

**CIRCULAR AD N° 027 /2021**

- Para:** Armadores, Operadores, Arrendatarios, Apoderados Legales, Empresas Navieras, Funcionarios de supervisión por el Estado Rector del Puerto, Organizaciones Reconocidas (OR`S) y sus Representantes Legales, Capitanes de Buques Internacionales y demás interesados de la comunidad marítima.
- Tema:** **ADOPCIÓN** de las Directrices emanadas por la Organización Marítima Internacional (OMI), a través del Comité de Seguridad Marítima, en su 102° período de sesiones (4 al 11 de noviembre del 2020), referente a las **“DIRECTRICES RELATIVAS A LA ACEPTACION DE MATERIALES METALICOS ALTERNATIVOS PARA EL SERVICIO CRIOGENICO EN BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANEL Y BUQUES QUE UTILICEN GASES U OTROS COMBUSTIBLES DE BAJO PUNTO DE INFLAMACION”**, la cual tiene como finalidad reconocer la posible necesidad de utilizar materiales metálicos alternativos para la construcción y el funcionamiento en condiciones de seguridad de los buques con combustibles a bajas temperaturas y los buques para el transporte de cargas, y la necesidad de disponer de orientaciones al respecto.
- Referencias:** La Constitución de la República; Convenios Internacionales del ámbito marítimo, Ley Orgánica de la Marina Mercante Nacional (DECRETO 167-94 y sus Reformas) específicamente en sus Artículos 1, 5, 92 numerales 1), 20), y 29); Decreto PCM 040-2013 (Estrategia Marítima), **CIRCULAR MSC.1/Circ.1622 Y SU ANEXO (PÁGINAS 1 - 10) DIRECTRICES RELATIVAS A LA ACEPTACION DE MATERIALES METALICOS ALTERNATIVOS PARA EL SERVICIO CRIOGENICO EN BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANEL Y BUQUES QUE UTILICEN GASES U OTROS COMBUSTIBLES DE BAJO PUNTO DE INFLAMACION**, adoptada el 02 de diciembre de 2020 y Acuerdo N° 71-2012, publicado en el Diario Oficial La Gaceta con número 33,001 y otras aplicables.

---

La presente **CIRCULAR AD N°027/2021** tiene la finalidad de hacer de su conocimiento lo siguiente:

**PRIMERO:** Que la Dirección General de la Marina Mercante, tiene como propósito asegurar la efectividad y control de la administración de los Instrumentos Marítimos de los cuales Honduras es Parte; por lo que a través del Acuerdo N° 71/2012 de fecha 26 de noviembre del 2012; Adopta





4 ALBERT EMBANKMENT  
LONDRES SE1 7SR

Teléfono: +44(0)20 7735 7611

Facsimil: +44(0)20 7587 3210

MSC.1/Circ.1622  
2 diciembre 2020

**DIRECTRICES RELATIVAS A LA ACEPTACIÓN DE MATERIALES METÁLICOS  
ALTERNATIVOS PARA EL SERVICIO CRIOGÉNICO EN BUQUES  
QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANDEL Y BUQUES  
QUE UTILICEN GASES U OTROS COMBUSTIBLES  
DE BAJO PUNTO DE INFLAMACIÓN**

1 El Comité de seguridad marítima, en su 102º periodo de sesiones (4 a 11 de noviembre de 2020), reconociendo la posible necesidad de utilizar materiales metálicos alternativos para la construcción y el funcionamiento en condiciones de seguridad de los buques con combustibles a bajas temperaturas y los buques para el transporte de cargas, y la necesidad de disponer de orientaciones al respecto, aprobó las "Directrices relativas a la aceptación de materiales metálicos alternativos para el servicio criogénico en buques que transporten gases licuados a granel y buques que utilicen gases u otros combustibles de bajo punto de inflamación", las cuales figuran en el anexo, elaboradas por el Subcomité de transporte de cargas y contenedores (Subcomité CCC) en su 6º periodo de sesiones (9 a 13 de septiembre de 2019).

2 En las Directrices figuran orientaciones detalladas sobre el modo de documentar los materiales metálicos alternativos atendiendo a su idoneidad y al cumplimiento de lo dispuesto en los Códigos CIG e IGF, así como un marco para la evaluación y aprobación de materiales metálicos alternativos para el servicio criogénico.

3 Se invita a los Estados Miembros a que pongan las Directrices del anexo en conocimiento de todas las partes interesadas.

\*\*\*

Vertical line on the left side of the page.

## ANEXO

### DIRECTRICES RELATIVAS A LA ACEPTACIÓN DE MATERIALES METÁLICOS ALTERNATIVOS PARA EL SERVICIO CRIOGÉNICO EN BUQUES QUE TRANSPORTEN GASES LICUADOS A GRANEL Y BUQUES QUE UTILICEN GASES U OTROS COMBUSTIBLES DE BAJO PUNTO DE INFLAMACIÓN

#### PARTE 1 GENERALIDADES

##### 1 Introducción

1.1 Los buques que transporten gases licuados a granel deberían cumplir las prescripciones del Código CIG, adoptado por la resolución MSC.370(93), enmendada. Los buques que utilicen gases u otros combustibles de bajo punto de inflamación deberían cumplir las prescripciones del Código IGF, adoptado mediante la resolución MSC.391(95), enmendada.

1.2 Las prescripciones relativas a los materiales metálicos utilizados en aplicaciones a baja temperatura a bordo de buques construidos de conformidad con el Código CIG y el Código IGF figuran en los cuadros 6.2, 6.3 y 6.4 del Código CIG y los cuadros 7.2, 7.3 y 7.4 del Código IGF, respectivamente. Las prescripciones son idénticas en ambos códigos y determinan las temperaturas de proyecto mínimas para materiales específicos en función de la composición química, las propiedades mecánicas y el termotratamiento. Estos materiales aprobados fueron incluidos en los códigos desde su creación y han proporcionado más de 40 años de experiencia satisfactoria en el servicio.

1.3 El interés en añadir nuevos materiales metálicos a la lista de los que ya han sido aprobados en los códigos es reciente. Las "Directrices provisionales sobre la aplicación de acero austenítico con alto contenido de manganeso para el servicio criogénico" se adoptaron y distribuyeron como circular MSC.1/Circ.1599. Durante el proceso de elaboración de estas Directrices provisionales se adquirió una considerable experiencia en la evaluación de este material alternativo. Las recomendaciones que figuran en la circular MSC.1/Circ.1599 se utilizan como base para estas directrices.

##### 2 Ámbito de aplicación

2.1 Las directrices se aplicarán a los materiales metálicos no enumerados en los cuadros 6.2, 6.3 y 6.4 del Código CIG y los cuadros 7.2, 7.3 y 7.4 del Código IGF, respectivamente. Las prescripciones relativas a las pruebas establecidas en el presente documento proporcionan orientaciones para la aceptación de materiales metálicos alternativos basadas en las disposiciones sobre equivalencias que figuran en la sección 1.3 del Código CIG o en las prescripciones relativas al proyecto alternativo previstas en la sección 2.3 del Código IGF. Estas directrices solo se aplicarán a los materiales utilizados para productos enumerados en el capítulo 19 del Código CIG o la circular MSC aprobada por la Organización, o a los combustibles que se tratan en el Código IGF.

2.2 Las directrices también se aplicarán a los materiales metálicos alternativos que posean una temperatura mínima de proyecto de entre 0 °C y -165 °C o inferior, si la Administración lo autoriza, dentro de la banda de espesores mínimo y máximo sometidos a prueba durante el proceso de aprobación, hasta un espesor máximo de 40 mm. Los espesores superiores a 40 mm deberían ser aprobados por la Administración o por una organización

reconocida que actúe en su nombre. Además de la aprobación para una temperatura mínima de proyecto de  $-165\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pueden aprobarse materiales metálicos alternativos para temperaturas mínimas de proyecto intermedias de  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los materiales metálicos alternativos calificados a una temperatura inferior son adecuados para su uso a la temperatura mínima de proyecto intermedia.

2.3 Las directrices solo se aplicarán a los materiales metálicos alternativos formados o producidos por laminación, extrusión, fundición o forja.

2.4 Los materiales metálicos alternativos aprobados de conformidad con las presentes directrices podrán utilizarse en la construcción de sistemas de tuberías y de contención de carga, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo 4 del Código CIG, o de partes similares de tanques de combustible, con arreglo a lo dispuesto en el capítulo 6 del Código IGF, o de sistemas de tuberías, de conformidad con lo dispuesto en la sección 5.12 del Código CIG y la sección 7.4.1.2 del Código IGF. Deberían ser aprobados para las cargas o combustibles específicos enumerados en el Código CIG o el Código IGF sobre la base de su temperatura de proyecto y su compatibilidad con la carga o combustible. Las presentes directrices no se aplicarán al material que forma parte de la estructura del casco.

### 3 Definiciones

3.1 *Materiales metálicos alternativos*: aleaciones ferrosas y no ferrosas homogéneas con una composición uniforme en cualquier dirección obtenidas por laminación en caliente, laminación en frío, extrusión, fundición o forja, cuyas composiciones o tratamientos no figuran en los cuadros 6.2, 6.3 y 6.4 del Código CIG ni en los cuadros 7.2, 7.3 y 7.4 del Código IGF, respectivamente.

3.2 *Materiales metálicos establecidos*: los materiales metálicos enumerados en los cuadros 6.2, 6.3 y 6.4 del Código CIG y en los cuadros 7.2, 7.3 y 7.4 del Código IGF, respectivamente, o en una circular MSC de la OMI.

3.3 *Materiales metálicos alternativos equivalentes*: materiales metálicos alternativos con propiedades químicas y mecánicas equivalentes o superiores a las enumeradas en los cuadros 6.2, 6.3 y 6.4 del Código CIG y en los cuadros 7.2, 7.3 y 7.4 del Código IGF, respectivamente, que hayan sido aprobados con arreglo a las presentes directrices.

3.4 *Otros materiales metálicos alternativos*: materiales metálicos alternativos con propiedades mecánicas que no se ajusten a las indicadas en los cuadros 6.2, 6.3 y 6.4 del Código CIG y en los cuadros 7.2, 7.3 y 7.4 del Código IGF, respectivamente.

3.5 *Normas reconocidas*: normas nacionales o internacionales aplicables aceptadas por la Administración, o normas que estipula y mantiene la organización reconocida.

3.6 *Administración*: Gobierno del Estado cuyo pabellón el buque tenga derecho a enarbolar.

## PARTE II ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES Y PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS PRUEBAS

### 4 Especificación del material

4.1 Para su consideración en el marco de las presentes directrices, todos los materiales metálicos alternativos deberían estar comprendidos en una norma reconocida relativa al servicio criogénico. La norma debería incluir formas específicas del material que se esté aprobando, como planchas, secciones, piezas fundidas, piezas forjadas o tuberías, y debería especificar el termotratamiento y la estructura del grano. La norma debería cumplir el alcance y las prescripciones generales previstos en la sección 6.2 del Código CIG. Los elementos de microaleación que no estén determinados en la norma reconocida pueden considerarse sujetos a la aprobación de la Administración.

4.2 El material metálico alternativo, incluidas las planchas, las piezas fundidas y las piezas forjadas, debería trabajarse utilizando un método aprobado especificado por una norma reconocida. Cuando se apliquen, deberían especificarse los procedimientos de soldadura convencionales utilizados para soldar los materiales metálicos alternativos, calificados de acuerdo con una norma reconocida y que se ajusten a los procedimientos previstos en el capítulo 6.5 del Código CIG y en la sección 16.3 de la parte B-1 del Código IGF. Los procedimientos de soldadura deberían especificar la aportación térmica y el termotratamiento previo y posterior a la soldadura.

4.3 Deberían especificarse los procedimientos de soldadura y los ensayos no destructivos para todos los materiales metálicos alternativos. Estos procedimientos deberían ajustarse a una norma reconocida y ajustarse a las prescripciones sobre las pruebas estipuladas en el capítulo 6.5 del Código CIG y en la sección 16.3 de la parte B-1 del Código IGF.

### 5 Pruebas

5.1 Las prescripciones relativas a las pruebas figuran en el apéndice de las directrices y se basan en la sección 6.3 del Código CIG y en la sección 16.2 de la parte B-1 del Código IGF.

5.2 En función de la temperatura de proyecto, deberían realizarse pruebas con entalla Charpy en V de acuerdo con las notas a pie de página de los cuadros aplicables que figuran en el capítulo 6 del Código CIG y en la sección 7 del Código IGF.

5.3 A reserva de la aprobación por la Administración, podrá examinarse la posibilidad de utilizar métodos de prueba alternativos que ofrezcan un nivel de seguridad equivalente. No debería eximirse del cumplimiento de las prescripciones relativas a las pruebas a menos que hubiera una justificación técnica válida o que las propiedades del material pudieran confirmarse mediante otro método de prueba. Podrá eximirse del cumplimiento de las prescripciones relativas a las pruebas cuando en el capítulo 4 del Código CIG y en la sección 6 del Código IGF no fuesen exigibles respecto de tipos específicos de tanques o cuando no fuesen necesarias respecto de materiales metálicos similares establecidos.

5.4 Las pruebas de los materiales metálicos alternativos deberían realizarse con al menos una de las siguientes formas: planchas, piezas fundidas, piezas forjadas o tuberías. Las pruebas de todas las formas deberían cumplir las prescripciones relativas a las pruebas y la posición de las muestras previstas en la sección 6.4 del Código CIG y en la sección 7.4 del Código IGF. En un comienzo deberían realizarse pruebas con la forma que refleje la aplicación primaria de un material metálico alternativo dado. La aprobación se limita a las

formas respecto de las cuales se proporcionen los resultados de las pruebas; sin embargo, no es necesario examinar todas las formas para su aprobación.

5.5 En los aceros inoxidable y otros aceros austeníticos puede producirse una sensibilización a la corrosión. En tales casos, la Administración podrá exigir pruebas de corrosión adicionales, como por ejemplo una prueba de corrosión intergranular como la ASTM A262 y una prueba de fisuración por tensocorrosión, como la ASTM G36 o la ASTM G123.

## **6 Criterios de aceptación**

6.1 Las prescripciones relativas a las pruebas figuran en el apéndice de las presentes directrices y se basan en la sección 6.3 del Código CIG y en la sección 16.2 de la parte B-1 del Código IGF.

6.2 La aplicación de un material metálico alternativo en un proyecto específico debería basarse en la idoneidad del material para las cargas de proyecto y la idoneidad de las propiedades del material para el uso previsto de conformidad con las condiciones de proyecto indicadas en la sección 4.18 del Código CIG y en la sección 6.4.12 del Código IGF.

6.3 La aprobación de materiales metálicos alternativos debería efectuarse respecto de cada forma del material que hubiera obtenido resultados satisfactorios en las pruebas.

## **7 Proyecto innovador y disposiciones equivalentes**

Los materiales metálicos alternativos equivalentes pueden utilizarse en el proyecto de sistemas de contención nuevos conforme lo dispuesto en la sección 4.27 del Código CIG y en la sección 6.4.16 del Código IGF. En la sección 2.1 del apéndice 5 del Código CIG y en la sección 2.1 de la parte A-1 del anexo del Código IGF se prescribe el uso de materiales metálicos establecidos. En un proyecto no puede considerarse la posibilidad de utilizar otros materiales metálicos alternativos.

# **PARTE III APLICACIÓN**

## **8 Procedimientos de aprobación**

8.1 Una vez que se hayan realizado satisfactoriamente las pruebas de las formas apropiadas y aceptado los resultados, se considerará que un material metálico alternativo se acepta como material metálico alternativo equivalente a los efectos de las presentes directrices.

8.2 En la aprobación se debería especificar toda limitación que se haya determinado en las propiedades inherentes al material metálico alternativo aprobado que pueda ser necesario tener en cuenta al utilizarlo. Entre esas propiedades pueden incluirse, entre otras, las siguientes:

- .1 resistencia de las soldaduras inferior o superior a la del material de base;
- .2 termotratamiento previo y posterior a la soldadura;
- .3 corrosión;
- .4 prescripciones o limitaciones específicas para los ensayos no destructivos; y
- .5 toxicidad de los humos de soldadura.



8.3 Podrán modificarse los cuadros 6.2, 6.3 y 6.4 del Código CIG y los cuadros 7.2, 7.3 y 7.4 del Código IGF a fin de incorporar nuevos materiales metálicos alternativos a reserva de lo siguiente:

- .1 los materiales deberían clasificarse utilizando las presentes directrices;
- .2 se debería demostrar la compatibilidad de los materiales para todas las cargas previstas;
- .3 se debería dejar documentación de la experiencia pertinente de trabajo con el material en todos los tipos de tanque en el buque;
- .4 debería disponerse como mínimo de cinco años de experiencia con el material en servicio a bordo de un buque, equivalente a un ciclo especial de reconocimientos;
- .5 la experiencia en el servicio debería ser en un buque en servicio, y ser pertinente para el uso futuro del material; y
- .6 si se utilizan simulaciones, se podrá tener en cuenta un periodo de servicio reducido tras concluirse el primer reconocimiento intermedio, a reserva de que lo apruebe la Administración.

## **9 Aplicación**

La Administración debería asignar los factores de seguridad del aprobado basándose en aquellos indicados para los aceros al níquel y los aceros al carbono manganeso, los aceros austeníticos o las aleaciones de aluminio en el Código CIG y el Código IGF.

## **10 Referencias**

Circular MSC.1/Circ.1599: "Directrices provisionales sobre la aplicación del acero austenítico con alto contenido de manganeso para el servicio criogénico".

## APÉNDICE

### PRESCRIPCIONES RELATIVAS A LAS PRUEBAS DE LOS MATERIALES Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

#### 1 Pruebas del material de base

1.1 **Especificaciones del material:** composición química y propiedades mecánicas que se ajusten a una norma reconocida relativa al material metálico alternativo destinado al servicio criogénico.

**Criterios de aceptación:** de conformidad con la norma reconocida.

1.2 **Examen micrográfico:** La prueba debería llevarse a cabo de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.3.4 del Código CIG utilizando normas reconocidas, como la ASTM E112.

**Criterios de aceptación:** microestructura que incluya el tamaño del grano. Debería informarse la ausencia de precipitaciones, separación y agrietamiento. La aceptación debería ser satisfactoria a juicio de la Administración.

1.3 **Prueba de tracción:** la prueba debería llevarse a cabo de conformidad con lo previsto en la sección 6.3.1 del Código CIG. Las muestras deberían tomarse de tres coladas de distintas composiciones, tanto a temperatura ambiente como a temperatura criogénica igual a la temperatura mínima de proyecto del material metálico alternativo. El número de muestras debería ser suficiente para obtener resultados estadísticamente válidos.

**Criterios de aceptación:** el límite de elasticidad, la resistencia a la tracción y el alargamiento deberían ajustarse a la norma reconocida relativa a la composición química señalada en el punto 1.1 del presente apéndice.

1.4 **Prueba de impacto Charpy:** la prueba debería llevarse a cabo de conformidad con la sección 6.3.2 del Código CIG. Las muestras deberían tomarse de tres coladas de distintas composiciones, tanto a temperatura ambiente como a temperatura criogénica igual a la temperatura de prueba prescrita. No deberían omitirse las pruebas de impacto de los aceros austeníticos por falta de experiencia. Las temperaturas de prueba deberían ser las siguientes:

Espesor del material (mm)	Temperatura de prueba (°C)
$t < 25$	5 °C por debajo de la temperatura de proyecto (solo acero ferrítico)
$25 < t \leq 30$	10 °C por debajo de la temperatura de proyecto
$30 < t \leq 35$	15 °C por debajo de la temperatura de proyecto
$35 < t \leq 40$	20 °C por debajo de la temperatura de proyecto

**Criterios de aceptación:** a menos que las especificaciones del material exijan valores más altos:

Material	Pieza de prueba	Energía media mínima (KV)
Planchas de aleación ferrosa	Transversal	27 J
Secciones y piezas forjadas de aleación ferrosa	Longitudinal	41 J
Aleación no ferrosa		No es necesaria; sujeto a la aprobación de la Administración

1.5 **Prueba de impacto Charpy en muestras deformadas por envejecimiento:** la prueba debería llevarse a cabo de acuerdo con una norma reconocida, como la ASTM E23. El envejecimiento por deformación consiste en una deformación del 5 % durante 1 hora a 250 °C de conformidad con la prescripción unificada W11 de la IACS. Las muestras deberían tomarse de tres coladas de distintas composiciones, tanto a temperatura ambiente como a temperatura criogénica igual a la temperatura mínima de prueba. No deberían omitirse las pruebas de impacto de los aceros austeníticos por falta de experiencia. Las temperaturas de prueba deberían ser las siguientes:

Espesor del material (mm)	Temperatura de prueba (°C)
$t < 25$	5 °C por debajo de la temperatura de proyecto (solo acero ferrítico)
$25 < t \leq 30$	10 °C por debajo de la temperatura de proyecto
$30 < t \leq 35$	15 °C por debajo de la temperatura de proyecto
$35 < t \leq 40$	20 °C por debajo de la temperatura de proyecto

**Criterios de aceptación:** a menos que las especificaciones del material exijan valores más altos.

Material	Pieza de prueba	Energía media mínima (KV)
Planchas de aleación ferrosa	Transversal	27 J
Secciones y piezas forjadas de aleación ferrosa	Longitudinal	41 J
Aleación no ferrosa	-	No es necesaria; sujeto a la aprobación de la Administración

1.6 **Prueba de impacto por caída:** aplicable solo a los aceros ferríticos, incluido el grado ferrítico-austenítico (dúplex). El objetivo de la prueba es establecer la temperatura de ductilidad nula. Las muestras deberían tomarse de tres coladas de distintas composiciones, tanto a temperatura ambiente como a temperatura criogénica igual a la temperatura mínima de prueba. La prueba debería llevarse a cabo de acuerdo con una norma reconocida, como la norma ASTM E208 relativa a los aceros ferríticos.

**Criterios de aceptación:** la pieza no se parte a 10 °C por debajo de la temperatura de proyecto.

1.7 **Prueba de fatiga:** la base para documentar el rendimiento adecuado en cuanto a la fatiga (curvas S-N) debería ser conforme a lo dispuesto en el párrafo 4.18.2.4.2 del Código CIG. El alcance de las pruebas de fatiga se basa en la comparación con curvas S-N reconocidas para materiales metálicos (como IIW o DNVGL-RP-C203 o BS 7608):

Las pruebas de fatiga deberían basarse en un mínimo de 5 muestras de prueba en cada nivel de esfuerzo. En el caso de una "curva S-N de una pendiente", deberían someterse a prueba, como mínimo, tres niveles de esfuerzo. En el caso de "curvas S-N de dos pendientes", deberá someterse a prueba un mayor número de niveles de esfuerzo. Como orientación, deberían seleccionarse niveles de esfuerzo en la banda de entre  $10^6$  y  $10^8$  ciclos.

**Criterios de aceptación:** los resultados de la prueba de fatiga deberían ser, como mínimo, iguales o mejores que la curva S-N de referencia.

1.8 **Prueba de CTOD (desplazamiento de apertura de punta de agrietamiento):** La prueba debería llevarse a cabo de acuerdo con una norma del sector reconocida, como las normas ASTM E1820, BS 7448 o ISO 12135.

**Criterios de aceptación:** el valor mínimo de CTOD debería ajustarse a las especificaciones de proyecto para las pruebas a temperatura ambiente y a temperatura criogénica igual a la temperatura mínima de proyecto del material. Debería realizarse un mínimo de tres pruebas satisfactorias a temperatura ambiente y a temperatura criogénica. Como orientación, a menudo se prescribe un valor mínimo de CTOD de 0,2 mm.

1.9 **Prueba de corrosión:** el tipo de pruebas de corrosión que se efectúen dependerá del material que se deba permitir. Los ensayos deberían incluir pruebas de corrosión en general, de corrosión intergranular y de tensocorrosión. Las pruebas deberían llevarse a cabo de conformidad con las normas pertinentes.

**Criterios de aceptación:** de conformidad con la norma pertinente reconocida y aprobada por la Administración para el servicio al que esté destinado el material.

## 2 **Pruebas en la condición con soldadura (incluido HAZ)**

2.1 **Examen micrográfico:** la prueba debería realizarse de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.3.4 del Código CIG, utilizando normas reconocidas, como la ASTM E112.

**Criterios de aceptación:** debería notificarse la microestructura, incluido el tamaño del grano, y la ausencia de precipitaciones, separación y agrietamiento. La aceptación debería ser satisfactoria a juicio de la Administración.

2.2 **Prueba de dureza:** la prueba debería llevarse a cabo de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.3.4 y el párrafo 6.5.3.4.4.5 del Código CIG, utilizando normas reconocidas, como la ISO 6507-1.

**Criterios de aceptación:** el valor de dureza debería ser el que juzgue satisfactorio la Administración.

2.3 **Prueba de tracción de soldadura transversal:** esta prueba debería llevarse a cabo de conformidad con el párrafo 6.5.3.4.1 del Código CIG. Pueden aplicarse normas reconocidas, como la ASTM E8/E8M.

**Criterios de aceptación:** de conformidad con el párrafo 6.5.3.5.1 del Código CIG. Para la aplicación prevista debería tenerse en cuenta la presencia de soldaduras en las que el metal de aportación tiene una resistencia a la tracción inferior al metal de base, según lo señalado en el párrafo 4.18.1.3.1.2 del Código CIG.

2.4 **Prueba de impacto Charpy:** esta prueba se debería llevar a cabo de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.3.2 y en el párrafo 6.5.3.4.4 del Código CIG.

**Criterios de aceptación:** de conformidad con el párrafo 6.5.3.5.3 del Código CIG.

2.5 **Prueba de CTOD (desplazamiento de apertura de punta de agrietamiento):** la prueba debería llevarse a cabo de acuerdo con una norma reconocida, como la ASTM E1820 o la ISO 15653. La ranura realizada en la prueba debería situarse en la microestructura con la menor resistencia a la fractura.

**Criterios de aceptación:** el valor mínimo de CTOD debería ajustarse a las especificaciones de proyecto para las pruebas a temperatura ambiente y a temperatura criogénica igual a la temperatura mínima de proyecto del material. Debería realizarse un mínimo de tres pruebas satisfactorias a temperatura ambiente y a temperatura criogénica. Como orientación, a menudo se prescribe un valor mínimo de CTOD de 0,2 mm.

2.6 **Prueba de resistencia a la fractura dúctil ( $J_{1c}$ ):** la prueba debería llevarse a cabo de acuerdo con una norma reconocida, como la ASTM E1820, la ASTM E2818, la ISO 15653 o la ISO 12135. La ranura realizada en la prueba debería situarse en la microestructura con la menor resistencia a la fractura. La prueba de resistencia a la fractura dúctil podrá realizarse como alternativa a la prueba de CTOD indicada en el punto 2.5, a discreción de la Administración.

**Criterios de aceptación:** de conformidad con la norma reconocida. Debería realizarse un mínimo de tres pruebas satisfactorias a temperatura ambiente y a temperatura criogénica.

2.7 **Prueba de plegado:** la prueba debería llevarse a cabo de conformidad con lo dispuesto en la sección 6.3.3 del Código CIG.

**Criterios de aceptación:** al igual que lo prescrito para el material soldado, según lo dispuesto en los párrafos 6.5.3.4.3 y 6.5.3.5.2 del Código CIG, no debería considerarse aceptable ninguna fractura producida después de un plegado de 180°.

2.8 **Prueba de fatiga:** la base para documentar el rendimiento adecuado en cuanto a la fatiga (curvas S-N) debería estar de acuerdo con el párrafo 4.18.2.4.2 del Código CIG. El alcance de las pruebas de fatiga se basa en la comparación con curvas S-N reconocidas para materiales metálicos (como IIW o DNVGL-RP-C203). Las pruebas de fatiga deberían basarse en un mínimo de 5 muestras de prueba en cada nivel de esfuerzo. En el caso de una "curva S-N de una pendiente", deberían someterse a prueba, como mínimo, tres niveles de esfuerzo. En el caso de las "curvas S-N de dos pendientes", deberá someterse a prueba un mayor número de niveles de esfuerzo. Como orientación, deberían seleccionarse niveles de esfuerzo en la banda de entre  $10^5$  y  $10^8$  ciclos.

**Criterios de aceptación:** los resultados de la prueba de fatiga deberían ser, como mínimo, iguales o mejores que la curva S-N de referencia.

2.9 **Prueba de corrosión:** el tipo de pruebas de corrosión que se efectúen dependerá del material y el tipo de soldadura que se deban permitir. Los ensayos deberían incluir pruebas de corrosión en general, de corrosión intergranular y de tensocorrosión. Las pruebas deberían llevarse a cabo de conformidad con las normas pertinentes.

**Criterios de aceptación:** de conformidad con la norma pertinente aprobada por la Administración para el servicio al que esté destinado el material.

---