2013

La base de datos de los END's regidos por las sociedades de clasificación

Autor: Marina Cortada Icart
Director: Juan Antonio Moreno Martínez
Año: 2013
Titulación: Proyecto final de carrera LMN

Autor: Marina Cortada Icart
Director: Juan Antonio Moreno Martínez
Año: 2013
Titulación: Proyecto final de carrera LMN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 6
2. OBJETIVOS 9
3. END'S: EXÁMENES NO DESTRUCTIVOS 10
   - 3.1. TÉCNICAS DE LOS EXÁMENES NO DESTRUCTIVOS 10
     - 3.1.1. LA INSPECCIÓN VISUAL 10
     - 3.1.2. INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS 11
     - 3.1.3. INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES 12
     - 3.1.4. LA INSPECCIÓN ULTRASÓNICA 12
     - 3.1.5. INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA 13
     - 3.1.6. INSPECCIÓN POR CORRIENTES INDUCIDAS 14
     - 3.1.7. EMISIÓN ACÚSTICA 15
     - 3.1.8. INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA 15
   - 3.2. REQUISITOS BÁSICOS DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS 16
   - 3.3. DIRECTRICES PARA EL ENSAYO DE LAS SOLDADURAS 17
   - 3.4. CERTIFICACIÓN DEL OPERADOR DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS 22
4. GL: REGLAS DE LA GERMANISCHER LLOYD 24
   - 4.1. NORMATIVA SEGÚN ELEMENTOS 25
     - 4.1.1. REGLAS SOBRE CASCO Y MAQUINARIA 25
     - 4.1.2. REGLAS SOBRE BUQUES PARA EL TRANSPORTE DE GAS LICUADO (CARGA DE CONTENCIÓN) 39
     - 4.1.3. REGLAS SOBRE ANCLAJES 41
     - 4.1.4. REGLAS SOBRE TECNOLOGÍA OFFSHORE 42
     - 4.1.5. REGLAS SOBRE EQUIPOS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y SISTEMAS, REQUISITOS DE ENSAYO 48
     - 4.1.6. REGLAS SOBRE COMPONENTES Y SISTEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA

Y TECNOLOGÍA MARINA, REQUISITOS DE ENSAYO 49
4.2. NORMATIVA SEGÚN MATERIALES 50
4.2.1. NORMAS COMPLEMENTARIAS PARA LA APLICACIÓN DE ACERO CON UN LÍMITE ELÁSTICO DE 460 N/MM2 50
4.2.2. MATERIALES METÁLICOS 55
4.2.2.1. MATERIALES DE ACERO Y DE HIERRO FORJADO 60
4.2.2.2. MATERIALES DE COMPONENTES DE ACERO FUNDIDO 75
4.2.2.3. MATERIALES PARA FABRICACIÓN DE HÉLICES 83
4.2.2.3.1. HÉLICES FABRICADAS CON ALEACIONES DE COBRE FUNDIDO 84
4.2.2.3.2. HÉLICES FABRICADAS CON ALEACIONES DE ACERO FUNDIDO 90
4.3. NORMATIVA SEGÚN SOLDADURA 92
4.3.1. REQUISITOS GENERALES, PRUEBA DE CALIFICACIONES, CERTIFICADOS 92
4.3.2. ELECTRODOS Y MATERIALES AUXILIARES 93
4.3.3. LA SOLDADURA EN LOS DIVERSOS CAMPOS DE APLICACIÓN 95
4.3.3.1. SOLDADURA DE LAS ESTRUCTURAS DEL CASCO 95
4.3.3.2. SOLDADURA Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE RECIPIENTES CON LÍQUIDOS Y VAPORES A PRESIÓN Y PRESIÓN EN SISTEMAS DE TUBERÍAS 96
4.3.3.3. SOLDADURA DE COMPONENTES DE MAQUINARIA 102
4.3.3.4. SOLDADURA Y ENSAYOS DEL

PROCESO DE DISEÑO
Y CONSTRUCCIÓN DEL CASCO 102
5. REGLAS DE LA IACS 105
5.1. FINES Y OBJETIVOS DE LA IACS 105
5.2. GUÍA PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN CASCO Y MAQUINARIA DE ACEROS FORJADOS 106
5.3. GUIA PARA EXAMENES MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE ACEROS MARINOS FUNDIDOS 117
5.4. GUÍA PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE LAS SOLDADURAS DE ACERO DEL CASCO DEL BUQUE 124
5.5. DIRECTRICES PARA LAS PRUEBAS DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CASCO Y ESTRUCTURAS MARINAS 129
6. LAS BASES DE DATOS 133
6.1. CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS PASO A PASO 134
6.2. ESTUDIO PREVIO DE LA INFORMACIÓN A INTRODUCIR 135
6.3. LA BASE DE DATOS DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS REGIDOS POR LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN 136
7. CONCLUSIONES 141
8. BIBLIOGRAFÍA 143
9. ANEXOS 145
9.1. ACRÓNIMOS 145
9.2. INDICE DE IMÁGENES, FIGURAS Y TABLAS 147

1. INTRODUCCIÓN

En el negocio marítimo y sector de la construcción naval, las Sociedades de Clasificación son organizaciones que agrupan un número importante de profesionales, como inspectores de buques y de equipos marinos, Ingenieros y arquitectos navales, con el objetivo de promover tanto la seguridad de la vida humana en el mar, como la de los la buques, así como también la protección del medio ambiente marino, asegurando elevados criterios técnicos para el proyecto, fabricación, construcción y mantenimiento de los buques mercantes y no mercantes.

La materialización de estos objetivos se logra mediante la ejecución de las siguientes tareas:

- Desarrollo de Reglas de Clasificación, las cuales constituyen la confirmación de que el diseño de los buques cumple con dichas reglas.
- Inspección de los buques durante el periodo de construcción.
- Inspecciones periódicas para confirmar que los buques continúan cumpliendo dichas reglas.

Las Reglas de Clasificación se diseñan para asegurar un nivel de estabilidad, seguridad e impacto ambiental entre otras cosas. Los Estados de abanderamiento requieren que los buques o estructuras marinas que naveguen bajo su bandera cumplan unos ciertos estándares; en la mayoría de los casos estos estándares se cumplen si el buque tiene el certificado de cumplimento de un miembro de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) u otra Sociedad de Clasificación aprobada.

Ciertas Sociedades de Clasificación pueden estar autorizadas para inspeccionar buques y otras estructuras marinas y emitir certificados en nombre del estado bajo cuya bandera estén registrados los buques. Las delegaciones más frecuentes están relacionadas con la medición del arqueo y las líneas de carga, los Convenios SOLAS y MARPOL y las normas de la OMI para el transporte de mercancías peligrosas.

Por otra parte todo armador debe velar porque su buque este clasificado para poder asegurarlo. Dentro del sector marítimo, la clasificación es quizás el principal indicador de que un buque está debidamente construido y mantenido.

En la actualidad existen más de 50 SSCC que operan en todo el mundo, entre las más importantes podemos identificar las siguientes:

- ABS American Bureau of Shipping
- BV Bureau Veritas
- CCS China Classification Society
- CRS Hrvatski Registar Brodova (Croatian Register of Shipping)
- DNV Det Norske Veritas
- GL Germanischer Lloyd
- KR Korean Register of Shipping
- LR Lloyd's Register
- NK Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK)
- RINA Registro Italiano Navale
- RS Russian Maritime Register of Shipping
- IRS Indian Register of Shipping

Este proyecto se centra en una parte de las inspecciones que han de llevarse a cabo en la industria naval, son el campo de los END'S, conocidos como ensayos no destructivos.

Son una serie de ensayos cuya finalidad es conocer y evaluar el estado de los materiales (soldaduras, estructuras), en medios de transporte (barcos, aviones, etc.) sin afectar las propiedades y funcionalidad de los materiales examinados.

Desde este documento se hace un estudio de dichos ensayos desde dos perspectivas diferentes. Del punto de vista de las IACS y del punto de vista de la Germanischer Lloyd.

La Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS), con sede en Londres, representa a las diez Sociedades de Clasificación más importantes

del mundo. IACS se fundó inicialmente con las siete sociedades líderes en 1968. Actualmente sus miembros son: ABS, BV, CCS, DNV, GL, KR, LR, NK, Rina y RS.

La IACS es un órgano consultivo de la Organización Marítima Internacional (OMI), que depende de la ONU, y permanece como la única organización no gubernamental con título de observador que está autorizada a desarrollar y aplicar reglas.

El Germanischer Lloyd es una sociedad de clasificación con sede en la ciudad de Hamburgo, Alemania. Como una organización de supervisión técnica el Germanischer Lloyd lleva a cabo estudios de seguridad en más de 7.000 buques con más de 100 millones de GT. Su técnica y servicios de ingeniería también incluyen la mitigación de los riesgos y el aseguramiento de la conformidad técnica de las instalaciones de petróleo, gas e instalaciones industriales, así como parques de energía eólica.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es la creación de una base de datos de los ensayos no destructivos requeridos por las sociedades de clasificación facilitando la información según el material o el elemento a utilizar.

Esta base de datos nos permitirá a modo de consulta ver según los campos definidos qué ensayo se debe utilizar según el material, el elemento que se inspeccione y el método de ensayo.

Los campos a definir serían por un lado ELEMENTOS Y MAQUINARIA, por otro MATERIALES (FUNDICIÓN, FORJA, ACEROS MARINOS…) Y SOLDADURA y en tercer lugar según el método de ensayo empleado, ULTRASONIDOS, PARTÍCULAS MAGNÉTICAS, LÍQUIDOS PENETRANTES Y RADIOGRAFÍA.

El método de ensayo empleado viene definido dentro de los dos grandes grupos en que se divide la memoria del proyecto, materiales y elementos.
El estudio de estos campos que se definirán de manera concisa y clara en la base de datos se llevará a cabo desde la sociedad de clasificación en la que nos hemos centrado “Germanischer Lloyd” y por otro lado desde la perspectiva de las IACS.

Asegurando de este modo una mayor visión de cuál es la mejor manera de clasificar la información dentro la base de datos.
El software utilizado para la creación de esta base de datos será “Microsoft Office Access 2007”.

3. END'S: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

La prueba de un material o de un componente puede llevarse a cabo como un examen destructivo (END).

Los END's se utilizan para:

- Inspección de soldaduras
- Detección de defectos en los materiales
- Detección de grietas
- Medición de espesores

3.1. MÉTODOS DE ENSAYO

3.1.1. LA INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual es el método de examen no destructivo utilizado ampliamente para evaluar la condición o calidad de un artículo. Se lleva a cabo fácilmente, es de bajo coste y por lo general no requiere un equipo especial.

El método requiere una buena visión, buena iluminación y el conocimiento de lo que se debe buscar. La inspección visual se puede mejorar mediante diversos métodos que van desde gafas de aumento de baja potencia hasta boroscopios. Estos dispositivos también se pueden utilizar con sistemas de cámaras de televisión. La preparación de la superficie puede variar si la limpieza es con un paño o bien es una limpieza a fondo y eficaz y donde también influye el tratamiento con productos químicos para mostrar los detalles de la superficie.

La inspección visual a veces puede identificar que un fallo es probable que ocurra en una zona determinada además de identificar un fallo ya existente. La inspección visual es a menudo mejorada por métodos de inspección de superficie, que pueden identificar defectos que no son fácilmente visibles por el ojo.

3.1.2. INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

La inspección por partículas magnéticas es un método que se puede utilizar para encontrar defectos superficiales en materiales ferromagnéticos tales como el acero y el hierro.

La técnica utiliza el principio de que las líneas de fuerza magnética (flujo) serán distorsionadas por la presencia de un defecto para revelar la presencia de dicho fallo o defecto. El defecto (por ejemplo, una grieta) se encuentra a partir de la "fuga de flujo" tras la aplicación de finas partículas de hierro al área que se examina. Existen variaciones en la manera en que se aplica el campo magnético, pero todos ellos parten del principio anterior.

Las partículas de hierro se puede aplicar en seco o en húmedo, en suspensión en un líquido, coloreado o fluorescente. Mientras que la inspección de partículas magnéticas se utiliza principalmente para encontrar defectos de ruptura en la superficie, también puede ser usado para localizar defectos subsuperficiales. La eficacia del método disminuye rápidamente en función de la profundidad del defecto y tipo.

Irregularidades superficiales y rasguños pueden dar indicaciones engañosas. Por lo tanto, es necesario garantizar una cuidadosa preparación de la superficie antes de llevar a cabo la prueba por partículas magnéticas.

Las aplicaciones típicas serían:

- Inspección de soldaduras de acero estructural durante la fabricación.
- Pruebas de polvo seco de las unidades en servicio hasta aproximadamente 250 º C.
- Buscar grietas en grandes superficies de buques tanque.
- Inspección de componentes de la caja de cambios.
- Componentes mecanizados después del mecanizado final.
- Grietas superficiales en ejes y barras.

3.1.3. INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES

La inspección por líquidos penetrantes es un método que se utiliza para revelar defectos de ruptura en la superficie mediante el sangrado hacia la superficie de un tinte coloreado o fluorescente al detectar un fallo o una grieta.

La técnica se basa en la capacidad de un líquido a ser arrastrado a la superficie limpia por acción capilar en el caso de fallo o rotura en la misma. Después de un período de tiempo denominado el tiempo de espera, el exceso de penetrante en la superficie se elimina y se aplica un revelador. El revelador actúa como un papel secante. Se extrae el penetrante del fallo o grieta para revelar su presencia en la superficie. Los penetrantes de contraste de color requieren luz blanca mientras los penetrantes fluorescentes necesitan ser utilizados en condiciones oscuras controladas con una luz negra ultravioleta.

La inspección por líquidos penetrantes se puede utilizar en cualquier material sólido. Es esencial que el material se limpie cuidadosamente primero, de lo contrario el penetrante no será capaz de entrar en el defecto. Si no se elimina totalmente el penetrante de la superficie, podrían resultar indicaciones engañosas.

Los usos más comunes serían:

- Las piezas no ferrosas fácilmente se puede probar usando este método
- Piezas de aeronaves
- Fundiciones no ferrosas
- Acabado de componentes mecanizados

3.1.4. LA INSPECCIÓN ULTRASÓNICA

La inspección por ultrasonidos utiliza ondas sonoras de longitud de onda corta y alta frecuencia para detectar defectos o para medir el espesor del material. Se utiliza como un método de inspección alternativa a la radiografía para localizar defectos sub-superficiales en todos los sectores de la industria.

Por lo general, haces pulsados de alta frecuencia de ultrasonido se utilizan a través de un transductor de mano (sonda) que es colocado sobre la muestra. Cualquier sonido del pulso que se refleja y vuelve al transductor (como un eco) se muestra en una pantalla, que da la amplitud del pulso y el tiempo para regresar al transductor. Los defectos que haya en cualquier parte del espesor de la muestra reflejan el sonido de nuevo al transductor. Gracias a esto se pueden interpretar defectos de tamaño, la distancia y la reflectividad.

Los sistemas automatizados se utilizan para hacer los ensayos en un entorno de producción y para algunas aplicaciones especiales.

Algunos de los elementos comúnmente inspeccionados son:

- Conexiones momentáneas de acero estructural
- Soldaduras a tope de los cascos de buques
- Soldaduras en reparaciones de componentes
- Para detectar defectos internos en ejes y barras
- Verificaciones de placas de laminación
- Inspecciones de soldaduras en tuberías de presión y en conjuntos de tuberías

3.1.5. INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA

La inspección radiográfica se utiliza principalmente para encontrar defectos sub-superficiales en los materiales.

Las máquinas de alto voltaje de rayos X producen rayos X, mientras que los rayos gamma son producidos a partir de isótopos radiactivos tales como el iridio 192. La fuente de radiación elegida se coloca cerca del material a ser inspeccionado y la radiación pasa a través del material y es capturada en película o de forma digital.

La elección del tipo de radiación que se va a utilizar (rayos X o gamma) depende en gran medida del espesor del material a ensayar y la facilidad de

acceso a la zona de inspección. Las fuentes gamma tienen la ventaja de la portabilidad, cosa que las hace ideales para su uso en la construcción, para llevarlas al sitio de trabajo. Las máquinas portátiles de rayos-X de alta potencia están disponibles para aplicaciones especiales, tales como las estructuras de hormigón.

Los rayos X y los rayos gamma son muy peligrosos. Deben tomarse precauciones especiales cuando se realizan radiografías. Por lo tanto, el método se lleva a cabo bajo condiciones controladas, dentro de un recinto de protección o después de la evaluación con las barreras adecuadas y sistemas de calentamiento para asegurar que no hay peligro para las personas.

3.1.6. INSPECCIÓN POR CORRIENTES INDUCIDAS

Este tipo de prueba es una técnica electromagnética y sólo se puede usar en los materiales conductores. Sus aplicaciones van desde la detección de grietas, hasta la clasificación rápida de las piezas pequeñas en busca de defectos, variaciones de tamaño o variación de materiales. El método es más comúnmente utilizado en la industria aeroespacial, pero también en náutica y en construcción.

Cuando una bobina excitada se acerca a la superficie de un componente de metal, las corrientes inducidas se inducen en el elemento. Estas corrientes crean un campo magnético que tiende a oponerse al campo magnético original. La impedancia de la bobina en las proximidades de la muestra se ve afectado por la presencia de las corrientes inducidas en el elemento.

Cuando las corrientes inducidas se ven distorsionadas en el elemento por la presencia de los defectos o de las variaciones de los materiales, la impedancia en la bobina se ve alterada. Este cambio es medido y expuesto de manera que indica el tipo de defecto o condición del material.

Algunas aplicaciones comunes serían:

- Inspección de tubos refrigerados de aire acondicionado

- Equilibrio de los intercambiadores de calor de la planta
- Constatación y verificación del tratamiento de calor
- Clasificación de materiales
- Constatación y verificación de las aleaciones

3.1.7. EMISIÓN ACÚSTICA

El control de emisiones acústicas incluye escuchar a los sonidos (que generalmente son inaudibles para el oído humano) producidos por un material, estructura o máquina en uso o bajo carga. Las conclusiones se exponen acerca de su estado de salud de lo que se percibe.

La técnica implica colocar uno o más micrófonos de ultrasonidos en el objeto y analizar los sonidos utilizando instrumentos basados en un ordenador. Los ruidos pueden surgir de la fricción (incluyendo desgaste de los cojinetes), crecimiento de grietas, por turbulencias (incluidas las pérdidas) y los cambios de materiales como la corrosión.

Las ventajas de la Emisión Acústica es que toda una estructura puede ser monitoreada desde varios lugares. La estructura puede ser probada en servicio y monitoreada de forma continua con alarmas. Los cambios microscópicos puede ser detectados si se libera la suficiente energía y la ubicación de la fuente permite el uso de sensores múltiples.

3.1.8. INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA

La tomografía (infrarrojos, escáneres térmicos) utiliza un diseño especial de vídeo infrarrojo o cámaras fotográficas para obtener imágenes (llamadas termogramas) que muestran las variaciones de calor en las superficies. Esta tecnología tiene una serie de aplicaciones.

Los termogramas de los sistemas eléctricos pueden detectar conexiones eléctricas anormalmente calientes.

Los termogramas de sistemas mecánicos pueden detectar el calor creado por la fricción excesiva.

Encuestas de aislamiento por lo general implican superficies calientes u hornos. El revestimiento aislante se rompe permitiendo que el calor pase a la parte exterior, esto puede provocar riesgos de incendio o incluso puede suponer un riesgo para el personal.

3.2 REQUISITOS BÁSICOS DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

En general los procedimientos básicos de los ensayos no destructivos deben elaborarse para cada método de ensayo específico.

Además, la especificación del procedimiento debe contener los siguientes elementos generales:

- Requisitos de superficie, limpieza y preparación
- Localización de la referencia y calificación
- La evaluación de los resultados y las indicaciones
- Informes

Este procedimiento debe además cubrir los elementos específicos para las técnicas de ensayos no destructivos en cuestión.

- Sensibilidad:

Cada aplicación de las técnicas de ensayos no destructivos, debe cumplir con ciertos requisitos con el fin de asegurar al ensayo un nivel de sensibilidad requerido.

Los requisitos de sensibilidad directos o indirectos para las técnicas individuales de ensayos no destructivos se detallan a continuación.

- Documentos de referencia:

El ensayo debe asegurar la calidad y cumplir con los requisitos de sensibilidad. Se realiza de acuerdo a nivel nacional o internacional con normas de reconocidas, recomendaciones u otros documentos aceptados por la sociedad. Estos documentos de referencia deben cumplir con los requisitos mínimos expuestos en la presente Guía.

Los documentos de referencia podrán ser sustituidos por documentos equivalentes o similares emitidos por la Sociedad.

3.3. DIRECTRICES PARA EL ENSAYO DE LAS SOLDADURAS

Estas directrices también se pueden traducir al ensayo de otros elementos.

1- Inspección visual:

La técnica hace uso de la observación visual para revelar discontinuidades e irregularidades superficiales en soldaduras como entalladura, porosidad en la superficie, y exceso de refuerzo de soldadura. Si es necesario se deben utilizar ayudas mecánicas y normas para evaluar y confirmar el tamaño de las discontinuidades.

Procedimiento:

Los puntos que deben considerarse en el procedimiento son:

- Condiciones de visualización
- Ayudas para mejorar la visibilidad
- Reglas e indicadores que se utilizan

Requisitos de sensibilidad:

La inspección visual directa requiere una iluminación en el punto de observación que permite revelar y describir discontinuidades superficiales inaceptables. Las soldaduras deben presentarse limpias y sin pintura.

Los informes deben consistir en la aceptación o no para cada sección de soldadura y, si es relevante o de otra manera, dar el tipo y el tamaño de la discontinuidad con lo que no se puede aceptar.

2- Ensayo por partículas magnéticas

La técnica que se utiliza es la detección de fugas de flujos magnéticos a partir de discontinuidades en la superficie, y en cierta medida también discontinuidades sub-superficiales, en materiales ferromagnéticos por medio de partículas ferromagnéticas durante la aplicación de un campo magnético.

Procedimiento:

Los puntos que deberán considerarse en el procedimiento son:

- Proceso de magnetización y equipo
- Medios de detección
- Intensidad de campo de medición / verificación
- Detección de los medios de aplicación
- Condiciones de visualización
- Desmagnetización
- Precauciones contra arcos eléctricos

Requisitos de sensibilidad:

El ensayo debe proporcionar la búsqueda de discontinuidades en la superficie de soldadura desde cualquier orientación.

La superficie a examinar puede ser soldada, pero debe estar limpia y seca y, si existen irregularidades perceptibles, suavizada con un cepillado suave.

El valor del pico de intensidad del campo magnético tangencial en la superficie a ensayar debe estar entre 2,4 y 4,0 kA / m.

Se debe utilizar magnetización por corriente alterna o corrientes continuas de media onda.

Se pueden aplicar tintas magnéticas fluorescentes o no fluorescentes.

La preparación y la iluminación (por luz visible o ultravioleta, dependiendo del tipo de medios de detección) de la superficie que se ensaya debe ser suficiente para revelar y describir cualquier discontinuidad superficial inaceptable.

3- Ensayo por líquidos penetrantes:

La técnica aplica un líquido de baja tensión superficial, que penetra en las discontinuidades de superficie abiertas. Mediante el uso de un revelador adecuado del líquido penetrado se puede hacer visible y por lo tanto hacer visible una discontinuidad.

Procedimiento:

Los puntos que deberán considerarse en el procedimiento son:

- Referencia / calibración / verificación de muestras
- Limpieza y preparación de superficies
- Temperatura del elementos
- Tipo de penetrante y revelador
- Aplicación y eliminación del penetrante
- Tiempo de penetración
- Aplicación del revelador
- Tiempo de revelado

Requisitos de sensibilidad:

La superficie que se ensaya puede ser soldada, pero debe estar limpia, seca y sin irregularidades visibles. Con el fin de evitar el enmascaramiento de las discontinuidades, se debe aplicar un cepillado con un cuidado considerable.

Se pueden aplicar penetrantes fluorescentes o visibles, lavables con agua o eliminables con disolvente o post-emulsificables. Los reveladores pueden ser acuosos, no acuosos de polvos secos o húmedos.

Fuera del rango de temperaturas de 5 a 50 º C deben utilizarse bloques de referencia de comparación.

Los tiempos de penetración deben ser normalmente entre 20 y 60 minutos y los tiempos de revelado de un mínimo de 15 minutos. Cuando la temperatura está por debajo de 15 º C los tiempos de revelado deben ser de mínimo de 30 minutos. Durante los primeros 2 minutos de revelado la formación de las indicaciones debe ser cuidadosamente vigilada.

La iluminación (por luz visible o ultravioleta, dependiendo del tipo de medios de detección) de la superficie que se ensaya debe ser suficiente para revelar y describir cualquier discontinuidad superficial inaceptable.

4- Ensayo ultrasónico:

La técnica a utilizar es la técnica de pulso eco ultrasónico que proporciona sondas normales y en ángulo. El ensayo puede ser realizado manualmente o mecanizado por equipos automáticos.

Los puntos que deberán considerarse en el procedimiento son:

- Tipo de equipo
- Tipos de sonda, frecuencias y ángulos
- Bloque/s de calibración
- Referencia de bloque/s

- Acoplamientos
- Equipo de calibración y verificación
- Configuración de sensibilidad y transferencia de correcciones
- Examen del material matriz
- Técnicas de exploración
- Técnicas de clasificación

Requisitos de sensibilidad:

El ensayo de soldadura debe cubrir la búsqueda de discontinuidades de soldadura longitudinal y transversal utilizando al menos una sonda de ángulo de cada lado de la soldadura. La geometría de la soldadura puede requerir la utilización de sondas normales para revelar discontinuidades de soldadura. El ensayo se debe realizar con el eco de 3 mm de diámetro del agujero lateral perforado como referencia (que define el nivel de referencia).

Otros reflectores tales como agujeros de fondo plano o muescas, pueden reemplazar el agujero perforado en el lateral como reflector de referencia, siempre que se consiga la misma sensibilidad, por ejemplo el método de DGS.

5- Ensayo radiográfico:

La técnica que se debe utilizar es el de imagen proyectiva con rayos X o rayos gamma con película como medio de grabación y visualización. Para espesores de material de menos de 15 mm, es preferible utilizar los rayos X. Otros medios de visualización, por ejemplo, pantallas fluoroscópicas, se puede aplicar siempre que los requisitos básicos para la técnica aplicada se cumplan.

Los puntos que deberán considerarse en el procedimiento son:

- Fuente de radiación, el tipo y tamaño del punto focal
- Geometría o configuración radiográfica
- Tipo de película
- Pantallas intensificadoras

- Cobertura de la película
- Indicadores de calidad de imagen
- Marcado de identificación de la película
- Las condiciones de exposición
- Procesamiento de la película
- Densidad de la película
- Condiciones de visión de la película

Requisitos de sensibilidad:

Se debe lograr que los parámetros de calidad y sensibilidad de la imagen y la película sean los siguientes:

Espesor de la placa	Sensibilidad del alambre
≤ 10 mm	2.0 %
80 mm	1.0 %
> 80 mm	0.8 mm/t

Para espesores entre 10 y 80 mm la sensibilidad necesaria se encuentra por interpolación lineal entre los valores anteriores.

3.4. CERTIFICACIÓN DEL OPERADOR DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

En los ensayos por radiografía, ultrasonidos y partículas magnéticas todos los operadores deben estar adecuadamente cualificados para llevar a cabo el examen y evaluar los resultados.

El astillero y armador son responsables de proveer los operadores debidamente capacitados y certificados de acuerdo con un esquema nacional o internacional de aceptación. Los registros de los operadores y sus certificados

actuales deben conservarse y ponerse a disposición de los inspectores para la inspección.

4. GL: REGLAS DE LA GERMANISCHER LLOYD

GL se dedica y compromete a asegurar, consultar y clasificar en la industria marítima y las industrias energéticas.

Debido a su profundo conocimiento y su papel como socio independiente, el Grupo GL facilita un gran número de normas y proyectos conjuntos de la industria y proyectos de investigación cada año. Desarrollan nuevas herramientas, metodologías, normas y métodos recomendados para resolver cuestiones técnicas reforzando al mismo tiempo una alta seguridad y calidad.
El 16 de marzo de 1867, un grupo de 600 propietarios de buques, armadores y aseguradoras se reunieron en el gran salón de la Bolsa de Hamburgo con motivo de la convención fundadora de Germanischer Lloyd. En nombre del comité fundador, el comerciante y armador agosto Behn firmó el estatuto de la joven institución. El comité fundador estuvo integrado por representantes de los armadores JC Godeffroy & Sohn, AJ Schön & Co., A.J. Hertz & Söhne así como R.M. Sloman. La nueva sociedad fue fundada como una asociación sin ánimo de lucro con sede en Hamburgo.

La razón para la formación de una sociedad de clasificación alemana fue lograr la transparencia. Los comerciantes, armadores y aseguradoras la utilizaron y también la utilizan actualmente para obtener información sobre el estado de un buque. Como sociedad de clasificación independiente, Germanischer Lloyd fue creado para evaluar la calidad de los buques y entregar los resultados a los armadores, comerciantes y compañías de seguros.

Su misión es ser más seguro, más inteligente y más ecológico.
Más seguro, porque intentan impulsar una cultura de seguridad que evita la pérdida o daño a las personas y los bienes.
Y más ecológico, porque comparten su aprendizaje para inspirar a sus clientes para reducir el impacto ambiental y ayudar a construir un futuro más verde.

La normativa de la Germanischer Lloyd se encuentra especificada de dos maneras diferentes. Por un lado desde el punto de vista de los elementos, casco, maquinaria, tipo de buque, etc. Y en segundo lugar desde el punto de vista del material ya sean materiales metálicos, acero, hierro y soldadura. La parte de soldadura en toda clasificación ya sea desde las IACS como desde la perspectiva de las sociedades de clasificación viene dada dentro del grupo de los materiales.

4.1 NORMATIVA SEGÚN ELEMENTOS

4.1.1 REGLAS SOBRE CASCO Y MAQUINARIA

Motores de combustión interna y compresores de aire:

Elementos y Materiales:

En el caso de los motores de combustión interna, las siguientes partes se someterán a ensayos de materiales en presencia del representante de la sociedad clasificadora, en este caso del GL.

1. Cigüeñal
2. Brida del cigüeñal de acoplamiento para la transmisión de energía principal (si no se forja en el cigüeñal)
3.Pernos de acoplamiento del cigüeñal
4.Pistones o coronas del pistón hechas de acero, acero fundido o hierro fundido nodular
5.Vástagos
6.Las bielas, en particular el material de cobertura de los cojinetes
7.Crucetas
8.Camisas de cilindro de acero fundido
9.Culatas hechas de acero inoxidable o fundición
10. Bancadas soldadas: - si llevan placas y vigas transversales hechas de acero forjado o fundido
11.Estructuras soldadas y cárteres

12.Uniones soldadas

13.Tirantes

14.Tornillos y tacos para:

-Culatas

-Crucetas

-Cojinetes de bancada

-Cojinetes de biela

15. Ruedas dentadas del árbol de levas de accionamiento y las ruedas de cadena de acero inoxidable o fundición

Los ensayos de los materiales se realizan de acuerdo con la siguiente tabla:

Diámetro del cilindro	**Piezas a ensayar**
≤ 300 mm	1-6-10-11-12-13
> 300 ≤ 400 mm	1-6-8-9-10-11-12-13-14
> 400 mm	Todas las partes

Tabla 1: Piezas a ensayar en motores de combustión interna

Además, los ensayos de materiales se llevan a cabo en tuberías y partes del sistema de aire de arranque y otros sistemas de presión que forman parte del motor.

Materiales aprobados y el tipo de certificado de prueba				
Materiales aprobados	Componentes	Certificado de ensayo		
		A	B	C
Acero forjado Rm ≥ 360 N/mm ²	Cigüeñales	X	/	/
	Bielas	X	/	/
	Vástagos	X[3]	X[4]	/
	Cruceta	X[3]	X[4]	/
	Pistones y coronas de pistón	X[3]	X[4]	/
	Culatas	X	/	/
	Ruedas de accionamiento del árbol de levas	X[3]	X[4]	/
Aceros forjados y laminados Rm ≥ 360 N/mm²	Tirantes	X	/	/
	Pernos y espárragos	X[1]	X[2]	/
Grado de acero fundido Rm ≥ 440 N/mm² y grado de acero forjado Rm ≥ 440 N/mm²	Materiales para la construcción de cigüeñales	X	/	/
Acero fundido	Rodamientos de elementos transversales (soldables)	X	/	/
	Pistones y coronas de pistón	X[3]	X[4]	/
	Culatas	X[1]	X[2]	/
	Ruedas motrices del árbol de levas	X[3]	X[4]	/
Hierro fundido nodular, grados ferríticos de Rm ≥ 370 N/mm²	Bloques motor	/	X[1]	/
	Bancadas	/	X[1]	/
	Bloques de cilindro	/	X[1]	/
	Pistones y coronas de pistón	X[3]	X[4]	/
	Culatas	/	X[1]	/
	Volantes	/	X[1]	/
	Cuerpos de válvulas	/	X[1]	/
Hierro fundido laminar, grados ferríticos de Rm ≥ 200 N/mm²	Bloques motor	/	/	X
	Bancadas	/	/	X
	Bloques de cilindro	/	/	X
	Líneas de cilindros	/	/	X
	Culatas	/	/	X
	Volantes	/	/	X
Acero para construcción naval, todos los grados estipulados por GL de espesor de placa ≤ 35 mm	Bloques de cilindros soldados	X	/	/
Acero para construcción naval, grados B estipulados por GL de espesor de placa > 35 mm	Bancadas soldadas	X	/	/
	Cuadernas soldadas	X	/	/
Acero estructural, sin aleaciones, para conjuntos soldados	Cubiertas soldadas	X	/	/

1 Solo para diámetros de cilindro > 300 mm
2 Para diámetros de cilindro ≤ 300 mm
3 Solo para diámetros de cilindro > 400 mm
4 Para diámetros de cilindro ≤ 400 mm

Tabla 2: Materiales aprobados para componentes y certificados de ensayo

Pruebas y ensayos

Los ensayos por partículas magnéticas o líquidos penetrantes se deben realizar de acuerdo con la tabla y donde el inspector de GL y el fabricante indiquen.

Los cordones de soldadura de elementos importantes del motor serán sometidos a diferentes pruebas.

Cuando existan razones para dudar de la calidad de cualquier componente del motor, se probaran con ensayos no destructivos según las tablas mencionadas arriba dependiendo del elemento que sea.

Para la instalación de motores a bordo, la unidad tiene que ser probada por GL. Para este propósito se van a realizar dichas pruebas de homologación.

Después de la conclusión de las pruebas, los componentes principales se presentan para su inspección.

Diámetro de cilindro	Piezas a ensayar
≤ 400 mm	1-2-3-4
> 400 mm	Todas las partes

Tabla 3: Ensayos de partículas magnéticas

Diámetro de cilindro	Piezas a ensayar
≤ 400 mm	1-2-3-4-5-8
> 400 mm	1-2-3-4-5-8-9

Tabla 4: Ensayos por ultrasonidos

Los ensayos no destructivos se aplicarán también a las ruedas, palas y las juntas soldadas de las piezas giratorias. Otro control de producción igual puede ser aceptado para uniones soldadas. La prueba se llevará a cabo por el fabricante y los resultados, junto con los detalles del método de ensayo se evaluarán de acuerdo con los criterios de calidad reconocidos y documentados en un certificado.

Las conexiones de ramales de clase I y clase II recipientes a presión e intercambiadores de calor, que no son adecuados para el examen radiográfico, deben ser probados por ultrasonidos si las siguientes tres condiciones se cumplen:

- diámetro interior de la rama ≥ 120 mm
- espesor de pared de la rama ≥ 15 mm
- espesor de pared de la parte exterior o la cabeza ≥ 30 mm (incluyendo almohadilla de refuerzo si es aplicable)

Los exámenes por ultrasonidos se realiza de acuerdo con:

- Las normas GL II - Materiales y Soldadura, Parte 3 - Soldadura, Capítulo 2 - Diseño, Fabricación e Inspección de uniones soldadas, Sección 4
- AD Merkblätter, Secuencia de HP
- Código ASME, Sección V
- Norma Británica BS 3923, Parte 1
- DIN EN 583-1/2
- DIN EN 1712/14
- AWS D 1.1 (American Welding Society)

Criterios de aceptación y alcance

Piezas estructurales del casco

1. Instrucciones para las pruebas de la popa

En las siguientes figuras se describen las especificaciones de los ensayos no destructivos

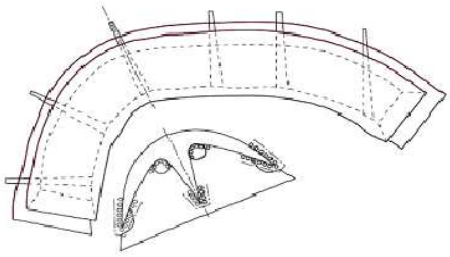


Figura 1: Área de la popa

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Bordes de soldadura
- Pruebas radiográficas: Bordes de soldadura
- Pruebas ultrasónicas: Bordes de soldadura , si lo permite la geometría

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V1 para bordes de soldadura, V3 áreas restantes.
- Pruebas por partículas magnéticas: SM1, LM1, AM1, para bordes de soldadura, SM2, LM2, AM2 para las áreas restantes.
- Pruebas radiográficas: RV1 hasta un espesor de 50 mm, RV2 para espesores > 50 mm (espesor del elemento fundido en la zona a analizar).
- Pruebas ultrasónicas: UV2 en lugar de la prueba radiográfica para espesores > 50 mm.

2. Instrucciones para las pruebas de la mecha del timón

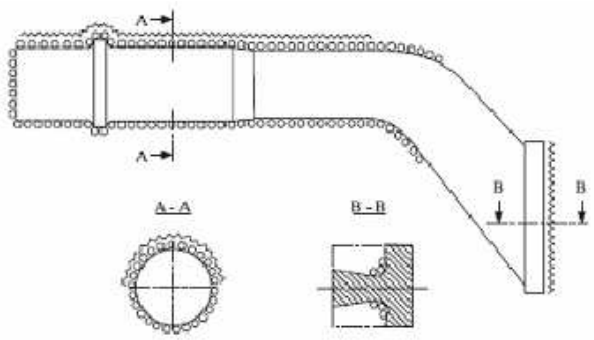


Figura 2: Mecha del timón

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Áreas marcadas con
- Pruebas radiográficas: Áreas marcadas con

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V2
- Pruebas por partículas magnéticas: SM2, LM2, AM2, SM3, LM3, AM3 para las áreas restantes.
- Pruebas ultrasónicas: UV2

3. Instrucciones para las pruebas del núcleo de la hélice

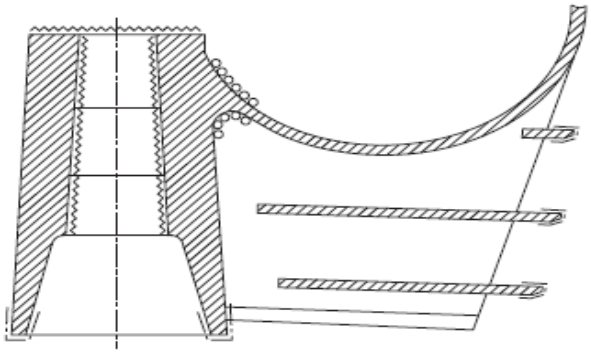


Figura 3: Núcleo de la hélice

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Bordes de soldadura
- Pruebas radiográficas: Bordes de soldadura
- Pruebas ultrasónicas: Áreas marcadas con

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V1 para áreas marcadas con , V2 para áreas marcadas con , V3 para las áreas restantes.
- Pruebas por partículas magnéticas: SM1, LM1, AM1, para , SM2, LM2, AM2 para áreas marcadas con, SM3, LM3, AM3 para las áreas restantes.
- Pruebas radiográficas: RV1 hasta un espesor de 50 mm y RV2 para espesores > 50 mm.

- Pruebas ultrasónicas: UV2 adicional a la prueba radiográfica para espesores > 50 mm.

4. Instrucciones para las pruebas del dispositivo de amarre para cadenas del timón

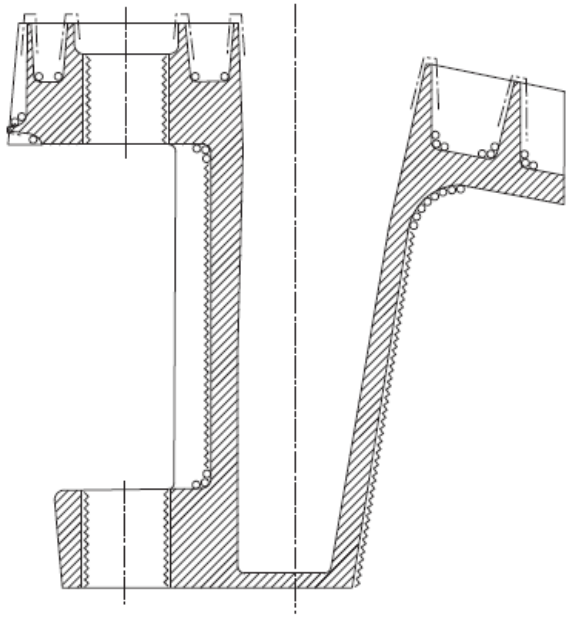


Figura 4: Dispositivo de amarre para las cadenas del timón

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Bordes de soldadura
- Pruebas radiográficas: Bordes de soldadura
- Pruebas ultrasónicas: Áreas marcadas con

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V1 para áreas marcadas con y V3 para las áreas restantes.
- Pruebas por partículas magnéticas: SM1, LM1, AM1, para, SM2, LM2, AM2 para áreas marcadas con, SM3, LM3, AM3 para las áreas restantes.
- Pruebas radiográficas: RV1 hasta un espesor de 50 mm y RV2 para espesores > 50 mm.

- Pruebas ultrasónicas: UV2 adicional a la prueba radiográfica para espesores > 50 mm.

5. Instrucciones para las pruebas del acoplamiento del timón

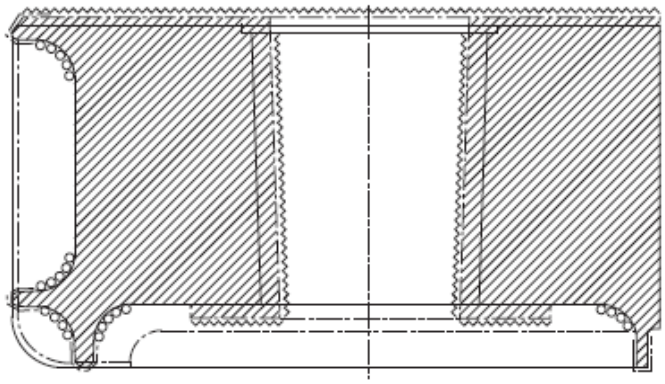


Figura 5: Acoplamiento del timón

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Bordes de soldadura
- Pruebas radiográficas: Bordes de soldadura
- Pruebas ultrasónicas: Áreas marcadas con

Niveles de gravedad/severidad:

- Prueba visual: V1 para áreas marcadas con y V2 para las áreas restantes.
- Pruebas por partículas magnéticas: SM1, LM1, AM1, para, SM2, LM2, AM2 para áreas marcadas con, SM3, LM3, AM3 para las áreas restantes.
- Pruebas radiográficas: RV1 hasta un espesor de 50 mm y RV2 para espesores > 50 mm.
- Pruebas ultrasónicas: UV2 adicional a la prueba radiográfica para espesores > 50 mm.

6. Instrucciones para las pruebas del acoplamiento más bajo del timón

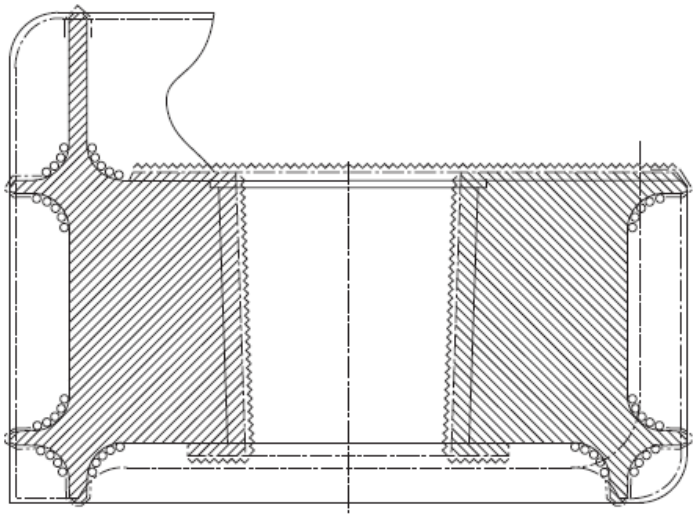


Figura 6: Acoplamiento más bajo del timón

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Bordes de soldadura
- Pruebas radiográficas: Bordes de soldadura
- Pruebas ultrasónicas: Áreas marcadas con

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V1 para áreas marcadas con y V2 para las áreas restantes.
- Pruebas por partículas magnéticas: SM1, LM1, AM1, para, SM2, LM2, AM2 para áreas marcadas con, SM3, LM3, AM3 para las áreas restantes.
- Pruebas radiográficas: RV1 hasta un espesor de 50 mm y RV2 para espesores > 50 mm.
- Pruebas ultrasónicas: UV2 adicional a la prueba radiográfica para espesores > 50 mm.

7. Instrucciones para las pruebas del codaste:

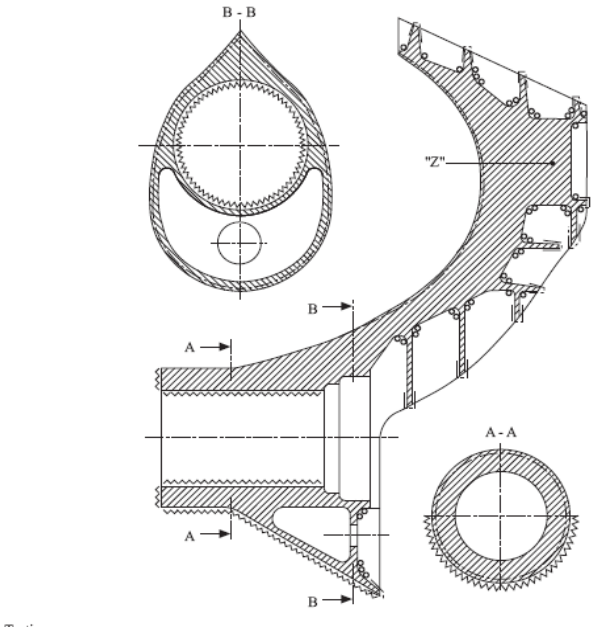


Figura 7: Codaste

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Bordes de soldadura
- Pruebas radiográficas: Bordes de soldadura
- Pruebas ultrasónicas: Áreas marcadas con

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V1 para áreas marcadas con y V2 para las áreas restantes.
- Pruebas por partículas magnéticas: SM1, LM1, AM1, para, SM2, LM2, AM2 para áreas marcadas con, SM3, LM3, AM3 para las áreas restantes.
- Pruebas radiográficas: RV1 hasta un espesor de 50 mm y RV2 para espesores > 50 mm.
- Pruebas ultrasónicas: UV2 adicional a la prueba radiográfica para espesores > 50 mm.

8. Instrucciones para las pruebas de la caña del timón:

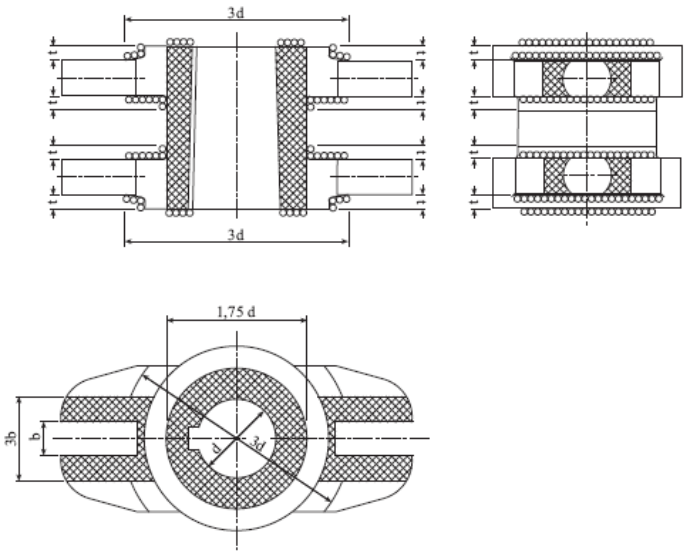


Figura 8: Caña del timón

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas:
- Pruebas por líquidos penetrantes:
- Pruebas ultrasónicas: Áreas marcadas con

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V1 para chaveteros de agujero: cónico o cilíndrico y V2 para las áreas restantes.
- Pruebas por partículas magnéticas o líquidos penetrantes: SM1, LM1, AM1 (P. magnéticas), SP1, CP1, LP1, AP1 (L. penetrantes) para la caña del timón: áreas de contacto de la pieza de deslizamiento y el suelo, las zonas planas inferiores y superiores.
- Pruebas por partículas magnéticas o líquidos penetrantes: SM2, LM2, AM2 (P. magnéticas), SP2, CP2, LP2, AP2 (L. penetrantes) para las áreas restantes.

- Pruebas ultrasónicas: UV2 para las áreas / zonas indicadas de deslizamiento y deben ser probados antes del mecanizado de la superficie de deslizamiento. UV3 para el resto de las áreas.

* Las grietas no están permitidas. Las áreas mecanizadas no tendrán marcas de arena abiertas. Las indicaciones se dejan como están, el suelo (superficie) o las soldaduras fabricadas las decide GL.

Criterios de aceptación y alcance:

Piezas del motor diesel

1. Instrucciones para las pruebas en bielas:

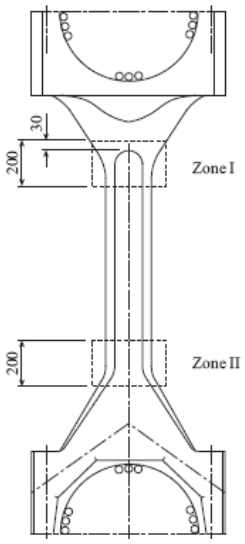


Figura 9: Biela

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Toda la superficie
- Pruebas por líquidos penetrantes: Superficies mecanizadas de rodamientos
- Pruebas ultrasónicas: Áreas del eje y los cojinetes

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V1 para las zonas I y II, V2 para las áreas restantes
- Pruebas por partículas magnéticas: SM1, LM1, AM1 para las zonas I y II, SM2, LM2, AM2 para las zonas restantes.

- Pruebas ultrasónicas: UV1 par la zona I y II, UV2 para las áreas restantes.
- Pruebas por líquidos penetrantes: SP2, CP2, LP2, AP2 para áreas marcadas con(ooooo).

2. Instrucciones para las pruebas del soporte del cojinete principal:

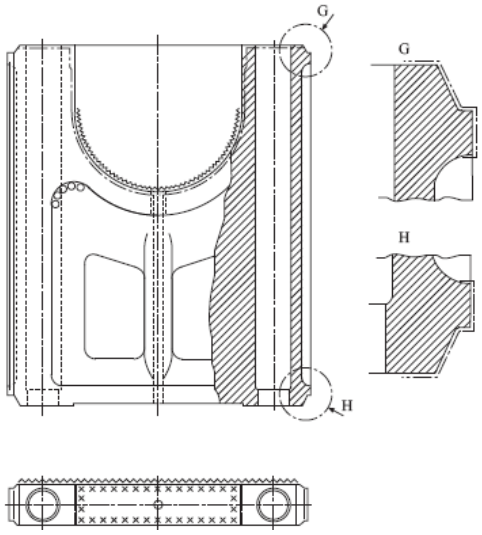


Figura 10: Soporte del cojinete principal

Alcance de las pruebas:

- Prueba visual: Toda la superficie
- Pruebas por partículas magnéticas: Bordes de soldadura (——·——), (ooooo)
- Pruebas por líquidos penetrantes: Áreas marcadas con (xxxxxx)
- Pruebas ultrasónicas: Áreas marcadas con (~~~~~)

Niveles de gravedad/severidad/:

- Prueba visual: V1 para (——·——) , para las zonas restantes V2
- Pruebas por partículas magnéticas: SM1, LM1, AM1 para áreas marcadas con (——·——) SM2, LM2, AM2 para áreas marcadas con(ooooo).
- Pruebas ultrasónicas: UV1 para áreas marcadas con (——·——) y UV2 para las áreas marcadas con(~~~~~).
- Pruebas por líquidos penetrantes: SP2, CP2, LP2, AP2 para áreas marcadas con(~~~~~).

4.1.2 REGLAS SOBRE BUQUES PARA EL TRANSPORTE DE GAS LICUADO (CARGA DE CONTENCIÓN)

Esta sección establece los requisitos para las placas, perfiles, tubos, piezas forjadas, piezas de fundición y piezas soldadas utilizados en la construcción de tanques de carga, buques de carga con presión de proceso, la carga y las tuberías para dicho proceso, barreras secundarias y estructuras contiguas al casco destinadas al transporte de gas licuado.

Las soldaduras son un punto muy importante que debe ser ensayado mediante ensayos no destructivos.
Los procedimientos de ensayo de las soldaduras para los tanques de carga, los buques a presión y las barreras secundarias son necesarios para todas las soldaduras a tope y los conjuntos de prueba deberán ser representativas de:

- Cada material base
- Cada tipo de proceso de soldadura y consumibles
- Cada posición de soldadura

Para soldaduras a tope en las placas, los conjuntos de ensayo han de ser preparados de modo que la dirección de rodadura sea paralela a la dirección de la soldadura. El rango de espesor calificado para cada prueba de procedimiento de soldadura debe ser aprobado por la Sociedad. Las pruebas radiográficas o ultrasónicas pueden realizarse a elección del fabricante o de la Sociedad. Los electrodos también deben ser aceptados por ella.

Pruebas y ensayos

Para el tipo de tanques A, tanques independientes que resisten sus propios esfuerzos. Los tanques tipo A son tanques prismáticos capaces de soportar una presión máxima de 0,7 bar por encima de la atmosférica y están protegidos para evitar fugas con una doble barrera, y tanques de semimembrana donde la temperatura nominal es - 20 ° C o inferior, y para tanques independientes de tipo B, con formas prismáticas, planas o de sección circular que dependiendo

del tipo de casco no se hace necesaria la incorporación de una barrera secundaria pero que es obligado dotar a estos tanques de una bandeja de goteo. Estos tanques independientemente de la temperatura, todas las soldaduras a tope de penetración completa de las planchas del forro de los tanques de carga han de ser sometidas a 100% de inspección radiográfica.

Cuando la temperatura de diseño es superior a - 20 ° C, todas las soldaduras a tope de penetración completa en forma de cruces y al menos el 10% de las soldaduras de penetración completa de las estructuras restantes de los tanques se someterán también a inspección radiográfica.

En todos los casos la estructura del tanque restante incluyendo la soldadura de los refuerzos y de otros accesorios deben ser examinados por partículas magnéticas o por el método de líquidos penetrantes como lo considere necesario la Sociedad.

Todos los procedimientos de prueba y los estándares de aceptación deben ser aprobadas por la Sociedad. La Sociedad podrá aceptar un procedimiento aprobado por ultrasonidos en lugar de la inspección radiográfica, pero podrá, además, exigir una inspección complementaria de la radiografía en lugares seleccionados. Además, la Sociedad podrá exigir pruebas de ultrasonido, además de la inspección radiográfica normal.

En cuanto a la finalización y la extensión de los ensayos no destructivos de juntas soldadas, el grado de ensayos no destructivos será total o parcial, de acuerdo con los estándares aceptables para la sociedad, pero los controles que se llevan a cabo son los siguientes:

- Ensayos no destructivos totales:

Radiografía: en el 100% de soldaduras a tope y en la detección de grietas superficiales. Todas las soldaduras y al menos el 10% de los anillos de refuerzo alrededor de orificios, toberas, etc. Como alternativa, el ensayo por el método de ultrasonidos puede ser aceptado como un reemplazo parcial de la prueba radiográfica, especialmente si lo permite la Sociedad.

Además, la Sociedad puede precisar de pruebas totales por ultrasonidos en soldadura de anillos de refuerzo alrededor de los orificios, boquillas, etc.

- Ensayos no destructivos parciales:

Radiografía: en soldaduras a tope, en todas las juntas soldadas de cruce y al menos el 10% de la longitud total y en la detección de grietas superficiales en anillos de refuerzo alrededor de orificios, toberas, etc. Los ensayos por ultrasonidos pueden ser precisados por la sociedad si esta lo desea.

4.1.3 REGLAS SOBRE ANCLAJES

Pruebas y ensayos:

Las anclas serán sometidas a pruebas y ensayos una vez estén completamente acabadas pero sin ser recubiertas por pinturas y conservantes.

Los ensayos no destructivos

Antes de la prueba de carga todos los anclajes deben ser inspeccionados visualmente por el fabricante, así como llevada a cabo la prueba de los defectos superficiales y grietas en zonas altamente estresadas por medio del ensayo de partículas magnéticas.

Si no hay otros requisitos relativos a la calidad que hayan sido acordados entre el armador y el fabricante, se aplicará el nivel 2 de calidad según la norma EN 12454 para la inspección visual, y para el ensayo de partículas magnéticas se aplicarán los niveles de calidad SM2, LM2 y AM2 según EN 1369.

Además las pruebas por ultrasonidos tienen que llevarse a cabo con las anclas de HHP, las llamadas anclas de alta potencia o capacidad de retención y VHHP anclas de muy alta potencia o muy alta capacidad de retención, en sistemas de activación periódica y reparaciones de soldadura. Estos requisitos de calidad según la norma EN 12680-1 deben ser acordados entre el armador y el

fabricante teniendo en cuenta las condiciones geométricas. Si no hay acuerdo se aplica el nivel 2 de calidad.

Las juntas de soldadura de los anclajes de construcción soldada tienen que ser probados de acuerdo con la parte de soldadura de este mismo documento, si no se acuerda lo contrario entre armador y fabricante.

Después de las prueba de carga, los anclajes deben ser presentados al inspector para verificar nuevamente su estado.

4.1.4 REGLAS SOBRE TECNOLOGÍA OFFSHORE

Las normas para la clasificación y las pruebas se aplican a la clasificación de las unidades móviles, así como las instalaciones fijas de alta mar.

La clasificación apunta principalmente a garantizar la fiabilidad de los sistemas de casco / estructura y la maquinaria a bordo, lo que resulta en un nivel adecuado de seguridad del personal y la protección del medio ambiente. Sin embargo, la clasificación no se destina a garantizar la eficacia de la utilización prevista a propósito.

El término unidad móvil en alta mar, en el siguiente abreviado como "unidad", significa cualquier estructura móvil en alta mar o barco, ya sea diseñado para un funcionamiento a flote o apoyada por el fondo del mar y destinados a ser utilizados en operaciones offshore y actividades relacionadas.
Los materiales para las instalaciones fijas de alta mar han de cumplir los requisitos mínimos que se detallan en el apartado de”Materiales metálicos”.

Pruebas y ensayos

Las inspecciones y pruebas se llevarán a cabo por los fabricantes después de terminar las estructuras de acero o partes de ellas. Estas inspecciones y pruebas se asegurarán de que la estructura y las soldaduras cumplen con los

requisitos de este reglamento, los planos y especificaciones aprobadas o cualquier otro requisito establecido o acordado.

Los fabricantes serán responsables de la correcta ejecución de las inspecciones y pruebas que se le encomienden, así como del cumplimiento de los requisitos establecidos en los documentos. Las inspecciones y pruebas realizadas por GL no eximen a los fabricantes de esta responsabilidad.

Inspección radiográfica

Siempre que sea posible, las unidades de rayos X se utilizan como fuentes de radiación para inspecciones radiográficas. La energía de la radiación (tensión del tubo) debe estar dentro de la energía de los límites especificados en la norma DIN EN 1435 / ISO 1106.

Teniendo en cuenta las diferencias en el espesor del componente, la energía de radiación (voltaje del tubo) debe mantenerse tan bajo como sea posible dentro del rango permisible de trabajo a fin de obtener una imagen de alto contraste.

Cuando esté justificado en casos excepcionales (por ejemplo, por falta de accesibilidad), pueden ser utilizadas las fuentes de rayos gamma, preferiblemente iridio 192, con previo consentimiento de GL.

Parámetros radiológicos

Estos parámetros están establecidos en la norma DIN EN 1435 / ISO 1106. Para la inspección radiográfica se va a utilizar rayos X y una longitud de película de 480 mm, la distancia entre la película y el punto focal deberá ser normalmente de 700 mm y en cualquier caso no menor que la longitud de la película.

Cualquiera de las impurezas en la superficie de la pieza de trabajo que pueda perjudicar la interpretación de la imagen debe ser retirada antes de la

inspección radiográfica, junto con cualquier defecto de soldadura visible y cualquier daño.

Las huellas y restos de las soldaduras también deben ser quitadas. En casos especiales (por ejemplo, cuando la superficie de la soldadura es muy rugosa o donde la calidad de la imagen es objeto de requisitos especiales), pueden rectificarse las caras de soldadura.

Los ensayos por ultrasonidos

- *Chapas y perfiles laminados:*

Las chapas y perfiles laminados con forma de tipo H e I (o equivalente) deben ser inspeccionados por ultrasonidos de acuerdo con la norma EN 10160. La exploración por ultrasonidos se llevará a cabo en el 100% de la superficie del cuerpo y las bridas de secciones laminadas y los bordes de las placas.

- *Tubos soldados y sin costura:*

Esta sección se aplica a las estructuras tubulares fabricadas por las fábricas de tubos o talleres tubulares que están calificados para producir tubulares de acuerdo con las especificaciones API.
Tanto los tubos soldados como los tubos sin soldadura se prueban a lo largo de toda su longitud por ultrasonidos. Los tubos sin soldadura recibirán los ensayos por ultrasonidos cuando los espesores de pared sean de 10 mm o más.

Aparatos de prueba y accesorios:

Los dispositivos de prueba, sondas y otros accesorios (calibración y bloques de referencia para ajustar la sensibilidad, las escalas de referencia, etc) se ajustarán a el estado de la técnica y las normas pertinentes (por ejemplo, DIN 54120, DIN EN 27963 / ISO 2400, DIN EN 1714 o DIN EN 583-1).
Todas las alturas de eco posible dentro del rango de sensibilidad del instrumento utilizado deberán ser capaces de ser determinadas con la ayuda

de un control de amplificación calibrado en dB y una escala adecuada marcándolo y mostrándolo en la pantalla. El intervalo entre las etapas de conmutación no deberá exceder de 2 dB. Los instrumentos que no están equipados con un control de amplificación calibrado no podrán ser utilizados.
Los controles sin escala deberán permitir a los rangos de ajuste disponible en el instrumento que se yuxtaponen, en medida de lo posible sin ningún espacio intermedio.

Preparación de la superficie de acoplamiento

A ambos lados del cordón de soldadura, las superficies de ensayo deberán ser lisas y libres de impurezas que puedan interferir con el acoplamiento. El óxido, las incrustaciones y las salpicaduras de soldadura deben ser retirados de modo que las sondas se encuentran firmemente contra las superficies. La pintura firmemente adherida no necesita ser eliminada siempre que no interfiera con la inspección, y la asignación cuantitativa se puede hacer por la pérdida resultante de sensibilidad en la evaluación de las alturas de eco.

Espesor de la pared mm	Indicaciones orientadas longitudinalmente	Indicaciones orientadas transversalmente				
	Número de indicaciones por metro de longitud de costura	Registro de longitud	Altura de eco permisible dB	Número de indicaciones por metro de longitud de costura	Registro de longitud	Altura de eco permisible dB
10…15	10	10	6	3	10	6
	3	20	6			
	1	10	12			
>15…20	10	10	6	3	10	6
	3	20	6			
	1	10	12			
>20…40	10	10	6	3	10	6
	3	25	6			
	1	10	12			
>40	10	10	6	3	10	6
	3	30	6			
	1	10	12			
10…20	10	15	6	3	10	6
	3	30	6			
	1	10	12			
>20…40	10	15	6	3	10	6
	3	40	6			
	1	10	12			
>40	10	15	6	3	10	6
	3	50	6			
	1	10	12			
10,,,20	10	15	6	5	10	6
	3	50	6			
	1	10	12			
>20,,,40	10	15	6	5	10	6
	3	50	6			
	1	10	12			
>40	10	20	6	5	10	6
	3	50	6			
	1	10	12			

Tabla 5: Límites de aceptación de las pruebas por ultrasonidos

Inspección por partículas magnéticas y líquidos penetrantes

Siempre que sea posible, el ensayo por partículas magnéticas se debe utilizar para probar materiales magnéticos para grietas en la superficie. El uso del método por líquidos penetrantes para materiales magnéticos se limitará a los casos inevitables, excepcionales y requiere el consentimiento de GL en cada ocasión. Materiales no magnéticos (por ejemplo, los aceros inoxidables

austeníticos y metales no ferrosos) deben ser probados por el método de líquidos penetrantes.

Los medios de comunicación, equipos de prueba y el ensayo que se utilice deberán ajustarse al estado de la técnica y las normas pertinentes (por ejemplo, DIN 54130, 54131, 54132 y DIN EN 571 Parte 1). El equipo de magnetización deberán estar provistos de marcas o dispositivos de medición que indican la corriente de magnetización y la fuerza del campo en cualquier momento.

Inspección por partículas magnéticas

Siempre que sea posible, la magnetización se efectúa haciendo pasar una corriente a través de la pieza de trabajo o, en el caso de inspecciones menores localizadas, por magnetización con yugo usando electroimanes o, si es necesario, imanes permanentes.

En casos especiales (por ejemplo, donde las marcas de quemaduras tienen que evitarse a toda costa o para soldaduras circunferenciales), puede ser conveniente efectuar la magnetización con un conductor activo (un cable o bobina). Está permitida una combinación de diferentes métodos de magnetización para la detección de diversos defectos orientados en varios sentidos.

Inspección por líquidos penetrantes

Siempre que sea posible, se utilizan penetrantes de color, aunque también pueden ser utilizados penetrantes fluorescentes. Se deberá presentar una previa solicitud a GL de la idoneidad del sistema de inspección.
Para permitir que el penetrante acceda a todos los defectos presentes, las superficies de ensayo deben estar limpias de incrustaciones, óxido, grasas, aceites, pinturas o electrodepósitos antes de aplicar el penetrante. Las superficies de ensayo deberán estar secas. La temperatura de la pieza de trabajo será de entre 5 ° C y 50 ° C.

Se puede utilizar cualquier método de aplicación del penetrante. Deberá tenerse cuidado para asegurar que la superficie de prueba está completamente humectada durante todo el tiempo de penetración completa. El tiempo de penetración se elige de acuerdo con las instrucciones del fabricante, pero no deberá ser inferior a 15 minutos para las temperaturas de la pieza de trabajo 15 ° C y más o menos de 30 minutos si la temperatura está por debajo de 15 ° C. El penetrante no se secará durante el período de penetración.

4.1.5 REGLAS SOBRE EQUIPOS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y SISTEMAS, REQUISITOS DE ENSAYO

Pruebas y ensayos

La inspección visual:

El equipo que se prueba se hace en conformidad con:

- GL: Normas para la clasificación y construcción y reglas y directrices adicionales
- Las especificaciones del fabricante
- Los planos de diseño
- Las normas específicas

Instrucciones generales para el desempeño de la prueba:

La inspección visual se lleva a cabo antes del comienzo de la homologación y se repite según sea necesario después de cada etapa de la prueba con el fin de detectar daños visibles en el equipo que se encuentra bajo prueba.

En máquinas eléctricas:

La muestra de ensayo se comprueba con el cumplimiento de sus propiedades eléctricas y mecánicas con:

- Las Reglas y Reglamentos de Construcción GL

- Especificaciones de los fabricantes
- Los planos de construcción, cálculos y esquemas de cableado
- Las normas citadas

La inspección visual se llevará a cabo antes del comienzo de un ensayo de tipo y puede tener que ser repetido después de cada fase de prueba, tal como para determinar cualquier defecto visible en la muestra de ensayo.

4.1.6 REGLAS SOBRE COMPONENTES Y SISTEMAS DE INGENIERÍA MECÁNICA Y TECNOLOGÍA MARINA, REQUISITOS DE ENSAYO

Pruebas y ensayos

Definición de las pruebas individuales que se van a realizar:
En las pruebas estándar se definen los siguientes puntos:

1. La inspección visual
2. Prueba de funcionamiento
3. Prueba de vibración
4. Prueba de baja temperatura
5. Ensayo de calor seco
6. Prueba de calor húmedo
7. Prueba de niebla salina
8. Prueba de resistencia al fuego
9. Pruebas de presión y estanqueidad
10. Prueba de presión por explosión

La inspección visual

La muestra de ensayo será inspeccionado en conformidad con:

- Las normas y directrices de GL
- La especificación del fabricante
- Los dibujos, incluyendo especificaciones de materiales
- Las normas específicas

4.2 NORMATIVA SEGÚN MATERIALES

4.2.1 NORMAS COMPLEMENTARIAS PARA LA APLICACIÓN DE ACERO CON UN LÍMITE ELÁSTICO DE 460 N/MM2

La aplicación del acero con un límite elástico de 460 N/mm2 se limita a los miembros estructurales de la parte superior del casco de buques portacontenedores.

Los requisitos para este tipo de material se aplican a la alta resistencia para soldar laminados en caliente y chapas de acero diseñados para el uso naval. Los requisitos están destinados a aplicarse a las placas de acero de hasta 100 mm de grosor. Para espesores mayores pueden ser permitidos o requeridos en casos particulares ciertas variaciones en los requisitos, después de examinar las circunstancias técnicas involucradas, se prevén tres grados de aceros de alta resistencia estructural del casco en función de la temperatura de ensayo de impacto.

Pruebas y ensayos

Ensayos no destructivos

Las placas se suministran con un certificado de prueba ultrasónica, expedido por el fabricante de acero. Las pruebas se ejecutan de acuerdo con las normas aprobadas por GL, por ejemplo, EN 10160 y deberán cumplir al menos con el S1/E2 categoría de calidad o equivalente.

Pruebas de acabado superficiales y dimensiones

Las inspecciones de acabados superficiales y controles dimensionales son responsabilidad de la planta de laminación. Las pruebas de aceptación por parte del inspector no libera al fabricante de su responsabilidad.

Criterios de aceptación y alcance

Estas normas han de aplicarse para ensayos no destructivos de las uniones soldadas por fusión de los elementos estructurales de la parte superior del casco de los buques portacontenedores de acero de alta resistencia con fuerza especificada de 460 N/mm2.

Alcance de los ensayos no destructivos:

La siguiente tabla muestra el ensayo no destructivo requerido en las soldaduras de la parte superior del casco durante la nueva construcción.

Procedimientos de prueba	Tipo de soldadura	Alcance
Inspección visual	Todas las uniones soldadas	100%
Inspección por partículas magnéticas	Soldaduras a tope y cordones de orientación transversal o vertical	100%
	Soldaduras a tope y cordones de orientación longitudinal	25%
Inspección ultrasónica	Soldaduras a tope de penetración completa	100%

Tabla 6: Ensayos no destructivos durante la construcción de buques nuevos

Durante los reconocimientos periódicos, primero a los 10 años y luego cada 5 años, los END deben detectar grietas superficiales en la parte superior del casco de acuerdo con GL-E47EXP, con la prueba que se muestra en la tabla.

Procedimientos de prueba	Tipo de soldadura	Alcance
Inspección visual	Todas las uniones soldadas	100%
Inspección por partículas magnéticas	Soldaduras a tope de orientación transversal o vertical	100%

Tabla 7: Ensayos no destructivos durante los reconocimientos periódicos

Procedimiento de prueba por partículas magnéticas

Este procedimiento describe el método para la prueba de partículas magnéticas de las uniones soldadas por fusión de material de grado GL-E47EXP y se establecen los requisitos mínimos que deben llevarse a cabo con el fin de mantener y controlar la calidad de la soldadura en fase de construcción nueva, así como durante los reconocimientos periódicos.

- *Calificación*

El personal que realice dichos ensayos por partículas magnéticas debe estar calificado y certificado para el nivel II de PM según EN 473, ISO 9712, y ASNT - SNT-TC-1ª.

- *Tiempo de pruebas*

Los ensayos durante la construcción de nuevos buques para cascos de aceros de alta resistencia estructural GL-E47EXP, tiene que ser llevada a cabo al menos 48 horas después de la soldadura, a menos que el tratamiento térmico se haya llevado a cabo anteriormente.

- *Rendimiento*

Los ensayos por partículas magnéticas de las costuras soldadas deberá llevarse a cabo de acuerdo con el II GL-Reglas - Materiales y Soldadura, Parte 3 - Soldadura, Capítulo 2 - Diseño, Fabricación e Inspección de uniones soldadas, Sección 4, M.

En caso de los ensayos por partículas magnéticas en los cordones de soldadura en buques durante los reconocimientos periódicos, se tiene que considerar la influencia de la pintura. Debido a esto, la fuerza del campo magnético tiene que ser medida en la sección de prueba y tiene que cumplir con el intervalo de 2 kA / m hasta 6,5 kA / m. La medición se puede realizar por un medidor de intensidad de campo tangencial. Definitivamente la detección de grietas en la superficie con una longitud de 10 mm o más tiene que ser

asegurada. Si estos requisitos no se pueden lograr, la pintura tiene que ser eliminada mediante lijado.

En el caso de ensayos por partículas magnéticas durante la construcción de buques nuevos (sin pintar) los criterios de aceptación de la norma EN 1291 tienen que ser cumplidos. Por lo tanto la detección de grietas en la superficie con una longitud lineal de 1,5 mm y una longitud no lineal de 2 mm tiene que ser asegurada.

Así como el 100% de soldadura a tope de penetración completa en planchas de fuerza con espesores de 60 a 80 mm deberá ser ensayado.

- Evaluación

Cada acumulación de partículas magnéticas no debido a una falsa indicación indica una discontinuidad o grieta en el material que se va a inspeccionar y reparar.

En el caso de pequeñas grietas con una longitud de ≤ 3 mm puede hacerse la reparación por esmerilado. En el caso de grietas más grandes van a ser mecanizadas y las soldaduras reparadas.

- Documentación

La extensión de la zona probada por partículas magnéticas y los resultados de las pruebas deberán estar debidamente documentadas de acuerdo con el GL Reglas II - Materiales y Soldadura, Parte 3 - Soldadura, Capítulo 2 - Diseño, Fabricación e Inspección de las uniones soldadas, Sección 4, M.4. y de manera que las pruebas realizadas puedan encontrarse, en una etapa posterior.

Procedimiento de ensayos por ultrasonidos

Este procedimiento describe el método para la prueba manual de ultrasonidos de la fusión de uniones soldadas en la parte superior del casco con material de

grado GL-E47EXP y espesores de 60 a 80 mm. Se indicarán los requisitos mínimos, que deben llevarse a cabo con el fin de mantener y controlar la calidad de la soldadura en la fase de nueva construcción, así como durante las inspecciones periódicas. Para los grados de materiales o grosores <60 mm se va a aplicar la II GL-Reglas - Materiales y Soldadura, Parte 3 - Soldadura, Capítulo 2 - Diseño, Fabricación e Inspección de uniones soldadas, Sección 4, L.

- *Cualificación del personal*

El personal que realice los ensayos por ultrasonidos debe estar calificado y certificado en el nivel II o III de ultrasonidos según EN 473, ISO 9712, y equivalente ASNT-SNT-TC-1A u otra norma reconocida o sistemas de certificación.

- *Tiempo de pruebas*

Estas pruebas de inspección se llevan a cabo durante la construcción de buques nuevos, y como prueba periódica en los buques en servicio para obtener información detallada de los defectos.

Para cascos de aceros estructurales de alta resistencia GL-E47EXP, la prueba no destructiva tiene que ser llevada a cabo al menos 48 horas después de la soldadura, a menos que se le haya hecho el tratamiento térmico.

Los ensayos por ultrasonidos tienen que ser analizados bien:
- Con la técnica del impulso-eco
- O por el método “DGS”.

4.2.2 MATERIALES METÁLICOS

Pruebas y ensayos

Para la detección de discontinuidades volumétricas o discontinuidades en la superficie se aplican los métodos expuestos en la siguiente tabla. Los métodos de ensayo o combinación de ellos serán empleados dependiendo del material, la geometría del componente, la posición del posible fallo, etc.

Estado exterior	Pruebas visual
	Pruebas por partículas magnéticas
	Pruebas de corriente Eddy
	Pruebas por líquidos penetrantes
Estado interior	Pruebas por ultrasonidos
	Pruebas por radiografía
	Pruebas de fugas

Tabla 8: Métodos de ensayo en materiales metálicos

Inspección visual

- Las superficies de los componentes deben ser sometidos a inspección visual al menos después del mecanizado final.
- En componentes que se someterán a ensayo, todas las superficies serán inspeccionadas visualmente. De este modo las superficies internas, tales como por ejemplo orificios también serán inspeccionados visualmente.
- Para realizar las inspecciones visuales se dispone de dispositivos ópticos de aumento, endoscopios o comparadores de superficie que deberán ser empleados si es necesario.
- El fabricante o la compañía que realiza procesamiento adicional se encargará de que las pruebas se pueden realizar con una iluminación adecuada. Las condiciones de observación se harán conforme con los requisitos de la norma ISO 3059 o EN 13018.

Partículas Magnéticas

Las superficies de los componentes serán ensayados por lo menos después del mecanizado final.
El equipo fijo o portátil para la prueba de partículas magnética debe estar de acuerdo con los estándares ISO 9934-1, 9934-2 y ISO ISO 9934-3 o con otras normas que son equivalentes a esas.

La elección del método de magnetización y de la corriente de magnetización depende de la geometría del componente y del tipo de defecto de la superficie a ser detectado (grietas, inclusiones, etc.)

Si es posible, la magnetización se efectúa haciendo pasar una corriente a través de la pieza o elemento y / o por la magnetización por yugo usando corriente alterna o corriente continua.

Cuando se hace pasar una corriente a través de la pieza de trabajo se puede utilizar, alternando, el impulso directo, o corriente de sobretensión. Una combinación de los métodos mencionados anteriormente está permitida para la detección de defectos orientados de forma diversa.

Criterios de aceptación por el método de partículas magnéticas:

Parámetro de evaluación	Límites de aceptación según la zona de inspección			
	IV	III	II	I
	Clase de calidad apropiada de acuerdo con EN-10228-1			
	1	2	3[1]	4[2][3]
Longitud de las indicaciones (mm)	≥5	≥2	≥2	≥1
max. longitud permitida de las indicaciones alineadas o aisladas Ln	20	8	4	2
max. longitud permitida de las indicaciones acumuladas Lk	75	36	24	5
max. número permitido de indicaciones sobre la superficie de referencia	15	10	7	5
[1] La clase de calidad no es aplicable para análisis de superficies con mecanizado rebajado de igual a 3 mm				
[2] La clase de calidad no es aplicable para análisis de superficies con mecanizado rebajado de igual a 1 mm				
[3] La clase de calidad no se aplica en las superficies de cordones y agujero taladrados para lubricación de cigüeñales				

Tabla 9: Criterios de aceptación para la prueba de partículas magnéticas según EN-10228-1

Líquidos penetrantes:

Este ensayo se realiza con un agente de prueba principal que es el penetrante y el revelador. El penetrante debe estar de acuerdo con la norma EN 571-1 u otras normas reconocidas.

Realización del ensayo por líquidos penetrantes

La superficie que se va a ensayar debe corresponder con los requisitos especificados en la siguiente especificación y se limpiará completamente con un limpiador adecuado para el sistema de agente de prueba antes de comenzar con el ensayo.

- Especificación: Las superficies que se van a ensayar deben estar libres de restos de material de esmerilado, incrustaciones, grasa, suciedad, recubrimientos protectores y otros contaminantes que puedan afectar la sensibilidad de indicación de los métodos de prueba específicos.

Como norma, la temperatura de las superficies que se vayan a ensayar deberá estar entre + 5 ° C y + 50 ° C. Para temperaturas más bajas de precalentamiento de la zona de ensayo, este se realiza en una superficie amplia por la que el área de prueba alcanza el intervalo de temperatura permitido de + 5 ° C y + 50 ° C.

El penetrante se puede aplicar por pulverización, brocha o pulverización electrostática en función de la forma y tamaño de la superficie o de la geometría del componente a verificar. La superficie de ensayo se humedece completamente a lo largo de todo el tiempo de penetración.

El tiempo de penetración depende de las propiedades del penetrante, las pruebas de temperatura, el material del elemento que se ensaya y el tipo de discontinuidades que se van a detectar. El tiempo debe durar de 5 a 60 minutos.

Tras la penetración, el penetrante excedente, que sobra, se elimina completamente de una manera apropiada de la superficie de ensayo. Esto se llama limpieza intermedia.
El revelador se ha de aplicar de manera uniforme y de manera que quede una capa lo más fina posible inmediatamente después de la limpieza y el secado intermedio. La superficie de ensayo debe estar completamente cubierta.
El tiempo de revelado debe ser al menos el mismo que el tiempo permitido para la penetración.

La evaluación de las indicaciones no se iniciará hasta que el tiempo de revelado haya expirado.

Se deben limpiar las superficies de ensayo después de la finalización de los ensayos con penetrante, se debe cualquier residuo y retirarlo de las superficies de prueba.

Ultrasonidos (UT)

Los ensayos por ultrasonidos se va a realizar con la técnica del impulso-eco de acuerdo con las normas reconocidas. Tales son, por ejemplo, EN 12223, EN 27963, EN 12668-3, EN 583-1, EN 10228-3, EN 10160 y EN 12680-1.

La evaluación de las indicaciones sin extensión se va a realizar de acuerdo con el método DGS. Al hacerlo, el tamaño de reflector de referencia se especificará como diámetro del reflector en forma de disco equivalente (KSR) [mm]. Las indicaciones con extensión si no se acuerda lo contrario, la determinación de la extensión se realizará de acuerdo a la técnica de amplitud media.

Criterios de aceptación para la prueba de ultrasonidos				
Componente forjado	Zona	Max. longitud permitida de las indicaciones (mm)	Min. distancia entre dos indicaciones (mm)	Total de todas las longitudes de las indicaciones (mm) por m de longitud del componente
Ejes de las hélices	I	/	/	/
Ejes intermedios	II	10	10	0,05·d
Ejes axiales	II	15	10	0,10·d
Mecha del timón y pernos	III	10	10	0,15·d
Vástago del émbolo 4	III	15	10	0,20·d
Biela 5	I	/	/	/
Vástago del émbolo	II	10	10	0,05·d
Crucetas	III	10	10	0,15·d(s)^5

4: Vástago del émbolo con diámetros del eje mayores que 150 mm

5: Por sección transversal rectangular "d" corresponde a la longitud "s" de lado menor

Tabla 10: Criterios de aceptación por el método de ultrasonidos

Ensayos por radiografías

El ensayo por radiografía se va a realizar si es necesario además de las pruebas de ultrasonidos en el caso de que existan dudas acerca de la evaluación por este método.

Las pruebas radiográficas se pueden realizar en función del tipo del componente a ser inspeccionado, del material y del espesor de pared, ya sea con rayos X o rayos gamma.

Los ensayos por radiografía se van a realizar de acuerdo con las normas reconocidas como la norma EN 444, EN 1435 para el examen radiográfico de uniones soldadas o EN 12681 para el ensayo de componentes de fundición.

Defectos		
Tipo	Letra de ASTM	Espesor de pared (mm)
Agujeros fundidos	A	Hasta 50
		Más de 50 hasta 115
		Más de 115 hasta 300
Inclusiones no metálicas	B	Hasta 50
		Más de 50 hasta 115
		Más de 115 hasta 300
Contracción / encogimiento	C	Hasta 50
		Más de 50 hasta 115
		Más de 115 hasta 300
Grietas	D+E	

Tabla 11: Defectos permitidos por el ensayo radiográfico

Dentro los materiales metálicos, especificamos según el tipo de material. A continuación se describe el alcance, las pruebas y los criterios de aceptación de materiales de acero y hierro y los materiales para fabricación de las hélices que también se encuentran dentro el grupo de materiales metálicos.

4.2.2.1 MATERIALES DE ACERO Y DE HIERRO FORJADO

Las pruebas se realizarán en los componentes que aparecen en la “Lista de componentes forjados para los que se requieren pruebas no destructivas”.

Pruebas y ensayos

Ensayos no destructivos de componentes forjados

Los métodos indicados en estas normas relativas a la prueba de partículas magnéticas y pruebas ultrasónicas se limita a la aplicación en componentes forjados hechos de acero ferrítico.

Para los componentes forjados hechos de acero austenítico o acero ferrítico austenítico de los métodos y los criterios de aceptación para las pruebas ultrasónicas y de líquidos penetrantes será acordado con GL individualmente.

Teniendo en cuenta las prescripciones anteriores, se describen en la siguiente tabla los métodos de prueba para superficies interiores y exteriores a grande escala de los elementos.

Estado exterior	Pruebas visual
	Pruebas por partículas magnéticas
	Pruebas por líquidos penetrantes
Estado interior	Pruebas por ultrasonidos

Tabla 12: Métodos de ensayo en materiales de acero y hierro forjado

Para llevar a cabo los ensayos, los componentes forjados se clasificarán en zonas de inspección de tipo I, II y III, de acuerdo con los posibles efectos de los defectos en la integridad estructural. Para la prueba de partícula magnética se añadirá la inspección de tipo IV. En la zona de inspección I, el número y el tamaño de las indicaciones son los más pequeños.

Para clasificar en las zonas de inspección, los siguientes principios son decisivos:

- La operación de carga que se espera
- Los efectos de los defectos en la fiabilidad del componente
- Posible riesgo de daño/desperfecto si el componente falla
- Exención de defectos y estado de la superficie después del mecanizado final

Siempre se llevará a cabo inspección visual después del mecanizado final de los elementos o piezas forjadas.

Después de que el inspector del organismo de control interno o externo a cargo de las pruebas haya realizado las pruebas prescritas, en el mecanizado final los componentes forjados deben pasar la prueba visual por parte de GL.

Las pruebas de aceptación del elemento se llevarán a cabo preferentemente en el mecanizado final después del tratamiento térmico apropiado.

El ensayo ultrasónico debe realizarse después del pre-mecanizado, no en una fase de producción cualquiera del componente.

Inspección visual

El fabricante deberá verificar en cada etapa de la producción de los componentes forjados la condición externa y el cumplimiento de las dimensiones. Los defectos de forja han de eliminarse a menos que no se eliminen con el mecanizado.

.

Para las prueba de aceptación del componente forjado, éste se presentarán al inspector en la condición de mecanizado final.

Discontinuidades del material tales como grietas, laminaciones de forja o inclusiones abiertas hacia la superficie no están permitidas y serán reparados. Las áreas reparadas deberán someterse a la detección adicional de grietas superficial.

Ensayos por partículas magnéticas

Las superficies a ensayar deberán estar libres de grasa, suciedad y sin pintura de protección, así como otros contaminantes que puedan afectar a la detección de indicaciones.

Las normas generales de componentes forjados dicen que las pruebas de aceptación de los elementos deben hacerse en el mecanizado final, este ensayo a diferencia de lo que dice en este apartado se realiza antes del mecanizado final, antes de realizar perforaciones o canales de aceite lubricante. Esto se indica en las instrucciones de la prueba. La prueba de aceptación será realizada por el inspector después del mecanizado final del componente.

En caso de existir dudas, si la indicación es generada por una grieta, se podrá realizar el ensayo por líquidos penetrantes.

Tabla de los criterios de aceptación para la prueba de partículas magnéticas:

Parámetro de evaluación	Límites de aceptación según la zona de inspección			
	IV	III	II	I
	Clase de calidad apropiada de acuerdo con EN-10228-1			
	1	2	3[1]	4[23]
Longitud de las indicaciones (mm)	≥5	≥2	≥2	≥1
max. longitud permitida de las indicaciones alineadas o aisladas Ln	20	8	4	2
max. longitud permitida de las indicaciones acumuladas Lk	75	36	24	5
max. número permitido de indicaciones sobre la superficie de referencia	15	10	7	5
[1] La clase de calidad no es aplicable para análisis de superficies con mecanizado rebajado de igual a 3 mm				
[2] La clase de calidad no es aplicable para análisis de superficies con mecanizado rebajado de igual a 1 mm				
[3] La clase de calidad no se aplica en las superficies de cordones y agujero taladrados para lubricación de cigüeñales				

Tabla 13: Criterios de aceptación para la prueba de partículas magnéticas según EN-10228-1

Ensayos por líquidos penetrantes.

Las superficies a ser probadas deberán estar libres de grasa, suciedad y pintura de protección, así como otros contaminantes que puedan afectar a la detección de indicaciones.

El ensayo por líquidos penetrantes se va a realizar en los componentes forjados de acero austenítico o acero ferrítico-austenítico. Pueden ser realizados en componentes forjados hechos de acero ferrítico además de las pruebas de partículas magnéticas (MT), sin embargo los resultados de las pruebas de partículas magnéticas son decisivas sobre los criterios de aceptación.

Los ensayos por ultrasonidos

Debemos tener una superficie adecuada en las áreas donde se tenga que realizar el ensayo y pasar la sonda, sin suciedad, sin irregularidades, si hay daños mecánicos estos se deben eliminar o corregir.

Las grietas de cualquier tipo, tamaño y distribución no son admisibles.

Las indicaciones superiores a los valores límite contenidos en la tabla siguiente deben ser considerados como defectos y en un primer resultado, rechazado el componente forjado por parte del Inspector.

Si las pruebas son realizadas de acuerdo con el fabricante o con las especificaciones aprobadas por GL entonces la limitación de los valores indicados en la tabla no son decisivos y la aceptación del componente forjado que en primera instancia se había rechazado es posible, a condición de que después de una evaluación adicional de las indicaciones realizadas, debido a su tamaño, posición y distribución de los defectos no se considera que produzcan efectos en la utilización de la componente forjado. En este caso, la aceptación del componente forjado deberá ser aprobada por un certificado de recepción por parte del armador y del Inspector.

Criterios de aceptación para la prueba de ultrasonidos				
Componente forjado	Zona	Max. longitud permitida de las indicaciones (mm)	Min. distancia entre dos indicaciones (mm)	Total de todas las longitudes de las indicaciones (mm) por m de longitud del componente
Ejes de las hélices	I	/	/	/
Ejes intermedios	II	10	10	0,05·d
Ejes de empuje	II	15	10	0,10·d
Mecha del timón y pernos	III	10	10	0,15·d
Vástago del émbolo 4	III	15	10	0,20·d
Biela 5	I	/	/	/
Vástago del émbolo	II	10	10	0,05·d
Crucetas	III	10	10	0,15·d(s)^5

4: Vástago del émbolo con diámetros del eje mayores que 150 mm

5: Por sección transversal rectangular "d" corresponde a la longitud "s" de lado menor

Tabla 14: Criterios de aceptación para la prueba de ultrasonidos

Lista de componentes forjados para los que se requieren pruebas no destructivas

Nombre del componente forjado	Método empleado		
	Insp. Visual	P. magnéticas	Ultrasonidos
Las partes estructurales relativas al casco:			
* La mecha del timón y los pasadores	X	X	X[1]
Piezas para los motores diesel:			
* Cigüeñales	X	X	X[3]
* Bielas	X	X	X[2]
* Vástagos del pistón	X	X	X[2]
* Cruceta	X	X	X
* Coronas de pistón	X	X[2]	X
* Culatas	X	X[2]	X
* Bulones	X	X[2]	
* Tirantes	X	X[2]	
* Pernos ≥ M50 para: *cojinete principal*	X	X[2]	
cojinete de biela	X	X[2]	
crucetas	X	X[2]	
culatas	X	X[2]	
* Engranajes del árbol de levas y ruedas de cadenas	X	X[2]	
Línea de ejes principales y engranajes:			
*Ejes de las hélices	X	X	X[1]
*Ejes intermedios	X		X[1]
*Ejes de empuje	X	X	X[1]
*Ruedas de engranajes	X	X	X[4]
*Ejes de engranajes	X	X	X[4]
* Piñones	X	X	X[4]
*Llantas	X	X	X[4]
Turbomáquinas (unidad principal)			
*Rotores	X	X	X
*Discos de rotor	X		X
*Ejes	X	X	X
*Hojas de palas guía y palas	X	X[7,8]	
* Pernos de las carcasas de la turbina ≥ M 50	X	X[7]	
Otros componentes:			
* Ejes motores principales	X	X	
* Componentes forjados: *de acero utilizado para temperaturas elevadas*	X	X[5,6]	X[5]
hecha de aceros resistentes a temperaturas bajo cero	X	X[5,6]	X[5]
* Tornillos para fijación de las palas de la hélice ≥ M 50	X	X[6]	
* Pernos de anclaje para tuberías de vapor sobrecalentado	X	X[6]	

1 Para diámetros ≥ 250 mm

2 Para motores diesel con diámetros de cilindro > 400 mm

3 Para el conjunto de pruebas por ultrasonidos en cigüeñales pequeños de prematerial suficiente. De peso bruto no superior a 500 kg.

4 para diámetros de los engranajes o ejes > 200 mm

5 para pesos finales > 300 kg

6 para pruebas de líquidos penetrantes en lugar de partículas magnéticas en aceros austeníticos o ferrítico-austeníticos

7 para temperaturas de vapor > 350º

8 En lugar de utilizar pruebas de detección de grietas superficiales, pueden utilizarse también corrientes inducidas.

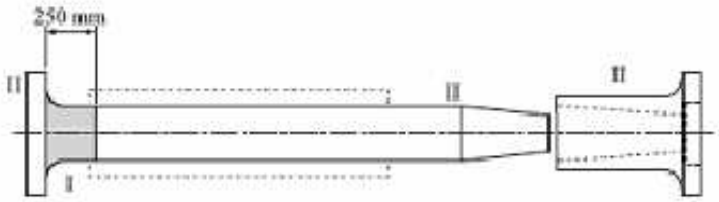
Tabla 15: Componentes forjados sometidos a END'S

Alcance y criterios de aceptación

Clasificación de las zonas de Inspección de los ejes por partículas magnéticas

L= Longitud de la zona templada ⟶ PROA

Figura 11: Zonas de inspección por partículas magnéticas en ejes



⟶ PROA

Figura 12: Eje de la hélice

Figura 13: Eje intermedio

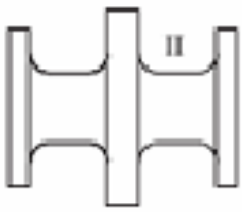
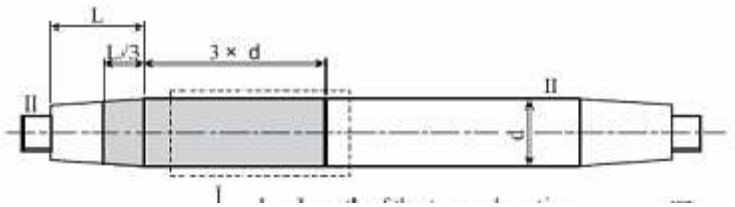


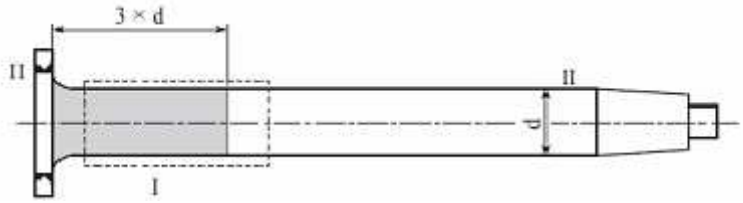
Figura 14: Eje de empuje

1. Zonas de inspección para los ensayos por partículas magnéticas de la mecha del timón y sus accesorios



Longitud del trozo ahusado ⟶ HACIA ARRIBA

Figura 15: Mecha del timón. Tipo A



⟶ HACIA ARRIBA

Figura 16: Mecha del timón. Tipo B

Las áreas de soldadura deben ser consideradas como zona I

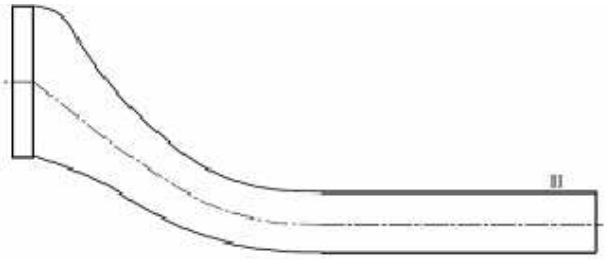


Figura 17: Mecha del timón. Tipo C

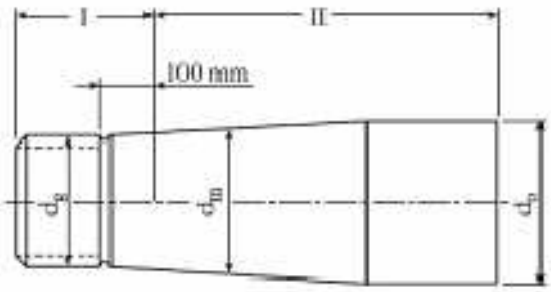


Figura 18: Perno

2. Zonas de ensayo por partículas magnéticas de componentes de maquinaria

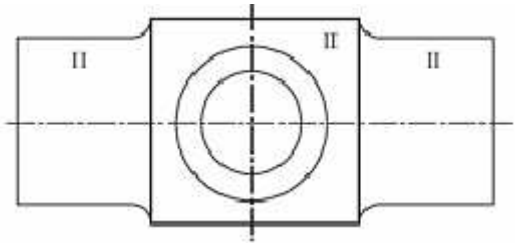


Figura 19: Cruceta

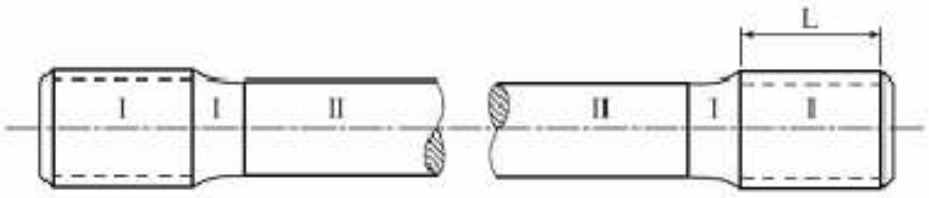


Figura 20: Tirantes tensores para los motores diesel

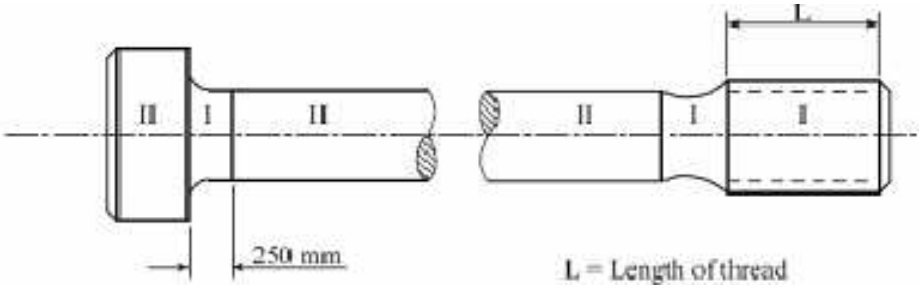


Figura 21: Pernos para bielas

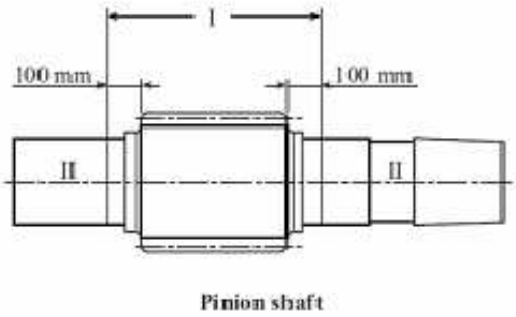
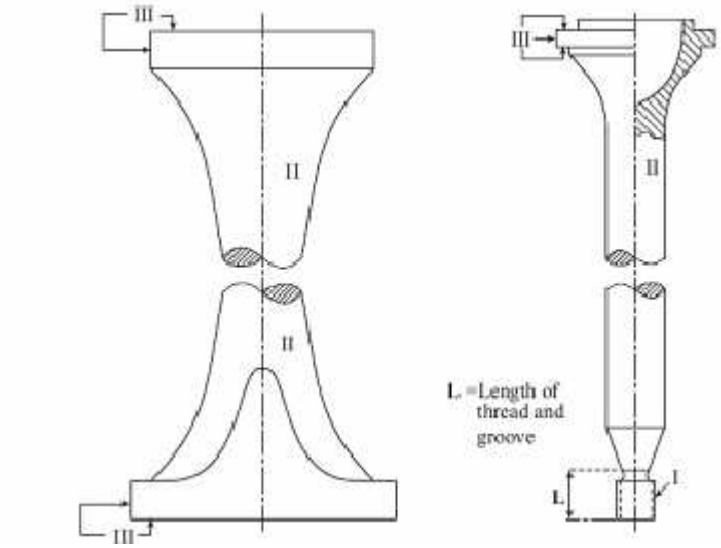
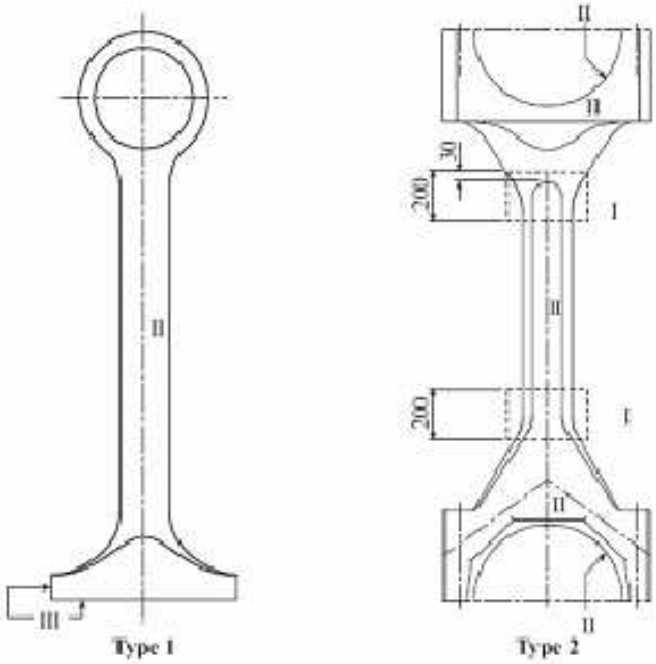


Figura 22: Eje del piñón



Tipo 1 Tipo 2

Figura 23: Vástago del émbolo



Tipo 1 Tipo 2

Figura 24: Biela

3. Zonas de ensayo para las pruebas por partículas magnéticas de los cigüeñales

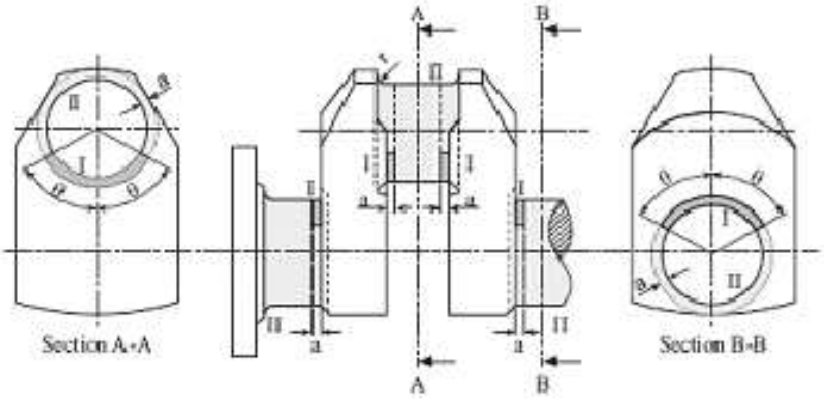


Figura 25: Cigüeñales sólidos

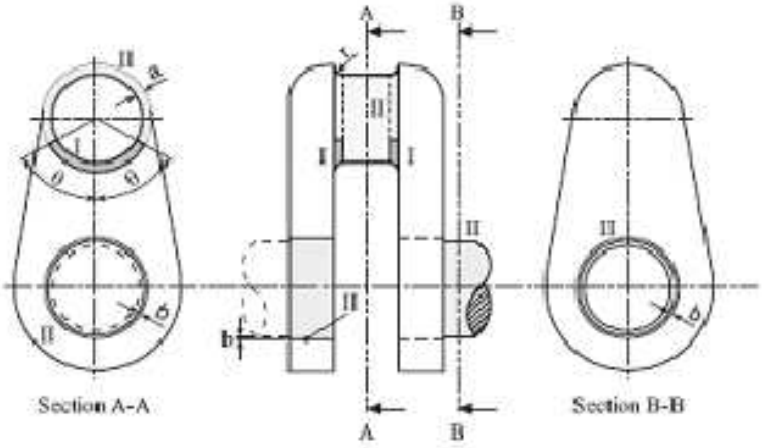


Figura 26: Cigüeñales semiconstruidos

Identificación de zonas:

Clasificación de zonas de inspección de ensayo por ultrasonidos

1. Zonas de ensayo de las pruebas ultrasónicas de los ejes

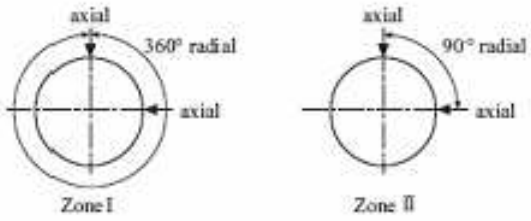
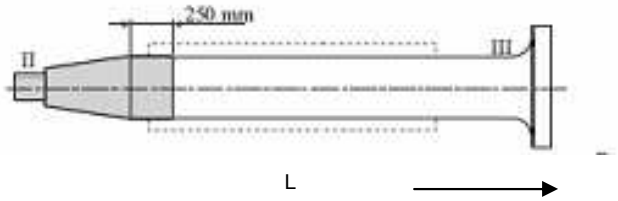


Figura 27: Direcciones de exploración



L= Longitud del trozo ahusado PROA

Figura 28: Zonas de inspección por ultrasonidos en ejes

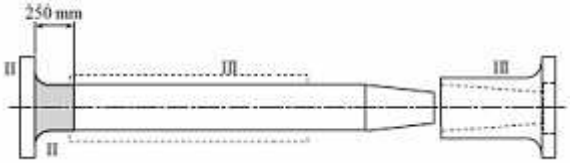


Figura 29: Eje de la hélice

Figura 30: Eje intermedio

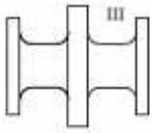


Figura 31: Eje de empuje

2. Zonas de ensayo de las pruebas ultrasónicas de la mecha del timón y sus accesorios

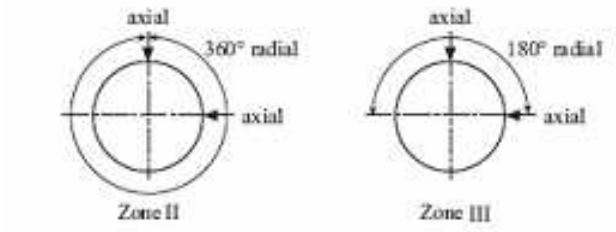
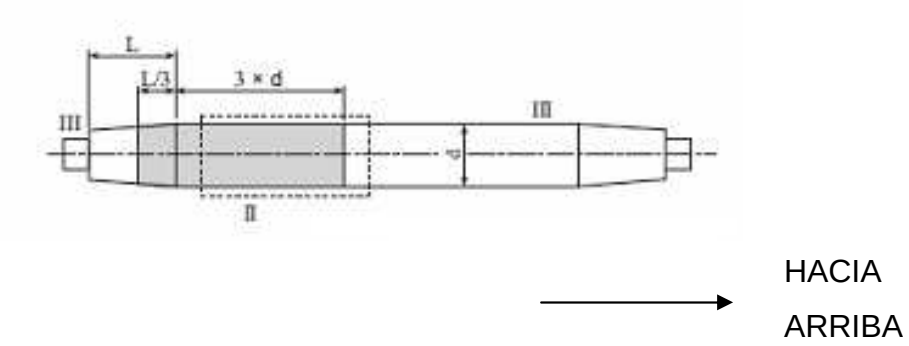


Figura 32: Direcciones de exploración para el tipo A y tipo B



L= Longitud del trozo ahusado

Figura 33: Mecha del timón. Tipo A

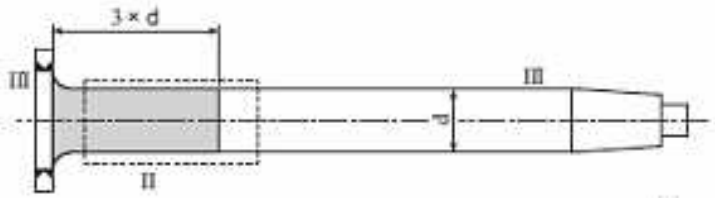


Figura 34: Mecha del timón. Tipo B

** Las áreas de soldadura deben ser consideradas como zona II*

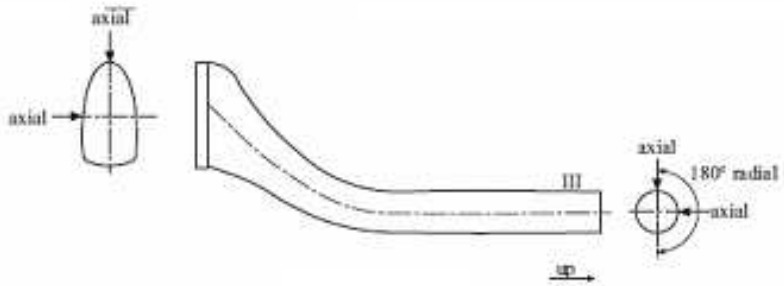


Figura 35: Direcciones de exploración. Mecha del timón tipo C

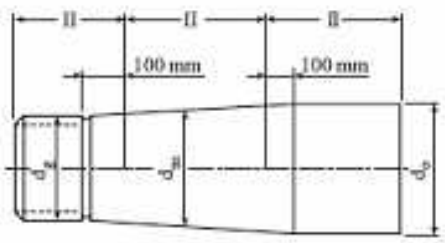


Figura 36: Perno

3. Zonas de ensayo de la prueba ultrasónica de componentes de maquinaria

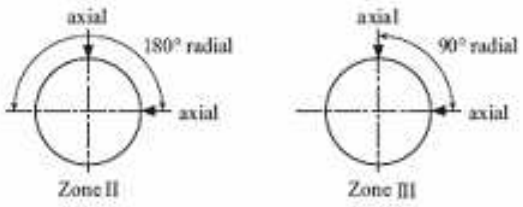


Figura 37: Direcciones de exploración de componentes de maquinaria

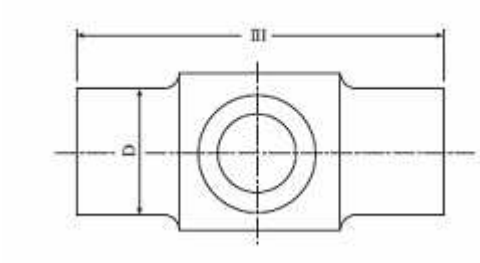


Figura 38: Cruceta

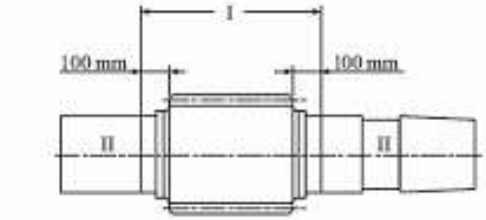


Figura 39: Ejes del piñón

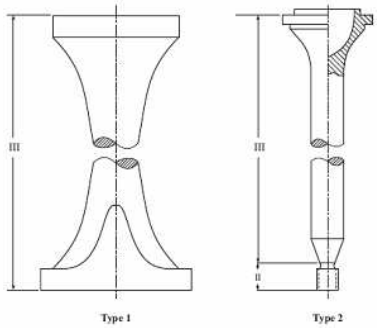


Figura 40: Vástago del émbolo

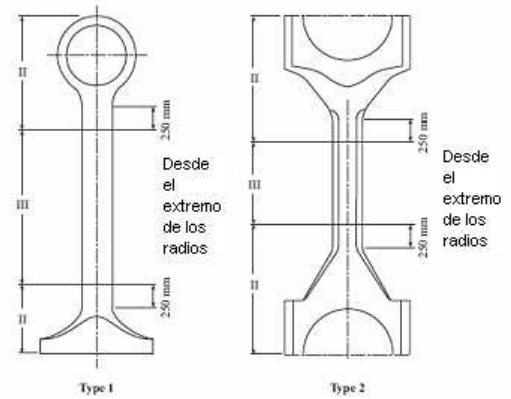


Figura 41: Biela

4. Zonas de inspección de la prueba ultrasónica de cigüeñales

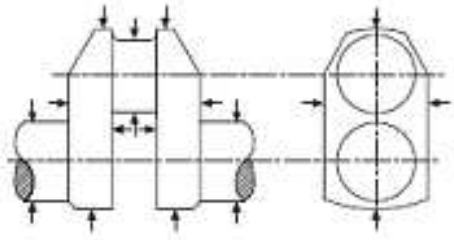


Figura 42: Direcciones de exploración de cigüeñales

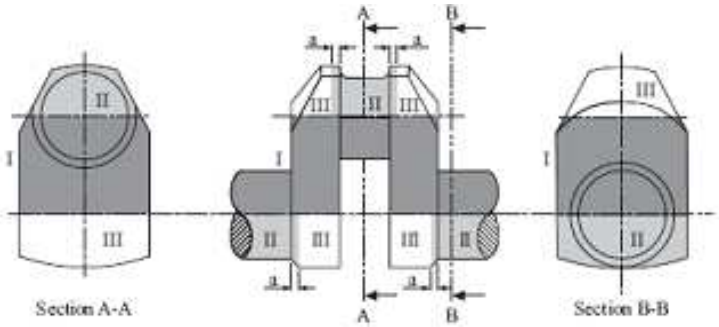


Figura 43: Cigüeñal sólido

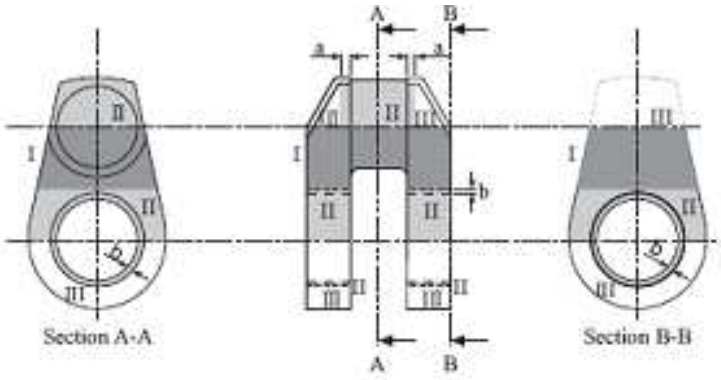


Figura 44: Cigüeñal semiconstruido

Identificación de las zonas:

a = 0.1 d o 25 mm, cualquiera mayor
b = 0.05 d o 25 mm, cualquiera mayor (posición de fijación por contracción)

Las áreas centrales de las muñequillas de giro en un radio de 0,25 d entre las bandas, se han de considerar como zona II

Las indicaciones que excedan el tamaño permisible, el número y la posición indicada en las tablas serán eliminadas si es técnicamente posible. Las áreas excavadas en la superficie deben ser sometidas a nuevas pruebas.

En caso de defectos internos o defectos cerca de la superficie no se puede eliminar por amolado con resultados satisfactorios, el fabricante, el armador y el inspector de GL decidirán sobre las posibilidades de empleo del componente forjado.

4.2.2.2 MATERIALES DE COMPONENTES DE ACERO FUNDIDO

Pruebas y ensayos

Las presentes Reglas se aplican a los ensayos no destructivos de los componentes de acero fundido.
Los componentes de acero fundido para los que se requiere de ensayos no destructivos y las pruebas específicas que se deben realizar se encuentran en la siguiente lista.

Nombre de los componentes	Los métodos de prueba que deben ser empleados				
	Insp. Visual	P. Magnéticas	Líq. Penetrantes	Ultrasonidos	Radiografía
Las partes estructurales relativas al casco					
Popa	X	X	X[2]	X	X
Tuerca del eje de la hélice	X	X	X[2]	X	X
Dispositivo de amarre para cadenas del timón	X	X	X[2]	X	X
Prensaestopa de la mecha del timón	X	X	X[2]	/	/
Acoplamiento del timón	X	X	X[2]	X	X
Soporte del eje	X	X	X[2]	X	/
Eje del timón	X	X	/	X	/
Caña del timón	X	X	X[2]	X	/
Partes de los motores diesel					
Coronas de pistón	X	X[5]	/	X[5]	/
Culatas	X	X[5]	/	X[5]	/
Ruedas de engranajes del árbol de levas y ruedas de cadena	X	X[5]	/	X	/
Muñequilla del cigüeñal y su recorrido	X	X	/	X	/
Muñequilla de bielas	X	X	/	X	/
Cojinetes de las vagras transversales	X	X	/	X	/
Cojinetes principales y sus recubrimientos, y los cojinetes de la cruceta y del vástago del émbolo	X	X	/	X	/
Carcasas de las válvulas de arranque	X	X	/	/	X
Otros componentes de la planta propulsora					
Carcasa de la turbina	X	X	/	X	X
Ruedas de engranajes	X	X	/	X	X
Carcasas de válvulas					
Carcasas de válvulas para tuberías de clase I con NW ≥ 100	X	X	/	/	X[4]

1: Pruebas en las zonas prescritas

2: La prueba por líquidos penetrantes puede ser utilizada en lugar de la prueba por partículas magnéticas

5: Para motores diesel con diámetros de cilindro > 400 mm

Tabla 16: Lista de componentes de acero fundido para los cuales se requieren los ensayos no destructivos

Para los ensayos, los componentes de acero fundido se clasificarán en zonas de inspección con diferentes requisitos para los niveles de gravedad.

Para dicha clasificación uno o varios de los siguientes principios son decisivos:

- Las cargas de operación que se espera
- Los efectos de los defectos en la fiabilidad del componente
- Posible riesgo de daño si el componente falla
- La seguridad de soldadura requerida para los bordes de soldadura
- La exención de defectos y el estado de la superficie después del mecanizado

Realización de las pruebas

Después de que el inspector del organismo de control interno o externo a cargo de las pruebas haya realizado los ensayos prescritos, los componentes de acero fundido se presentarán al inspector del GL para la prueba visual.

Las pruebas de aceptación se llevarán a cabo preferentemente en la última etapa del mecanizado de acero fundido después de que se haya realizado el tratamiento térmico apropiado para las propiedades requeridas.

Las pruebas se realizarán en las zonas descritas en el pliego de condiciones o en el plan de pruebas. En caso de que los resultados indiquen que los defectos adicionales están presentes en el componente de acero fundido, el ámbito de aplicación de prueba se extenderá según un acuerdo con el inspector.

La clasificación en niveles de gravedad

La clasificación en niveles de gravedad de la condición interior y exterior se realiza de acuerdo con los criterios indicados en las tablas siguientes para los métodos de ensayo específicos. La tabla que hay a continuación resume los diversos niveles de gravedad.

Las zonas de bordes especiales tales como bordes de soldadura se clasifican en los niveles de gravedad SM1, LM1, AM1, SP1, CP1, LP1, AP1, UV1 y RV1 en toda su longitud y en una anchura de 3 mm □ espesor de la pared, pero a menos de 50 mm.

Para los bordes de soldadura con espesor mayor que 50 mm, los niveles de gravedad SM2, LM2, AM2, SP2, CP2, LP2, AP2, UV2 y RV2 son suficientes.

Pruebas de :	Método de ensayo	Descripción de los niveles de gravedad
Condición externa	Inspección visual	V1, V2, V3, V4
	Partículas magnéticas	SM1, SM2, SM3, SM4, LM1, LM2, LM3, LM4, AM1, AM2, AM3, AM4
	Líquidos penetrantes	SP1, SP2, SP3, SP4, CP1, CP2, CP3, LP1, LP2, LP3, LP4, AP1, AP2, AP3, AP4
Condición interna	Ultrasonidos	UV1, UV2, UV3, UV4
	Radiografía	RV1, RV2, RV3, RV4

Tabla 17: Visión general de los niveles de severidad

Para las zonas de piezas de maquinaria de acero fundido, para cubiertas de válvulas, así como para las piezas estructurales del casco con cargas dinámicas se prescriben que por lo menos se cumplan los niveles de gravedad SM3, LM3 y AM3.

Para el ensayo de partículas magnéticas y de líquidos penetrantes según la rugosidad de la superficie del elemento se aplica lo siguiente:

- Los componentes o elementos de acero fundido con características referidas a la rugosidad de la superficie se van a analizar visualmente de acuerdo con el siguiente apartado de inspección visual.
- Los componentes de acero fundido, que se someten a ensayos radiográficos, partículas magnéticas o ultrasonidos deberán cumplir por lo menos con los comparadores 3 S1 o 4 S2.

- Los componentes de acero fundido, que son sometidos a ensayos de líquidos penetrantes deberán cumplir por lo menos con los comparadores 3 S2.

Dimensión de la indicación más pequeña (mm)	Comparadores de superficie	
	BNIF	SCRATA
1,5	1 S1 - 2 S1 3 S2 - 4 S2	/
2	2 S1 - 3 S1 4 S2 - 5 S2	A 2 H 2
≥3	No especificado (superficie rugosa)	A 3 - A 4 H 3

Tabla 18: Condición recomendada de superficie para la prueba de partículas magnéticas

Dimensión de la indicación más pequeña (mm)	Comparadores de superficie	
	BNIF	SCRATA
1,5	1 S1 - 2 S1 3 S2 - 4 S2	A 1 H 1
2	2 S1 - 3 S1 4 S2 - 5 S2	A 2 H 2
≥3	No especificado (superficie rugosa)	A 3 - A 4 H 3

Tabla 19: Condición recomendada de superficie para la prueba de líquidos penetrantes

Inspección visual (VT)

El fabricante deberá verificar en cada etapa de la producción de los componentes de acero fundido la condición externa y el cumplimiento de las dimensiones. Los defectos menores de fundición tales como arena pequeña y inclusiones de escoria y gotas calientes se deben limpiar en caso de que puedan afectar a la capacidad de prueba.

Las discontinuidades que puedan afectar a la empleabilidad y la procesabilidad, tales como las grandes inclusiones no metálicas, cavidades, agujeros o grietas de gas, no se permiten y deben ser reparadas.

Ensayo por partículas magnéticas:

Las superficies de las piezas de acero fundido que se vayan a ensayar deberán estar libres de aceite, grasa y restos de material de moldeo y de ennegrecimiento, así como contaminaciones de polvo y otros.
El estado de la superficie requerida puede lograrse mediante granallado, esmerilado o mecanizado.

En el caso de las partículas magnéticas negras la superficie a ser probada deberá estar recubierta con una pintura blanca permanente, aplicada lo más fina posible. Se observará una disminución de la sensibilidad de ensayo.

Ensayo por líquidos penetrantes:

La superficie de la pieza de acero fundido a ser probado deberá estar limpia de impurezas para realizar la prueba.

- Definición de las indicaciones que salen por este método:

Indicación lineal: Indicación donde la mayor dimensión es igual o por lo menos 3 veces la dimensión más pequeña (es decir, L ≥ 3 W).
El diámetro de la indicación más pequeña que deberá considerarse en mm es 1.5, 2, 3, 5 seguidamente.

El número máximo de indicaciones no lineales permitidas es 8, 12, 20.
En el caso de las indicaciones no lineales, la dimensión más grande de indicación es menor que 3 veces la dimensión más pequeña (es decir, L <3 W).
- Aislada (SP)
- Acumulativo (CP): área con muchas indicaciones, la distancia entre las indicaciones no se puede medir (aparentemente forman sólo una indicación única)
Indicaciones Alineadas (AP)
- Lineal: la distancia entre 2 indicaciones es menor que la longitud del mayor defecto en la línea.

- No lineal: la distancia entre 2 indicaciones es menor que 2 mm y al menos 3 indicaciones están registradas.

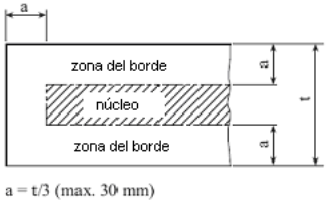
Ensayo por ultrasonidos

Los ensayos por ultrasonidos se realizan preferentemente en componentes de acero fundido con espesores de pared mayor y para el examen de fabricación de soldaduras, así como además de los ensayos radiográficos para determinar la posición de los defectos en el espesor y la dimensión de dichos defectos.
Como regla, la prueba de ultrasonidos no puede ser considerada para aceros fundidos austeniticos o ferritico-austenitico.

Los componentes de acero fundido ferrítico solo pueden ser sometidos a ensayo ultrasónico si el disco refractor es de 3mm, 4mm y 6 mm de diámetro y puede ser verificado para el régimen de espesor de pared específico.
La altura del eco de los reflectores en forma de disco más pequeños que se verifique sea al menos 6 dB mayor que el falso eco al final del régimen de espesor a evaluar. El cumplimiento de las condiciones anteriores será aprobado por el inspector de GL dentro de las pruebas.

Las indicaciones superiores a los límites de aceptación que figuran en la siguiente tabla y figura no están permitidas y resultará el rechazo de la pieza de acero fundido. Sin embargo, la aceptación de la pieza de acero fundido es posible a condición de que después de una evaluación adicional de las indicaciones realizadas se llevara a cabo la reparación para la empleabilidad de la pieza de acero fundido y que su utilidad no se vea afectada. Después de que se lleve a cabo la reparación se volverá a repetir la prueba.

Para la determinación de los criterios de aceptación de acuerdo con la tabla la pared del elemento de fundición se divide en zonas de borde y de núcleo de acuerdo a la siguiente figura.



a = t/3 (max. 30 mm)

Figura 45: Divergencia de la sección de pared en zonas

Característica	Unidad	Zona	UV1	UV2			UV3			UV4		
Espesor de pared en el área examinada	mm		/	≤50	>50 ≤100	>100 ≤600	≤50	>50 ≤100	>100 ≤600	≤50	>50 ≤100	>100 ≤600
Reflectores sin dimensión mensurable												
Mayor diámetro equivalente de agujero de fondo plano	mm	borde	3	1								
		núcleo										
Número de discontinuidades que se registran en un marco de 100 mm · 100 mm	/	borde	3²	3	5		6	6		no se utiliza como criterio		
		núcleo		no se utiliza como criterio								
Reflectores con dimensión mensurable												
Mayor diámetro equivalente de agujero de fondo plano	mm	borde	3	1								
		núcleo										
Los valores máximos de dimensión en la pared a través de la dirección de las discontinuidades	/	borde	No permitido	15% de espesor de la zona								
		núcleo		15% de espesor de la pared								
Longitud máxima sin anchura mensurable	mm	borde		75	75	75	75	75	75	75	75	75
		núcleo		75	75	100	75	75	120	100	100	150
Mayor área individual 3, 4	mm²	borde		600	1000	1000	600	2000	2000	2000	2000	2000
		núcleo		10000	10000	15000	15000	15000	20000	15000	15000	20000
Mayor superficie total de un área de referencia 3	mm²	borde		10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	15000	15000
		núcleo		10000	15000	15000	15000	20000	20000	15000	20000	20000
Área de referencia	mm²	/		150000 ≈ (390 mm · 390 mm)		100000 ≈ (320 mm · 320 mm)						

1: Para espesores de pared no superiores a 50 mm, los agujeros de fondo plano de más de 8 mm son inaceptables

Con un grosor de pared mayor de 50 mm, la aceptabilidad de los agujeros de fondo plano de más de 8 mm en la zona del borde deberá ser acordada entre el fabricante y el comprador.

2 : Acumulación en la zona núcleo y la zona del borde

3: Indicaciones de menos de 25 mm de distancia deberán ser considerada como una discontinuidad.

4: Si la indicación en la zona núcleo es causada por un reflector individual cuyo espesor no exceda del 10% del espesor de pared y luego, en caso de niveles de severidad 2 a 4, los valores el 50% superiores a los indicados en esta tabla, son aceptables y en caso de nivel de gravedad 5, no hay un límite especificado.

Tabla 20: Limites de aceptación y niveles de severidad para la prueba de las discontinuidades volumétricas según EN 12680-1

Pruebas radiográficas

La selección de la fuente de radiación depende de la categoría de pruebas requerida y el espesor de la pared para ser penetrado. La prueba radiográfica es necesaria además de las pruebas de ultrasonidos si existen dudas acerca de los resultados obtenidos con ultrasonidos.

Las indicaciones superiores a los límites de aceptación que figuran en la siguiente tabla y figura no está permitido y resultará el rechazo de la pieza de acero fundido. Sin embargo, la aceptación de la pieza de acero fundido es posible a condición de que después de una evaluación adicional de las indicaciones realizadas se llevara a cabo la reparación para la empleabilidad de la pieza de acero fundido y que su utilidad no se vea afectada. Después de que se lleve a cabo la reparación se volverá a repetir la prueba.

Defectos		
Tipo	Letra de ASTM	Espesor de pared (mm)
Agujeros fundidos	A	Hasta 50
		Más de 50 hasta 115
		Más de 115 hasta 300
Inclusiones no metálicas	B	Hasta 50
		Más de 50 hasta 115
		Más de 115 hasta 300
Contracción / encogimiento	C	Hasta 50
		Más de 50 hasta 115
		Más de 115 hasta 300
Grietas	D+E	

Tabla 21: Defectos máximos permitidos con el ensayo radiográfico

4.2.2.3 MATERIALES PARA FABRICACIÓN DE HÉLICES

Los materiales empleados para la fabricación de las hélices son los siguientes: Hélices fabricadas con aleaciones de cobre fundido y hélices fabricadas con aleaciones de acero fundido. A continuación se detallan los ensayos y el alcance según el material.

Las piezas de fundición de la hélice se controlarán a través de todas las fases de producción, después de terminar el mecanizado, el inspector deberá llevar a cabo una inspección completa de toda la superficie. La inspección también incluirá la perforación del núcleo de la hélice.

4.2.2.3.1. Hélices fabricadas con aleaciones de cobre fundido

Pruebas y ensayos

Inspección por Líquidos penetrantes

Una inspección por líquidos penetrantes se llevará a cabo en la "Zona A" conocidas como áreas en peligro en presencia del inspector. Una descripción de las pruebas y un estándar para la evaluación están especificados más adelante en el apartado M. Una inspección por líquidos penetrantes se llevará a cabo por parte del fabricante en las zonas "B" y "C", si el inspector lo solicita y siempre en su presencia.

Cuando las reparaciones hayan sido efectuadas, los sitios de estas reparaciones deberán ser sometidos a una inspección de líquidos penetrantes, independientemente de la ubicación o zona de peligro.

Pruebas radiográficas y ensayos por ultrasonidos

Cuando existan razones serias para dudar de que la fundición está libre de defectos internos, el inspector puede requerir otras pruebas no destructivas a realizar, por ejemplo, radiográfica y / o pruebas ultrasónicas. En este caso, la siguiente se hará constar: los estándares para la evaluación deberán ser acordados entre el fabricante y GL con una norma reconocida.

La absorción de los rayos X y gamma en aleaciones de cobre es mayor de lo que es en el acero. En el caso de las hélices de bronce, los rayos X de 300 kV normalmente sólo pueden utilizarse hasta espesores de pared de 50 mm, y Co 60 en rayos gamma sólo hasta espesores de pared de 160 mm. Debido al

espesor de penetración restringido y otras consideraciones prácticas, los ensayos radiográficos no son un método adecuado para probar las partes más gruesas de grandes hélices.

Los ensayos por ultrasonidos no pueden, por regla general, ser aplicados en grados de fundición del cobre Cu1 y Cu2 debido a las altas propiedades de absorción de estos materiales. Los ensayos por ultrasonidos se pueden aplicar para los grados Cu3 y Cu4 en las zonas cercanas a la superficie.

Cuando existan motivos fundados para dudar de que la fundición está libre de defectos internos, el inspector puede requerir más pruebas no destructivas a realizar, por ejemplo, radiográfica y / o pruebas ultrasónicas. El método de ensayo y criterios de evaluación deberán cumplir con las normas aprobadas por GL. Para la evaluación de los defectos, por ejemplo conforme a la norma EN 1369, EN 1371-1, EN 12680-2 y EN 12681 los requisitos de las categorías o grados de calidad habrán de cumplirse en las tres zonas de la hélice.

La clasificación de los niveles de gravedad		
Zona	Tipo de ensayo	Designación nivel de gravedad
A	Partículas magnéticas	SM1, LM1, AM1
	Líquidos penetrantes	SP1, CP1, LP1, AP1
	Ultrasonidos	UV1
	Radiografía	RV1
B	Partículas magnéticas	SM2, LM2, AM2
	Líquidos penetrantes	SP2, CP2, LP2, AP2
	Ultrasonidos	UV2
	Radiografía	RV2
C	Partículas magnéticas	SM3, LM3, AM3
	Líquidos penetrantes	SP3, CP3, LP3, AP3
	Ultrasonidos	UV3
	radiografía	RV3

Tabla 22: Niveles de gravedad

Inclinación y sesgadura

La inclinación de una hélice se define como el ángulo de desviación de la pala. El ángulo máximo de inclinación de una pala de la hélice es el ángulo que, en una vista proyectada sobre la hoja, está formado entre una línea que conecta

desde la punta de la hoja al centro del agujero de la protuberancia y una segunda línea desde el centro del ánima de la protuberancia como una tangente a la curva de los anchos medio de la cuchilla.

Las hélices de alta sesgadura tienen un ángulo de inclinación de más de 25 ° y las de baja sesgadura un ángulo de hasta 25 °.

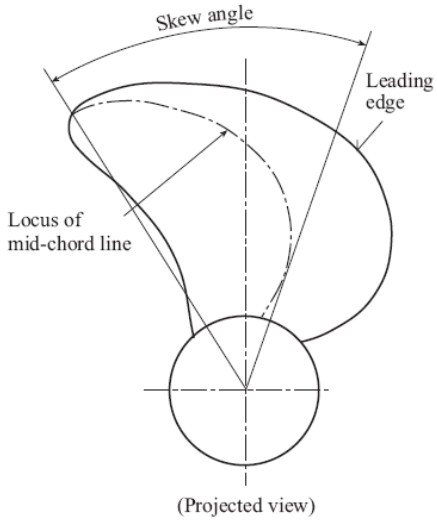


Figura 46: Definición del ángulo de sesgadura

A fin de relacionar el alcance de las pruebas para el efecto de los defectos en palas de la hélice y evitar el riesgo de fracturas de fatiga después de reparaciones, las cuchillas se divide en tres zonas designadas "A", "B" y "C".

Las zonas de peligro son las siguientes:

- Zona "A" es el área sometida a la presión máxima de operación y requiere la prueba más extensa.

  Las palas en este área tienen el espesor más grueso y producen la mayor resistencia a la expansión para la soldadura, con el resultado de que esto conduce a las más altas tensiones residuales en y alrededor de las soldaduras de reparación. Las altas tensiones residuales conducen a menudo a las grietas de fatiga durante el funcionamiento posterior para

sitios de soldadura tiene que ser sometido a un tratamiento térmico para reducir el estrés.

Las reparaciones llevadas a cabo por esmerilado o soldadura, deberán someterse a un ensayo de líquidos penetrantes para detección de grietas superficiales, independientemente de la ubicación o si el área es peligrosa.

La soldadura en la Zona "A" normalmente no se permite. Las excepciones a esta regla son sólo posibles cuando GL ha dado su aprobación a partir de una consideración especial. En esta zona, solo se intenta reparar una hélice defectuosa o dañada, sin recurrir a la soldadura, incluso cuando esto resulta en la sección transversal, siempre que esta posibilidad sea autorizada. Si se da la aprobación para su reparación por soldadura esta ha de ser seguido por un tratamiento térmico de relajación de esfuerzos.

- La Zona "B" es el área donde las tensiones de operación pueden ser altas. En este caso, las reparaciones por soldadura se deben evitar siempre que sea posible, pero puede, en general, ser llevada a cabo si GL ha dado aprobación previa. Para la aprobación se concederá, los detalles sobre los defectos o daños para cada caso.

- La Zona "C" es el área en la que las tensiones de funcionamiento son bajas y donde las palas de la hélice son comparativamente delgadas, en el caso de reparación por soldadura, este puede ser considerado como bastante seguro. Las reparaciones de este tipo son permitidas siempre y cuando se ejecuta utilizando un método aprobado.

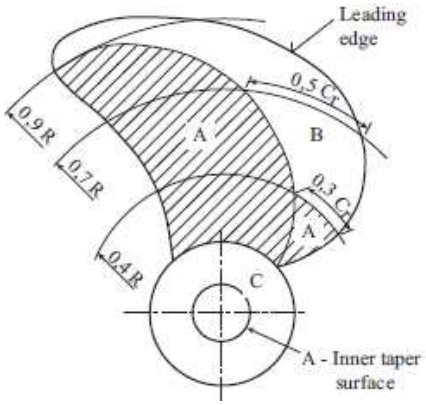


Figura 47: Cara impulsora

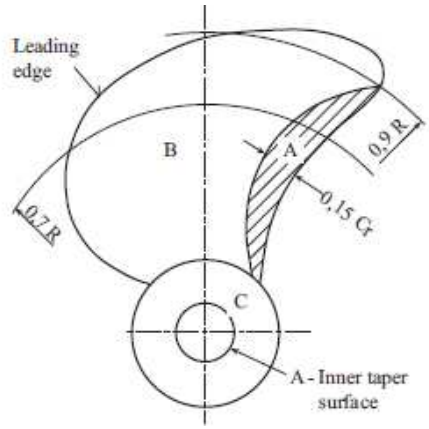


Figura 48: Cara de succión

Zonas amenazadas de alta oblicuidad, hélices de paso fijo y palas de la hélice de paso variable

Número y tamaño permitido de las indicaciones en un área de referencia de 100cm2 como una función de las áreas en peligro				
Zona	Número máximo de indicaciones	Forma de la indicación	Número máximo de indicaciones de cada forma [1]	Dimensión máxima permitida "a" o "l" para indicaciones en (mm)
A	7	no lineal	5	4
		lineal	2	3
		en filas	2	3
B	14	no lineal	10	6
		lineal	4	6
		en filas	4	6
C	20	no lineal	14	8
		lineal	6	6
		en filas	6	6

Tabla 23: Número y tamaño permitido de las indicaciones en un área de referencia de 100cm2 como una función de las áreas en peligro

Formas de indicación, alcance y criterios de aceptación

Diferencias entre indicaciones lineales y no lineales:

- Indicaciones lineales son clasificados como los que tienen una longitud superior a 3 veces su anchura.
- No lineales indicaciones son clasificados como los que tienen una longitud igual o inferior a 3 veces su anchura.
- Cuando al menos 3 indicaciones lineales o no lineales, se agrupan uno tras el otro, no más de 2 mm entre sí, éstos se clasifican como una fila de indicaciones.

Tenemos distintas formas de indicación:

Los agujeros o diámetros internos en el núcleo de la hélice de paso variable destinados para el montaje de dicho núcleo en el eje de la hélice, deberán ser clasificadas como Zona A.

Las áreas restantes de la pala de la hélice se subdividen en las mismas zonas en peligro como la hélice de paso fijo.

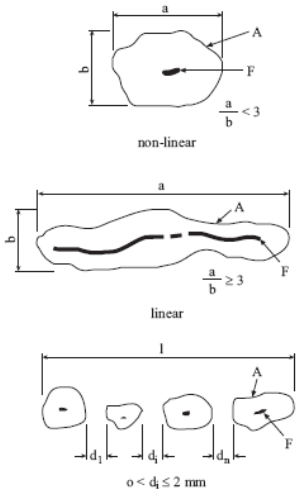


Figura 49: Diferentes formas de indicaciones

A= Sangrado

F= Discontinua

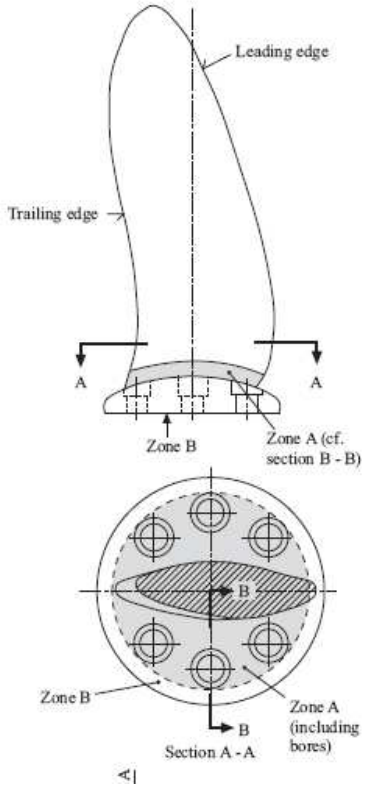


Figura 50: Zonas amenazadas de las hélices de paso fijo y controlable

4.2.2.3.2. Hélices fabricadas con aleaciones de acero fundido

Las inspecciones de grietas superficiales en aceros austeníticos se llevarán a cabo con el método de líquidos penetrantes y en otras clases de acero utilizando el método de partículas magnéticas o líquidos penetrantes en presencia del inspector.

Líquidos penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes será ejecutada en conformidad con una norma o especificación que tiene que ser aprobada por GL.

En la inspección de líquidos penetrantes, una indicación es clasificada cuando la indicación de las discontinuidades es claramente visible en el material al menos 10 minutos después de que el revelador haya sido aplicado.

Las zonas denominadas A, zonas de peligro, podrán ser sometidas a una inspección de detección de grietas superficiales en presencia del inspector.

Una inspección grieta superficial deberá ser realizada por el fabricante en las zonas "B" y "C", pero el inspector sólo debe estar presente si así lo desea.

Cuando las reparaciones se hayan llevado a cabo por pulverización o soldadura, los sitios de estas reparaciones volverán a ser sometidos a una inspección de grietas superficiales de acuerdo independientemente de la ubicación o el área en peligro.

Pruebas radiográficas y ultrasónicas

Cuando existan motivos fundados para dudar de que la fundición está libre de defectos internos, el inspector puede requerir más pruebas no destructivas para realizar, por ejemplo, radiográfica y / o pruebas ultrasónicas. El método de ensayo y criterios de evaluación deberán cumplir con las normas aprobadas por GL. Para la evaluación de defecto, por ejemplo conforme a la norma EN 1369, EN 1371-1, EN 12680-2 y EN 12681 los requisitos de los grados de calidad deberán cumplirse las siguientes en las tres zonas de la hélice. A, B y C.

Los rayos X de 300 kV normalmente se pueden utilizar hasta espesores de material de 70 mm, y los rayos gamma para el Co 60 hasta espesores de pared de 200 mm.

El grado de acero para la prueba de ultrasonidos será permeable a las ondas de sonido y el contorno de la hélice en el lugar de ensayo deberá permitir un contacto perfecto de la sonda a la muestra, y un eco de fondo perfecto. En estas condiciones según los tipos de aleación especificadas en la siguiente tabla, con la excepción de los grados austeníticos de acero, se pueden ensayar siempre que hayan sufrido el tratamiento térmico correcto. Las frecuencias de ensayo de entre 2 y 4 MHz pueden utilizarse dependiendo de la condición de la estructura y la longitud de la irradiación acústica.

Composición química de las aleaciones de las hélices de acero inoxidable fundido								
Tipo de aleación	Composición química %							
	C max.	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni
12Cr1N**i**	0,1	0,4	0,50-0,80	0,03	0,02	11,5-12,5	0,50-1	0,8-1,5
13r4Ni	0,06	1	max. 1,0	0,035	0,025	12-13,5	0,5-1	3,5-5
16Cr5Ni	0,06	0,8	max 1,0	0,035	0,025	15-17	0,7-1,5	4-6
19Cr1 1**Ni²**	0,07	1,5	max 1,5	0,04	0,03	18-20	2-2,5	9-12

Tabla 24: Composición química de las aleaciones de las hélices de acero inox.

Inclinación y sesgadura

Las definiciones de las zonas y las especificaciones son las mismas que las hélices de cobre fundido.

4.3 NORMATIVA SEGÚN SOLDADURA

4.3.1 REQUISITOS GENERALES, PRUEBA DE CALIFICACIONES, CERTIFICADOS

Pruebas y ensayos

Antes del seccionamiento, cada soldadura a tope de los elementos se somete a inspecciones visuales y otros ensayos no destructivos sobre toda la longitud de la soldadura para detectar defectos de soldadura externos o internos. A menos que se acuerde lo contrario, se deben radiografiar aquellos componentes que tienen un espesor de 30 mm o más (10 mm o más en el caso de soldaduras con arco sumergido de una sola cara), además, se someterán a pruebas de ultrasonido.

En las zonas donde los materiales base o materiales de aportación son susceptibles de agrietarse, se llevarán a cabo ensayos de detección de grietas superficiales, además de lo anterior. Si el material es magnetizable, se llevará a cabo una inspección por partículas magnéticas, si el material no es magnetizable se hará con el método de líquidos penetrantes.

4.3.2 ELECTRODOS Y MATERIALES AUXILIARES

Diseño, fabricación e inspección de uniones soldadas
Pruebas no Destructivas en soldaduras

Las presentes Reglas se aplican en la realización de los ensayos no destructivos en las uniones soldadas.

También se aplican en la realización de todos los ensayos no destructivos de soldadura que se estipulan en otras normas, reglas o instrucciones técnicas emitidas por la Sociedad y para los cuales no hay detalles específicos.

Métodos de ensayo

La elección del método de ensayo para ser utilizado en cada caso se determina entre otras cosas por la forma del componente o de soldadura, el material y los defectos que se demuestren (tipo y posición).

Aquí tenemos una serie de casos en los que se aplican diferentes ensayos:

- Hasta espesores de pared o soldadura de aproximadamente 30 mm, se aplica inspección radiográfica que es el método preferido; para espesores mayores, la inspección ultrasónica se utiliza como método de prueba primaria.
- Para espesores de pared o soldadura de aproximadamente 10 mm o más, o bien las inspecciones radiográficas o ultrasónicas se pueden realizar, consultando previamente con la Sociedad.
- Para la inspección radiográfica, se utilizarán fuentes de rayos X siempre que sea posible. Las fuentes de rayos gamma sólo pueden utilizarse con el consentimiento de la Sociedad.
- Para los materiales magnéticos, siempre que sea posible, la detección de grietas en la superficie se llevará a cabo mediante la inspección de partículas magnéticas, el uso de inspecciones mediante líquidos

penetrante de los materiales magnéticos requiere el consentimiento de la Sociedad en cada caso por individual.

Re-inspección

Las soldaduras reparadas volverán a ser inspeccionadas. Cuando las soldaduras hayan sido completamente rehechas, se volverán a realizar las pruebas siguiendo las instrucciones del inspector.

Las re-inspecciones deberán estar especialmente indicadas en los informes de inspección y en las radiografías, por ejemplo, por medio de una "R" (reparación).

Inspección Visual

Las superficies y el dorso de las soldaduras se someterán a una inspección visual completa, con la ayuda de aparatos ópticos (ampliación) en caso necesario, para comprobar sus características externas.

Se comprobarán las siguientes características:

- Que esté completo, acabado
- Precisión dimensional
- Cumplimiento de la forma específica de soldadura
- Ausencia de defectos externos inadmisibles.

Parámetros radiológicos

Por regla general, los parámetros radiológicos prescritos en la norma EN 1435/ISO 1106 para los ensayos de la categoría A se aplicará en la construcción naval (Procedimiento de inspección general) y en los ensayos de categoría B (Procedimiento de inspección hipersensibles) se aplicará en la caldera de vapor, recipientes a presión y en fabricación de tuberías (tuberías de

clase I y II). En casos especiales, la Sociedad podrá estipular la aplicación de las pruebas de la categoría B también en la construcción naval.

4.3.3 LA SOLDADURA EN LOS DIVERSOS CAMPOS DE APLICACIÓN

4.3.3.1 SOLDADURA DE LAS ESTRUCTURAS DEL CASCO

Cuando las inspecciones radiográficas se llevan a cabo al azar, han de ser llevados a cabo principalmente en las intersecciones de juntas longitudinales y las articulaciones transversales, en las juntas transversales y en las juntas que presentan dificultad o que requieren soldar en una posición fija.

Las juntas en las vigas y en los refuerzos se clasifican de forma similar a los de recubrimientos y deben ser incluidos en la inspección.

Las pruebas por ultrasonidos se puede llevar a cabo en las zonas (a especificar en cada caso) donde se han llevado a cabo las radiografías.

Para espesores de pared y placas de 30 mm o más, las pruebas de ultrasonido son preferibles a la radiografía como método de inspección.

En casos especiales, las pruebas de ultrasonidos puede ser estipuladas como una alternativa, o adicionalmente, a la inspección radiográfica, por ejemplo, donde haya ciertos defectos, debido a su naturaleza y su localización o para la configuración de la soldadura, no pueden ser detectados o evaluados de manera suficientemente fiables por radiografía.

Las inspecciones de grietas superficial generalmente se llevarán a cabo después de la soldadura en secciones grandes, particularmente en las de piezas de acero fundido y forjado, así como en el caso de las soldaduras realizadas bajo estrés o a bajas temperaturas, soldaduras de gran volumen de simple o doble bisel (en espesores de 30 mm o más) y soldaduras en ángulo, por ejemplo, en el codaste popel, después de la soldadura en los mástiles y las soldaduras en los refuerzos del mamparo.

Las uniones soldadas y componentes que no están cubiertos por las disposiciones anteriores se someterán a pruebas no destructivas cuyo ámbito de aplicación se determinarán en cada caso individual. Donde ciertos componentes (por ejemplo, los mástiles de los artes de manejo de carga, los tanques de gas licuado y los cascos a presión de vehículos submarinos) se rigen por normas especiales que son las que se llevarán a cabo en estos casos.

4.3.3.2 SOLDADURA Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE RECIPIENTES CON LÍQUIDOS Y VAPORES A PRESIÓN Y PRESIÓN EN SISTEMAS DE TUBERÍAS

Además de los controles normales antes y durante la soldadura, y la inspección visual de las soldaduras acabadas, es necesario llevar a cabo una serie de ensayos no destructivos para probar que la soldadura se ha realizado correctamente y de acuerdo con los requisitos de este párrafo.

Las pruebas que se requieren son las siguientes:

- Inspección 100% radiográfica de juntas con soldadura a tope para sistemas de tuberías con temperaturas de diseño inferiores a - 10 ° C y con diámetros interiores superior a 75 mm o espesores de paredes mayores a 10 mm.

  Cuando estas uniones con soldadura a tope de las secciones de tubería se fabrican por procedimientos de soldadura automática en el taller de fabricación de tuberías, deben ser ensayadas por radiografía mínimo un 10% de cada junta. Si hay defectos relevantes entonces se inspeccionará el 100% de cada junta.

- Para otras uniones con soldadura a tope de tuberías no definidas en el apartado de “soldadura en tuberías”, se llevan a cabo pruebas puntuales de radiografías u otras pruebas no destructivas decididas por la sociedad dependiendo de la función, el lugar y el material.

- En general, al menos 10% de las juntas soldadas a tope de tuberías son ensayadas por radiografía.

Soldadura y ensayos no destructivos

Los requisitos de esta sección son los empleados para el carbono, carbono-manganeso, aleación de níquel y aceros inoxidables, y puede formar la base para la aceptación de las pruebas de otro material.

Ensayos de procedimiento de soldadura para tanques de carga, recipientes a presión y las barreras secundarias.

Los ensayos de los procedimientos de soldadura para tanques de carga, los recipientes a presión y las barreras secundarias son necesarios para todas las soldaduras a tope y las pruebas realizarse en:

- Cada material base
- Cada tipo de proceso de soldadura y consumibles
- Cada posición de soldadura

Para soldaduras a tope en las placas, los ensayos han de ser preparados de modo que la dirección de rodadura sea paralela a la dirección de la soldadura.

El rango de espesor calificado por cada prueba de procedimiento de soldadura debe ser aprobado por la Sociedad.

Los ensayos radiográficos o ultrasónicos se pueden realizar a elección del fabricante o de la Sociedad.

Ensayos no destructivos

Para los tanques independientes de tipo A y tanques de semimembrana donde la temperatura de diseño es - 20 ° C o inferior, y para tanques independientes

de tipo B independientemente de la temperatura, todas las soldaduras a tope de penetración completa penetración de las planchas del forro de los tanques de carga se someterán 100% a ensayo radiográfica.

- Cuando la temperatura de diseño es superior a - 20 ° C, todas las soldaduras a tope de penetración completa en forma de intersecciones y al menos el 10% de las soldaduras de penetración completa de las estructuras restantes de los tanques se someterán a inspección radiográfica.

- En todos los casos la estructura del tanque restante incluyendo la soldadura de los refuerzos y de otros elementos deben ser examinados por ensayo de partículas magnéticas o líquidos penetrantes según lo considere necesario la Sociedad.

- Todos los procedimientos de prueba y los estándares de aceptación deben ser aprobadas por la Sociedad. La Sociedad podrá aceptar un procedimiento de ensayos por ultrasonido en lugar de la inspección radiográfica, pero podrá, además, exigir una inspección complementaria por radiografía en lugares seleccionados.

- Además, la Sociedad podrá exigir pruebas de ultrasonido, además de la inspección radiográfica normal.

La soldadura de recipientes a presión

Ensayos no destructivos de los tanques de carga para el transporte de gases licuados

Las siguientes soldaduras se someterán a los siguientes ensayos:

a) Todas las soldaduras a tope en las estructuras de presión deberán someterse a inspección radiográfica en toda su longitud. Además, al menos

10% de la longitud de la soldadura se someterán a ensayo en busca de grietas superficiales.

b) Las soldaduras de ángulo en las articulación entre el mamparo longitudinal central y la cubierta de tanques o estructuras similares deben ser sometidos a ultrasonidos o, cuando ello no sea posible, a inspecciones radiográficas de rayos X en toda su longitud. Además, al menos 10% de la longitud de la soldadura se someterán a ensayo en busca de grietas superficiales.

c) 10% de las juntas soldadas a tope de los anillos de apoyo de los tanques serán objeto de inspección radiográfica por rayos X. En el caso de cordones de soldadura entre las cuadernas y la pared del tanque y entre la cuaderna y la placa de la vagra, al menos 10% de la longitud de la soldadura se someterán a ensayo en busca de grietas superficiales.

d) Todas las soldaduras a tope y los cordones de soldadura, deberán ser probados en busca de grietas superficiales en toda su longitud entera.

e) Los cordones de soldadura de los elementos soldados a los tanques puede provocar tensiones en la pared del tanque, por este motivo deberán ser probados en busca de grietas superficiales en toda su longitud entera.

f) La soldadura de penetración completa para conexión de elementos en la estructura a presión deberán someterse a inspección ultrasónica o radiográfica Si el espesor de la pared el accesorio en la estructura de la presión es > 15 mm y el diámetro interior de la boquilla es ≥ 120 mm.

Ensayos no destructivos de los equipos a presión con un factor de soldadura v> 0,85

Las siguientes soldaduras deberán ser inspeccionadas:

a) Las soldaduras longitudinales deberá ser sometidas a inspección radiográfica en toda su longitud y las soldaduras circunferenciales más del 25%

de su longitud. Además, al menos el 10% de la longitud de la soldadura se someterán a ensayo en busca de grietas superficiales.

b) Todas las soldaduras a tope y los cordones de soldadura en componentes soldados y placas de refuerzo que hayan sido cortadas se someterán a ensayo en busca de grietas superficiales en toda su longitud.

c) Las soldaduras de unión de las boquillas con un diámetro interior ≥ 120 mm y un espesor de la sección transversal de unión> 15 mm deberán someterse a inspección radiográfica o ultrasónica.

d) Cuando la inspección radiográfica se lleve a cabo para sustituir a la inspección ultrasónica, el proceso y el alcance de la prueba debe ser autorizado por la Sociedad de antemano. La Sociedad puede prescribir una inspección ultrasónica para complementar la inspección radiográfica en caso de duda en la interpretación de las exposiciones radiográficas.

Ensayos no destructivos de los equipos a presión con un factor de soldadura v ≤ 0,85

El fabricante deberá probar los componentes de forma aleatoria en el curso de sus procedimientos de control de calidad y deberán presentarse los resultados al inspector en la inspección de los buques. Para este propósito, alrededor de 2% (10% en el caso de espesores de pared más de 15 mm) de las soldaduras longitudinales deberán someterse a inspección radiográfica o ultrasónica, que deberá incluir las uniones entre las soldaduras longitudinales y circunferenciales.

Soldadura de tuberías

La inspección de tuberías soldadas

La inspección consistirá en una prueba de presión hidráulica interna y ensayos no destructivos.

La inspección radiográfica, por regla general, se realiza con un tubo de rayos-X. Con el consentimiento de la Sociedad, la inspección radiográfica puede ser sustituida por inspección ultrasónica para tuberías de acero ferrítico con espesores de pared ≥ 20 mm.

Inspección Visual

En la condición externa, todos los cordones de soldadura deben ser inspeccionados, incluso los lados del cordón, es decir la raíz, en la medida de lo más accesible.

Las irregularidades de los cordones de soldadura en el interior de las tuberías, por ejemplo, burbujas de soldadura o gotas caídas de soldadura, tiene que ser eliminado, pero siempre respetando el espesor mínimo de la pared.

Inspección por líquidos penetrantes

Una prueba de líquidos penetrantes de los cordones de soldadura de las tuberías de clase I y II se lleva a cabo de una manera aleatoria e in situ.

Inspección radiográfica

El examen radiográfico en tuberías soldadas de-cobre-níquel aleaciones tiene que llevarse a cabo según la norma DIN 85004-9. Los rayos X son la fuente preferible para el examen radiográfico sobre las líneas de tubería

En el caso de la reparación de las tuberías ya instaladas y en funcionamiento donde no se puede probar por rayos X debido a problemas de acceso, se admite el examen con rayos gamma (por ejemplo Ir192 o SE75, selenio 75). Si el espesor de la pared penetrado es menor de 10 mm, sólo se utiliza SE75.

Si una reducción de la distancia adicional es necesaria debido a problemas de acceso o para una radiografía central, se puede examinar la tubería con SE75

según la prueba de clase A, pero el mínimo de la densidad óptica tiene que ser aumentada hasta ≥ 2,5.

4.3.3.3 SOLDADURA DE COMPONENTES DE MAQUINARIA

Los siguientes componentes se someten a pruebas no destructivas en cada caso. El inspector de la Sociedad también puede exigir pruebas adicionales, como se detalla a continuación:

- Cuerpos de ruedas soldados:
  Inspección por ultrasonidos y / o radiográfica junto con las inspecciones de grietas superficiales del ámbito especificado.

- Bancadas del motor:
  Inspección superficial de grietas y pruebas ultrasónicas aleatorias aplicadas a las soldaduras en vigas transversales, especialmente en los soportes de los cojinetes.

4.3.3.4 SOLDADURA Y ENSAYOS DEL PROCESO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CASCO

Soldadura y ensayos

Exámenes visuales y no destructivos

Después de la finalización de un trabajo de soldadura y de la inspección de taller, el elemento se presenta al inspector para el examen visual en una etapa adecuada de la fabricación. A tal efecto, las soldaduras deberán ser fácilmente accesibles y normalmente sin recubrimiento

Los ensayos no destructivos se llevarán a cabo con métodos y técnicas adecuados para las aplicaciones individuales, de acuerdo con GL.

Los ensayos radiográficos se llevarán a cabo en las uniones soldadas del casco de acuerdo con el apartado de radiografía descrito a continuación. El inspector será informado cuando estos exámenes se realizan. Los resultados deben ser puestos a disposición de GL.

La sociedad en cuestión “GL” puede permitir que los exámenes radiográficos sean sustituidos por exámenes ultrasónicos.

Cuando las inspecciones visuales o los ensayos no destructivos revelen la presencia de indicaciones inaceptables, la unión soldada deberá ser reparada para de acuerdo con un procedimiento determinado por el inspector. La zona reparada será sometida a un ensayo no destructivo, usando un método adecuado por el inspector para verificar que la reparación es satisfactoria.

Los ensayos por ultrasonidos y por partículas magnéticas también pueden ser requeridos por el inspector en casos específicos para verificar la calidad del material base.

Inspección por ensayo radiográfico

La inspección radiográfica se llevará a cabo en las planchas/zonas exteriores soldadas del casco, en planchas de fuerza de la cubierta, así como de los miembros que contribuyen en la resistencia longitudinal. Esta inspección también puede ser necesaria para las articulaciones de los miembros sometidos a fuertes tensiones.

El número de radiografías puede incrementarse de la cantidad normal cuando sea solicitado por el inspector, sobre todo donde la inspección visual o los ensayos radiográficos hayan revelado defectos importantes.

En la zona central del buque, las radiografías se deben tomar en los topes de unión de las planchas.

Cada radiografía se tomará en el tope de una junta.

En un recipiente de sección transversal delimitada por paneles, se deberá realizar una radiografía en cada extremo de traca de arrufo, más, en la misma sección, una media de dos radiografías deberán llevarse a cabo en los topes de la parte inferior, de la cubierta y del lado del forro exterior. Este requisito sigue siendo aplicable donde los topes de los paneles son reemplazados o bien donde algunas tracas se construyen de forma independiente de los paneles. Se recomienda tomar la mayor parte de las radiografías en las intersecciones de las juntas de los topes de los paneles.

Cuando una radiografía nos muestra que hay un defecto y se decide llevar a cabo una reparación, el astillero determina en que longitud de la parte defectuosa, se debe tomar posteriormente un conjunto de radiografías de la unión reparada y de las partes adyacentes.

5. REGLAS DE LA IACS

El propósito de una sociedad de clasificación es proporcionar servicios de clasificación y estatutarios y asistencia a la industria marítima y a los organismos reguladores en materia de seguridad marítima y prevención de la contaminación, basado en la acumulación de conocimientos y de tecnología marítima.

El objetivo de la clasificación de buques es verificar la resistencia estructural y la integridad de las partes esenciales del casco de la nave y de sus apéndices, y la fiabilidad y la función de los sistemas de propulsión y dirección, la generación de energía y las otras características y sistemas auxiliares que se han construido en la nave con el fin de mantener los servicios esenciales a bordo con el fin de obtener la operación segura de un buque.

Las Sociedades de Clasificación tratan de lograr este objetivo mediante la elaboración y aplicación de sus propias normas y verificando el cumplimiento de las normas internacionales y / o nacionales en nombre de las Administraciones de abanderamiento. Sin embargo, las sociedades de clasificación no pueden garantizar la seguridad de la vida o los bienes en el mar o la navegabilidad de un buque ya que la sociedad de clasificación no tiene control sobre cómo una embarcación es operada y mantenida.

5.1 FINES Y OBJETIVOS DE LA IACS

La IACS es una Asociación de Sociedades de Clasificación que:

- Establece, critica, promueve y desarrolla los requisitos técnicos mínimos en relación con el diseño, la construcción, el mantenimiento y el control de buques y otras instalaciones marinas relacionadas.

- Ayuda a los órganos reguladores internacionales y las organizaciones de normalización para desarrollar, implementar e interpretar normas legales

y estándares de la industria en diseño de buques, construcción y mantenimiento, con el fin de mejorar la seguridad marítima y la prevención de la contaminación marina. La pertenencia a la Asociación de los miembros debe reconocerse por dar garantías de integridad profesional y mantenimiento de un alto nivel profesional, por medio de:

- Aplicación efectiva de los sistemas internos de gestión de calidad que cumplen con la certificación de calidad del sistema (QSCS) de la IACS.

Criterios que deben cumplir los miembros de la IACS:

- Demostrar la capacidad para proporcionar los reconocimientos de buques en construcción de acuerdo con las normas de la sociedad de clasificación y revisiones periódicas de buques en servicio, incluidos los reconocimientos obligatorios, de conformidad con los requisitos de la OMI y del país de abanderamiento.

- Cobertura internacional suficiente por parte de inspectores con dedicación exclusiva en relación con el tamaño del programa de construcción de la Sociedad de Clasificación y la flota clasificada en el servicio.

- Amplia experiencia documentada en la evaluación del diseño y construcción de buques.

5.2 GUÍA PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS EN CASCO Y MAQUINARIA DE ACEROS FORJADOS

Estas directrices complementan los requisitos de "Casco y maquinaria de acero forjado " y partes de motores de combustión interna en las que las pruebas no destructivas son necesarias", y contienen una guía general para los métodos de examen no destructivo, el grado de examen y los niveles mínimos recomendados de calidad que deben cumplirse.

El presente documento contiene directrices sobre "Inspecciones de superficie" mediante un examen visual, por partículas magnéticas y por líquidos penetrantes e "inspección volumétrica" mediante la prueba de ultrasonido.

Para las piezas forjadas de acero (como, componentes de acoplamientos, engranajes, calderas y recipientes a presión), los requisitos de estas directrices pueden aplicarse en consecuencia teniendo en cuenta sus materiales, tipos, formas y condiciones de estrés a los que están sometidos.

Inspecciones de superficie

Las inspecciones superficiales en estas directrices se llevarán a cabo mediante un examen visual y pruebas de partículas magnéticas o pruebas de líquidos penetrantes.

Los procedimientos de prueba, aparatos y las condiciones de las pruebas de partículas magnéticas y pruebas de líquidos penetrantes deben cumplir con las normas nacionales o internacionales reconocidas.

El personal que participan en el examen visual ha de tener suficiente conocimiento y experiencia. Ha de ser personal calificado de acuerdo con las Reglas de la Sociedad para llevar a cabo las pruebas de partículas magnéticas o líquidos penetrantes. La calificación debe ser verificada por certificados.

Las piezas de acero forjado especificadas en el W7 serán sometidas a un examen visual al 100% por el Inspector.

Las inspecciones superficiales por los métodos de partículas magnéticas y / o líquidos penetrantes se aplican generalmente a los aceros forjados siguientes:

Líquidos penetrantes y partículas magnéticas en los siguientes elementos de acero forjado:
- Cigüeñales con diámetro mínimo de muñequilla no inferior a 100 mm.
- Ejes de hélices, ejes intermedios, los ejes axiales y las ruedas del timón con diámetro mínimo no inferior a 100 mm.
- Bielas, varillas de pistón y cruceta con un diámetro mínimo no inferior a 75 mm o sección transversal equivalente.
- Pernos con diámetro mínimo no inferior a 50 mm, que son sometido esfuerzos dinámicos , como tornillos de la tapa de cilindros, tirantes, tornillos, pernos de los cojinetes de bancada, tornillos de fijación de la pala de la hélice.

Zonas donde se hacen las inspecciones de superficie:

Se hacen las pruebas por partícula magnética o cuando lo permita la prueba líquidos penetrantes, en las zonas I y II como se indica en las figuras 1 a 4.

Las superficies de las piezas de acero forjado para ser examinadas deben estar libres de incrustaciones, suciedad, grasa o pintura.

Inspección de superficie por partículas magnéticas o líquidos penetrantes

Donde se indica en las figuras de la 1 a la 4, se lleva a cabo la inspección por partículas magnéticas con las siguientes excepciones, sino se llevará a cabo la prueba por líquidos penetrantes:

- Aceros inoxidables austeníticos
- interpretación de indicaciones abiertas
- Según instrucción del inspector.

A menos que se especifique lo contrario, la prueba por partículas magnéticas se realizará en las superficies mecanizadas y finalizadas de acero forjado y en la condición final del tratamiento térmico o dentro de 0,3 mm de la superficie mecanizada para las técnicas de AC (0,8 mm para las técnicas de DC).

Inspecciones volumétricas.

Las inspecciones volumétricas en los aceros forjados se llevarán a cabo por la técnica de ultrasonidos. Utilizando el método de contacto con haz recto y / o técnica de haz angular.

Los procedimientos de prueba, aparatos y las condiciones de prueba ultrasónica deben cumplir con las normas nacionales o internacionales reconocidas.

El personal dedicado a pruebas de ultrasonido debe ser calificado en conformidad con las Reglas de la Sociedad. La calificación debe ser verificada por certificados.

Las inspecciones volumétricas mediante la prueba de ultrasonidos generalmente se aplica a las siguientes piezas forjadas de acero:
- muñequilla del cigüeñal con un diámetro mínimo no inferior a 150 mm
- ejes de hélices, ejes intermedios, los ejes de empuje y las ruedas del timón con diámetro mínimo no inferior a 200 mm
- las bielas, varillas de pistón y cruceta con un diámetro mínimo no menor de la sección transversal de 200 mm o equivalente

Los ensayos por ultrasonidos se llevan a cabo en las zonas de la I a la III como se indica en las Figuras de la 5 a la 8.

Condiciones de superficie:

Las superficies de piezas forjadas que deberán examinarse han de ser tales que haya un acoplamiento adecuado entre la sonda y la forja y evitar el

desgaste excesivo de la sonda. Las superficies deben estar libres de incrustaciones, suciedad, grasa o pintura.

Los ensayos por ultrasonidos se llevan a cabo en piezas de acero forjado después de que hayan sido mecanizadas y que estén en una condición adecuada para este tipo de pruebas y después de haber sido sometidas al tratamiento térmico. Pero antes de que la pieza sea perforada y antes del endurecimiento de las superficies.
Las piezas de forja negra deberán ser inspeccionadas después de la eliminación de la cascarilla de óxido

Alcance y criterios de aceptación

1. Zonas de ensayos por partículas magnéticas / líquidos penetrantes en los ejes

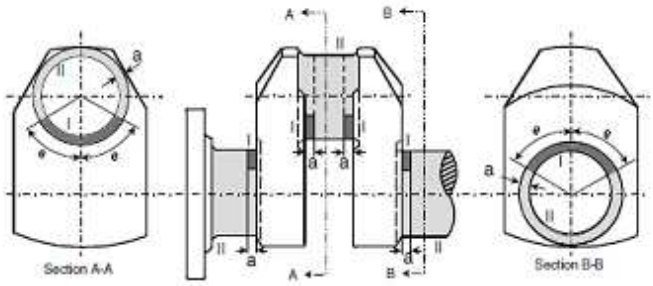


Figura 51: Cigüeñales sólidos

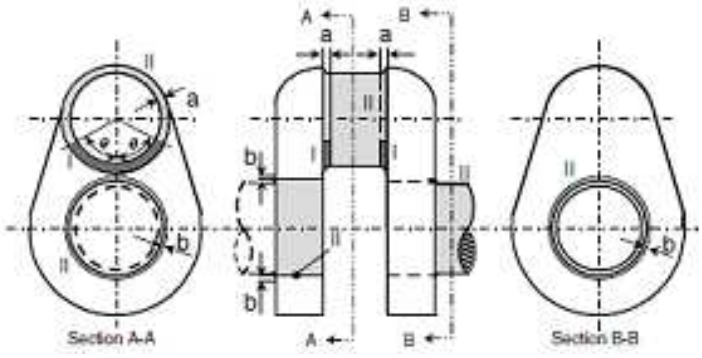


Figura 52: Cigüeñales semiconstruidos

Donde la muñequilla presenta agujeros de aceite, las superficies circunferenciales de dichos agujeros deben ser tratados como Zona I.

Leyenda:

Θ = 60º

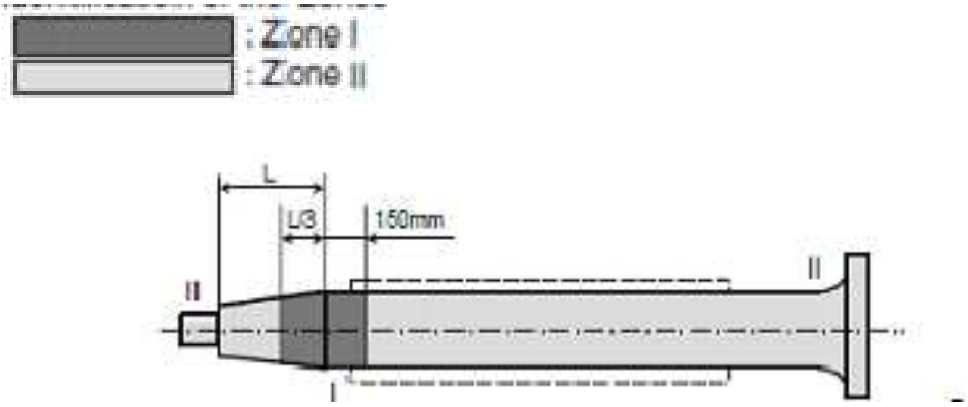
a = 1.5 r

b = 0.05 d

r = radio

d = diámetro

Identificación de las zonas:



L = longitud de la zona ahusada → PROA

Figura 53: Zonas de inspección en ejes

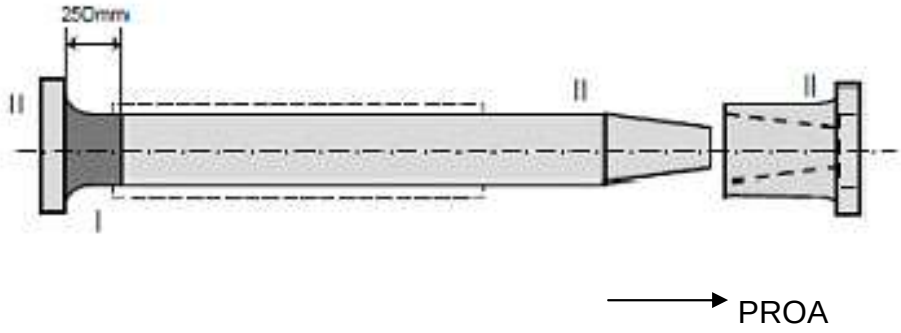
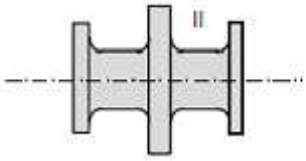


Figura 54: Eje de la hélice

Figura 55: Eje intermedio



Eje de empuje

Para el eje de la hélice, ejes intermedios y ejes de empuje, todas las áreas sometidas a mayor estrés tales como los agujeros, ranuras radiales y formas de clave han de ser tratados como Zona I

2. Zonas de ensayos por partículas magnéticas / líquidos penetrantes en componentes de maquinaria

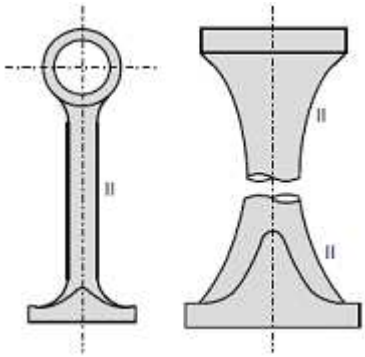
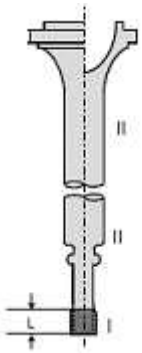


Figura 56: Biela

Las roscas, los agujeros y sus circunstancias deben ser tratados como Zona I



L= Longitud de la rosca

Figura 57: El vástago del émbolo

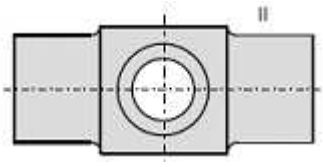
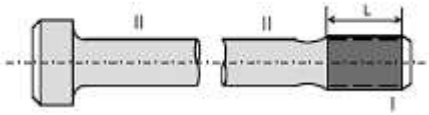


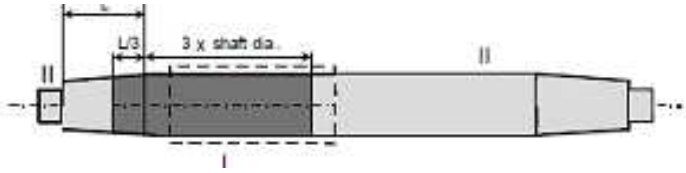
Figura 58: Cruceta



L= Longitud de la rosca

Figura 59: Tornillo

4. Zonas de pruebas por partículas magnéticas / líquidos penetrantes en la mecha del timón

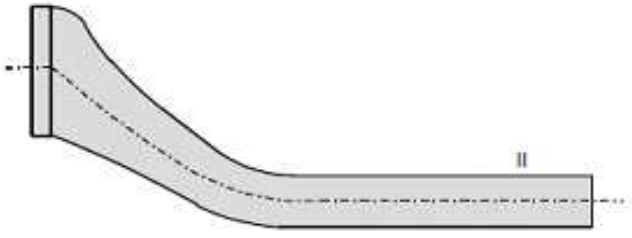


L = longitud de la zona ahusada ⟶ HACIA ARRIBA

Figura 60: Mecha del timón. Tipo A

Las áreas soldadas deben tratarse como zona I ⟶ HACIA ARRIBA

Figura 61: Mecha del timón. Tipo B



⟶ HACIA ARRIBA

Figura 62: Mecha del timón. Tipo C

5. Zonas de ensayos por ultrasonidos en cigüeñales

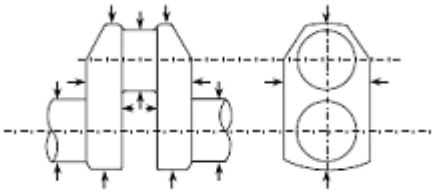


Figura 63: Dirección de exploración en cigüeñales

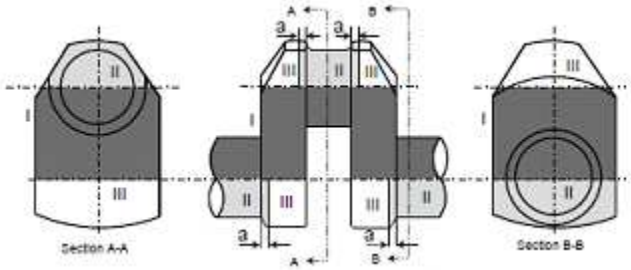


Figura 64: Cigüeñal sólido

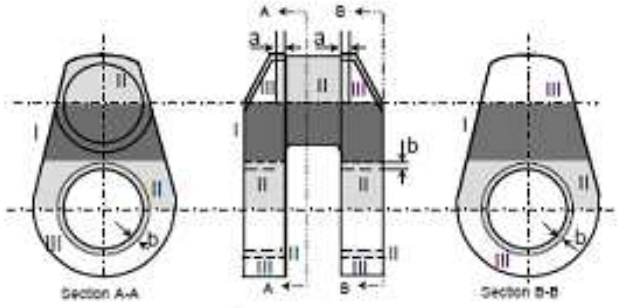


Figura 65: Cigüeñal semiconstruido

Identificación de las zonas:

a y b significan:

a = 0.1 d o 25 mm, cualquiera mayor
b = 0.05 d o 25 mm, cualquiera mayor (posición de fijación por contracción)

Las áreas centrales de las muñequillas de giro en un radio de 0,25 d entre las bandas, se han de considerar como zona II.

6. Zonas de ensayos por ultrasonidos en ejes

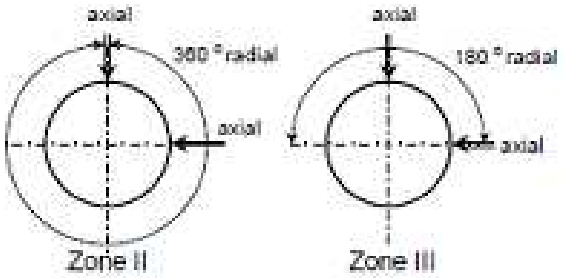


Figura 66: Direcciones de exploración en eje por el ensayo de ultrasonidos

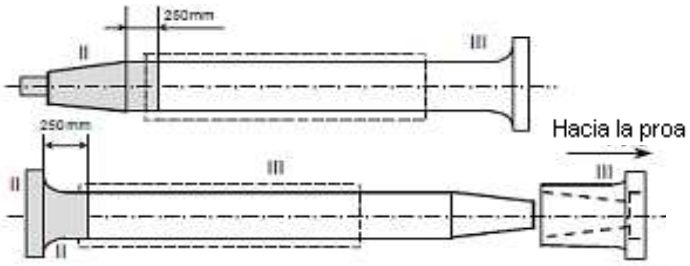


Figura 67: Eje de la hélice

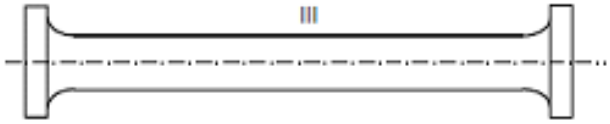


Figura 68: Eje intermedio

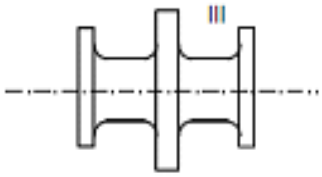


Figura 69: Eje de empuje

Para ejes huecos, se aplica a la zona III 360º de exploración radial.

Las circunferencias de los orificios de los pernos de las bridas deben ser tratadas como Zona II.

7. Zonas de pruebas por ultrasonidos en componentes de maquinaria

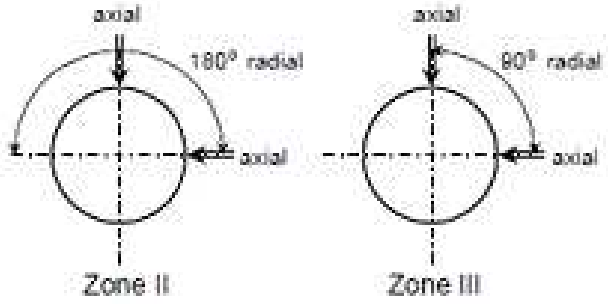


Figura 70: Direcciones de exploración de componentes de maquinaria

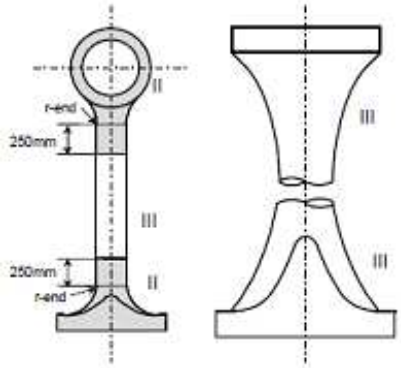
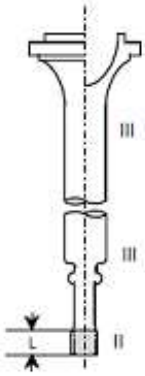


Figura 71: Biela



L = longitud de la rosca

Figura 72: Vástago del émbolo

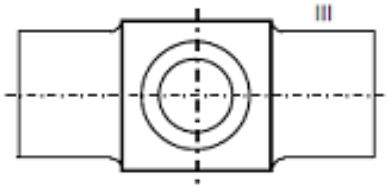


Figura 73: Cruceta

8. Zonas de pruebas por ultrasonidos en la mecha del timón

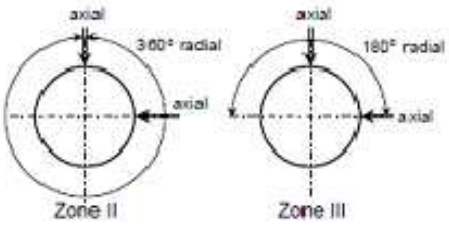
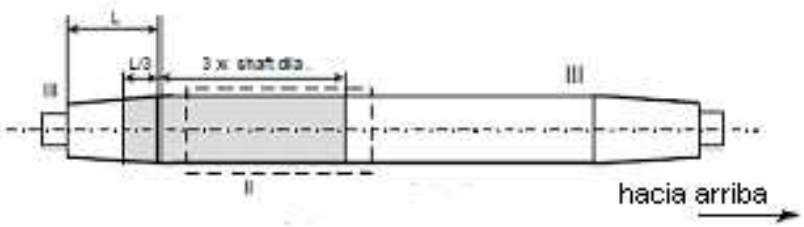


Figura 74: Direcciones de exploración para el tipo A y el tipo B



L = Longitud del área ahusada

Figura 75: Mecha del timón. Tipo A

Se consideran especialmente las áreas de soldadura

Figura 76: Mecha del timón. Tipo B

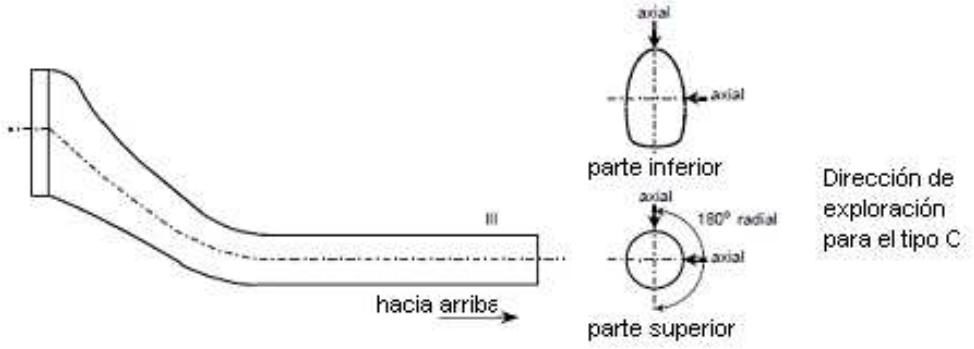


Figura 77: Mecha del timón. Tipo C

5.3. GUIA PARA EXAMENES MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE ACEROS MARINOS FUNDIDOS

El personal que lleve a cabo los exámenes no destructivos debe ser calificado y certificados para el nivel II de un sistema de certificación reconocido como la EN 473, ISO9712 o SNT-TC-1A.

El personal responsable de la actividad de realizar los ensayos no destructivos incluyendo la aprobación de los procedimientos debe ser calificado y certificados al Nivel III.

Ensayos no destructivos

Los exámenes no destructivos aplicados con fines de aceptación deben hacerse después del tratamiento térmico final de la fundición.

Las fundiciones han de ser examinadas en la condición final antes de la entrega, y deben estar exentas de cualquier material como incrustaciones, suciedad, grasa o pintura que pueda afectar a la eficacia de la inspección. Una fina capa de pintura de contraste es admisible cuando se utilizan técnicas de partículas magnéticas.

A menos que se especifique lo contrario, la prueba por partículas magnéticas se llevará a cabo dentro de 0,3 mm de la superficie mecanizada en la condición final para las técnicas de AC o dentro de 0,8 mm para las técnicas de DC.

El ensayo ultrasónico se lleva a cabo después de que las piezas de fundición se hayan amolado, mecanizado o esmerilado adecuadamente. Las superficies de las piezas de acero fundido deberán ser tales que el acoplamiento entre la sonda y el material debe ser adecuado y evitar el desgaste excesivo de la sonda.

Zonas que hay que examinar:

Las zonas para ser examinadas en materiales de fundición figuran en el anexo 1.

Los exámenes se realizarán de acuerdo con un plan de inspección aprobado por la Sociedad. El plan debe especificar el alcance del examen, el procedimiento de investigación, el nivel de calidad o, en su caso, el nivel para las distintas ubicaciones de las piezas de fundición.

Además de las áreas identificadas en el Anexo 1, las inspecciones superficiales se llevarán a cabo en los siguientes lugares:

- A todos los cordones accesibles y cambios de sección.
- En la preparación de soldaduras, para una anchura de banda de 30 mm.
- En forma de reparaciones de soldadura.
- En posiciones en las que se ha eliminado del metal excedente de oxicorte, escarificado o desbaste de arco-aire.

Los ensayos por ultrasonidos se llevarán a cabo en las zonas indicadas en el anexo 1 de la IACS y también en los siguientes lugares:

- En el camino de los cordones de soldadura y en cambios pronunciados de sección.
- En forma de preparaciones de fabricación de soldadura para una distancia de 50 mm desde el borde.
- En forma de reparaciones de soldadura donde el defecto original se detectó mediante ensayo ultrasónico.
- En forma de posiciones verticales.
- En forma de áreas especiales mecanizadas, como agujeros de los tornillos.

En el caso de piezas de fundición, tales como dispositivo de amarre para cadenas del timón de dirección, que pueden tener una gran superficie que aún no ha sido probada en su totalidad después de las inspecciones anteriores, debe hacerse una inspección adicional de ultrasonidos de las áreas no probadas explorando solo una superficie.

Inspección Visual

Los elementos de acero fundido serán sometidos a un examen visual del 100% de todas las superficies accesibles por el Inspector. Las condiciones de iluminación en las superficies a inspeccionar se harán en conformidad con una norma nacional o internacional reconocida. A menos que se acuerde otra cosa, las inspecciones visuales de grietas y de superficie se llevan a cabo en presencia del Inspector.

Partículas magnéticas y líquidos penetrantes: Detección de grietas en la superficie

Los procedimientos de prueba, aparatos y las condiciones de las pruebas de partículas magnéticas y pruebas de líquidos penetrantes deben cumplir con las normas reconocidas nacionales o internacionales. La inspección de partículas magnéticas se lleva a cabo con preferencia ante la prueba de líquidos penetrantes, excepto en los casos siguientes:

- En aceros inoxidables austeníticos,
- En la interpretación de las indicaciones abiertas
- Si lo indica el inspector

En la realización de las pruebas por partículas magnética se debe prestar atención al contacto de la pieza a ensayar y a los dispositivos de sujeción de bancos de magnetización a fin de evitar daños locales por sobrecalentamiento o combustión en su superficie.

Inspección volumétrica

La inspección volumétrica de acuerdo con estas directrices se llevará a cabo por medio de pruebas de ultrasonidos utilizando el método de contacto con haz recto y / o técnica de haz angular. Los procedimientos de prueba, aparatos y las condiciones de prueba ultrasónica deben cumplir con las normas reconocidas nacionales o internacionales.

Inspección radiográfica

La prueba radiográfica puede llevarse a cabo sobre la base de un acuerdo previo con la Sociedad de Clasificación.
Sólo aquellas áreas que se muestran en el plan de inspección acordadas deben ser examinadas. El plan debe incluir los lugares designados junto con las zonas de exploración bien identificados.

Alcance y métodos de examen no destructivo para ser aplicados a piezas de acero fundido del casco.

1. Codaste

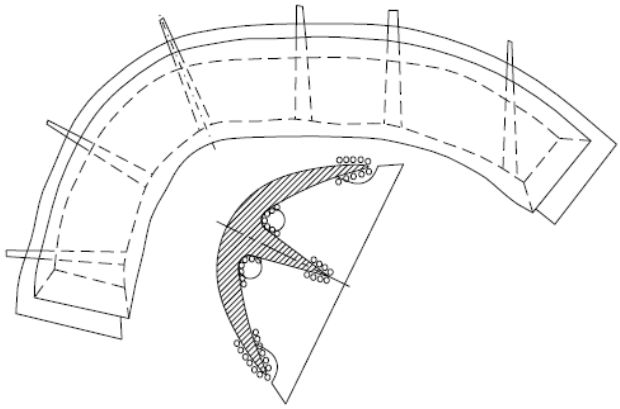


Figura 78: Codaste

Áreas de ensayo no destructivo:

1) Todas las superficies: Examen visual.
2) Áreas indicadas con (ooo) : Pruebas de partículas magnéticas y ultrasonidos.

2. La mecha del timón

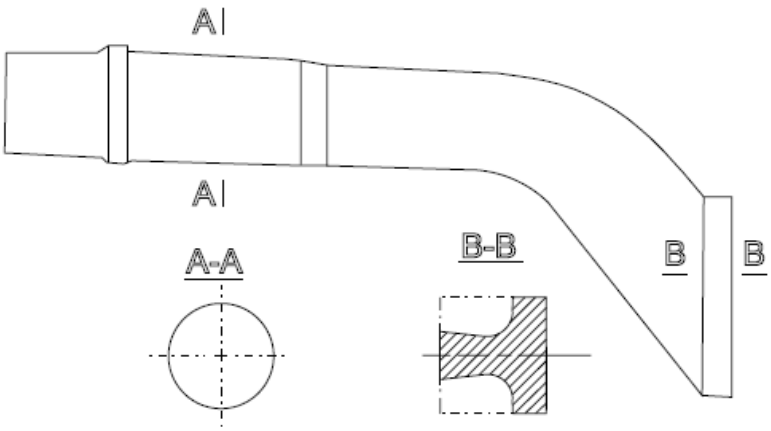


Figura 79: Mecha del timón

Áreas de ensayo no destructivo:

1) Todas las superficies: Examen visual. Pruebas de partículas magnéticas y ultrasonidos.

3. Núcleo de la hélice

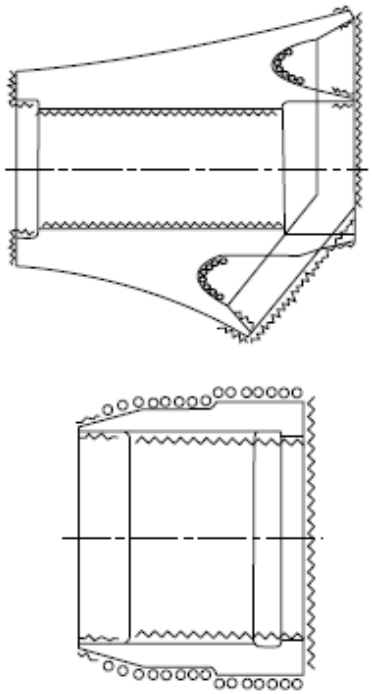


Figura 80: Núcleo de la hélice

Áreas de ensayo no destructivo:

1) Todas las superficies: Examen visual.
2) Áreas indicadas con (OOO) : Pruebas de partículas magnéticas y ultrasonidos.
3) Áreas indicadas con (ΛΛΛ) : Pruebas ultrasónicas.

4. Sujeciones del timón

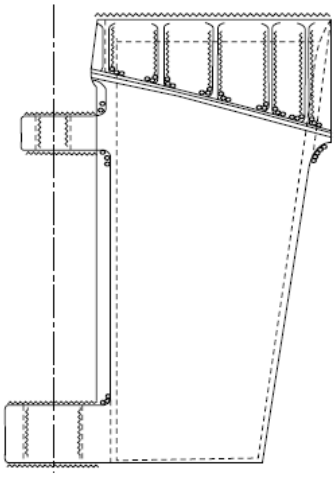


Figura 81: Sujeciones del timón

Áreas de ensayo no destructivo:

1) Todas las superficies: Examen visual.
2) Áreas indicadas con (OOO) : Pruebas de partículas magnéticas y ultrasonidos.
3) Áreas indicadas con (ΛΛΛΛ) : Pruebas ultrasónicas.

5. Parte superior del timón

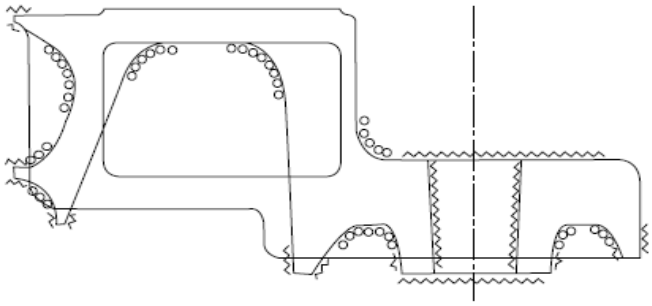


Figura 82: Parte superior del timón

Áreas de ensayo no destructivo:

1) Todas las superficies: Examen visual.
2) Áreas indicadas con (OOO) : Pruebas de partículas magnéticas y ultrasonidos.

3) Áreas indicadas con (∧∧∧∧) : Pruebas ultrasónicas.

6. Parte inferior del timón

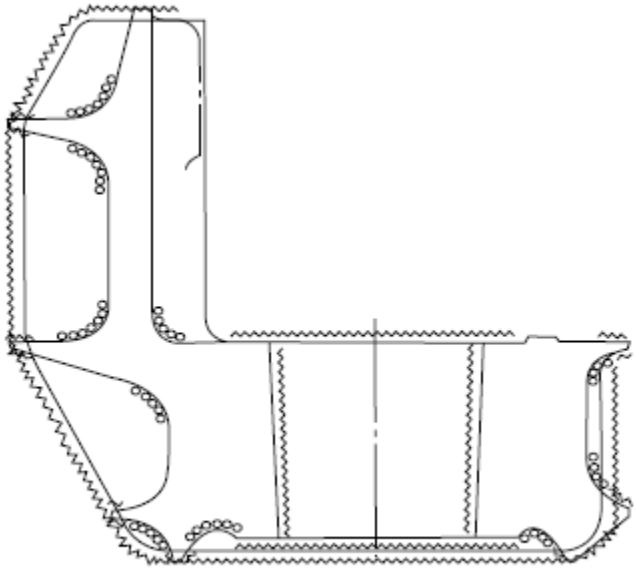


Figura 83: Parte inferior del timón

Áreas de ensayo no destructivo:

1) Todas las superficies: Examen visual.
2) Áreas indicadas con (○○○) : Pruebas de partículas magnéticas y ultrasonidos.
3) Áreas indicadas con (∧∧∧∧) : Pruebas ultrasónicas.

5.4 GUÍA PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE LAS SOLDADURAS EN EL CASCO DE ACERO DEL BUQUE

El presente documento tiene por objeto dar orientación sobre los requisitos mínimos de los métodos y niveles de calidad que se pueden adoptar para los ensayos no destructivos de las soldaduras del casco de acero del buque durante la construcción y reparación de buques nuevos.

El alcance de los ensayos y el número de puntos de control están normalmente acordados entre el astillero y la sociedad de clasificación.

Limitaciones. Materiales

Este documento se aplica a las soldaduras de fusión realizados en aceros normal y de mayor resistencia estructural del casco de acuerdo con UR W11, de alta resistencia de acero templado y acero revenido de acuerdo con UR W16 y soldaduras de conexiones con piezas forjadas de acero del casco de acuerdo con UR W7 y piezas de fundición del casco de acero, en conformidad con UR W8.

Métodos de ensayo

Los métodos mencionados en este documento para la detección de imperfecciones superficiales son la prueba visual (VT), pruebas de líquidos penetrantes (PT) y Partículas Magnéticas (MT). Los métodos mencionados para la detección de imperfecciones internas son las pruebas ultrasónicas (UT) y pruebas radiográficas (RT).

Los métodos aplicables para las pruebas de los diferentes tipos de uniones de soldadura se dan en la siguiente tabla.

Métodos aplicables para la prueba de las juntas de soldadura		
Junta de soldadura	Espesor del material	Métodos de prueba aplicables
Soldaduras a tope con penetración completa	Espesor ≤ 10 mm	VT, PT, MT, RT
	Espesor > 10mm	VT, PT, MT, UT, RT
Juntas en T , juntas en esquinas y las articulaciones cruciformes con penetración completa	Espesor ≤ 10 mm	VT, PT, MT
	Espesor > 10mm	VT, PT, MT, UT
Juntas en T , juntas en esquinas y las articulaciones cruciformes sin penetración completa y cordones de soldadura	Todo	VT, PT, MT, UT

VT: Inspección visual
PT: Líquidos penetrantes
MT: Partículas magnéticas
UT: Ultrasonidos
RT: Radiografía

Tabla 25: Métodos para pruebas en juntas de soldadura

Estado de las superficies:

Las zonas que hay que examinar deben estar libres de incrustaciones, óxido, salpicaduras de soldadura, aceite, grasa, suciedad o pintura que pueda afectar a la sensibilidad del método de prueba.

El alcance de las pruebas debe ser planificado por el armador, según el tipo de proyecto del buque, y los procesos de soldadura utilizada. Se debe prestar especial atención a las zonas con mucho estrés.

Todas las soldaduras deben ser sometidas a pruebas visuales por personal designado por el astillero.

En cuanto a las pruebas si es posible, se prefieren las pruebas por partículas magnéticas a las pruebas de líquidos penetrantes y debe cubrir un mínimo de longitud de soldadura de 500 mm.

Los conjuntos de uniones soldadas o componentes forjados deben ser probados en toda su longitud completa utilizando MT o PT y en los lugares acordados con RT o UT.

Como indica en la tabla anterior, UT o RT o una combinación de UT y RT se puede utilizar para el ensayo de soldaduras a tope con penetración completa de espesores de 10 mm o mayor. Los métodos que se utilicen deben ser acordados con la Sociedad de Clasificación.

Dentro del plan de acuerdo de pruebas no destructivas, la longitud mínima si se utiliza el método de radiografía debe ser de 300 mm y la longitud mínima si se ensaya por ultrasonidos debe ser de 500 mm.

Técnicas de ensayo

El método de prueba, el equipo y las condiciones deben cumplir con las normas reconocidas nacionales o internacionales, u otros documentos a satisfacción de la Sociedad Clasificadora.

En el procedimiento por escrito presentado a la sociedad de clasificación para que lo acepte se deben dar los detalles suficientes para cada técnica de ensayo no destructivo.

Las inspecciones visuales

Las soldaduras que se vayan a examinar deben estar limpias y libres de pintura.

Ensayos por líquidos penetrantes

El procedimiento debe detallar, como mínimo, el equipo de calibración, la preparación de superficies, limpieza y secado antes de la prueba, el rango de temperatura, el tipo de penetrante, limpiador y revelador utilizado, aplicación del penetrante y eliminación, el tiempo de penetración, aplicación del revelador y tiempo de revelador y condiciones de iluminación durante la prueba.

La superficie a examinar debe estar limpia y libre de incrustaciones, aceite, grasa, suciedad o pintura y debe incluir el cordón de soldadura y el metal base en su examen durante al menos 10 mm a cada lado de la soldadura, o el ancho de la zona afectada por el calor, el área que sea mayor.

La temperatura de las partes examinadas deben ser entre 5 y 50ª C , fuera de este rango de temperaturas especial del penetrante se deben utilizar bloques de referencia de comparación.

El tiempo de penetración no debe ser inferior a 10 minutos y de acuerdo con la especificación del fabricante. El tiempo de revelado no debe ser inferior a 10 minutos y de acuerdo con la especificación del fabricante, normalmente entre 10-30 minutos.

Ensayo por partículas magnéticas:

El procedimiento debe detallar, como mínimo, la preparación de la superficie, el equipo de magnetización, los métodos de calibración, los medios de detección y aplicación, las condiciones de visualización y desmagnetización posterior.
La superficie a examinar deberá estar libre de incrustaciones, salpicaduras de soldadura, aceite, grasa, suciedad o pintura y deben estar limpias y secas.
Cuando se utilice el equipo de flujo de corriente con electrodos, se debe tener cuidado para evitar lesiones locales en el material.
Para asegurar la detección de discontinuidades en cualquier orientación, las soldaduras deben estar magnetizadas en dos direcciones aproximadamente perpendiculares entre sí, con una desviación máxima de 30º.

Ensayo radiográfico

El procedimiento debe detallar como mínimo el tipo de fuente de radiación, teniendo en cuenta el espesor a radiografiar y películas superpuestas, tipo y posición de los indicadores de calidad de imagen (ICI), calidad de imagen, sistema de película y si deben utilizarse o no pantallas intensificadoras, las condiciones de exposición, el control de la radiación, procesamiento de la película, la densidad de la película y las condiciones de visualización.

Ensayos por ultrasonidos

El procedimiento debe detallar el equipo, tipo de sondas (frecuencia, ángulo de incidencia), los medios de acoplamiento, el tipo de bloques de referencia, el método de ajuste del rango y de la sensibilidad, la técnica de exploración y los intervalos para los controles de la calibración durante las pruebas.

El equipo (instrumento y sondas) debe ser verificado por el uso de estándares apropiados de los bloques de calibración a intervalos de tiempo adecuados.

El alcance y la sensibilidad se deben establecer antes de cada prueba y comprobadas a intervalos regulares de acuerdo con el procedimiento y siempre que sea necesario.

Las superficies de exploración debe estar lo suficientemente limpias y libres de irregularidades como el óxido, incrustaciones, pintura (sin imprimación), salpicaduras de soldadura o surcos que pueden interferir con el acoplamiento de la sonda.

5.5 DIRECTRICES PARA LAS PRUEBAS DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CASCO Y ESTRUCTURAS MARINAS

Ámbito de aplicación

Este documento proporciona orientaciones generales para las pruebas de calificación de los procedimientos de soldadura destinados a ser utilizados para las aleaciones de aluminio en la construcción del casco y estructuras marinas especificadas en la UR W25.

Este documento excluye específicamente el procedimiento de soldadura destinado a la contención de GNL (gas natural licuado).

Procedimiento de soldadura

Los procedimientos de soldadura que se indican a continuación, junto con su correspondiente numeración de acuerdo con la ISO 4063, se utilizan en general para soldadura de aleaciones de aluminio.

- Soldadura de arco metálico de gas inerte (MIG)
- Soldadura por arco (TIG)
- Soldadura por arco de plasma

Electrodos

Los consumibles para la soldadura o electrodos deben ser aprobados en conformidad con los requisitos especificados en la UR W 26.

Especificación del procedimiento de soldadura

La especificación del procedimiento de soldadura debe ser preparado por el astillero o constructor y propuestos para su aceptación; este documento también se conoce como especificación preliminar del procedimiento de soldadura (pWPS) y puede ser modificado y enmendado durante los procedimientos de prueba que se consideren necesarios.

La versión final de la especificación del procedimiento de soldadura (WPS) se debe utilizar como base para la producción de soldaduras y debe incluir todos los parámetros que caracterizan el proceso de soldadura, en particular:

- El tipo de proceso de soldadura y equipo apropiado
- Tipo de unión, la preparación y el material
- El metal base y rango de espesor
- Electrodos
- Posición de soldadura
- Temperatura mínima entre pasada de precalentamiento y la temperatura máxima
- Tratamiento térmico posterior a la soldadura en caso de que haya.
- Gas de protección
- Parámetros de soldadura
- Otra información relevante para el proceso de soldadura, según corresponda

Exámenes y pruebas:

Los ensayos y pruebas no destructivos deben llevarse a cabo en conformidad con los requisitos de la tabla siguiente. Las muestras de ensayo deben tomarse de acuerdo con la siguiente figura.

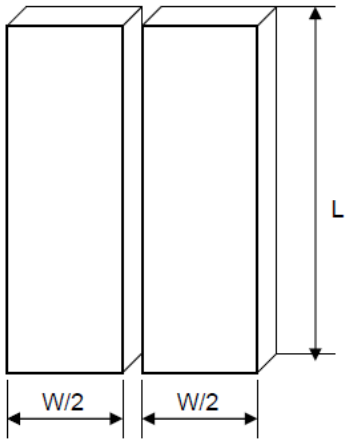


Figura 84: Probeta para soldadura a tope

Tipo de ensayo	Alcance de las pruebas
Inspección visual	100%
Examen ultrasónico o radiográfico	100%
Líquidos penetrantes	100%
Ensayo de tracción transversal	2 muestras
Ensayo de flexión transversal	2 raíces y 2 superficies de muestras
Examen macro	1 muestra

Tabla 26: Alcance de las pruebas

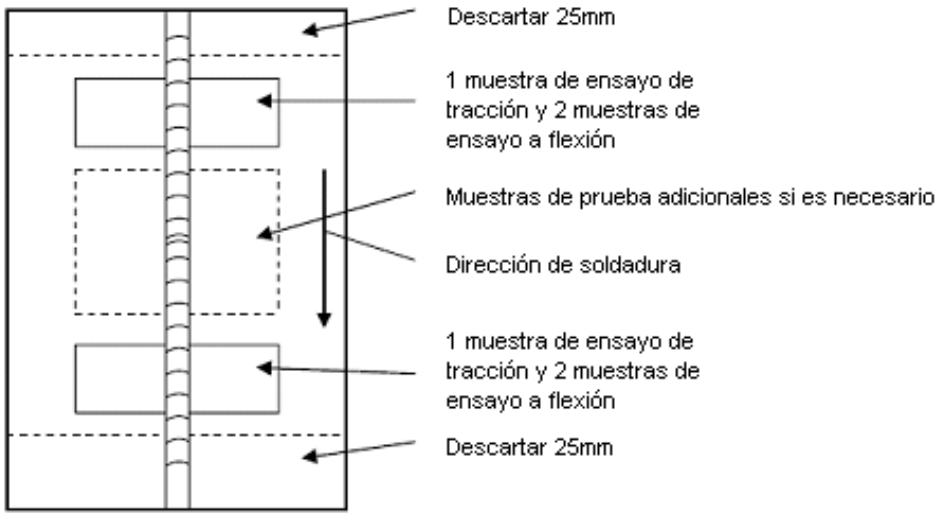


Figura 85: Localización de los ejemplares de prueba para una junta a tope en la placa

6. LAS BASES DE DATOS

Una base de datos es una colección de información organizada de forma que un programa de ordenador pueda seleccionar rápidamente los fragmentos de datos que necesite. Una base de datos es un sistema de archivos electrónico.

Son recursos que recopilan todo tipo de información, para atender las necesidades de un amplio grupo de usuarios. Su tipología es variada y se caracterizan por una alta estructuración y estandarización de la información.

El programa de gestión de la base de datos utilizado en este proyecto es “Microsoft Access”.

Microsoft Access es un programa para la gestión de información que diseña las estructuras para almacenar la información y los medios para su introducción y explotación. Para explicar este propósito general de Access, se introducen primero los conceptos principales de las bases de datos, comenzando por el mismo concepto de base de datos. Se comienza con el concepto de base de datos compuesta de tablas con estructura plana (todos los datos se encuentran en una tabla y son más difíciles de gestionar) para pasar a diseñar bases de datos compuestas de varias tablas entre las que existe una relación (estructura relacional).

La estructura básica de esta información son tablas.
Para una mejor gestión de la información y para reducir el número de datos, las tablas se relacionan.

En Access se usa la propiedad “Tipos de datos” para especificar el tipo de datos almacenado en un campo de una tabla. Cada campo sólo puede contener datos de un tipo.

En cada una de las tablas de una base de datos relacional debemos de tener al menos un campo o varios cuyo valor sea único e identifique unívocamente a cada registro de la tabla. Éste recibe el nombre de campo clave.

6.1 CREACIÓN DE UNA BASE DE DATOS PASO A PASO

Diseño del proyecto de Base de Datos

Para crear una sencilla base de datos los pasos a seguir son:
Hacer clic en Base de datos en blanco, del Panel de tareas.
Breve descripción de cada uno de los objetos

- Tablas: Principal objeto de la base de datos donde se almacena la información, estructurada en registros y campos.

En el caso de este proyecto las tablas se dividen en tres archivos, uno sobre materiales, otro sobre soldadura y el otro sobre elementos. Dentro de cada archivo la información se divide en tablas con el nombre sobre la información que contienen y la información en su interior está estructurada según el método de ensayo que se utiliza según el elemento o el material del que se hable.

- Consultas: Permite realizar una operación sobre la base de datos para seleccionar, modificar, insertar ó borrar registros según un criterio. Las consultas se pueden realizar sobre una o varias tablas.

En caso de que se necesite añadir información sobre alguno de los ensayos las consultas nos van a permitir llevar a cabo esta tarea.

- Formularios: Es una ventana diseñada para la introducción y edición de datos de una o varias tablas. Permite introducir, modificar, consultar y borrar los registros de la tabla o consulta para la que se ha diseñado. La ventaja frente a la presentación como hoja de datos es que los campos se presentan de forma

más adecuada al usuario, con un diseño que ayuda a su comprensión, utilizando los controles más adecuados a cada tipo de información.

Los formularios en si también nos van a permitir modificar o añadir información en caso de quererla ampliar pero además nos dan un diseño claro sobre la información que se requiera.

- Informes: Si el formulario es idóneo para introducir y editar los datos, la mejor forma de mostrarlos es mediante un informe en una página impresa o su presentación en la pantalla del ordenador. Este creador de bases de datos proporciona herramientas para diseñar informes con gran flexibilidad y posee funciones para agrupar registros y mostrar totales y subtotales de los campos deseados.

- Macros: Son conjunto de acciones que realizan una operación determinada, como abrir un formulario o imprimir un informe. Las macros pueden ayudar a automatizar las tareas comunes, como imprimir un informe cuando el usuario pulsa un botón.

6.2 ESTUDIO PREVIO DE LA INFORMACIÓN A INTRODUCIR

Antes de crear una base de datos debemos pensar bien el diseño de la misma, pues una vez creada y con datos introducidos, es más difícil modificarla.
Lo primero que debemos hacer es determinar la finalidad de la base de datos y las tablas que va a contener. En segundo lugar, debemos distribuir toda la información por campos, de forma que cada campo corresponda a una tabla y que la información no se encuentre duplicada ni dentro de una tabla ni en tablas diferentes. Por último, determinaremos las relaciones entre las diferentes tablas.

Cada uno de estos pasos lo vamos a hacer partiendo de un supuesto básico: Una base de datos que gestiona los ensayos no destructivos regulados de un

lado por la IACS y de otro por la Germanischer Lloyd según materiales o elementos.

Pero además tablas divididas en tres archivos diferentes: uno sobre materiales, otro sobre soldadura y el último según elementos. En cada uno de ellos encontraremos la información clasificada en tablas e indicada correctamente tanto si es de GL o de las IACS además separada según el método de ensayo correspondiente.

6.3 LA BASE DE DATOS DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS REGIDOS POR LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN

En el momento de crear cada una de las tablas de Access, hemos empezado creándolas a partir de vista diseño.
De esta manera hemos descrito los campos de cada tabla, los tipos de datos que debían contener y la descripción de estos datos.
En cada una de las tablas hay un campo clave llamado “Cantidad de ensayos tabla 1” en el caso de la tabla 1.
En cada una de las bases de datos hay una tabla llamada índice en la cual se especifica la cantidad de ensayos que hay en cada tabla y de esta manera se puede relacionar la tabla índice con cada una de ellas.

Los otros campos definidos son los métodos de ensayo no destructivo que se utilizan según la tabla. El tipo de datos de cada método varia según si la información que se añada es únicamente texto o bien una diapositiva de “Power Point”.

ÍNDICE | GL: Cigueñales soldados en motores de combustión interna | GL: Homologación de motores de combustión interna

Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
Cantidad de ensayos tabla 1	Autonumérico	Cantidad de ensayos
Tipo de ensayo	Texto	Ensayo que se va a llevar a cabo
Especificación 1	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 2	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 3	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 4	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 5	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 6	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 7	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 8	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 9	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 10	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo
Especificación 11	Texto	Especificaciones de donde y cuando se lleva a cabo

Imagen 1: Especificación de los campos y la información de las tablas

Una vez especificada toda esta información en vista diseño, se ha seleccionado el modo vista “Hoja de datos”. De esta manera se ha detallado debajo de cada campo toda la información. En el campo de tipo de ensayo se ha rellenado con el nombre del ensayo que se vaya a llevar a cabo y debajo de los campos especificaciones, cada uno de ellos según el ensayo del que se hable y según el material y el elemento.

GL: Acero con límite elástico de 460N/mm2 en buques nuevos | GL: Materiales metálicos | GL: Materiale

Cantidad de	Tipo de ensa	Especificaci	Especificaci	Especificaci	Agregar nuevo campo
1	Inspección visu	En component	Las superficies	Las superficies	
2	Líquidos penet	El penetrante	En las superfíci		
3	Partículas mag	El equipo fijo	La elección del	Las superficies	
4	Ultrasonidos	Los ensayos pc	En component		
5	Radiografía	Las pruebas ra	El ensayo por r		
(Nuevo)					

Imagen 2: Campos rellenados con la información perteneciente

Una vez terminada la parte de la creación de las tablas que contienen toda la información necesaria y de manera ordenada, se procede a relacionar las tablas que se quiera con el fin de poder compartir datos entre ellas.

Como la información estudiada en la IACS y en la GL se dividía claramente en tres grandes grupos, ELEMENTOS; MATERIALES Y SOLDADURA, he decidido hacer tres bases de datos siguiendo esta clasificación y cada una identificada con su nombre en concreto para facilitar la búsqueda de información al utilizarla.

En cada una de las bases de datos la relación se ha hecho entre los campo “cantidad de ensayos tabla Nº” relacionando de este modo todas las tablas con el índice.

A continuación se ve claramente el tipo de relación explicado.

Ejemplo: Relaciones en la base de dato de soldadura:

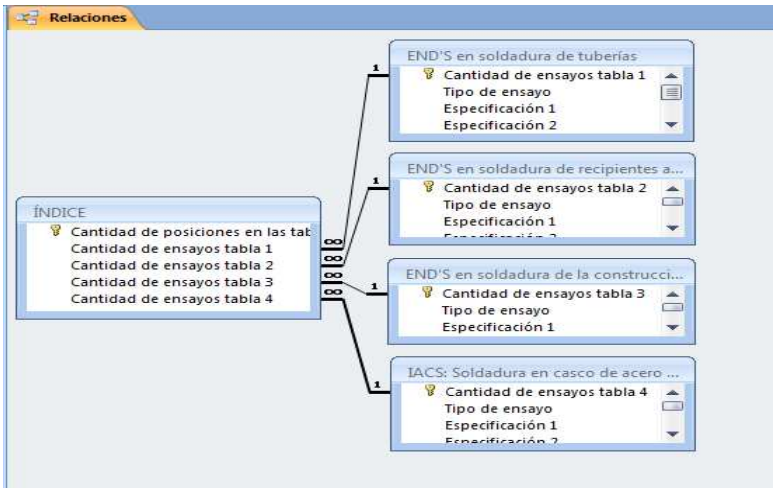


Imagen 3: Relaciones de las bases de datos

Una vez finalizadas todas las tablas y las relaciones procedemos a empezar a darle utilidad.

El programa Access nos permite realizar varias funciones, una de ellas son los formularios. Estos se utilizan para añadir datos o bien editarlos si necesitamos modificar una tabla. Además de crear formularios con la información de toda una fila a la vez.

Un ejemplo es el siguiente:

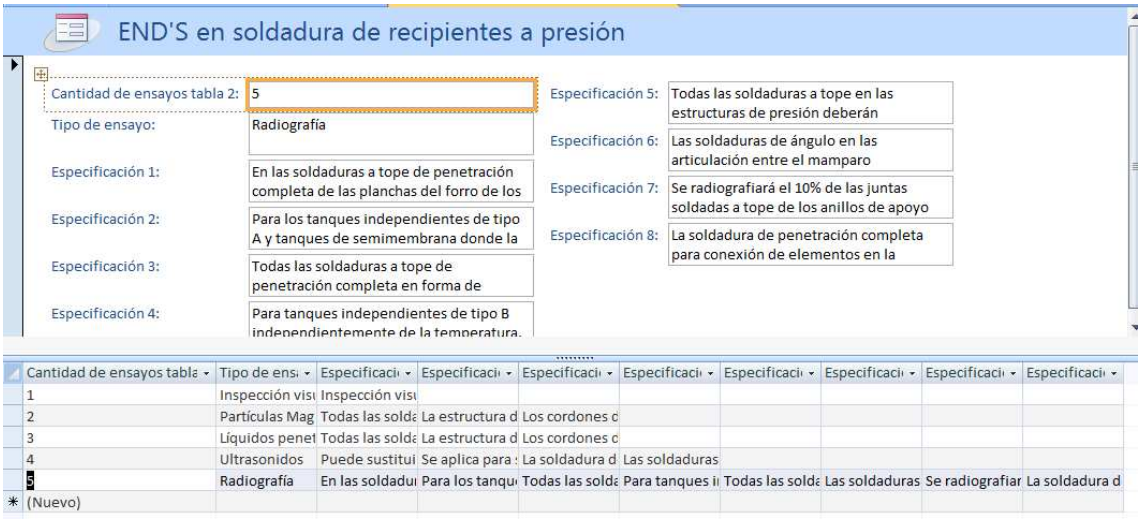


Imagen 4: Ejemplo de formulario

En este caso cada ficha corresponde a un método diferente aplicable en soldaduras de recipientes a presión. En la parte inferior de la imagen se visualiza la tabla creada anteriormente con la que se sacan los formularios y otras opciones.

Otro tipo de diseño para los formularios:

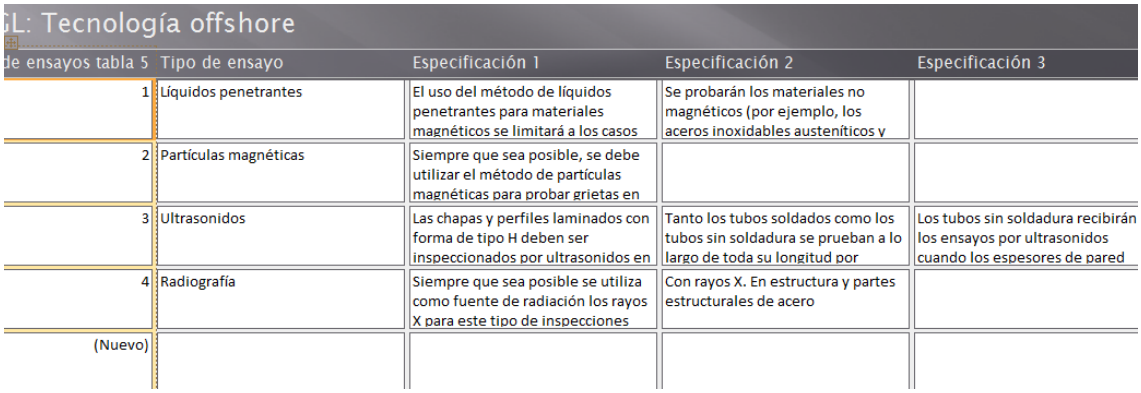


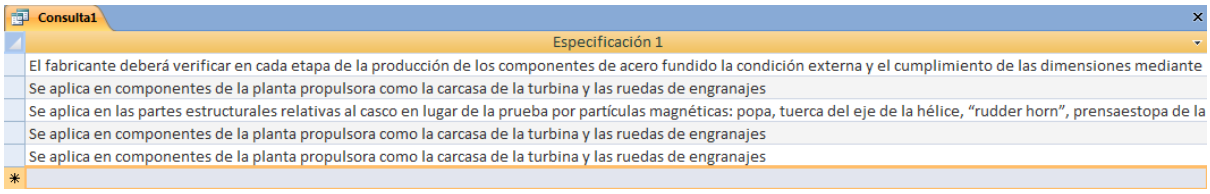
Imagen 5: Otro formato de formulario

Este es un formulario de varios datos, toda la información de una tabla sale completa en el formulario para que se lea y entienda con claridad.

Las consultas son otra de las posibilidades que nos presenta este programa, donde nos permite seleccionar la información que queremos ver.
Se nos presenta un ejemplo en el que queremos ver la información de tres tablas diferentes sobre el mismo método de ensayo.

En este caso hemos seleccionado la tabla: Materiales de componentes de acero fundido,

Y hemos seleccionado la especificación 1



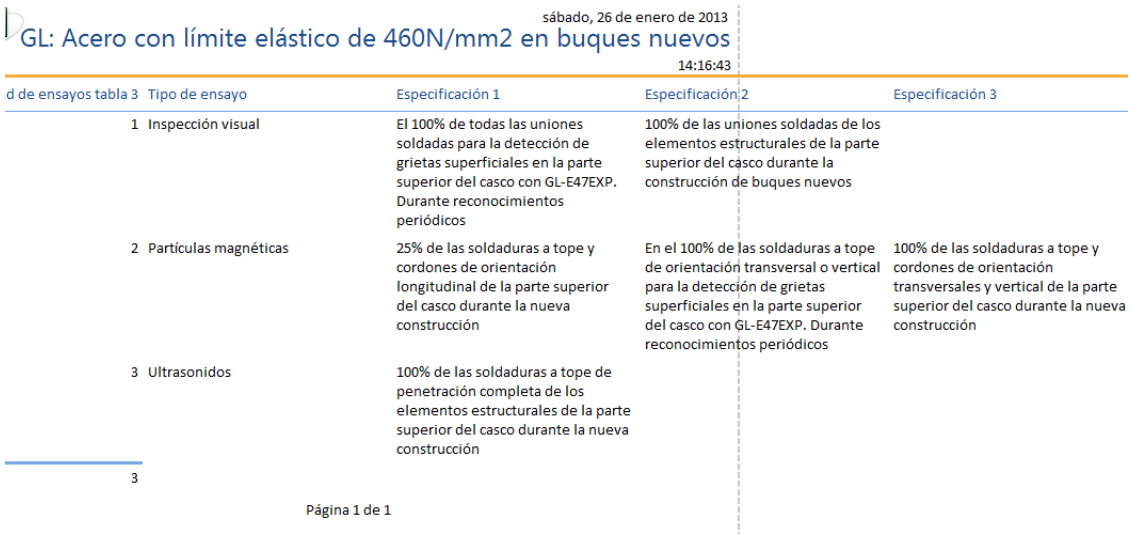
Consulta1

Especificación 1
El fabricante deberá verificar en cada etapa de la producción de los componentes de acero fundido la condición externa y el cumplimiento de las dimensiones mediante
Se aplica en componentes de la planta propulsora como la carcasa de la turbina y las ruedas de engranajes
Se aplica en las partes estructurales relativas al casco en lugar de la prueba por partículas magnéticas: popa, tuerca del eje de la hélice, "rudder horn", prensaestopa de la
Se aplica en componentes de la planta propulsora como la carcasa de la turbina y las ruedas de engranajes
Se aplica en componentes de la planta propulsora como la carcasa de la turbina y las ruedas de engranajes

Imagen 6: Consulta

Y la consulta nos muestra toda la información que hay en la columna especificación 1 de la tabla correspondiente.

En el caso de los informes, estos muestran la información deseada de una manera clara pero sin la posibilidad de modificar o editar información como en el caso de los formularios.



sábado, 26 de enero de 2013

GL: Acero con límite elástico de 460N/mm2 en buques nuevos

14:16:43

d de ensayos tabla 3	Tipo de ensayo	Especificación 1	Especificación 2	Especificación 3
1	Inspección visual	El 100% de todas las uniones soldadas para la detección de grietas superficiales en la parte superior del casco con GL-E47EXP. Durante reconocimientos periódicos	100% de las uniones soldadas de los elementos estructurales de la parte superior del casco durante la construcción de buques nuevos	
2	Partículas magnéticas	25% de las soldaduras a tope y cordones de orientación longitudinal de la parte superior del casco durante la nueva construcción	En el 100% de las soldaduras a tope de orientación transversal o vertical para la detección de grietas superficiales en la parte superior del casco con GL-E47EXP. Durante reconocimientos periódicos	100% de las soldaduras a tope y cordones de orientación transversales y vertical de la parte superior del casco durante la nueva construcción
3	Ultrasonidos	100% de las soldaduras a tope de penetración completa de los elementos estructurales de la parte superior del casco durante la nueva construcción		
3				

Página 1 de 1

Imagen 7: Informe

7. CONCLUSIONES

Un vez finalizado este proyecto, y después de haber estudiado con detenimiento la normativa de la Germanischer Lloyd sobre ensayos no destructivos y lo mismo con las IACS he llegado a las siguientes conclusiones:

1) Toda normativa ya sea desde el punto de vista de la GL o de las IACS nos detalla la misma información pero con una estructura diferente en cada caso.

2) La clasificación de las regulaciones de las sociedades de clasificación viene comprendida en tres grandes grupos, casco y maquinaria, materiales y soldadura.

3) Los ensayos no destructivos se introducen en la tecnología de los materiales a través del control de calidad. Aunque también se emplean en el mantenimiento de equipos y en temas de seguridad.

4) Los Ensayos no destructivos se dividen en inspección superficial e inspección volumétrica. La inspección visual, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, corrientes inducidas y tomografía se utilizan para detectar discontinuidades en la superficie o abiertas a esa o a menos de 3mm de profundidad. Los ultrasonidos y la radiografía son utilizadas para inspecciones volumétricas, detectar la integridad de un material en su espesor y detectar discontinuidades internas.

5) La repetitividad y confiabilidad de los Ensayos no Destructivos dependen en gran medida de los conocimientos y habilidad de los profesionales que los realizan. Por este motivo, deben estar calificados adecuadamente y prestar una atención especial a la capacitación y a la adquisición de experiencia de los inspectores.

6) En muy pocos casos se prohíbe la utilización de alguna de las técnicas de ensayo, más si que se detalla qué técnica es mejor en cada caso y el alcance de las mismas.

7) Las bases de datos son recursos que recopilan todo tipo de información, para atender las necesidades de un amplio grupo de usuarios. Su tipología es variada y se caracterizan por una alta estructuración y estandarización de la información.

8) Una base de datos es el conjunto de informaciones almacenadas en un soporte legible por ordenador y organizadas internamente por registros (formado por todos los campos referidos a una entidad u objeto almacenado) y campos (cada uno de los elementos que componen un registro). Permite recuperar cualquier clase de información: referencias, documentos textuales, imágenes, datos estadísticos, etc.

8. BIBLIOGRAFÍA

Páginas web:

- https://www.asnt.org/
  Diciembre 2012
- http://www.gl-group.com/en/group/index.php
  Noviembre 2012 - Enero 2013
- http://www.iacs.org.uk/
  Noviembre 2012 – Enero 2013

Documentos PDF y libros:

- A25 Informática aplicada a la gestión. Bases de datos. Universidad Jaume I. Castellón de la Plana.
- Corpus Ruiz Fernandez. Microsoft Access avanzado. Edición 2003.
- GL Rules & Guidelines. General. User guide. Licence Agreement and Software Order Document.
- NDE IMO1. Survey of Machinery Installations. Model course compendium 3.03.
- NDE IMO2. Survey of Machinery Installations. Model course compendium 3.03.
- No 20. Non-destructive testing of ship hull steel welds (Dec 2007). IACS Rec.1988/ Rev.1 2007.
- No 47. Shipbuilding and Repair Quality Standard 1996. Rev.1, 1999/ Rev.2, Dec. 2004/ Rev. 3, Nov. 2006/ Rev. 4, Aug. 2008/ Rev. 5, Oct. 2010.

- No 68. Guidelines for non-destructive examination of hull and machinery steel forgings (June 2000). IACS Rec. 2000.
- No 69. Guidelines for non-destructive examination of marine steel castings (May 2004). IACS Rec. 2000/ Rev.1 2004.
- No 70. Guidelines on welding procedure qualification tests of aluminium alloys for hull construction and marine structures (June 2000). IACS Rec. 2000/ Rev.1 2006
- No 82. Surveyor's Glossary (July 2003).

9. ANEXOS

9.1. ACRÓNIMOS

- ABS: American Bureau of Shipping
- AC: Alternating Current
- API: American Petroleum Institute
- ASNT: American Society for Nondestructive Testing
- AWS: American Welding Society
- BV: Bureau veritas
- CCS: China Classification Society
- Co: Cobalto
- Código ASME:
- CRS: Croatian Register of Shipping
- Cu: Cobre
- DC: Direct Current
- DGS: Distance gain Size
- DIN: Deustcher Industrie Normen
- DNV: Det Norske veritas
- EN: Normativa Europea
- END's: Ensayos no destructivos
- GL: Germanischer Lloyd
- GT: Gross Tons
- HHP: Anclas de alta potencia o retención
- IACS: International Association of Classification Societies
- ICI: Indicadores de calidad de imagen
- IQI: Image Quality Indicators
- Ir 192: Iridio 192
- IRS: Indian Register of Shipping
- ISO: International Organization for Standardization
- KR: Korean Register of Shipping
- KSR: Kreisscheiben reflector. Circular disc-shaped reflector
- LR: Lloyd's Register

- MARPOL: Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques
- MIG: Metal Inert Gas
- NK: Nippon Kaiji Kyokai
- OMI: Organización Marítima Internacional
- ONU: Organización de las Naciones Unidas
- PM: Partículas Magnéticas
- pWPS: Preliminary Welding Procedure Specification
- QSCS: Certificación de calidad del sistema
- Rina: Registro Italiano Navale
- Rm: Resistencia del material
- RS: Russian Maritime Register of Shipping
- SE 175: Selenio 175
- SOLAS: Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar
- TIG: Tungsten Inert Gas
- VHHP: Anclas de muy alta potencia o retención
- WPS: Welding Procedure Specification
- W 7: IACS UR W7: Acceptance criteria for Hull and Machinery steel forgings
- W 8: IACS UR W8: Acceptance criteria for Hull and Machinery steel castings
- W 11: IACS UR W11: Acceptance criteria for normal and higher strength hull structural steel
- W 16: IACS UR W16: Acceptance criteria for high strength quenched and tempered steel for welded structures
- W 25: IACS UR W25: Acceptance criteria for Aluminum alloys for Hull Construction and Marine Structure

9.2. INDICE DE IMÁGENES, FIGURAS Y TABLAS

Imágenes **Página**

- Imagen 1: Especificación de los campos y la información de las tablas 137
- Imagen 2: Campos rellenados con la información Perteneciente 137
- Imagen 3: Relaciones de las bases de datos 138
- Imagen 4: Ejemplo de formulario 139
- Imagen 5: Otro formato de formulario 139
- Imagen 6: Consulta 140
- Imagen 7: Informe 140

Figuras **Página**

- Figura 1: Área de la popa 29
- Figura 2: Mecha del timón 30
- Figura 3: Núcleo de la hélice 31
- Figura 4: Dispositivo de amarre para las cadenas del timón 32
- Figura 5: Acoplamiento del timón 33
- Figura 6: Acoplamiento más bajo del timón 34
- Figura 7: Codaste 35
- Figura 8: Caña del timón 36
- Figura 9: Biela 37
- Figura 10: Soporte del cojinete principal 38
- Figura 11: Zonas de inspección por partículas magnéticas en ejes 66
- Figura 12: Eje de la hélice 66
- Figura 13: Eje intermedio 66
- Figura 14: Eje de empuje 66
- Figura 15: Mecha del timón. Tipo A 67
- Figura 16: Mecha del timón. Tipo B 67
- Figura 17: Mecha del timón. Tipo C 67
- Figura 18: Perno 67

- Figura 19: Cruceta 68
- Figura 20: Tirantes tensores para los motores diesel 68
- Figura 21: Pernos para bielas 68
- Figura 22: Eje del piñón 68
- Figura 23: Vástago del émbolo 69
- Figura 24: Biela 69
- Figura 25: Cigüeñales sólidos 70
- Figura 26: Cigüeñales semiconstruidos 70
- Figura 27: Direcciones de exploración 70
- Figura 28: Zonas de inspección por ultrasonidos en ejes 71
- Figura 29: Eje de la hélice 71
- Figura 30: Eje intermedio 71
- Figura 31: Eje de empuje 71
- Figura 32: Direcciones de exploración para el tipo A y tipo B 71
- Figura 33: Mecha del timón. Tipo A 72
- Figura 34: Mecha del timón. Tipo B 72
- Figura 35: Direcciones de exploración. Mecha del timón tipo C 72
- Figura 36: Perno 72
- Figura 37: Direcciones de exploración de componentes de maquinaria 73
- Figura 38: Cruceta 73
- Figura 39: Ejes del piñón 73
- Figura 40: Vástago del émbolo 73
- Figura 41: Biela 74
- Figura 42: Direcciones de exploración de cigüeñales 74
- Figura 43: Cigüeñal sólido 74
- Figura 44: Cigüeñal semiconstruido 74
- Figura 45: Divergencia de la sección de pared en zonas 81
- Figura 46: Definición del ángulo de sesgadura 86
- Figura 47: Cara impulsora 88
- Figura 48: Cara de succión 88
- Figura 49: Diferentes formas de indicaciones 89

- Figura 50: Zonas amenazadas de las hélices de paso fijo y controlable 90
- Figura 51: Cigüeñales sólidos 110
- Figura 52: Cigüeñales semiconstruidos 110
- Figura 53: Zonas de inspección en ejes 111
- Figura 54: Eje de la hélice 111
- Figura 55: Eje intermedio 111
- Figura 56: Biela 112
- Figura 57: El vástago del émbolo 112
- Figura 58: Cruceta 112
- Figura 59: Tornillo 113
- Figura 60: Mecha del timón. Tipo A 113
- Figura 61: Mecha del timón. Tipo B 113
- Figura 62: Mecha del timón. Tipo C 113
- Figura 63: Dirección de exploración en cigüeñales 114
- Figura 64: Cigüeñal sólido 114
- Figura 65: Cigüeñal semiconstruido 114
- Figura 66: Direcciones de exploración en eje por el ensayo de ultrasonidos 115
- Figura 67: Eje de la hélice 115
- Figura 68: Eje intermedio 115
- Figura 69: Eje de empuje 115
- Figura 70: Direcciones de exploración de componentes de maquinaria 116
- Figura 71: Biela 116
- Figura 72: Vástago del émbolo 116
- Figura 73: Cruceta 116
- Figura 74: Direcciones de exploración para el tipo A y el tipo B 116
- Figura 75: Mecha del timón. Tipo A 117
- Figura 76: Mecha del timón. Tipo B 117
- Figura 77: Mecha del timón. Tipo C 117
- Figura 78: Codaste 121

- Figura 79: Mecha del timón 121
- Figura 80: Núcleo de la hélice 122
- Figura 81: Sujeciones del timón 123
- Figura 82: Parte superior del timón 123
- Figura 83: Parte inferior del timón 124
- Figura 84: Probeta para soldadura a tope 131
- Figura 85: Localización de los ejemplares de prueba para una junta a tope en la placa 132

Tablas

- Tabla 1: Piezas a ensayar en motores de combustión interna 26
- Tabla 2: Materiales aprobados para componentes y certificados de ensayo 27
- Tabla 3: Ensayos de partículas magnéticas 28
- Tabla 4: Ensayos por ultrasonidos 28
- Tabla 5: Límites de aceptación de las pruebas por ultrasonidos 46
- Tabla 6: Ensayos no destructivos durante la construcción de buques nuevos 51
- Tabla 7: Ensayos no destructivos durante los reconocimientos periódicos 51
- Tabla 8: Métodos de ensayo en materiales metálicos 55
- Tabla 9: Criterios de aceptación para la prueba de partículas magnéticas según EN-10228-1 56
- Tabla 10: Criterios de aceptación por el método de ultrasonidos 59
- Tabla 11: Defectos permitidos por el ensayo radiográfico 60
- Tabla 12: Métodos de ensayo en materiales de acero y hierro forjado 61
- Tabla 13: Criterios de aceptación para la prueba de partículas magnéticas según EN-10228-1 63
- Tabla 14: Criterios de aceptación para la prueba de ultrasonidos 64
- Tabla 15: Componentes forjados sometidos a END'S 65

- Tabla 16: Lista de componentes de acero fundido para los cuales se requieren los ensayos no destructivos 76
- Tabla 17: Visión general de los niveles de severidad 78
- Tabla 18: Condición recomendada de superficie para la prueba de partículas magnéticas 79
- Tabla 19: Condición recomendada de superficie para la prueba de líquidos penetrantes 79
- Tabla 20: Limites de aceptación y niveles de severidad para la prueba de las discontinuidades volumétricas según EN 12680-1 82
- Tabla 21: Defectos máximos permitidos con el ensayo Radiográfico 83
- Tabla 22: Niveles de gravedad 85
- Tabla 23: Número y tamaño permitido de las indicaciones en un área de referencia de 100cm2 como una función de las áreas en peligro 88
- Tabla 24: Composición química de las aleaciones de las hélices de acero inox. 92
- Tabla 25: Métodos para pruebas en juntas de soldadura 125
- Tabla 26: Alcance de las pruebas 131