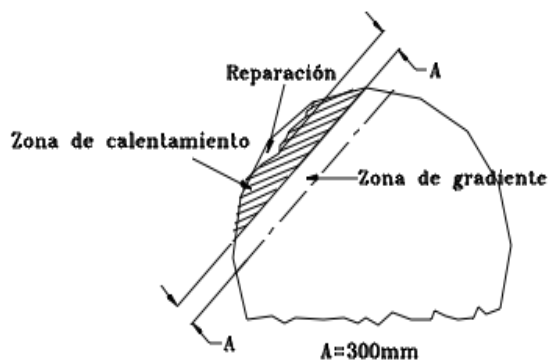
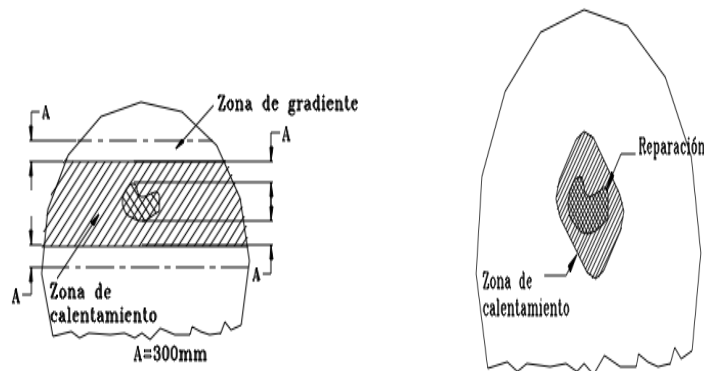
En las situaciones donde por soldadura se optó por rellenar una extensión de la pala, así restaurando su espesor, se recomienda que entre pasadas haya una sobremonta de entre un 40 a un 50 % y comenzando de ambos lados del área a reparar terminando en el centro de la región.

Cuando en el cubo de la hélice se presenten defectos con una profundidad menor al milímetro se amolara la zona teniendo la precaución de no dejar concentradores de tensión.

Cuando los defectos detectados tengan más de 1 mm de profundidad, se procederá a su total remoción y posterior llenado por soldadura teniendo cuidado en el procedimiento a emplearse en cada caso, con un estudio de viabilidad llevado a cabo antes de comenzar.

• Temperaturas y materiales recomendados:

El precalentado en los trabajos de soldadura se extenderá en un radio de 300 mm, donde el máximo gradiente de temperatura es de 50°C en 300mm, esto esta esquematizado en la siguiente figura:



Correctamente realizado

Mal realizado

Debiéndose conservar a dicho gradiente por medio del movimiento de una torcha oxiacetilénica debiéndose controlar en periodos regulares la temperatura.

Además se debe tener en cuenta un rango de temperatura entre pasadas, según las distintas tablas según el material de la hélice, en estas también se indican la temperatura de alivio de tensiones.

El alivio de tensiones deberá realizarse siempre a continuación de la ejecución de las soldaduras.

Esta forma de ejecución evita la aparición de fisuras a posterior del soldeo.

En general el alivio de tensiones es recomendable realizarlo en un horno si es posible, en particular cuando se reparan grandes secciones puede calentarse a las temperaturas indicadas y cubrir con mantas de amianto u otro material.

Esto se realizara con el fin del que el gradiente de enfriamiento ocurra con la velocidad indicado.
 Para alivio local de tensiones se debe mantener a la temperatura indicada 20 minutos por cada 25.4 mm de espesor.

Parametros recomendados para soldadura en aleación de cobre tipo 2

Metal de aporte	Soldadura de arco protegido	Sodadura con gas protector	Soldadura Oxiacetilenica
AWS Especificación	A 5.6	A 5.7	A 5.27
AWS Clasificación	E Cu Al A2 E Cu Ni Al	ER Cu Al A2 ER Cu Ni Al	R Cu Zn B R Cu Zn C
Rangos de temperatura (°C)			
Pre calentado y entrepasadas	260-425	150-425	315-425
Alivio de tensiones	315-425	315-425	315-425

Parametros recomendados para soldadura en aleación de cobre tipo 3

Metal de aporte	Soldadura de arco protegido	Sodadura con gas protector	Soldadura Oxiacetilenica
AWS Especificación	A 5.6	A 5.7	A 5.27
AWS Clasificación	E Cu Al A2 E Cu Ni Al	ER Cu Al A2 ER Cu Ni Al	R Cu Zn B R Cu Zn C
Rangos de temperatura (°C)			
Pre calentado y entrepasadas	260-425	150-425	315-425
Alivio de tensiones	370-425	370-425	370-425

**Parametros recomendados para soldadura en
aleación de cobre tipo 4**

Metal de aporte	Soldadura de arco protegido	Soldadura con gas protector
AWS Especificación	A 5.6	A 5.7
AWS Clasificación	E Cu Al A2 E Cu Ni Al	ER Cu Al A2 ER Cu Ni Al
Rangos de temperatura (°C)		
Pre calentado y entrepasadas	40-205	40-205
Alivio de tensiones	No es necesario	No es necesario

**Parametros recomendados para soldadura en
aleación de cobre tipo 5**

Metal de aporte	Soldadura de arco protegido	Soldadura con gas protector
AWS Especificación	A 5.6	A 5.7
AWS Clasificación	E Cu Mn Ni Al	ER Cu Mn Ni Al
Rangos de temperatura (°C)		
Pre calentado y entrepasadas	40-205	40-205
Alivio de tensiones	565-650	565-650

SOLDADURA DE ALEACIONES DE COBRESOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE

**Parametros recomendados para soldadura en
acero inoxidable grado CF-3 y CF-8**

Metal de aporte	Soldadura de arco protegido	Soldadura con gas protector
AWS Especificación	A 5.4	A 5.9
AWS Clasificación	E 308L E 347	E 308L E 347
Rangos de temperatura (°C)		
Precautado y entrepasadas	15-260	15-260
Alivio de tensiones	no necesario	no necesario

**Parametros recomendados para soldadura en
acero inoxidable grado CA-6NM**

Metal de aporte	Soldadura de arco protegido	Soldadura con gas protector
AWS Especificación	A 5.4	A 5.9
AWS Clasificación	E 410 NiMo	E 410 NiMo
Rangos de temperatura (°C)		
Precautado y entrepasadas	100-315	100-315
Alivio de tensiones	565-620	565-620

**Parametros recomendados para soldadura en
acero inoxidable grado CA-15**

Metal de aporte	Soldadura de arco protegido	Soldadura con gas protector
AWS Especificación	A 5.4	A 5.9
AWS Clasificación	ER 410	ER 410
Rangos de temperatura (°C)		
Precalentado y entrepasadas	205-315	205-315
Alivio de tensiones	660-790	660-790

• Enderezado de las palas:

El enderezado de las palas debe ser realizado antes de la ejecución de cualquier tipo de soldadura sobre la pala. De esta forma se evitan problemas de fisuras que pueden surgir a enderezar una pala soldada recientemente.

El enderezado de las palas de las hélices se puede dividir en dos clases bien diferenciadas, uno en frío y el otro en caliente.

El calentamiento para la realización del enderezado deberá realizarse de forma lenta, el tiempo de realización de esta operación no debe ser inferior a las tres horas.

ALEACIONES DE COBRE

El enderezado de las palas de aleaciones de cobre se divide para temperaturas inferiores a los 205°C, en frío y el enderezado en caliente es cuando las temperaturas son mayores.

• Enderezado en frío:

El enderezado en frío por medio de cargas dinámicas se emplea en finos bordes de ataque.

• Enderezado en caliente:

Mientras que los métodos de enderezado en caliente se emplea con mayor frecuencia cuando las secciones a enderezar son de mayor espesor y las temperaturas ayudan a la realización de los trabajos. Las temperaturas recomendadas en las aleaciones de cobre para los

Enderezado de hélices de aleaciones de cobre				
	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5
Temperaturas para enderezado menor en °C				
En Frío				
Carga dinámica	Ambiente a 205	Ambiente a 205	Ambiente a 205	No recomendado
Carga presión	Cualquiera	Cualquiera	Ambiente a 205	No recomendado
En Caliente				
Carga dinámica	595-760	595-760	760-955	790-870
Carga presión	Cualquiera	Cualquiera	760-955	705-815
Temperaturas para enderezado mayor en °C				
Carga dinámica	595-760	595-760	760-955	790-870
Carga presión	Cualquiera	Cualquiera	760-955	705-815

distintos tipos de enderezados son las siguientes:

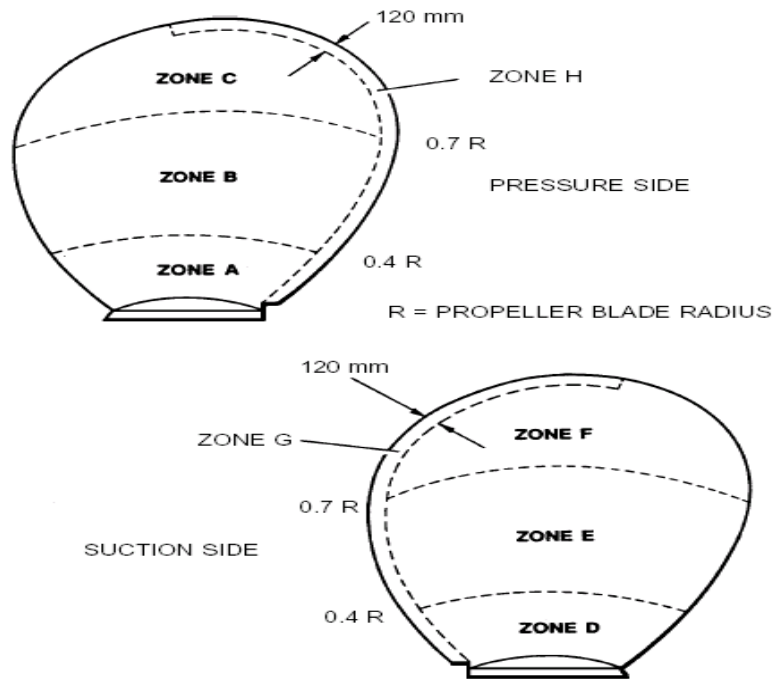
ACEROS INOXIDABLES

En las hélices de acero inoxidable no existe diferenciación entre enderezado en frío y en caliente, las temperaturas recomendadas se dan a continuación:

Recomendaciones para enderezado en hélices de acero inoxidable			
	Grado CF-3 CF-8	CA-6NM	CA-15
Temperaturas para enderezado menor en (°C)			
Carga dinámica	15-455	565-620	675-730
Carga por presión	15-455	15-620	15-730
Temperaturas para enderezado mayor en (°C)			
Carga dinámica	15-455	565-620	675-730
Carga por presión	15-455	565-620	675-730

LIMITACIONES:

No se deberá de reparar hélices que presenten más de un 3% en la zona B, más de un 7% en la zona D y más de un 10 % en otras zonas de la hélice, excepto zona A. En esta zona se investigara en cada caso si es factible de reparación. Todos estos porcentajes esta referidos al área de interés.



PRUEBA DE BALANCEO ESTÁTICO:

Al ingresar a talleres, todas las hélices deben ser balanceadas estáticamente.

- Hélices de diámetro mayor de 2.5 m:

El balanceo máximo permisible, p (en kilogramos) en la punta de la pala de la hélice es definido por la fórmula:

$$p = C \frac{m}{R \cdot n^2} \quad \text{o} \quad m \cdot K$$

Dónde:

m = peso de la hélice (kg)

n = revoluciones por minuto (rpm)

R = radio de la pala (m)

C y K factores que dependen del grado de exactitud de la superficie de la hélice según las siguientes tablas:

Grados de Exactitud	
clase	Exactitud de fabricación
S	Muy alto grado de exactitud
I	Alto grado de exactitud
II	Exactitud media
III	Tolerancias amplias

Tabla de Factores C y K				
Clasificación	S	I	II	III
C	15	25	40	75
K	0.0005	0.001	0.001	0.001

• Hélices de diámetro menor a 2.5 m:

El balanceo máximo permisible es definido por la fórmula $p = \frac{Q \cdot m}{R}$

Dónde: m = peso de la hélice (kg)
 n = revoluciones por minuto (rpm)
 R = radio de la pala (m)
 Q = factor que se determina según las rpm:

$n > 160$ rpm

$n < 160$ rpm

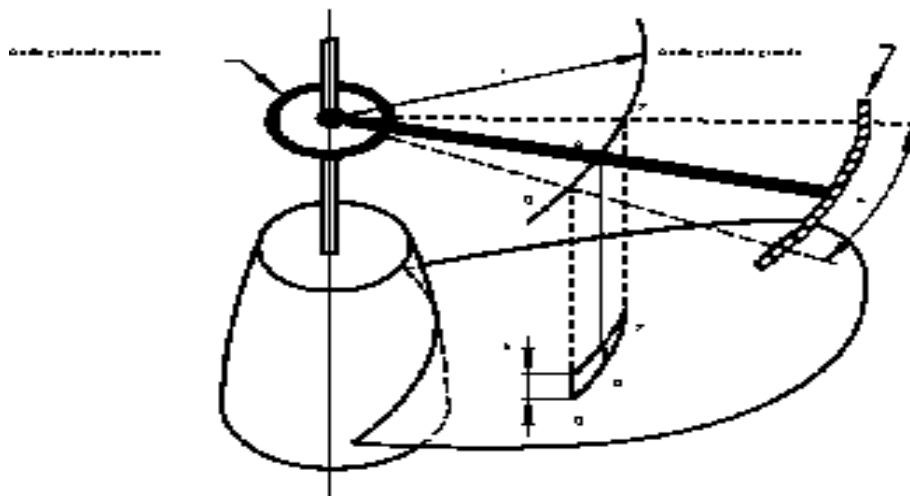
$$Q = 1.8 (160/n)^2$$

$$Q = 1.8$$

DETERMINACIÓN DEL PASO DE LA HÉLICE:

Entendemos paso de la hélice por la distancia teórica que avanza la hélice en una revolución.

El método de medición consiste en fijar a lo largo de una línea helicoidal de radio r una longitud determinada PQ y proyectarla sobre un plano perpendicular al eje de rotación y determinar los puntos P' y Q' . Los puntos P' y Q' cubren un ángulo α y la diferencia de las PP' y QQ' corresponden a la altura h .



La longitud $P'Q'$ debe ser determinada por uno de los siguientes métodos:

- Empleo de calibradores:
La longitud P'Q' debe ser determinada por medio de calibradores.
- Método con anillo graduado:
La longitud P'Q' debe ser determinada por medio del ángulo sobre una sección de un anillo graduado de radio ajustable.
El paso en el punto B situado a igual distancia entre los puntos P y Q es determinado al multiplicar la altura por $360 / \alpha$
- Hélices de diámetro mayores a 2.5 m:
La distancia entre cualquiera de los dos puntos considerados medida de paso puede fluctuar entre 100 y 400 mm, una medida del paso será cercana al borde de ataque, una cercana al borde de salida y debe haber al menos otras dos mediciones. Tanto y como sea posible la medida del paso debe ser consecutiva.

El paso debe ser medido, en los radios indicados en la siguiente tabla y por acuerdo entre las partes interesadas se debe aceptar la medición en otros radios:

Radios para Medir el Paso	
Especificación	Radio
S y I	Una sección cercana al núcleo: 0.4 R, 0.5 R, 0.6 R, 0.7 R, 0.8 R, 0.9 R, 0.95 R.
II	Una sección cercana al núcleo: 0.5 R, 0.6 R, 0.7 R, 0.8 R, 0.9 R.
III	Una sección cercana al núcleo: 0.5 R, 0.7 R, 0.9 R.

- Hélices de diámetro entre 0.80 y 2.5 m:
Deben efectuarse 4 medidas de paso para la clase S, 3 para la clase I y 2 para la clase II, estas medidas deben ser consecutivas (el punto inicial de cada medida coincidiendo con el punto final de la medida adyacente).
Cada espacio medido debe ser suficientemente grande para mantener la adecuada exactitud en la medición del paso de conformidad con lo establecido anteriormente.
Donde es necesario que el número de medidas pueda ser reducido a fin de cumplir con el requerimiento posterior.
El paso debe ser medido, en los radios indicados en la siguiente tabla y por acuerdo entre las partes interesadas se debe aceptar la medición en otros radios:

Radios para Medir el Paso	
Especificación	Radio
S y I	Una sección cercana al núcleo: 0.4 R, 0.5 R, 0.6 R, 0.7 R, 0.8 R, 0.9 R, 0.95 R.
II y III	Una sección cercana al núcleo: 0.5 R, 0.7 R, 0.9 R.

• Hélices de diámetro menor a 0.80 m:

El paso debe ser medido cuando menos en las cuatro siguientes posiciones a un radio de 0.7 R, 0.9 R y en los bordes de entrada y salida de cada pala.

El paso por radio y por pala es determinado para cada radio, por multiplicar la diferencia en altura entre los puntos extremos por $360 / \alpha$.

El paso medio por pala es definido como la media aritmética de los pasos por los radios de las palas en cuestión.

El paso medio para las hélices es definido como la media aritmética de los pasos medios por palas.

TOLERANCIAS EN EL PASO DE LA HÉLICE:

• Hélices de diámetro mayores a 2.5 m:

Tolerancias en el Paso				
Paso	Clasificación			
	S	I	II	III
A) Paso Local	$\pm 1,5 \%$	$\pm \square \%$	$\pm \square \%$	-
B) Paso medio de cada radio de cada aspa	$\pm 1 \square$	$\pm 1,5 \square$	$\pm 2 \square$	$\pm 5 \square$
C) Paso medio por aspa	$\pm 0,75 \square$	$\pm 1 \square$	$\pm 1,5 \square$	$\pm 4 \square$
D) Paso medio por hélice	$\pm 0,5 \square$	$\pm 0,75 \square$	$\pm 1 \square$	$\pm 3 \square$

- Hélices de diámetro entre 0.80 y 2.5 m:

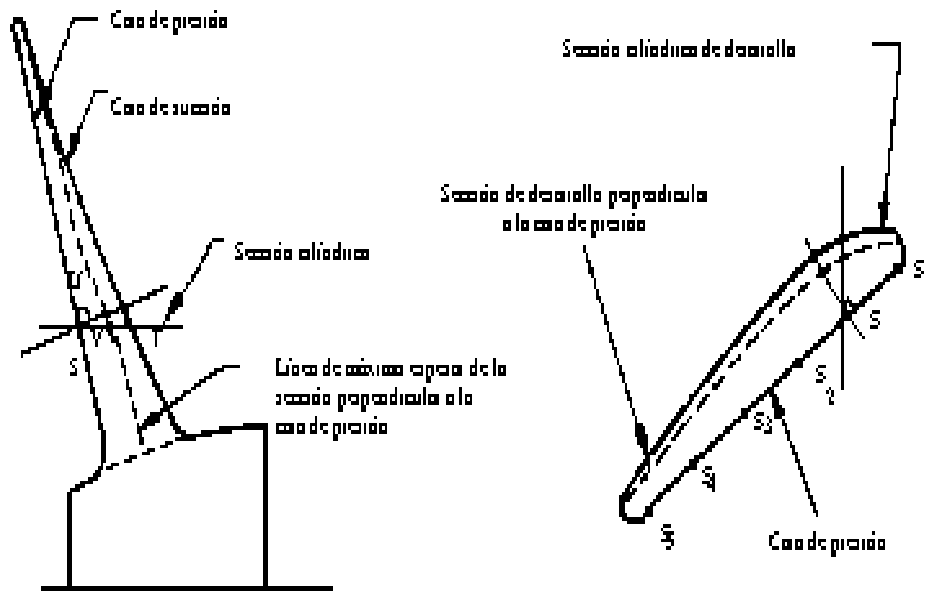
Tolerancias en el Paso				
Paso	Clasificación			
	S	I	II	III
A) Paso Local con un mínimo de	$\pm 1,5 \% 10$ mm	$\pm 2 \% 15$ mm	$\pm 3 \% 20$ mm	-
B) Paso medio de cada radio de cada aspa con un mínimo de	$\pm 1 \% 7.5$ mm	$\pm 1,5 \% 10$ mm	$\pm 2 \% 15$ mm	$\pm 5 \% 25$ mm
C) Paso medio por aspa con un mínimo	$\pm 0,75 \% 5$ mm	$\pm 1 \% 7.5$ mm	$\pm 1,5 \% 10$ mm	$\pm 4 \% 20$ mm
D) Paso medio por hélice con un mínimo	$\pm 0,5 \square 4$ mm	$\pm 0,75 \square 5$ mm	$\pm 1 \square 7.5$ mm	$\pm 3 \% 15$ mm

NOTA. Las tolerancias de las tablas son expresadas como porcentaje del paso diseñado correspondiente al radio para asignación A) y B) y el paso medio diseñado para asignaciones C) y D).

Las tolerancias en el paso local y en el paso medio de cada radio y para cada pala dadas en las tablas anteriores A) y B) se incrementarán 50% para secciones a 0.4 R o menores.

MEDICIÓN DEL ESPESOR DE LA SECCIÓN DE LA HÉLICE:

El espesor de la sección cilíndrica en el punto S debe ser medido perpendicularmente a la cara de presión de la pala o paralelo al eje de la hélice como se indica en los planos.



Los espesores deben ser medidos en el mismo radio en los cuales el paso es medido.

El espesor máximo de cada radio debe ser determinado por medio de un compás de exteriores o desde el perfil obtenido por el trazo de los espesores en varios puntos.

Los espesores máximos indicados en la figura no deben ser menores, después de las deducciones de las tolerancias mínimas, que los espesores requeridos por la autoridad marítima o persona autorizada por ella.

Para comprobar los bordes de ataque y salida, puede hacerse uso de plantillas.

Las plantillas deben ser fabricadas para comprobar la trayectoria perpendicular al borde de ataque o de salida.

La longitud de estas plantillas debe ser al menos 15% de la longitud de la sección con un mínimo de 125 mm.

Los bordes de ataque y salida deben ser comprobados por plantillas para la clasificación S y I, para las otras clases, una comprobación puede ser requerida al tiempo de ordenarla.

TOLERANCIAS EN EL RADIO EXTREMO DE LA HÉLICE:

Las tolerancias que aparecen en las siguientes tablas son expresadas como porcentajes de los radios de las hélices.

• Hélices de diámetro mayores a 2.5 m:

Tolerancia en el Radio Extremo de la Hélice				
Especificación	Clasificación			
	S	I	II	III
Tolerancia	± 0.2 %	± 0.3 %	± 0.4 %	± 0.5 %

• Hélices de diámetro entre 0.80 y 2.5 m:

Tolerancias en el Radio Extremo de la Hélice				
Especificación	Clasificación			
	S	I	II	III
Tolerancia	± 0.2 %	± 0.3 %	± 0.4 %	± 0.5 %
Con un mínimo de	1.5 mm	1.5 mm	2 mm	2.5 mm

En el caso de una hélice a operar en tobera, estas tolerancias pueden ser menores.

TOLERANCIAS EN LOS ESPESORES DE LAS SECCIONES DE LAS PALAS:

Las tolerancias que aparecen en las siguientes tablas son expresadas como porcentaje de los espesores locales.

• Hélices de diámetro mayores a 2.5 m:

Tolerancias de los Espesores en las Secciones de las Aspas				
Especificación	Clasificación			
	S	I	II	III
Más tolerancias con un mínimo de	+ 2 % 2 mm	+ 2.5 % 2.5 mm	+ 4 % 4 mm	+ 6 % 6 mm
menos tolerancias con mínimo de	- 1 % - 1 mm	1.5 % - 1.5 mm	- 2 % - 2 mm	- 4 % - 4 mm

• Hélices de diámetro entre 0.80 y 2.5 m:

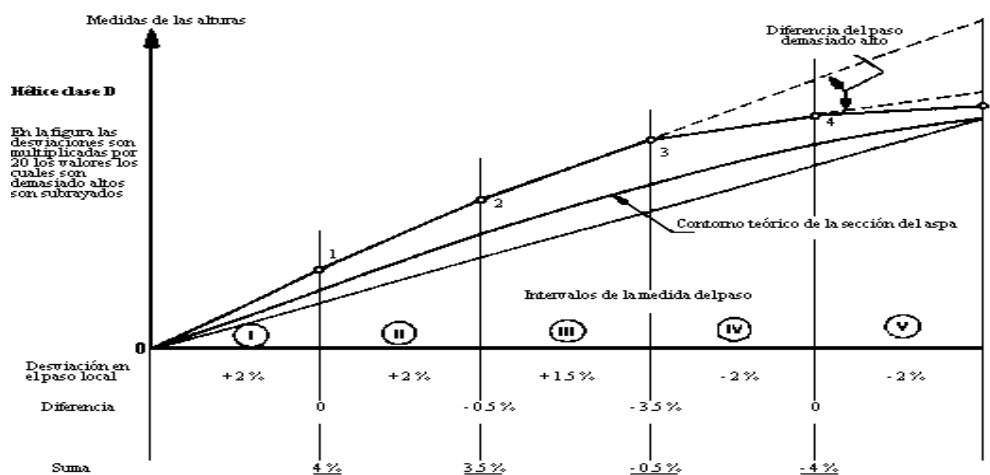
Tolerancias de los Espesores en las Secciones de las Aspas				
Especificación	Clasificación			
	S	I	II	III
Más tolerancias	+ 2 %	+ 2.5 %	+ 4 %	+ 6 %
con un mínimo de	0.5 mm	1 mm	2 mm	3 mm
menos tolerancias	- 1 %	- 1.5 %	- 2 %	- 4 %
con mínimo de	- 0.5 mm	-1 mm	-1.5 mm	-2 mm

COMPROBACIÓN DE LAS FORMAS DE LAS SECCIONES DE LAS PALAS:

Aplicable únicamente a hélices de clase S y I en donde se mide el paso.

Para hélices con palas de secciones cóncavas las desviaciones resultantes de mediciones consecutivas de paso y espesores no deben diferir entre si por más de la mitad de la tolerancia considerada (por ejemplo si la tolerancia es $\pm 2\%$ la diferencia permitida de desviaciones consecutivas será 2%).

Para hélices con palas de secciones cóncavas la suma algebraica del porcentaje resultante de cualquiera de las dos medidas consecutivas de paso no debe exceder de 1.5 veces la tolerancia permitida (por ejemplo si la tolerancia es $\pm \square\%$ la suma de las desviaciones consecutivas deben ser entre $\pm 3\%$).



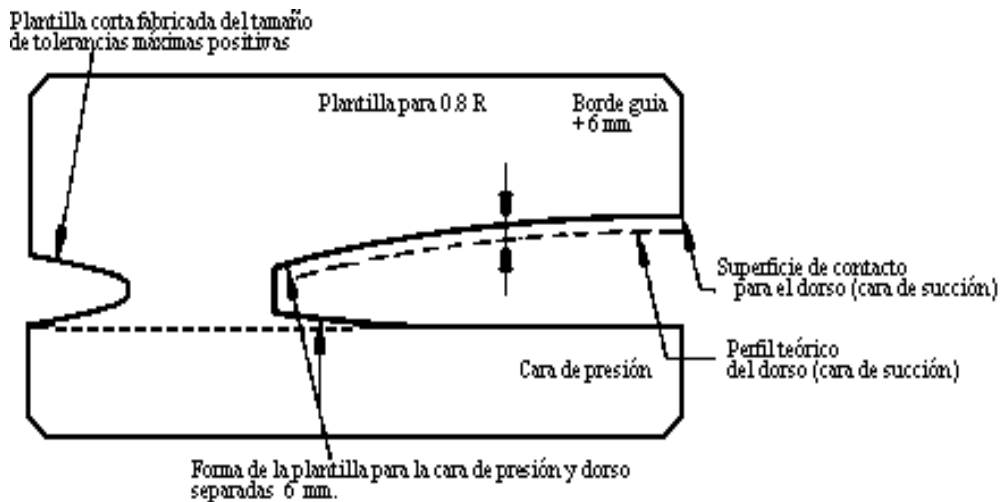
Alternativamente la continuidad de las secciones cilíndricas pueden ser comprobadas por el empleo de plantillas flexibles.

Los bordes de ataque y salida deben ser comprobados por plantillas o dispositivos equivalentes para demostrar su cumplimiento al plano dentro de las siguientes tolerancias de la cara y el dorso:

Clasificación S : $\pm 0.5\text{ mm}$

Clasificación I : $\pm 0.75\text{ mm}$

Los bordes deben ser comprobados con 3 plantillas para cada borde, una plantilla corta para la punta que controle el detalle del extremo final y dos plantillas para los bordes de salida desde la punta una sobre la cara y otra sobre el dorso cada una cubriendo el 20% de la longitud de la cara pero no más de 300 mm. Estas plantillas deben colocarse con una tolerancia de 0.25 mm para clase S y 0.35 mm para clase I.



TOLERANCIAS DE LAS LONGITUDES DE LAS PALAS:

Las tolerancias que aparecen en las tablas son expresadas como porcentaje de los valores de la relación: diámetro dividido por el número de aspas D/Z . (D = Diámetro Z = Número de Aspas).

- Hélices de diámetro mayores a 2.5 m:

Las longitudes de las secciones de cada pala debe ser medida en 5 radios al menos (ejemplo : 0.3 R , 0.5 R , 0.7 R , 0.8 R , 0.95 R.) LLLLLLLLLLLL

Tolerancias de la Longitud de las Secciones de Aspas				
Especificación	Clasificación			
	S	I	II	III
Tolerancia	± 1.5 %	± 2 %	± 3 %	± 5 %
con un mínimo de	7 mm	10 mm	13 mm	15 mm

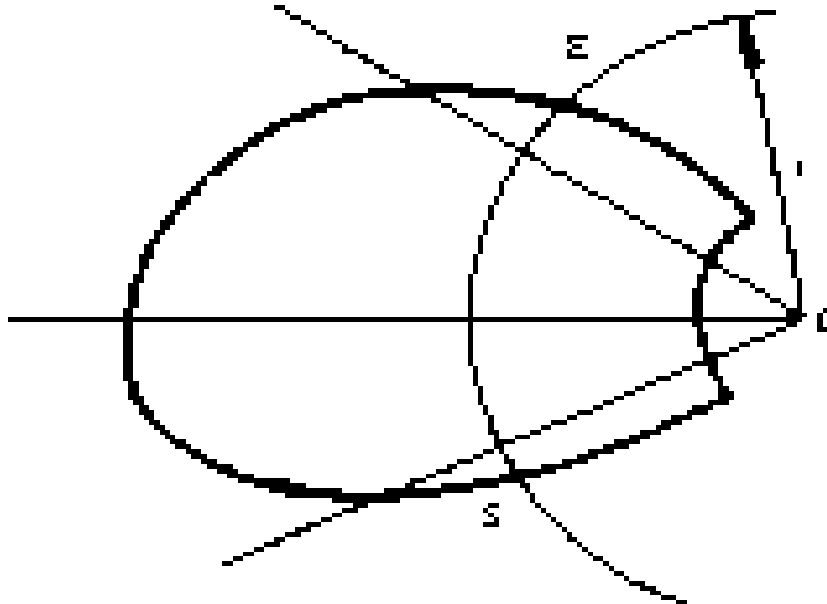
- Hélices de diámetro entre 0.80 y 2.5 m:

Las longitudes de las secciones de cada pala debe ser medidas en cinco radios al menos para la clase S (ejemplo: 0.3 R , 0.5 R , 0.7 R , 0.8 R , 0.95 R.) y 4 radios para la clase I, II y III.

Tolerancia de la longitud de las Secciones de Aspas				
Especificación	Clasificación			
	S	I	II	III
Tolerancia	± 1.5 %	± 2 %	± 3 %	± 5 %
con un mínimo de	4 mm	7 mm	10 mm	12 mm

TOLERANCIAS EN EL ANCHO DE LA PALA:

Las tolerancias deben ser comprobadas en el ancho de la pala en el radio de acuerdo a las tablas que establecen los radios para medir el paso sobre los correspondientes arcos y son comprobadas para las longitudes de arco ES dados como porcentajes de D/Z en las tablas anteriores.

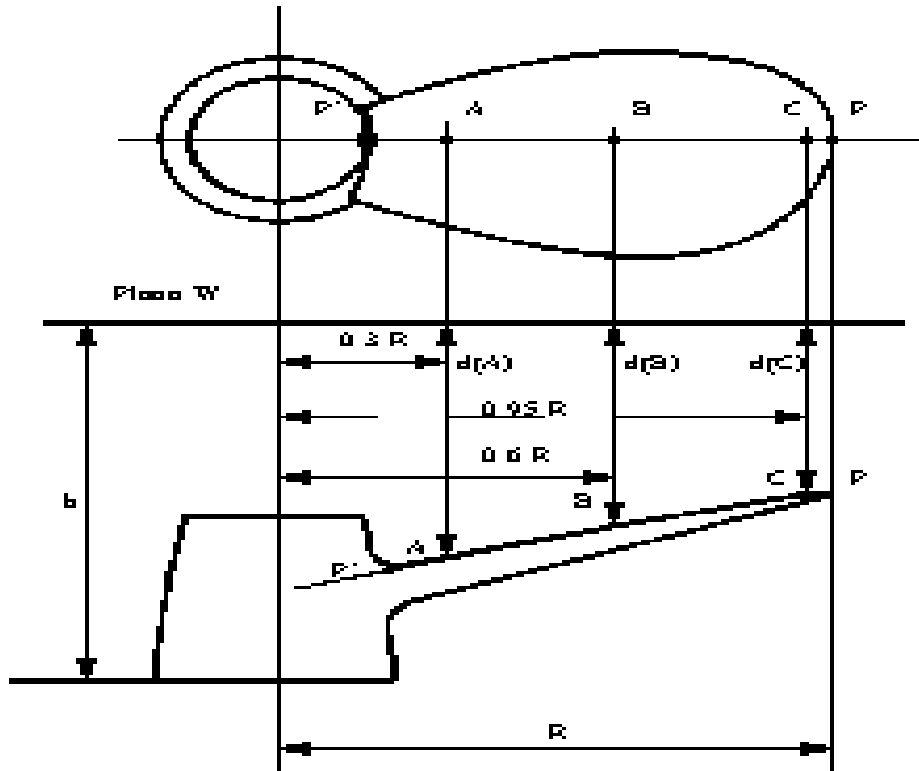


TOLERANCIAS EN EL ÁNGULO DE LANZAMIENTO, POSICIÓN AXIAL Y POSICIÓN AXIAL RELATIVA DE PALAS CONSECUTIVAS:

La desviación angular entre dos palas consecutivas deben ser:

- Para clasificación S y I : $\pm 1^\circ$
- Para clasificación II y III : $\pm 2^\circ$

El ángulo de lanzamiento es representado por la posición de la línea de referencia PP'. Esta es medida por la distancia a un plano W perpendicular al eje de rotación de la hélice en 3 puntos por lo menos A (0.3 R ó 0.4 R) B (0.6 R ó 0.7 R) y C (0.95 R).



La siguiente tabla da las tolerancias sobre las distancias $d(A)$, $d(B)$ y $d(C)$ expresadas como porcentaje del diámetro (D) de la hélice para controlar la posición axial de las palas. Las mismas tolerancias (y no duplicadas) son aplicables a diferencias tales como $d(B) - d(C)$ en la misma pala con el fin de controlar el ángulo de lanzamiento y para diferencias tales como $d_1(C) - d_2(C)$, en dos palas consecutivas para control de la posición axial relativa.

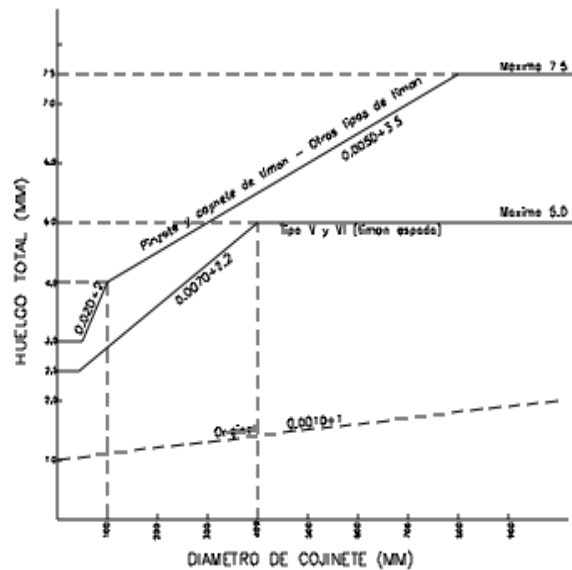
REFERENCIAS NORMATIVAS:

- Defense Standard 02-304 part 3- Requirements for handling, maintenance and repair of propellers for HM Surface Ships. 2002.
- Defense Standard 02-304 part 5- Requirements for handling, maintenance and repair of propellers for HM Surface Ships. 2002.
- Reglamentos para la construcción y la clasificación de las naves. RINA.
- ABS Guidance Manual for Bronze and Stainless Steel Propeller Castings. 1984.
- NOCEM Tomo dos capítulo 19 Ejes, cojinetes y hélices.
- Rules for building and classing. ABS steel vessels under 61 meters. 1983.
- Rules for building and classing. ABS steel vessels. 2001.
- NKK-Guidance for survey and construction of steel ships. Part D Machinery installations. 1997.
- NKK-Rules for survey and construction of steel ships. Part D Machinery installations. 1997.
- Det Norke Veritas – Survey of controllable pitch propellers.
- Norma técnica AN.NT.01.012.00.
- Norma oficial mexicana NOM-008-SCT-1994 “Especificaciones técnicas que deben cumplir las hélices para las embarcaciones”

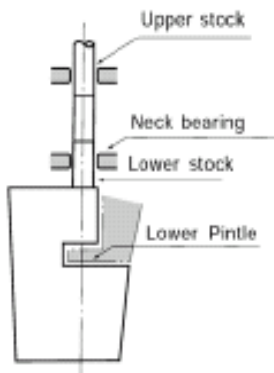
SECCIÓN IV – TIMON

HUELGOS MINIMOS Y MAXIMOS DE BUJES DE LIMERA Y PINZOTE:

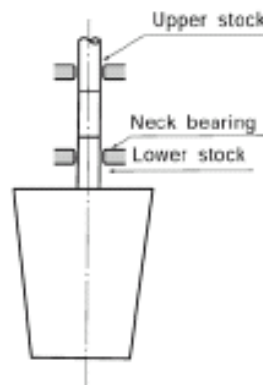
Los huelgos máximos permitidos son dados en la siguiente gráfico:



Nota: Los timones tipo V y VI (timón espada) son los que aparecen a continuación:



Tipo VI



Tipo V

TOLERANCIA DE LOS BUJES DEL TIMÓN:

La mejor forma de instalar bujes es a presión, para lo cual se necesitan los siguientes datos:

- Diámetro del eje del timón (pinzote)
- Diámetro del alojamiento del buje (codaste)

Para lo cual se deberá mecanizar el diámetro exterior más una interferencia igual a $0,2 \text{ mm} + 0,2 \% \text{ del alojamiento}$.

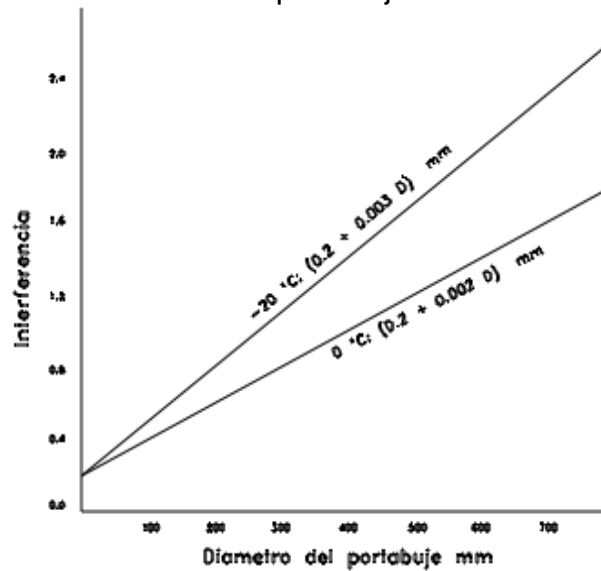
$\text{Diámetro exterior} = \text{Diámetro del alojamiento} + \text{Interferencia}$

Para la instalación del buje se deberá enfriar con hielo seco.

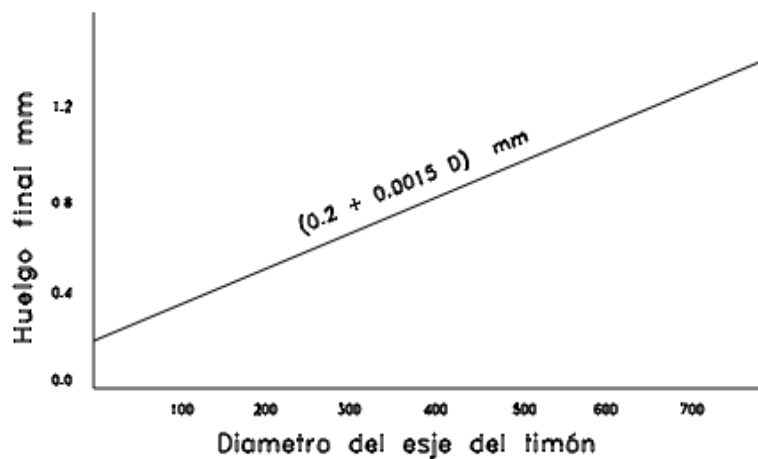
El diámetro interno deberá contar con un huelgo de $0,2 \text{ mm} + 0,15 \% \text{ del diámetro del eje del timón}$. De todas maneras cuando se mecanice el diámetro, se deberá tener en cuenta que éste se reducirá al ser clavado a presión debido a la interferencia, por lo que se agregará aproximadamente un 20 % más.

$\text{Diámetro} = \text{Diámetro del eje} + \text{Huelgo} + \text{Interferencia} \times 1,2$

El clavado a presión recomendado para bujes de timón es el siguiente:



El huelgo recomendado para bujes de timón después de la instalación, en porta bujes bien alineados y bajo condiciones normales es el siguiente:



Para bujes de metal blanco las tolerancias no deberán ser menores que:
 $(\text{Diámetro del buje})/1000 + 1,0\text{ mm}$ (en el diámetro)

PORCENTAJE DE SUPERFICIE DE CONTACTO MÍNIMO ENTRE PLATINAS DE ACOPLA DE PALA Y MECHA:

El mínimo recomendable para la superficie de contacto entre las platinas de acople de la pala del timón con la mecha es del 70 %.

REFERENCIAS NORMATIVAS:

- Rules for building and classing. ABS steel vessels. 2001.
- NKK-Guidance for survey and construction of steel ships. Part C Hull construction and equipment. 1997.
- Vesconite – “Bujes para timones”.

SECCION V - NORMAS DE CALIDAD PARA REPARACIÓN DE BUQUES EXISTENTES

1. Alcance
2. Prescripciones generales para las reparaciones y reparadores
3. Calificación del personal
 - 3.1 Calificación de soldadores
 - 3.2 Calificación de procedimientos de soldadura
 - 3.3 Calificación para operadores de ensayos no destructivos
4. Materiales
 - 4.1 Prescripciones generales para los materiales
 - 4.2 Equivalencias de grados de material
5. Prescripciones generales para la soldadura
 - 5.1 Correlación de consumibles de soldadura con aceros de estructuras de casco
 - 5.2 Prescripciones generales para precalentado y secado
 - 5.3 Soldadura en seco en el forro de casco bajo la línea de flotación de buques a flote
6. Norma de calidad de reparación
 - 6.1 Soldadura, generalidades
 - 6.2 Renovación de chapas
 - 6.3 Dobles en chapas
 - 6.4 Soldaduras de picaduras de corrosión

1. ALCANCE

1.1 Esta norma proporciona orientaciones en la calidad de reparaciones de estructuras de casco. Esta norma cubre las reparaciones permanentes de buques existentes Considerando que esta norma se aplica generalmente a:

- Tipos de buques convencionales
- Partes de casco cubiertas por las reglas de la sociedad de clasificación
- Estructuras del casco construidas en acero.

Para estructuras de casco de acero normal y de alta resistencia la aplicación de esta

ITEM	NORMA	LÍMITE	NOTAS
Tamaño de injerto	minimo 300 X 300 mm R = 5 X Espesor Injertos circulares D min. = 200 mm	Mínimo 200 X 200 mm Mínimo R = 100 mm	
Grado del material	igual al original o mayor		
Preparación de bordes	Como para construcción nueva		En caso de no cumplimiento aumentar la cantidad de los END.
Secuencia de soldadura	1-2-3-4		Para miembros primarios las secuencias 1 y 2 son transversales a la dirección principal de esfuerzos.
Alineación	Como para construcción nueva		
Acabado de soldadura	Guías IACS para inspección de soldaduras de casco de buque (ref. 10)		
END	Guías IACS (ref. 10)		

norma se acordará con la Autoridad Marítima para cada caso. Esta norma no se aplicará generalmente a reparaciones de:

- Tipos especiales de buques, como por ejemplo los buques gaseros
- Estructuras fabricadas en acero inoxidable u otros aceros especiales

1.2 La norma cubre los métodos típicos de reparación y proporciona orientaciones sobre normas de calidad relativas a los aspectos más importantes de tales reparaciones. A menos que en algún lugar de la norma se haya establecido de forma explícita el nivel de ejecución aquí reflejado será aceptable en principio para la estructura primaria y secundaria de diseño convencional. Aun así, se puede prescribir una norma más rigurosa para zonas del casco críticas y sometidas a elevados esfuerzos y se acordará con la autoridad marítima en cada caso.

1.3 La restauración de estructura hasta recuperar la norma original puede no constituir una reparación permanente de las averías originadas por un reforzado insuficiente o un proyecto poco detallado. en tales casos se puede pedir un reforzamiento o una mejora que vaya más allá del proyecto original.

2. PRESCRIPCIONES GENERALES PARA REPARACIONES Y REPARADORES

2.1 En general, cuando la estructura del casco cubierta por la clase está sujeta a reparaciones, el trabajo se lleva a cabo bajo la supervisión de un inspector de la sociedad de clasificación. tales reparaciones son acordadas con anterioridad al comienzo de los trabajos.

2.2 Las reparaciones se llevaran a cabo por talleres, astilleros de reparaciones o personal que cuenta la habilitación correspondiente por la PNN y que ha demostrado su capacidad para llevar a cabo reparaciones de casco de calidad adecuada de acuerdo con las prescripciones de la autoridad marítima y sociedad clasificadora, en esta norma.

2.3 Las reparaciones se llevarán a cabo en condiciones de trabajo que faciliten reparaciones completas. Se harán provisiones para accesibilidad adecuada, andamiaje, iluminación y ventilación. las operaciones de soldadura se llevarán a cabo con protección para lluvia y viento.

2.4 La soldadura de estructuras del casco se llevará a cabo por soldadores calificados, de acuerdo con procedimientos de soldadura aprobados y calificados y consumibles de soldadura aprobados.

Las operaciones de soldadura se llevarán a cabo bajo la propia supervisión del astillero o taller de reparaciones.

2.5 Cuando se intente llevar a cabo durante un viaje reparaciones del casco que afecten o pudieran afectar la integridad estructural, el procedimiento completo de la reparación incluyendo la extensión y secuencia de reparación ha de ser remitido y acordado con un Inspector de Casco y Maquinas de Cotec, con razonable anterioridad a las reparaciones.

3. CALIFICACION DEL PERSONAL:

3.1 Calificación de soldadores

3.1.1 Los soldadores estarán calificados acuerdo con los procedimientos de la sociedad de clasificación o de una norma Nacional o internacional reconocida, por ejemplo EN 287, ISO 9606, ASME Sección IX, ANSI/AWS D1.1. el reconocimiento de otra norma estará sujeto a estudio por la Cotec para su evaluación.

Los astilleros de reparaciones y talleres mantendrán registro de la calificación de los soldadores, cuando se solicite, proporcionarán certificados validos de aceptación de pruebas.

3.1.2 Los operadores de soldadura que usen procesos mecanizados o automatizados no necesitan pasar, generalmente, los exámenes de prueba siempre que la producción de soldaduras hechas por los operadores sea de la calidad requerida. No obstante, los operadores recibían formación adecuada en el ajuste o programación y operación del equipo. Los registros de formación y los resultados de las pruebas de producción se mantendrán en los archivos y registros individuales del operador, y estarán disponibles para inspección de la autoridad marítima cuando sean solicitados.

3.2 Calificación del procedimiento de soldadura

Los procedimientos de soldadura han de estar calificados de acuerdo con los procedimientos de la sociedad clasificadora o de una norma Nacional o internacional reconocida, por ejemplo EN 288, ISO 9956, ASME Sección IX, ANSI/AWS D1.1.

El reconocimiento de otras normas está sujeto a estudio para evaluación por parte de la comisión técnica.

El procedimiento de soldadura deberá estar respaldado por un registro de calificación para procedimientos de soldadura. La especificación incluirá el proceso de soldadura, tipos de electrodos, solape de soldaduras, preparación de bordes y técnicas y posiciones de soldadura.

3.3 Calificación para operadores de ensayos no destructivos (END).

3.3.1 El personal que lleva a cabo los ensayos no destructivos para evaluar la calidad de la soldadura en conexión con las reparaciones cubiertas por esta norma estará calificado de conformidad con las reglas de la sociedad de clasificación, o de un esquema de calificación internacional o nacional reconocido. Los registros de los operadores y sus certificados actualizados se mantendrán disponibles para comprobación por los inspectores.

4. MATERIALES

4.1 Prescripciones generales para los materiales

4.1.1 Las prescripciones para los materiales usados en reparaciones en general son las mismas que para los materiales especificados en las reglas de la sociedad de clasificación para nuevas construcciones.

4.1.2 El material de sustitución es en general del mismo grado que el material aprobado original. Alternativamente, los grados de materiales que cumplan con normas nacionales o internacionales reconocidas podrán ser aceptados, a condición que tales normas de equivalencia del grado original, o estén acordadas por la sociedad de clasificación y la autoridad marítima. Para la evaluación de la equivalencia entre grados, se aplicarán las prescripciones generales y directrices de la sección 4.2.

4.1.3 El acero de alta resistencia no se sustituirá por acero de menor grado de resistencia a menos que esté aprobado especialmente por la sociedad de clasificación y la autoridad marítima.

4.1.4 Los aceros de estructura del casco resistencia normal y de alta resistencia se elaborarán en talleres aceptados por la sociedad de clasificación y por la autoridad marítima para el tipo y grado a suministrar.

4.1.5 Los materiales usados en reparaciones se certificarán por la sociedad de clasificación u otra certificación nacional o internacional, aplicando los procedimientos y prescripciones de las reglas para nuevas construcciones. En casos especiales y limitados normalmente a pequeñas cantidades, los materiales pueden ser aceptados en base a procedimientos alternativos para la verificación de las propiedades del material. Tales procedimientos están sujetos a acuerdo con la comisión técnica en cada caso y por separado.

4.2 Equivalencias de grados de materiales

4.2.1 La evaluación de equivalencias entre grados de material deberá incluir al menos los aspectos siguientes:

- Tratamiento condición de entrega
- Composición química
- Propiedades mecánicas
- Tolerancias

4.2.2 Cuando se evalúe la equivalencia entre grados de aceros de estructuras de casco de resistencia normal y de alta resistencia hasta, e incluyendo, grado E40 en espesores limitados a 50 mm, hay que aplicar las prescripciones generales del cuadro 4.1.

4.2.3 Las directrices para la selección de grados de acero a ciertas normas reconocidas equivalentes a grados de acero estructural de casco especificados en las reglas de las sociedades de clasificación, se dan en el cuadro 4.2.

ITEMS A CONSIDERAR	PRESCRIPCIONES	COMENTARIOS
COMPOSICION QUIMICA	C; igual o inferior P y S; igual o inferior Mn; aproximadamente el mismo, pero sin exceder el 1,6 % Elemento de grano fino; en la misma cantidad Práctica de desoxidación	la suma de los elementos como Cu, Ni, Cr y Mo no deberán exceder el 0,8 %
PROPIEDADES MECANICAS	Resistencia a la tracción, igual o superior limite de fluencia; igual o superior Elongación; igual o superior Energía de impacto; igual o superior a la misma o menor temperatura, donde sea aplicable	El actual límite de fluencia no deberá exceder las mínimas prescripciones de la regla de la sociedad de clasificación en 80 N/mm ²
CONDICIÓN DE SUMINISTRO	Igual o mejor	Tratamiento termico en orden creciente Bruto de laminado (AR) Laminado controlado (CR) Normalizado (N) Termo mecanicamente laminado (TM) Enfriado rapidamente y templado (QT) Los aceros TM y QT no son adecuados para formado en caliente
TOLERANCIAS	Iguales o más estrictas	Tolerancias de espesores permitidas planchas: 0,3 mm secciones: de acuerdo a normas reconocidas

Cuadro 4.1 Límites mínimos y prescripciones para evaluación de equivalencias entre grados de aceros estructural de casco de resistencia normal o de alta resistencia.

4.3 Soldaduras en seco en el forro del casco bajo la línea de flotación de buques a flote.

4.3.1 La soldadura de forro del casco bajo la línea de flotación de los buques a flote es solamente aceptable en aceros de resistencia normal y muy alta resistencia con límite de fluencia específicos que no excedan 355 MPa y solo para reparaciones locales. La soldadura en que estén involucrados otros aceros de alta resistencia o reparaciones más extensivas contra respaldo de agua está sujeta a consideraciones especiales y aprobación del procedimiento de soldadura por la sociedad clasificadora y por la Autoridad Marítima.

4.3.2 Para asegurar la sequedad y reducir la velocidad de enfriamiento la estructura se calentará por medio soplete o similar, antes de soldar, en una temperatura mínima de 5° C o como se especifiquen el procedimiento soldado.

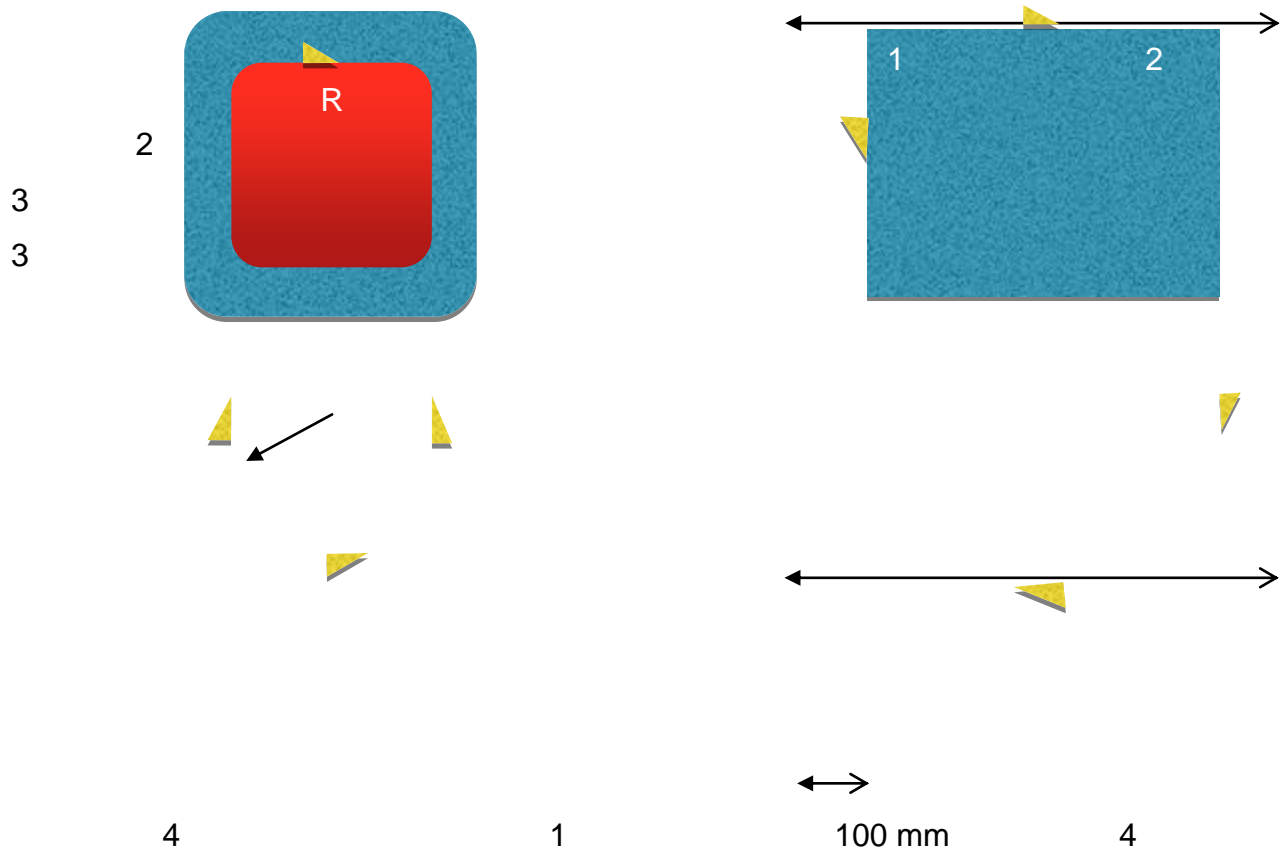
Cuadro 4.2 directrices sobre grados de acero comparables a los grados de acero estructural de casco de resistencia normal y de alta resistencia dados en las reglas de la sociedad de clasificación.

6. NORMA DE CALIDAD DE REPARACION

6.1 Soldadura, generalidades

ITEM	NORMA	LÍMITE	NOTAS
GRADO DE MATERIAL	Igual que original o mayor		Véase la sección 4
Consumibles de soldadura	IACS PU W17	Aprobación de acuerdo con norma internacional equivalente	
Ranura / Aspereza	Ver nota y figura 6.1	$d < 1,5 \text{ mm}$	Alisar con amolado
Pre calentamiento	Véase cuadro 5.1	Temperatura del acero no inferior a 5° C	
Soldadura con agua en el exterior	Véase la sección 5.3	Aceptables para aceros aceptables y de alta resistencia	Se quitará la humedad con soplete de calentamiento
Alineación	Igual que para construcción nueva		
Terminado de la soldadura	Guías IACS para inspección de soldaduras de casco de buques (ref. 10)		
END	Guías IACS (ref. 10)	de forma aleatoria con una extensión que se acordará con los inspectores actuantes	

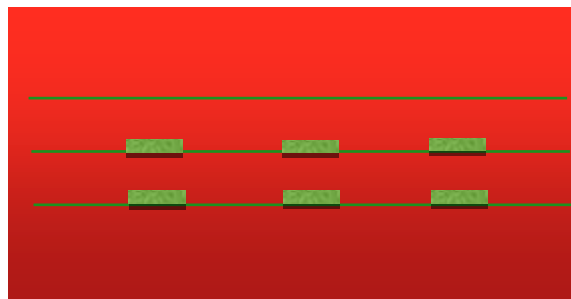
NOTA: Se quitarán escoria, grasa, escamas de
do y pintura, distintas de la imprimación.
6.2 Renovación de chapas





R = 5 X espesor de la cha- pa mín. 100 mm
Figura 6.2 Secuencia de soldadura para injerto

6.3 Dobles en chapa

los reforzados locales son normalmente permitidos únicamente como reparaciones temporales, excepto como compensación natural para aberturas, dentro de la estructura principal del casco.



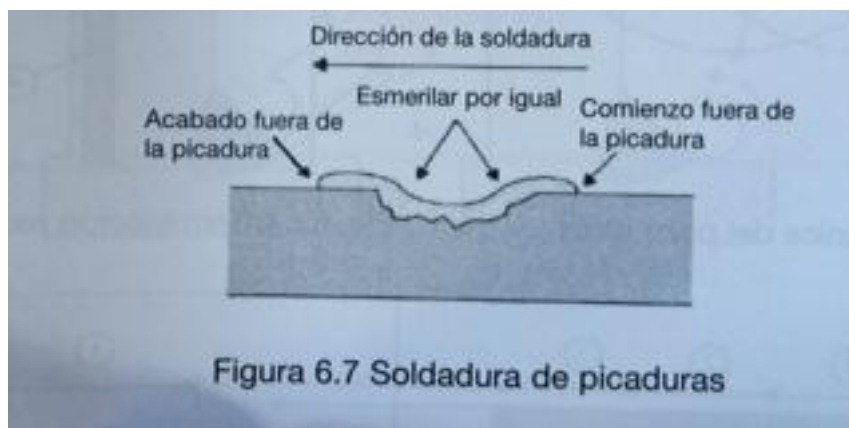
 cuello de la soldadura de ranura
 tamaño de la ranura

ITEM	NORMA	LIMITE	NOTAS
Chapa existente		General: $t \geq 5 \text{ mm}$	Para zonas donde la chapa existente es menor que una plancha de 5 mm, se hará una reparación permanente por inierto.
Extensión / tamaño	Redondeado de esquinas	min 300 x 300 mm	
Espesor del reforzado (td)	$td \leq tp$ (tp = espesor original de la chapa existente)	$td > tp/3$	
Grado del material	Igual al de la chapa original		
Preparación de bordes	Como para construcción nueva		Refuerzos soldados en miembros de resistencias primarios: (Le: tamaño del tramo) cuando $t > Le + 5 \text{ mm}$, se disminuirá el borde de forma gradual (1:4).
Soldadura	Como para construcción nueva		Secuencia de soldadura similar a la de las chapas de injerto.
Tamaño de la soldadura (espesor del cuello)	circunferencia y en ranura (0,6 x td)		
Soldadura de ranura	Tamaño normal de la ranura (80 – 100) x 2 td. Distancia desde el borde del refuerzo y entre ranuras $d \leq 15 td$	Paso máximo entre ranuras 200 mm $d_{max} = 500 \text{ mm}$	Para refuerzos que se extienden sobre varios elementos de soporte ver la figura anterior.
END	Rec. IACS		

6.4 SOLDADURAS DE PICADURAS DE CORROSIÓN

NOTA: las soldaduras poco profundas se pueden rellenar aplicando pintura o relleno de picaduras. Las picaduras se define como poco profundas cuando su profundidad es menos a 1/3 del espesor original de la chapa.

Figura 6.7



ITEMS	NORMA	LIMITE	NOTAS
Extensión/profundidad	Picaduras/ranuras se soldaran a igualar la superficie original	Si las picaduras profundas o ranuras están agrupadas juntas o si quedan espesores menores de 6 mm, se debe cambiar la chapa.	
Limpieza	La oxidación gruesa a retirarse		
Precaentado	Véase cuadro 5.1	Se requiere cuando la temperatura ambiente es menor a 5° C	Usar siempre antorchas de propano o similar para eliminar cualquier humedad
Secuencia de soldadura	dirección contraria para cada capa		
Acabado de soldadura	Guías IACS para la inspección de las soldaduras del casco del buque		
END		Minimo 10 % en extensión	Preferible MPI

