

Abril 2010

TÍTULO

Recipientes a presión no sometidos a llama

Parte 2: Materiales

Unfired pressure vessels. Part 2: Materials.

Réipients sous pression non soumis à la flamme. Partie 2: Matériaux.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13445-2:2009.

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a las Normas UNE-EN 13445-2:2006, UNE-EN 13445-2:2006/A1:2008, UNE-EN 13445-2:2006/A2:2008, UNE-EN 13445-2:2006/A3:2009 y UNE-EN 13445-2:2006/A5:2009.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 62 *Bienes de equipo industriales y equipos a presión* cuya Secretaría desempeña BEQUINOR.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 20684:2010

© AENOR 2010
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

81 Páginas

Grupo 46

Versión en español

**Recipientes a presión no sometidos a llama
Parte 2: Materiales**

Unfired pressure vessels. Part 2: Materials.

Réipients sous pression non soumis à la
flamme. Partie 2: Matériaux.

Unbefeuerte Druckbehälter. Teil 2:
Werkstoffe.

Esta norma europea ha sido aprobada por CEN el 2009-06-30.

Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional. Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales pueden obtenerse en el Centro de Gestión de CEN, o a través de sus miembros.

Esta norma europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada al Centro de Gestión, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
CENTRO DE GESTIÓN: Avenue Marnix, 17-1000 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	5
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	6
2 NORMAS PARA CONSULTA.....	6
3 Términos, definiciones, símbolos y unidades	8
3.1 Términos y definiciones	8
3.2 Símbolos y unidades.....	9
4 Requisitos de los materiales a utilizar en las piezas que tienen que soportar presión.....	11
4.1 Generalidades	11
4.2 Disposiciones especiales	13
4.2.1 Propiedades especiales.....	13
4.2.2 Temperatura de diseño por encima de 20 °C.....	13
4.2.3 Prevención de la rotura frágil	14
4.2.4 Propiedades de diseño en el intervalo de fluencia	14
4.2.5 Requisitos específicos para aceros para elementos de fijación.....	14
4.3 Condiciones técnicas de suministro	14
4.3.1 Normas europeas.....	14
4.3.2 Aprobación europea para materiales	15
4.3.3 Evaluación de materiales particulares	15
4.3.4 Productos de revestimiento	15
4.3.5 Consumibles de soldeo	15
4.4 Marcado	15
5 Requisitos de los materiales a utilizar en las piezas que no tienen que soportar presión	15
ANEXO A (Normativo) SISTEMA DE AGRUPACIÓN DE ACEROS PARA EQUIPOS A PRESIÓN	16
ANEXO B (Normativo) REQUISITOS PARA LA PREVENCIÓN DE LA ROTURA FRÁGIL A BAJAS TEMPERATURAS.....	18
ANEXO C (Informativo) PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SOLDADURA A LA FLUENCIA (FRRSF).....	49
ANEXO D (Informativo) CONDICIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO PARA PRODUCTOS DE REVESTIMIENTO CON OBJETO DE SOPORTAR PRESIÓN.....	50
ANEXO E (Informativo) ACEROS EUROPEOS PARA RECIPIENTES A PRESIÓN.....	54
ANEXO Y (Informativo) DIFERENCIAS ENTRE LA NORMA EN 13445-2:2002 Y EN 13445-2:2009.....	78
ANEXO ZA (Informativo) CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 97/23/CE	79
BIBLIOGRAFÍA.....	80

PRÓLOGO

Esta Norma EN 13445-2:2009 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 54 *Recipientes a presión no sometidos a la acción de la llama*, cuya Secretaría desempeña BSI.

Esta norma europea debe recibir el rango de norma nacional mediante la publicación de un texto idéntico a ella o mediante ratificación antes de finales de diciembre de 2009, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de diciembre de 2009.

Se llama la atención sobre la posibilidad de que algunos de los elementos de este documento estén sujetos a derechos de patente. CEN y/o CENELEC no es(son) responsable(s) de la identificación de dichos derechos de patente.

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, y sirve de apoyo a los requisitos esenciales de las Directivas europeas.

La relación con las Directivas UE se recoge en el anexo informativo ZA, que forma parte integrante de esta norma.

Esta norma europea consta de las partes siguientes:

- *Parte 1: Generalidades.*
- *Parte 2: Materiales.*
- *Parte 3: Diseño.*
- *Parte 4: Fabricación.*
- *Parte 5: Inspección y ensayos.*
- *Parte 6: Requisitos adicionales para el diseño y la fabricación de recipientes a presión y piezas sometidas a presión fabricados de fundición de grafito esférico.*
- *CR 13445-7 Parte 7: Guía de utilización sobre el uso de los procedimientos de la evaluación de la conformidad.*
- *Parte 8: Requisitos adicionales para recipientes a presión de aluminio y aleaciones de aluminio.*
- *CEN/TR 13445-9 Parte 9: Conformidad de la serie EN 13445 con la Norma ISO 16528.*

Este documento reemplaza a la Norma EN 13445-2:2002. Esta nueva edición incorpora las modificaciones que hayan sido aprobadas previamente por los miembros de CEN, y las páginas corregidas hasta la Edición 36, sin ninguna modificación técnica. El anexo Y de la Norma EN 13445-1:2009 y el anexo Y de esta Parte proporcionan detalles de los cambios técnicos significativos entre esta norma europea y la de la edición anterior.

Las modificaciones a esta nueva edición pueden ser adoptadas en el futuro y utilizadas inmediatamente como alternativas a las normas contenidas en este documento. Su objetivo es ofrecer una nueva Edición de la Norma EN 13445:2009 cada año, que consolide las modificaciones y que incluya otras correcciones identificadas.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta norma europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Suecia y Suiza.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta parte de esta norma europea especifica los requisitos para los materiales (incluidos los materiales de revestimiento) para recipientes a presión no sometidos a la acción de la llama y soportes que están cubiertos por la Norma EN 13445-1:2009 y fabricados con materiales metálicos; y actualmente está limitada a aceros con suficiente ductilidad pero también está limitada, para componentes que trabajan en el intervalo de fluencia, a los materiales suficientemente dúctiles en fluencia.

Especifica los requisitos para la selección, inspección, ensayo y marcado de materiales metálicos para la fabricación de recipientes a presión no sometidos a la acción de la llama.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Esta norma europea incorpora disposiciones de otras publicaciones por su referencia, con o sin fecha. Estas referencias normativas se citan en los lugares apropiados del texto de la norma y se relacionan a continuación. Para las referencias con fecha, no son aplicables las revisiones o modificaciones posteriores de ninguna de las publicaciones. Para las referencias sin fecha, se aplica la edición en vigor del documento normativo al que se haga referencia (incluyendo sus modificaciones).

EN 764-1:2004 *Equipos a presión. Parte 1: Terminología. Presión, temperatura, volumen, diámetro nominal.*

EN 764-2:2002 *Equipos a presión. Parte 2: Cantidades, símbolos y unidades.*

EN 764-3:2002 *Equipos a presión. Parte 3: Definición de las partes involucradas.*

EN 1092-1:2007 *Bridas y sus uniones. Bridas circulares para tuberías, grifería, accesorios y piezas especiales, designación PN. Parte 1: Bridas de acero.*

EN 10002-1:2001 *Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente.*

EN 10028-2:2003 *Productos planos de acero para aplicaciones a presión. Parte 2: Aceros no aleados y aleados con propiedades especificadas a altas temperaturas.*

EN 10028-3:2003 *Productos planos de acero para aplicaciones a presión. Parte 3: Aceros soldables de grano fino en condición de normalizado.*

EN 10028-4:2003 *Productos planos de acero para aplicaciones a presión. Parte 4: Aceros aleados al níquel con propiedades especificadas a bajas temperaturas.*

EN 10028-5:2003 *Productos planos de acero para aplicaciones a presión. Parte 5: Aceros soldables de grano fino, laminados termomecánicamente.*

EN 10028-6:2003 *Productos planos de acero para aplicaciones a presión. Parte 6: Aceros soldables de grano fino, templados y revenidos.*

EN 10028-7:2007 *Productos planos de acero para aplicaciones a presión. Parte 7: Aceros inoxidables.*

EN 10045-1:1990 *Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque sobre probeta Charpy. Parte 1: Método de ensayo.*

EN 10164:2004 *Aceros de construcción con resistencia mejorada a la deformación en la dirección perpendicular a la superficie del producto. Condiciones técnicas de suministro.*

EN 10204:2004 *Productos metálicos. Tipos de documentos de inspección.*

EN 10216-3:2002, EN 10216-3:2002/A1:2004 *Tubos de acero sin soldadura para usos a presión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 3: Tubos de acero aleado de grano fino.*

EN 10216-4:2002, EN 10216-4:2002/A1:2004 *Tubos de acero sin soldadura para usos a presión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 4: Tubos de acero aleado y no aleado con características especificadas a baja temperatura.*

EN 10217-3:2002, EN 10217-3:2002/A1:2005 *Tubos de acero soldados para usos a presión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 3: Tubos de acero aleado de grano fino.*

EN 10217-4:2002, EN 10217-4:2002/A1:2005 *Tubos de acero soldados para usos a presión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 4: Tubos soldados eléctricamente de acero no aleado con características especificadas a baja temperatura.*

EN 10217-6:2002, EN 10217-6:2002/A1:2005 *Tubos de acero soldados para usos a presión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 6: Tubos soldados por arco sumergido de acero no aleado con características especificadas a baja temperatura.*

EN 10222-3:1998 *Piezas de acero forjadas para aparatos a presión. Parte 3: Aceros aleados al níquel con propiedades especificadas a baja temperatura.*

EN 10222-4:1998, EN 10222-4:1998/A1:2001 *Piezas de acero forjadas para aparatos a presión. Parte 4: Aceros soldables de grano fino de alto límite elástico.*

EN 10269:1999, EN 10269:1999/A1:2006 *Aceros y aleaciones de níquel para elementos de fijación para aplicaciones a baja y/o elevada temperatura.*

EN 10273:2007 *Barras laminadas en caliente de acero soldable para aparatos a presión, con características especificadas a temperaturas elevadas.*

EN 10291:2000 *Materiales metálicos. Ensayo de fluencia uniaxial en tracción. Método de ensayo.*

EN 12074:2000 *Consumibles para el soldeo. Requisitos de calidad para la fabricación, suministro y distribución de consumibles para el soldeo y técnicas afines.*

EN 13445-1:2009 *Recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 1: Generalidades.*

EN 13445-3:2009 *Recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 3: Diseño.*

EN 13445-4:2009 *Recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 4: Fabricación.*

EN 13445-5:2009 *Recipientes a presión no sometidos a llama. Parte 5: Inspección y ensayos.*

EN 13479:2004 *Consumibles para el soldeo. Norma general de producto para metales de aportación y fundentes para el soldeo por fusión de materiales metálicos.*

EN 20898-2:1993 *Características mecánicas de los elementos de fijación. Parte 2: tuercas con valores de carga de prueba especificados. Rosca de paso grueso (ISO 898-2:1992).*

EN ISO 898-1:1999 *Características mecánicas de los elementos de fijación fabricados de aceros al carbono y de aceros aleados. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones (ISO 898-1:1999).*

EN ISO 2566-1:1999 *Acero. Conversión de valores de alargamiento. Parte 1: Aceros al carbono y débilmente aleados (ISO 2556-1:1984).*

EN ISO 2566-2:1999 *Acero. Conversión de valores de alargamiento. Parte 2: Aceros austeníticos (ISO 2566-2:1984).*

EN ISO 3506-1:1997 *Características mecánicas de los elementos de fijación de acero inoxidable resistente a la corrosión. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones (ISO 3506-1:1997).*

EN ISO 3506-2:1997 *Características mecánicas de los elementos de fijación de acero inoxidable resistente a la corrosión. Parte 2: Tuercas (ISO 3506-2:1997).*

CR ISO 15608:2000 *Soldeo. Directrices para el sistema de agrupamiento de materiales metálicos (ISO/TR 15608:2000).*

3 TÉRMINOS, DEFINICIONES, SÍMBOLOS Y UNIDADES

3.1 Términos y definiciones

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones incluidos en la Norma EN 13445-1:2009, EN 764-1:2004, EN 764-3:2002 además de los siguientes:

3.1.1 temperatura mínima del metal T_M :

La temperatura más baja determinada para cualquiera de las condiciones siguientes (véanse también 3.1.2 y 3.1.3):

- operaciones normales;
- procedimientos de arranque y parada;
- posibles perturbaciones del proceso tales como evaporaciones instantáneas de fluidos que tienen un punto de ebullición a la presión atmosférica inferior a 0 °C;
- durante pruebas de presión o de fugas.

3.1.2 término de ajuste de la temperatura T_S :

Es pertinente para el cálculo de la temperatura de referencia de diseño T_R y depende de la tensión de tracción de la membrana calculado para la temperatura mínima del metal apropiada.

NOTA 1 Los valores para T_S se dan en la tabla B.2-12.

NOTA 2 Para la tensión de tracción de la membrana, puede consultarse en la Norma EN 13445-3:2009, anexo C.

3.1.3 temperatura de referencia de diseño T_R :

La temperatura utilizada para determinar los requisitos de resiliencia y que se establece sumando el ajuste de temperatura T_S a la temperatura mínima del metal T_M :

$$T_R = T_M + T_S$$

3.1.4 temperatura del ensayo de resiliencia T_{KV} :

La temperatura a la cual se tiene que conseguir la resistencia requerida a la energía de impacto (véase el capítulo B.2).

3.1.5 energía de impacto (ruptura de impacto) KV :

La energía absorbida por una muestra de material cuando se somete a un ensayo de entalla en V de Charpy, de acuerdo con la Norma EN 10045-1:1990.

3.1.6 espesor de referencia e_B :

Espesor de un componente que se tiene que utilizar para relacionar la temperatura de referencia de diseño T_R del componente con su temperatura del ensayo de resiliencia (choque) requerida T_{KV} , (véanse las tablas B.2-2 a B.2-7 y las figuras B.2-1 a B.2-11). Para piezas no soldadas, el espesor de referencia e_B es igual al espesor nominal de la pared (incluido el margen de corrosión). Para piezas soldadas el espesor de referencia se define en la tabla B.4-1.

3.1.7 factor de reducción de la resistencia de la soldadura a la fluencia (FRRSF):

Factor para tener en cuenta la posible reducción de la resistencia a la fluencia en una soldadura.

3.2 Símbolos y unidades

Para los fines de esta parte, se aplican los símbolos y unidades de la Norma EN 764-2:2002, junto con los recogidos en la tabla 3.2-1 y en la tabla 3.2-2.

Tabla 3.2-1 – Magnitudes para espacio y tiempo

Magnitud	Símbolo	Símbolo
tiempo	t	s, min, h, d, a
frecuencia	f	Hz
dimensión	Cualquier letra latina ^a	mm
longitud	l	mm
espesor	e	mm
margen de corrosión	c	mm
diámetro	d, D	mm
radio	r, R	mm
superficie	A, S	mm ²
volumen, capacidad	V	mm ³ ^{b, c}
peso	W	N, kN
densidad	ρ	kg/mm ³ ^d
momento de inercia	I	mm ⁴
módulo de resistencia	Z	mm ³
aceleración	γ	m/s ²
ángulo plano	Cualquier letra griega ^a	rad, °
^a Para los símbolos se puede utilizar cualquier letra minúscula, excepto aquellos definidos de otra manera en esta tabla. ^b el volumen también se puede expresar en m ³ o l. ^c El litro "l" es una unidad no perteneciente al sistema internacional que se puede utilizar con unidades del sistema internacional y sus múltiplos. ^d La densidad también se puede expresar en kg/m ³ .		

Tabla 3.2-2 – Magnitudes mecánicas

Magnitud ^a	Símbolo ^b	Símbolo
fuerza	F	N
momento	M	N·mm
presión	p, P	bar ^c , MPa
temperatura Celsius	T	°C
coeficiente de dilatación lineal	α	µm/m °C
tensión normal	σ	MPa
tensión cortante	τ	MPa
tensión nominal de diseño	f	MPa
resistencia a la tracción	R_m	MPa
resistencia a la tracción, a la temperatura t	$R_{m/T}$	MPa
límite de fluencia	R_e	MPa
límite de fluencia, a la temperatura t	$R_{e/T}$	MPa
límite superior de fluencia	R_{eH}	MPa
límite elástico 1%	$R_{p1,0}$	MPa
límite elástico 0,2%	$R_{p0,2}$	MPa
límite elástico 0,2% a la temperatura t	$R_{p0,2/T}$	MPa
módulo de elasticidad	E	MPa
modulo de corte	G	MPa
coeficiente de Poisson	ν	—
deformación	ϵ	%
alargamiento después de la rotura	A	%
energía de flexión por impacto o resiliencia	KV	J
dureza	HB, HV	—
coeficiente de la unión soldada	z	—
factor de seguridad	S	—
límite medio de fluencia al 1% de alargamiento para una temperatura de cálculo T y una vida útil t	$R_{p1,0/T/t}$	MPa
resistencia media a la ruptura por fluencia para una temperatura de cálculo T y una vida útil t	$R_{m/T/t}$	MPa
factor de reducción de la resistencia de la soldadura a la fluencia	z_c	—

^a Las magnitudes sin un índice de temperatura se refieren normalmente a temperatura ambiente.

^b Algunos de estos símbolos, como el R, f , no son parte de la Norma ISO 31.

^c "bar" es una unidad no perteneciente al sistema internacional que se puede utilizar con unidades del sistema internacional y sus múltiplos. La unidad bar debe utilizarse en placas de identificación, certificados, planos, manómetro e instrumentación y se utiliza siempre como una presión manométrica. Esto está conforme con los requisitos de la Directiva de Equipos a Presión 97/23/CE.

4 REQUISITOS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN LAS PIEZAS QUE TIENEN QUE SOPORTAR PRESIÓN

4.1 Generalidades

4.1.1 Los materiales destinados a utilizarse en las piezas que tengan que soportar presión deben cumplir los requisitos generales indicados en el apartado 4.1 y las disposiciones especiales del apartado 4.2, si procede. Los materiales destinados a las piezas que tengan que soportar presión deben pedirse cumpliendo con las condiciones técnicas de suministro indicadas en el apartado 4.3.

El marcado de los materiales para piezas que tengan que soportar presión se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.4.

Los materiales deben seleccionarse de manera que sean compatibles con las etapas de fabricación previstas y adecuados para el fluido interno y el entorno exterior. Tanto las condiciones de funcionamiento normales como las condiciones transitorias que se produzcan durante la fabricación, transporte, ensayos y funcionamiento deben tenerse en cuenta a la hora de especificar los materiales.

NOTA 1 Los requisitos de los apartados 4.1 y 4.2 también deberían cumplirse cuando se desarrollen condiciones técnicas de suministro para normas europeas de materiales, aprobación europea de materiales o evaluaciones de materiales concretos.

NOTA 2 Cuando se desarrollen condiciones técnicas de suministro para partes que tengan que soportar presión, deberían cumplirse la estructura y los requisitos de la Norma EN 764-4:2002. Las excepciones deberían justificarse técnicamente.

Los materiales deben agruparse de acuerdo con el Informe Técnico CR ISO 15608:2000 para relacionar los requisitos de fabricación e inspección con los tipos genéricos de materiales.

NOTA 3 Se han asignado materiales a estos grupos de acuerdo con su composición química y sus propiedades en relación con la fabricación y el tratamiento térmico después del soldeo.

4.1.2 Los materiales para partes que tengan que soportar presión que cumplan los requisitos de esta norma europea deben ir acompañados por documentos de inspección de acuerdo con la Norma EN 10204:2004. Debe requerirse un certificado de control específico (certificado del 3.1 o del 3.2) para todos los aceros si se utiliza el Diseño por Análisis—véase la Ruta Directa según el anexo B de la Norma EN 13445-3:2009.

NOTA El tipo de documento de inspección debería estar de acuerdo con la Norma EN 764-5:2002 e incluir una declaración de cumplimiento de la especificación del material.

4.1.3 Los materiales deben estar exentos de defectos superficiales e internos que puedan perjudicar la posibilidad de utilizarlos según lo pretendido.

4.1.4 Los aceros deben tener un alargamiento mínimo especificado después de la rotura, medido sobre una longitud de referencia.

$$L_o = 5,65 \sqrt{S_o} \quad (4.1-1)$$

donde

S_o es la sección transversal original dentro de la longitud de referencia.

El alargamiento mínimo después de la rotura (en cualquier dirección) debe ser $\geq 14\%$;

Sin embargo, también pueden admitirse valores inferiores del alargamiento (por ejemplo, para elementos de fijación o piezas fundidas), siempre que se adopten las medidas apropiadas para compensar estos valores inferiores y que puedan verificarse los requisitos específicos.

NOTA Ejemplos para compensación:

- aplicación de factores de seguridad superiores en el diseño;
- realización de ensayos de estallido para demostrar el comportamiento dúctil del material.

4.1.5 Cuando se hagan mediciones sobre una longitud de referencia distinta de la indicada en el apartado 4.1.4, el alargamiento mínimo después de la rotura debe determinarse convirtiendo el alargamiento indicado en dicho apartado de acuerdo con:

- la Norma EN ISO 2566-1:1999 para aceros al carbono y aceros (aleados) de baja (contenido de) aleación;
- la Norma EN ISO 2566-2:1999 para aceros austeníticos.

4.1.6 Los aceros deben tener un valor de resiliencia (energía de choque) mínima especificada, medida en una probeta del ensayo de resiliencia (choque) de entalla en V de Charpy (véase la Norma EN 10045-1:1990) de acuerdo con lo siguiente:

- ≥ 27 J para aceros ferríticos y aceros aleados con contenido de níquel comprendido entre el 1,5% y el 5%;
- ≥ 40 J para aceros de los grupos de materiales 8, 9.3 y 10.

a una temperatura de ensayo de acuerdo con el anexo B, pero no superior a 20 °C. También se deben aplicar los demás requisitos del anexo B.

4.1.7 La composición química de los aceros destinados a soldeo o conformación no debe presentar valores superiores a los indicados en la tabla 4.1-1. La línea 2 de la tabla hace referencia a los recipientes o partes de éstos diseñados empleando el Diseño por Análisis – Ruta Directa de acuerdo con el anexo B de la Norma EN 13445-3:2009. Las excepciones deben justificarse técnicamente.

Tabla 4.1-1 – Contenidos máximos de carbono, fósforo y azufre para aceros destinados a soldadura o conformación

Grupo de aceros (de acuerdo con la tabla A-1)	Contenido máximo del análisis de la colada (fundición)		
	% C	% P	% S
Aceros (1 a 6 y 9)	0,23 ^a	0,035	0,025
Aceros (1 a 6 y 9) Cuando se utilice DBA – Ruta Directa ^c	0,20	0,025	0,015
Aceros inoxidables ferríticos (7.1)	0,08	0,040	0,015
Aceros inoxidables martensíticos (7.2)	0,06	0,040	0,015
Aceros inoxidables austeníticos (8.1)	0,08	0,045	0,015 ^b
Aceros inoxidables austeníticos (8.2)	0,10	0,035	0,015
Aceros inoxidables austeníticos/ferríticos (10)	0,030	0,035	0,015
^a Contenido máximo del análisis del producto 0,25%. ^b Para productos que tengan que mecanizarse, se permite un contenido de azufre controlado del 0,015% al 0,030% mediante acuerdo, siempre que la resistencia a la corrosión sea la adecuada para el uso pretendido. ^c Además, de la relación de reducción del espesor (relación con respecto al espesor inicial del bloque/lingote con respecto al espesor final de la placa) debe ser igual o superior a: – 4 para aceros NL2 y para aceros del grupo de material 9; – 3 para otros materiales.			

4.2 Disposiciones especiales

4.2.1 Propiedades especiales

4.2.1.1 Generalidades

Cuando el comportamiento de un material pueda verse afectado por procesos de fabricación o condiciones de funcionamiento hasta un punto tal que pueda afectar adversamente a la seguridad o la vida de servicio del recipiente a presión, esto debe tenerse en cuenta a la hora de especificar el material.

Efectos adversos pueden ser el resultado de:

- procesos de fabricación: por ejemplo, grado de conformación en frío y tratamiento térmico;
- condiciones de funcionamiento: por ejemplo, fragilización por hidrógeno, corrosión, formación de óxido y envejecimiento del material después de la conformación en frío.

4.2.1.2 Desgarramiento laminar

Cuando sea necesario hacer frente al desgarramiento laminar debido al diseño de las uniones y a las cargas, se deben utilizar aceros que tengan propiedades mejoradas de deformación perpendicularmente a la superficie y se deben verificar de acuerdo con la Norma EN 10164:2004.

NOTA Para obtener una orientación, véase la Norma EN 1011-2.

4.2.2 Temperatura de diseño por encima de 20 °C

4.2.2.1 Un material sólo debe utilizarse para partes sometidas a presión dentro del intervalo de temperaturas para el cual las propiedades del material requeridas por la Norma EN 13445-3:2009 estén definidas en la especificación técnica del material. Si las condiciones técnicas de suministro no contienen los valores específicos del material necesarios para la temperatura admisible T_S , los valores requeridos según la Norma EN 13445-3:2009 deben determinarse mediante interpolación lineal entre los dos valores adyacentes. Los valores no deben redondearse por exceso.

Para aceros inoxidables distintos de los austeníticos y austeníticos/ferríticos, el valor R_{eH} ($R_{p0.2}$) de la temperatura ambiente (RT) puede utilizarse para temperaturas inferiores o iguales a 50 °C. La interpolación entre 50 °C y 100 °C debe realizarse con los valores de RT y 100 °C, utilizando como punto de partida para la interpolación 20 °C. Por encima de 100 °C, la interpolación lineal debe realizarse entre los valores tabulados dados en la tabla.

4.2.2.2 Puesto que las propiedades de resiliencia (resistencia al impacto) del material, pueden verse afectadas por estancias (mantenimiento) frecuentes o durante largos períodos a temperaturas elevadas, se presupone que las temperaturas y períodos de exposición a temperaturas elevadas deben registrarse para someterlos a revisión durante la inspección en servicio. La influencia de dicha exposición sobre la esperanza de vida debe estimarse y registrarse.

Para operaciones tales como secado y limpieza de recipientes a presión, los aceros con propiedades especificadas a temperatura baja, pero sin valores de límite elástico del 0,2% a temperatura elevada, pueden sin embargo utilizarse a temperaturas elevadas para procesos de secado y limpieza, siempre que los valores de límite elástico (resistencia a la tracción) del 0,2% utilizados en los cálculos de diseño para temperaturas elevadas deben obtenerse multiplicando los valores especificados mínimos del límite elástico a 20 °C por el factor indicado en la tabla 4.2-1.

Tabla 4.2-1 – Factores de reducción del límite elástico para aceros para temperaturas moderadas (bajas)

Acero	Temperatura T			
	100 °C	200 °C	250 °C	300 °C
Templado y revenido	0,75	0,68	0,64	0,60
Normalizado o tratado termomecánicamente	0,70	0,58	0,53	0,48

La interpolación debe realizarse según lo indicado el apartado 4.2.2.1.

4.2.3 Prevención de la rotura frágil

Deben aplicarse los requisitos del anexo B.

4.2.4 Propiedades de diseño en el intervalo de fluencia

4.2.4.1 Propiedades de fluencia del material de base

Para la interpolación y la extrapolación de las propiedades de fluencia dadas en la norma del material véase el capítulo 19 de la Norma EN 13445-3:2009.

Cuando las propiedades de fluencia no están disponibles en una norma de material, deben determinarse utilizando la Norma EN 10291:2000.

4.2.4.2 Propiedades de fluencia de las soldaduras

Las propiedades de fluencia de las uniones soldadas sometidas a tensiones normales para la soldadura pueden diferir significativamente de las del material de base.

Para el diseño de recipientes en el intervalo de fluencia, esto se tiene en cuenta en la Norma EN 13445-3:2009, haciendo uso de un factor de reducción de la resistencia de la soldadura a la fluencia z_c obtenido a partir de ensayos en las soldaduras. Si no hay datos disponibles, se utiliza un valor de z_c por defecto.

En el anexo C (véase también la referencia [17]) se da un método aceptable para determinar z_c mediante ensayos de tracción transversales sobre las uniones soldadas.

4.2.5 Requisitos específicos para aceros para elementos de fijación

Los elementos de fijación incluyen pernos, bulones y tuercas.

No debe utilizarse acero de corte libre. La tornillería fabricada de acero al carbono o de acero ferrítico al níquel con un contenido de níquel superior al 3,5% no debe utilizarse por encima de 300 °C.

La resistencia mínima a la tracción especificada de los materiales en barra de aceros ferríticos o martensíticos para pernos no debe ser superior a 1 000 MPa. El alargamiento mínimo del material en barra después de la rotura debe ser, como mínimo, $A_5 = 14\%$.

Los requisitos de resiliencia para aceros ferríticos y martensíticos se especifican en el apartado B.2.2.4.

El material de los pernos con una temperatura de diseño inferior a -160 °C debe someterse a ensayo de resiliencia a -196 °C.

Cuando proceda, deben tenerse en cuenta las propiedades de fragilización por hidrógeno, fatiga o relajación.

NOTA 1 Puede ser necesario establecer requisitos detallados sobre las condiciones de la superficie y el buen estado interno de la barra.

NOTA 2 Los materiales para elementos de fijación que cumplan los requisitos de esta norma deberían certificarse de acuerdo con la Norma EN 10204:2004.

4.3 Condiciones técnicas de suministro

4.3.1 Normas europeas

Deben utilizarse las normas europeas para chapas, pletinas, barras, tubos, piezas forjadas y piezas fundidas sometidas a presión.

NOTA 1 La tabla E.2-1 proporciona una lista de materiales para las aplicaciones a presión específicas en las normas armonizadas.

NOTA 2 La tabla E.1-1 contiene un resumen informativo de las normas europeas para aceros y componentes en acero para recipientes a presión.

Las disposiciones particulares requeridas para la fabricación y el funcionamiento deben tenerse en cuenta, si procede.

4.3.2 Aprobación europea para materiales

Un material especificado en una EMDS para recipientes a presión únicamente debe utilizarse dentro de su intervalo de aplicación y si se ha tenido en cuenta lo indicado en los apartados 4.1 y 4.2.

4.3.3 Evaluación de materiales particulares

Pueden utilizarse materiales distintos de los especificados en los apartados 4.3.1 y 4.3.2 siempre que hayan sido aceptados por una evaluación del material particular y si se ha tenido en cuenta lo indicado en los apartados 4.1 y 4.2.

4.3.4 Productos de revestimiento

Las condiciones técnicas de suministro para productos de revestimiento para partes sometidas a presión deben estar de acuerdo con los requisitos del anexo D.

NOTA 1 Actualmente, no existen normas europeas que especifiquen condiciones técnicas de suministro para productos de revestimiento en aplicaciones de presión.

NOTA 2 En las referencias [2] a [4] se incluyen ejemplos de documentos nacionales que cubren condiciones técnicas de suministro para aceros revestidos.

4.3.5 Consumibles de soldeo

Las condiciones técnicas de suministro de los consumibles de soldeo utilizados para el soldeo de partes a presión y de accesorios unidos a partes a presión deben estar de acuerdo con las Normas EN 13479:2004 y EN 12074:2000.

NOTA Se aceptan especificaciones nacionales/internacionales equivalentes que cumplan los mismos criterios respecto a los requisitos para el sistema de aseguramiento de la calidad y los requisitos para fabricación, suministro, distribución, métodos de ensayo y evaluación de consumibles.

4.4 Marcado

El marcado de los productos o de las unidades entregadas debe asegurar la trazabilidad entre el producto o unidad suministrada y los documentos de inspección.

Para materiales según normas europeas, el marcado debe cumplir los requisitos de la norma del producto correspondiente.

Para materiales no contenidos en una norma europea, el marcado debe contener como mínimo:

- la especificación del material (referencia, designación del material);
- el nombre o marca de los fabricantes;
- el sello del representante de inspección, si procede.

Para materiales suministrados con una inspección específica, el marcado debe incluir una identificación que permita la correlación entre el producto o unidad suministrada y el documento de inspección correspondiente.

5 REQUISITOS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN LAS PIEZAS QUE NO TIENEN QUE SOPORTAR PRESIÓN

Para piezas que no tienen que soportar presión, por ejemplo, para patas de apoyo, camisas, deflectores y otras piezas similares soldadas a recipientes a presión, se debe utilizar material que se suministre de acuerdo con especificaciones de materiales que cubran al menos los requisitos relativos a la composición química y a las propiedades de resistencia a la tracción. Estos materiales no deben limitar las condiciones de funcionamiento del material al cual se fijan.

ANEXO A (Normativo)

SISTEMA DE AGRUPACIÓN DE ACEROS PARA EQUIPOS A PRESIÓN

Los aceros deben agruparse según se indica en la tabla A-1. Las cifras dadas en el grupo 1 se refieren al análisis de la colada de los materiales. Las cifras dadas en los grupos 4 a 10 se basan en el contenido del elemento utilizado para la designación de las aleaciones.

Tabla A-1 – Sistema de agrupación para aceros (según el Informe Técnico CR ISO 15608:2000)

Grupo	Subgrupo	Tipo de acero
1		Aceros con un límite elástico mínimo especificado de $R_{eH} \leq 460$ MPa^a y con un análisis en % $C \leq 0,25$ $Si \leq 0,60$ $Mn \leq 1,70$ $Mo \leq 0,70^b$ $S \leq 0,045$ $P \leq 0,045$ $Cu \leq 0,40^b$ $Ni \leq 0,5^b$ $Cr \leq 0,3$ (0,4 para piezas fundidas)^b $Nb \leq 0,05$ $V \leq 0,12^b$ $Ti \leq 0,05$
	1.1	Aceros con un límite elástico mínimo especificado $R_{eH} \leq 275$ MPa
	1.2	Aceros con un límite elástico mínimo especificado $275 \text{ MPa} < R_{eH} \leq 360$ MPa
	1.3	Aceros de grano fino normalizado con un límite elástico mínimo especificado $R_{eH} > 360$ MPa
	1.4	Aceros con una resistencia a la corrosión atmosférica mejorada cuyos análisis pueden superar los requisitos individuales según lo indicado en el punto 1
2		Aceros de grano fino tratados termomecánicamente y aceros fundidos con un límite elástico mínimo especificado $R_{eH} > 360$ MPa
	2.1	Aceros de grano fino tratados termomecánicamente y aceros fundidos con un límite elástico mínimo especificado $360 \text{ MPa} < R_{eH} \leq 460$ MPa
	2.2	Aceros de grano fino tratados termomecánicamente y aceros fundidos con un límite elástico mínimo especificado $R_{eH} > 460$ MPa
3		Aceros templados y revenidos, y aceros endurecidos por precipitación, excepto aceros inoxidables con un límite elástico mínimo especificado $R_{eH} > 360$ MPa
	3.1	Aceros templados y revenidos con un límite elástico mínimo especificado $360 \text{ MPa} < R_{eH} \leq 690$ MPa
	3.2	Aceros templados y revenidos con un límite elástico mínimo especificado $R_{eH} > 690$ MPa
	3.3	Aceros endurecidos por precipitación, excepto aceros inoxidables
4		Aceros aleados al Cr-Mo-(Ni) con bajo contenido de vanadio y con $Mo \leq 0,7\%$ y $V \leq 0,1\%$
	4.1	Aceros con contenidos de $Cr \leq 0,3\%$ y $Ni \leq 0,7\%$
	4.2	Aceros con contenidos de $Cr \leq 0,7\%$ y $Ni \leq 1,5\%$

Grupo	Subgrupo	Tipo de acero
5		Aceros al Cr-Mo exentos de vanadio y con contenido de $C \leq 0,35\%$ ^c
	5.1	Aceros con contenidos de $0,75\% \leq Cr \leq 1,5\%$ y $Mo \leq 0,7\%$
	5.2	Aceros con contenidos de $1,5\% < Cr \leq 3,5\%$ y $0,7 < Mo \leq 1,2\%$
	5.3	Aceros con contenidos de $3,5\% < Cr \leq 7,0\%$ y $0,4 < Mo \leq 0,7\%$
	5.4	Aceros con contenidos de $7,0\% < Cr \leq 10\%$ y $0,7 < Mo \leq 1,2\%$
6		Aceros aleados al Cr-Mo-(Ni) con alto contenido de vanadio
	6.1	Aceros con contenidos de $0,3\% \leq Cr \leq 0,75\%$, $Mo \leq 0,7\%$ y $V \leq 0,35\%$
	6.2	Aceros con contenidos de $0,75\% < Cr \leq 3,5\%$, $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$ y $V \leq 0,35\%$
	6.3	Aceros con contenidos de $3,5\% < Cr \leq 7,0\%$, $Mo \leq 0,7\%$ y $0,45\% \leq V \leq 0,55\%$
	6.4	Aceros con contenidos de $7,0\% < Cr \leq 12,5\%$, $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$ y $V \leq 0,35\%$
7		Aceros inoxidables ferríticos, martensíticos o endurecidos por precipitación con contenidos de $C \leq 0,35\%$ y $10,5\% \leq Cr \leq 30\%$
	7.1	Aceros inoxidables ferríticos
	7.2	Aceros inoxidables martensíticos
	7.3	Aceros inoxidables endurecidos por precipitación
8		Aceros austeníticos
	8.1	Aceros inoxidables austeníticos con contenidos de $Cr \leq 19\%$
	8.2	Aceros inoxidables austeníticos con contenidos de $Cr > 19\%$
	8.3	Aceros inoxidables austeníticos al manganeso con contenidos de $4\% < Mn \leq 12\%$
9		Aceros al níquel $Ni \leq 10\%$
	9.1	Aceros al níquel $Ni \leq 3\%$
	9.2	Aceros al níquel $3\% < Ni \leq 8\%$
	9.3	Aceros al níquel $8\% < Ni \leq 10\%$
10		Aceros inoxidables austeníticos ferríticos (dúplex)
	10.1	Aceros inoxidables austeníticos ferríticos con contenidos de $Cr \leq 24\%$
	10.2	Aceros inoxidables austeníticos ferríticos con contenidos de $Cr > 24\%$
^a De acuerdo con la especificación de las normas de productos de acero, R_{eH} puede sustituirse por $R_{p0,2}$ o $R_{t0,5}$. ^b Es aceptable un valor superior siempre que $Cr + Mo + Ni + Cu + V \leq 0,75\%$. ^c "Exento de vanadio" significa que no se ha añadido deliberadamente vanadio al material.		

ANEXO B (Normativo)**REQUISITOS PARA LA PREVENCIÓN DE LA ROTURA FRÁGIL A BAJAS TEMPERATURAS****B.1 Generalidades**

Este anexo distingue entre los equipos sometidos a presión según que sus temperaturas de diseño en funcionamiento normal sean superiores o inferiores a 50 °C.

Para los equipos sometidos a presión con temperaturas de funcionamiento en régimen normal superiores a 50 °C, se aplica el capítulo B.5. Si el capítulo B.5 no es aplicable, deben utilizarse las siguientes reglas para temperaturas más bajas de funcionamiento en régimen normal.

Para equipos sometidos a presión con temperaturas de diseño inferiores o iguales a 50 °C, este anexo especifica tres métodos alternativos para establecer criterios para la prevención de rotura frágil a bajas temperaturas¹⁾ de aceros que se presentan en forma de chapa, bandas, tubos, accesorios, coladas, bridas, elementos de fijación, forjados y soldados utilizados en las partes sometidas a presión. Los criterios están basados en requisitos de energía de choque a las temperaturas especificadas para el material de base, la zona afectada térmicamente (incluida la línea de fusión) y los metales soldados.

Los tres métodos son:

Método 1 Código de buenas prácticas

- a) Requisitos técnicos basados en la selección de $T_R = T_{27J}$ según lo especificado en las normas europeas armonizadas de materiales y la hipótesis de que es posible lograr estas propiedades mínimas después de fabricación. Calculadas según los principios de la mecánica de la rotura utilizada según el método 2 para los aceros al carbono y al carbono-manganeso poseen un límite de elasticidad inferior a 460 MPa, y
- b) basados en la experiencia en servicio de los aceros aleados al níquel con $Ni \geq 3\%$ hasta 9%, para aceros austeníticos y para pernos y tuercas.

Método 2 Método desarrollado según los principios de rotura mecánica y de la experiencia en servicio:

Una aproximación más flexible que el método 1 para la deducción de los requisitos técnicos aplicables a los aceros al carbono, al carbono manganeso y a los aceros ferríticos de baja aleación con un límite de elasticidad mínimo ≤ 500 MPa y para aceros austenoferríticos con un límite de elasticidad mínimo ≤ 550 MPa. Este método puede aplicarse para estos aceros para un rango más amplio de espesor y temperaturas que el método 1 porque T_R no debe ser igual a T_{27J} (véanse las figuras B.2-1 a B.2-11). Además para aceros ferríticos que posean un límite de elasticidad máximo de 355 MPa en las condiciones de tratamiento térmico después del soldeo (PWHT), se toma en consideración la experiencia en servicio por los espesores mayores.

Método 3 La aplicación del análisis por la mecánica de la rotura. Este método general es aplicable a los casos no cubiertos por los métodos 1 ó 2. Este método puede ser utilizado también para justificar las desviaciones de los requisitos del método 1 ó 2. Únicamente proporciona indicaciones generales para la utilización de este método, que debe ser únicamente utilizado con el acuerdo de las partes interesadas.

Cada uno de los tres métodos puede ser utilizado independientemente. Es únicamente necesario satisfacer los requisitos de uno de estos métodos.

1) Incluidas las temperaturas a la presión de ensayo.

Todas las combinaciones aplicables de las temperaturas T_M (temperatura mínima del metal) y T_S (término de ajuste de la temperatura) deben tenerse en cuenta y el menor valor posible T_R (temperatura de referencia del diseño) debe utilizarse para la determinación de la temperatura requerida para el ensayo de choque del material.

NOTA Para las definiciones de los términos relativos a la temperatura, véanse los apartados del 3.1.1 al 3.1.4.

B.2 Requisitos para la selección de material y la energía de choque

B.2.1 Introducción

Los métodos especificados en el apartado B.2.2 (método 1) o el apartado B.2.3 (método 2) deben utilizarse para determinar la energía de choque requerida para evitar la rotura frágil. Como alternativa puede utilizarse el apartado B.2.4 (método 3) para la determinación de la tenacidad requerida. El método utilizado debe ser documentado completamente, para asegurar que puede verificarse su conformidad.

El espesor de referencia para los detalles de construcción se define en la tabla B.4-1.

B.2.2 Método 1

B.2.2.1 Generalidades

El método 1 permite la selección de los materiales tomados de las normas europeas armonizadas de materiales respecto a la prevención de la rotura frágil. La tabla B.2-1 proporciona una vista general de las tablas siguientes por tipo de acero y por forma del producto.

El metal soldado, la zona afectada térmicamente y otras partes afectadas por el proceso de fabricación deben satisfacer los mismos requisitos de energía de choque que las propiedades mínimas garantizadas para el material de base a temperatura T_R indicadas en las tablas.

La tabla enumera una lista de temperaturas de referencia de diseño para espesores máximos a unos niveles de resistencia dados representados por los aceros especificados en las normas europeas armonizadas de materiales, con las propiedades mínimas garantizadas de resistencia y de choque. Cuando no sea posible alcanzar estas propiedades mínimas después de la fabricación, debe seleccionarse un material de partida más tenaz.

Tabla B.2-1 – Guía de selección de los materiales

Tabla	Forma del material o del producto	Grupo de acero	Apartado
B.2-2	Chapas y flejes	Aceros ferríticos	B.2.2.2
B.2-3	Tubos sin soldadura y soldados		
B.2-4	Barras		
B.2-5	Piezas forjadas		
B.2-6	Aceros aleados al níquel ($1,5 < Ni \leq 5\%$)	Aceros ferríticos	B.2.2.3
B.2-7	Aceros aleados al níquel (9% Ni)		
B.2-8	Pernos y tuercas	Aceros ferríticos Aceros austeníticos	B.2.2.4
B.2-9			
B.2-10			
B.2-11	Grados de acero austenítico	Aceros austeníticos	B.2.2.5

NOTA Los requisitos para los aceros austenoferríticos únicamente se indican en el apartado B.2.3 (método 2).

Cuando no se puedan obtener probetas de al menos 5 mm de anchura, el material no necesita someterse a ensayos de choque.

Los valores de la temperatura de referencia de diseño T_R deben calcularse a partir de la temperatura del metal T_M utilizando los valores de ajuste de temperatura T_S indicados en la tabla B.2-12.

B.2.2.2 Aceros ferríticos

Las tablas B.2-2 a B.2-5 enumeran los aceros ferríticos tomados de las normas europeas armonizadas de materiales con propiedades de choque por debajo de -10 °C .

El valor tabulado de T_R se basa en la temperatura de ensayo de choque T_{KV} , para $KV = 27\text{ J}$.

Tabla B.2-2 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia de chapas y flejes

Chapas y flejes								
Nº según la tabla E.2-1	Norma europea	Grado	Nº de material	Espesor de referencia máximo e_B		Temperatura de referencia de diseño T_R (°C)	Grupo de material según el Informe Técnico CR ISO 15608:2000	Observaciones
				Soldadura en bruto	PWHT			
1	EN 10028-2:2003	P235GH	1.0345	35	90	− 20	1.1	
2		P265GH	1.0425	35	75			
3		P295GH	1.0481	35	65		1.2	
4		P355GH	1.0473	35	55			
29	EN 10028-3:2003	P275NH	1.0487	35	75	− 20	1.1	
30		P275NL1	1.0488	35	75	− 40		
31		P275NL2	1.1104	35	90	− 50		
32		P355N	1.0562	35	55	− 20	1.2	
33		P355NH	1.0565	35	55	− 20		
34		P355NL1	1.0566	35	55	− 40		
35		P355NL2	1.1106	35	55	− 50		
39	EN 10028-4:2003	11MnNi5-3	1.6212	35	50	− 60	9.1	
40		13MnNi6-3	1.6217	35	50	− 60		
41		15NiMn6	1.6228	35	50	− 80		
50	EN 10028-5:2003	P355M	1.8821	35	−	− 20	1.2	^a
51		P355ML1	1.8832	35	−	− 40		^a
52		P355ML2	1.8833	35	−	− 50		^a
53		P420M	1.8824	35	−	− 20	2.1	^a
54		P420ML1	1.8835	35	−	− 40		^a
55		P420ML2	1.8828	35	−	− 50		^a
59		EN 10028-6:2003	P355Q	1.8866	35	60	− 20	1.2
60	P355QH		1.8867	35	60	− 20		
61	P355QL1		1.8868	35	60	− 40		
62	P355QL2		1.8869	35	60	− 60	1.2	

^a Los aceros laminados termo-mecánicamente (TMCP) no deben tratarse después de soldados.

^a Los aceros laminados termo-mecánicamente (TMCP) no deben tratarse después de soldados.

Tabla B.2-3 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia de tubos sin soldadura y soldados

Tubos sin soldadura y soldados								
Nº según la tabla E.2-1	Norma europea	Grado	Nº de material	Espesor de referencia máximo e_B		Temperatura de referencia de diseño T_R (°C)	Grupo de material según el Informe Técnico CR ISO 15608:2000	Observaciones
				Soldadura en bruto	PWHT			
231	EN 10216-3:2002	P275NL1	1.0488	35	75	– 40	1.1	
232		P275NL2	1.1104	35	75	– 50		
233		P355N	1.0562	35	55	– 20	1.2	
234		P355NH	1.0565	35	55	– 20		
235		P355NL1	1.0566	35	55	– 40		
236		P355NL2	1.1106	35	55	– 50		
248	EN 10216-4:2002	P215NL	1.0451	10	10	– 40	1.1	^a
249		P255QL	1.0452	35	40	– 50		
250		P265NL	1.0453	25	25	– 40		
251		26CrMo4-2	1.7219	15	40	– 60	5.1	
252		11MnNi5-3	1.6212	35	40	– 60	9.1	
253		13MnNi6-3	1.6217	35	40	– 60	9.1	
306	EN 10217-3:2002	P275NL1	1.0488	35	40	– 40	1.1	
307		P275NL2	1.1104	35	40	– 50		
308		P355N	1.0562	35	40	– 20	1.2	
309		P355NH	1.0565	35	40	– 20		
310		P355NL1	1.0566	35	40	– 40		
311		P355NL2	1.1106	35	40	– 50		
316	EN 10217-4:2002	P215NL	1.0451	10	10	– 40	1.1	^a
317		P265NL	1.0453	16	16	– 40	1.1	^a
321	EN 10217-6:2002	P215NL	1.0451	10	10	– 40	1.1	^a
322		P265NL	1.0453	25	25	– 40	1.1	^a

^a La limitación en espesor resulta de la limitación de espesor de pared en la norma europea de material y en las normas europeas de componentes respectivamente.

Tabla B.2-4 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia para las barras

Barras								
Nº según la tabla E.2-1	Norma europea	Grado	Nº de material	Espesor de referencia máximo e_B		Temperatura de referencia de diseño T_R (°C)	Grupo de material según el Informe Técnico CR ISO 15608:2000	Observaciones
147	EN 10273:2007	P275NH	1.0487	Soldadura en bruto	PWHT	- 20	1.1	
148		P355NH	1.0565				1.2	
150		P355QH	1.8867				1.2	

Tabla B.2-5 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia para piezas forjadas

Piezas forjadas								
Nº según la tabla E.2-1	Norma europea	Grado	Nº de material	Espesor de referencia máximo e_B		Temperatura de referencia de diseño T_R (°C)	Grupo de material según el Informe Técnico CR ISO 15608:2000	Observaciones
367	EN 10222-3:1998	13MnNi6-3	1.6217	Soldadura en bruto	PWHT	- 60	9.1	
369		15NiMn6	1.6228			- 80	9.1	
378	EN 10222-4:1998	P285QH	1.0478			- 20	1.2	
380		P355QH1	1.0571			- 20	1.2	
382		P420QH	1.8936			- 20	3.1	

B.2.2.3 Aceros aleados al níquel (Ni > 1,5%)

La tabla B.2-6 enumera aceros aleados al níquel hasta el 5% (éste incluido) de níquel tomados de las normas europeas armonizadas de material.

La tabla B.2-7 enumera aceros aleados al níquel con 9% de níquel tomados de las normas europeas armonizadas de material.

Los valores tabulados de T_R se basan en la temperatura de ensayo de choque T_{KV} para $KV = 27$ J.

Tabla B.2-6 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia para aceros aleados al níquel con $1,5\% < \text{Ni} \leq 5\%$

Aceros aleados al níquel con 1,5% < Ni ^a ≤ 5%								
Nº según la tabla E.2-1	Norma europea	Grado	Nº de material	Espesor de referencia máximo e _B		Temperatura de referencia de diseño T _R (°C)	Grupo de material según el Informe Técnico CR ISO 15608:2000	Observaciones
				Soldadura en bruto	PWHT			
chapas y flejes								
42	10028-4:2003	12Ni14	1.5637	35	80	– 100	9.2	b
43		X12Ni5	1.5680	35	80	– 120		
tubos sin soldadura								
254	EN 10216-4:2001	12Ni14	1.5637	25	–	– 100	9.2	b
255		12Ni14		35	40	– 90		b
256		X12Ni5	1.5680	25	–	– 120		
257		X12Ni5		35	40	– 110		
piezas forjadas								
370	EN 10222-3:1998	12Ni14	1.5637	35	–	– 100	9.2	b
371		12Ni14		35	50			b
372		12Ni14		35	70			b
373		X12Ni5	1.5680	35	–	– 120		
374		X12Ni5		35	50			
^a El contenido de níquel es nominal.								
^b Si se utiliza a – 105 °C (por ejemplo, para aplicación de etileno), entonces deben garantizarse 27 J a esa temperatura.								
NOTA La limitación de espesor resulta de la limitación de espesor de pared de la norma europea de material.								

Tabla B.2-7 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia para aceros aleados al níquel con 9% Ni

9% - Ni ^a aceros								
Nº según la tabla E.2-1	Norma europea	Grado	Nº de materia l	Espesor de referencia máximo <i>e_B</i> Soldadura en bruto PWHT		Temperatura de referencia de diseño <i>T_R</i> (°C)	Grupo de material según el Informe Técnico CR ISO 15608:2000	Obser- vaciones
chapas y flejes								
44	10028-4:2003	X8Ni9	1.5662	— ^b		– 196	9.3	
48		X7Ni9	1.5663					
tubos sin soldadura								
258	EN 10216-4:2001	X10Ni9	1.5682	— ^b		– 196	9.3	
piezas forjadas								
375	EN 10222-3:1998	X8Ni9	1.5662	— ^b		– 196	9.3	
^a El contenido de níquel es nominal.								
^b Los materiales pueden ser utilizados al espesor máximo permitido en las normas europeas armonizadas de materiales.								

B.2.2.4 Pernos y tuercas

Para otros pernos y tuercas que los proporcionados en la tabla B.2-8 se requiere un valor especificado de energía de rotura mínima por choque de 40 J a la temperatura $T_{KV} = RT$ para $T_M \geq -10\text{ °C}$.

Si T_M es inferior que -10 °C , se requiere un valor especificado de energía de rotura mínima por choque de 40 J a la temperatura $T_{KV} \leq T_M$.

Excepto para materiales de tornillería fabricados a partir de aceros inoxidable austeníticos especificados en la tabla B.2-9 y B.2-10, los materiales de tornillería en los que la temperatura de cálculo es inferior a -160 °C deben someterse a ensayos de choque a -196 °C .

Tabla B.2-8 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia para tuercas y pernos para $T_M \geq -10\text{ °C}$

Norma europea	Tipo de material ^a	Limitación de espesor	Ensayo de choque KV para $T_M \geq -10\text{ °C}$	Temperatura de ensayo/valor
EN 10269:1999	Todos los aceros	Según la Norma EN 10269:1999	Según la tabla 4 de la Norma EN 10269:1999	Según la tabla 4 de la Norma EN 10269:1999
EN ISO 898-1:1999	5.6	$M \leq 39$	$M \geq 16$	+ 20 °C / 40 J
	8.8	$M \leq 39$	$M \geq 16$	+ 20 °C / 52 J
EN 20898-2:1993	5	$M \leq 39$	Ninguno	—
	8	$M \leq 39$	Ninguno	—
^a El material de partida debe cumplir con la Norma EN 10269:1999.				

Tabla B.2-9 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia para tuercas y pernos y los materiales de tornillería según la Norma EN 10269:1999

Tipo de material	Limitación de espesor	Ensayo de choque	T_M	Observaciones
1.4307, 1.4301, 1.4303, 1.4404, 1.4401, 1.4948, 1.4919, 1.4941, 1.4980 ^a	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	Según la tabla 4 de la Norma EN 10269:1999	– 196 °C	Se requiere verificación para diámetro o espesor > 20 mm
1.4429, 1.4910	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	Según la tabla 4 de la Norma EN 10269:1999	– 273 °C	Se requiere verificación para diámetro o espesor > 20 mm
1.5523, 1.1133, 1.6563	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	– 20 °C	–
1.7218	$d \leq 60$ mm	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	– 60 °C	–
	$60 < d \leq 100$ mm		– 50 °C	
1.6582, 1.6580, 1.7225	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	– 40 °C	–
1.5680	$d \leq 45$ mm	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	– 120 °C	–
	$45 < d \leq 75$ mm		– 110 °C	
1.5662	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999	Según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999 a 196 °C	– 196 °C	–
^a Cuando se utiliza a – 273 °C, se requiere un ensayo de verificación a – 196 °C según la tabla 7 de la Norma EN 10269:1999.				

Tabla B.2-10 – Requisitos generales relativos a la prevención de la rotura frágil con el espesor de referencia para tuercas y pernos

Norma	Tipo de material ^a		Limitación de espesor	T_M	Ensayo de choque
EN ISO 3506-1:1997	A2, A3	50	$M \leq 39$	– 196 °C	Ninguno
		70	$M \leq 24$		
EN ISO 3506-1:1997	A4, A5	50	$M \leq 39$	– 60 °C ^b	Ninguno
		70	$M \leq 24$		
EN ISO 3506-2:1997	A2, A3, A4, A5	50	$M \leq 39$	– 196 °C	Ninguno
		70	$M \leq 24$		
^a El material de partida debe cumplir con la Norma EN 10269:1999.					
^b – 196 °C para bulones.					

B.2.2.5 Temperaturas mínimas más bajas del metal para aceros inoxidable austeníticos

Los aceros inoxidable austeníticos recocidos según la tabla B.2-11 pueden ser utilizados por debajo de la temperatura T_M sin ensayo de choque, salvo cuando la norma de material requiera el ensayo de choque. Por ejemplo, la Norma EN 10028-7 requiere un ensayo de choque a temperatura ambiente por debajo de un espesor de 20 mm para una utilización a temperatura criogénica (por debajo de -75 °C conforme a la Norma EN 10028-7:2007).

Tabla B.2-11 – Aceros inoxidable austeníticos y sus temperaturas de metal mínimas más bajas T_M

Material	Número de material	T_M (en °C)
X1NiCrMoCu 31-27-4	1.4563	– 273
X1CrNiMoN 25-22-2	1.4466	
X1CrNi 25-21	1.4335	
X2CrNiMoN 17-13-3	1.4429	
X2CrNiMoN 17-11-2	1.4406	
X2CrNiMoN 18-12-4	1.4434	
X2CrNiMo 18-15-4	1.4438	
X2CrNiN 18-10	1.4311	
X2CrNiMo 18-14-3	1.4435	
X2CrNi 19-11	1.4306	
X6CrNiTi 18-10	1.4541	– 196
X1CrNiMoCuN 25-25-5	1.4537	
X1NiCrMoCuN 25-20-7	1.4529	
X1CrNiMoCuN 20-18-7	1.4547	
X1NiCrMoCu 25-20-5	1.4539	
X2CrNiMoN 17-13-5	1.4439	
X6CrNiMoTi 17-12-2	1.4571	
X3CrNiMo 17-13-3	1.4436	
X6CrNiMoNb 17-12-2	1.4580	
X2CrNiMo 17-12-3	1.4432	
X5CrNiMo 17-12-2	1.4401	
X2CrNiMo 17-12-2	1.4404	
X6CrNiNb 18-10	1.4550	
X5CrNi 18-10	1.4301	
X2CrNi 18-9	1.4307	
GX5CrNi9-10	1.4308	
GX5CrNiMo19-11-2	1.4408	
GX2NiCrMo28-20-2	1.4458	
GX2CrNi19-11	1.4309	
GX2CrNiMo19-11-2	1.4409	

Cuando la temperatura de diseño sea inferior a $-105\text{ }^{\circ}\text{C}$, el metal soldado y las zonas afectadas térmicamente para los aceros inoxidables austeníticos deben cumplir los requisitos adicionales del capítulo 8 de la Norma EN 13445-4:2009.

B.2.2.6 Ajuste de la temperatura

T_S es la temperatura de ajuste que puede ser utilizada bajo las condiciones proporcionadas en la tabla B.2-12.

Tabla B.2-12 – Ajuste de la temperatura T_S

Condición	Relación entre la contracción de la membrana inducida por la presión y la contracción del cálculo máximo admisible			Contracción de la membrana ^b
	$> 75\%$	$> 50\% \leq 75\%$	$\leq 50\%$	$\leq 50\text{ MPa}$
No soldado, después del tratamiento térmico después de la soldadura ^a	$0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$+10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$+25\text{ }^{\circ}\text{C}$	$+50\text{ }^{\circ}\text{C}$
Soldadura en bruto y espesor de referencia $\leq 35\text{ mm}$	$0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$+40\text{ }^{\circ}\text{C}$
^a También aplicable para equipos en los que las boquillas y los accesorios no temporales soldados primero se sueldan a los componentes del recipiente y estos submontajes son tratados térmicamente después de soldados antes de ser montados en el equipo por soldadura a tope, sin que la soldadura principal experimente un tratamiento térmico después de la soldadura. ^b La contracción de la membrana debería tener en cuenta la presión interna y externa y el peso muerto. Para las paredes y tubos de los intercambiadores de calor el libre desplazamiento de los extremos de los tubos del intercambiador de calor debería tenerse también en cuenta.				

B.2.3 Método 2

B.2.3.1 Generalidades

Este método 2 aplica a los aceros al carbono, al carbono manganeso, a los aceros de grano fino, a los aceros aleados al níquel con no más de 1,5% de níquel con un límite de elasticidad especificado $\leq 500\text{ MPa}$ y, en el caso de aceros austenoferríticos, $\leq 550\text{ MPa}$. Este método 2, basado en la mecánica de la rotura [16] [32] puede utilizarse para la determinación de los requisitos que permiten evitar la rotura frágil de los aceros y puede utilizarse a una temperatura de referencia de diseño T_R inferior al valor deducido a partir del método 1. En este procedimiento, la temperatura de referencia de diseño T_R no es igual a la temperatura de ensayo de choque T_{KV} . Los diagramas ilustran la relación entre T_R y T_{KV} en función del espesor de referencia y del nivel de resistencia. Existe una distinción entre el estado de soldadura en bruto (AW) y el estado después del tratamiento térmico después de la soldadura (PWHT). El presente método no se aplica a los aceros laminados termomecánicamente de espesor superior a 35 mm.

El espesor de referencia e_B según los detalles de construcción se define en la tabla B.4-1.

El material de base, las soldaduras y la ZAT (zona afectada térmicamente) deben cumplir la energía de rotura por choque KV a la temperatura de ensayo de choque T_{KV} . La tabla B.2-13 y la tabla B.2-14 muestran que figura debe utilizarse para determinar la temperatura de ensayo de choque T_{KV} o la temperatura de diseño de referencia T_R . La condición "no soldado" debe tratarse como la condición PWHT (tratamiento térmico después de soldadura).

Si se utiliza el requisito de la energía de rotura por choque KV de 40 J en vez de 27 J, entonces la temperatura de ensayo de choque T_{KV} puede incrementarse en $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ o T_R puede reducirse en $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La interpolación lineal entre los niveles de resistencia y de espesor proporcionados en las figuras B.2-1 a B.2-11 está permitida. Como alternativa puede utilizarse la clase de resistencia siguiente más elevada. Las temperaturas de ensayo inferiores a T_{KV} son admisibles para los mismos requisitos.

Las líneas de puntos en las figuras B.2-1 y B.2-3 aplican a un espesor de pared inferior o igual a 110 mm cuando se obtienen los valores de impacto KV de 40 J a T_{KV} .

Los ajustes de temperatura proporcionados por la tabla B.2-12 se aplican también al método 2. No están permitidas las extrapolaciones para los rangos de temperatura más allá de los rangos de temperatura proporcionados en los nomogramas.

Tabla B.2-13 – Requisitos relativos a la energía de rotura por choque para los aceros al carbono, al carbono manganeso, de grano fino, y los aceros aleados al níquel que contengan menos de 1,5% Ni

Valor especificado del límite de elasticidad mínimo del material base	Energía de rotura por choque KV requerida (sobre probetas de 10 mm × 10 mm)	Figura que define la T_{KV} requerida	
		No soldado o tratado térmicamente después de la soldadura	Soldadura en bruto
$R_e \leq 265$	27	B.2-1	B.2-2
$R_e \leq 355$	27	B.2-3	B.2-4
$R_e \leq 460$	40	B.2-5	B.2-6
$R_e \leq 500$	40	B.2-7	B.2-8
NOTA Las líneas de puntos en las figura B.2-1 y B.2-3 deben estar utilizadas únicamente para $KV = 40$ J.			

Tabla B.2-14 – Requisitos relativos a la energía de rotura por choque para los aceros inoxidables austenoferríticos

Valor especificado del límite e elasticidad mínimo del material base	Energía de rotura por choque KV requerida (sobre probetas de 10 mm × 10 mm)	Figura que define la T_{KV} requerida
MPa	J	para todas las aplicaciones
$R_e \leq 385$	40	B.2-9
$R_e \leq 465$	40	B.2-10
$R_e \leq 550$	40	B.2-11

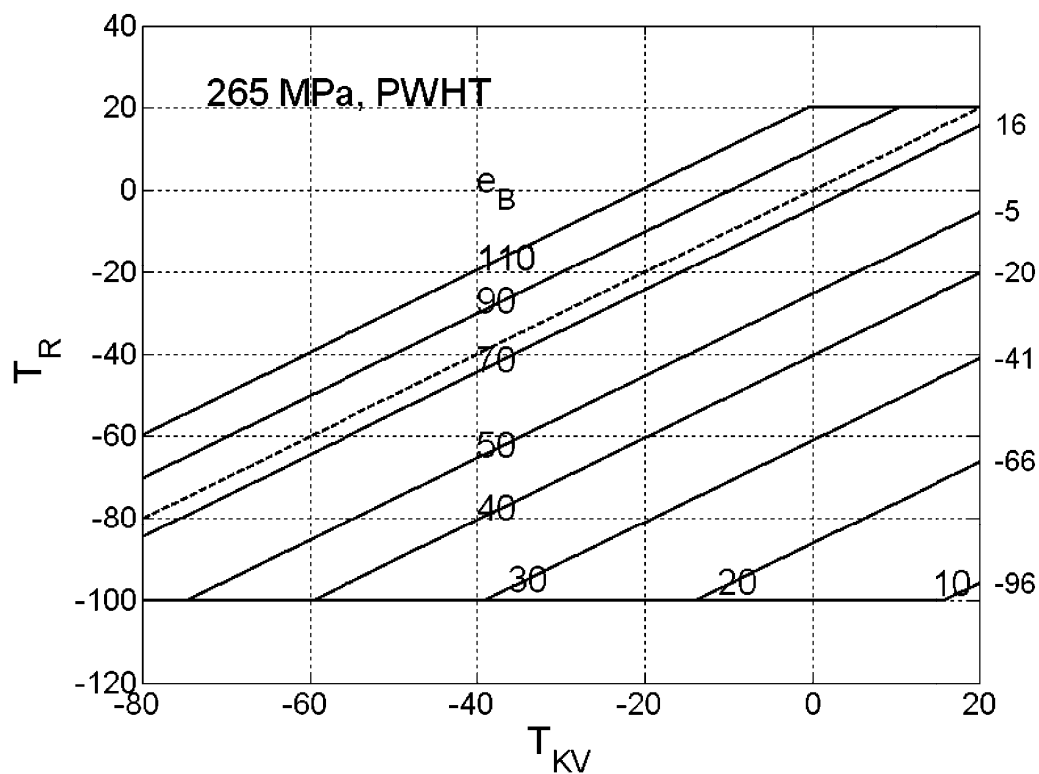
B.2.3.2 Procedimiento para los materiales de base de un espesor inferior a 10 mm

Los valores T_R y T_{KV} deben estar de acuerdo con las figuras B.2-1 a B.2-11. Los requisitos de la energía de rotura por choque son según lo especificado en las tablas B.2-13 a B.2-14.

Para espesores de pared < 10 mm debe utilizarse la curva para 10 mm.

Las energías requeridas para las probetas de dimensiones reducidas se proporcionan en la tabla B.3-1.

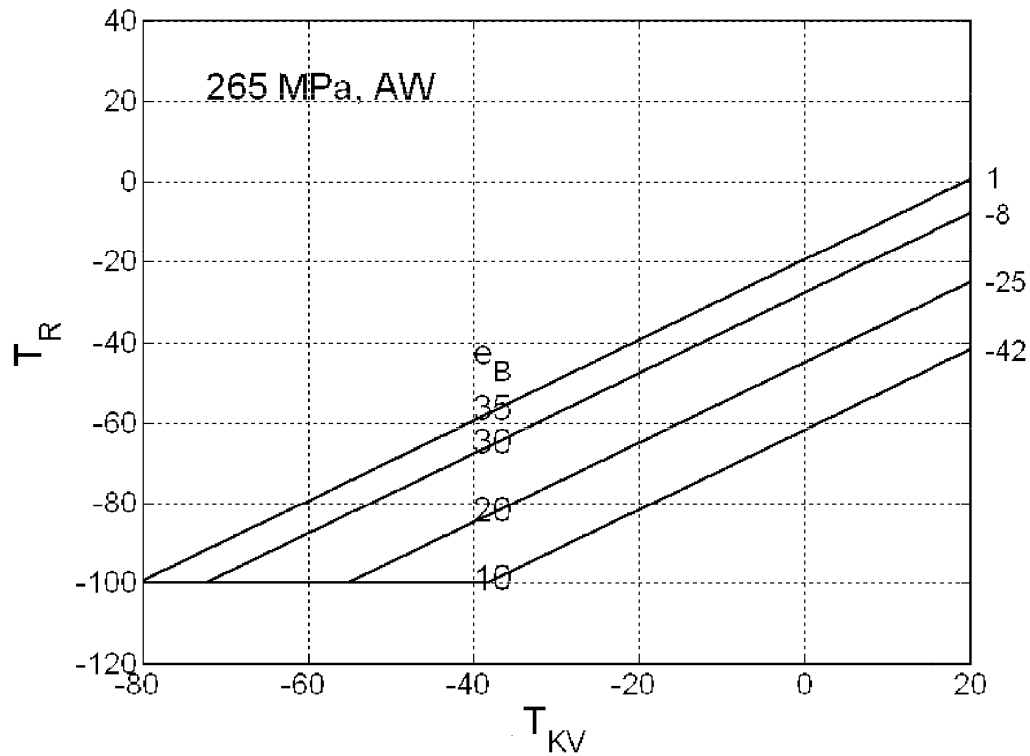
B.2.3.3 Nomogramas para el Método 2



Leyenda

T_R	temperatura de referencia de diseño
T_{KV}	temperatura del ensayo de choque del material
e_B	espesor de referencia

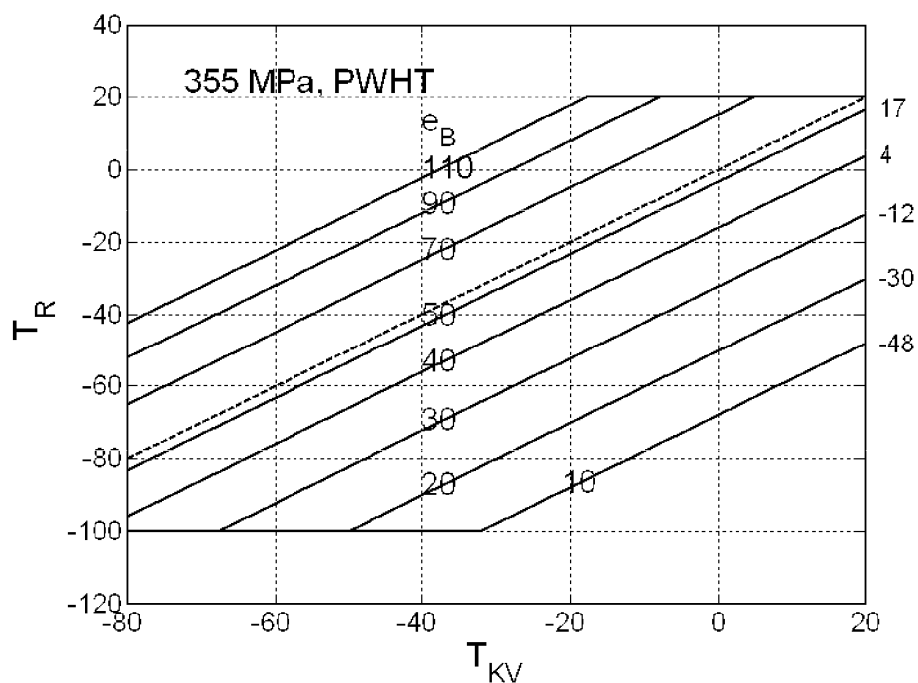
Figura B.2-1 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque, posterior al tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT), para $R_e \leq 265$ MPa y $KV \geq 27$ J. Las líneas de puntos se utilizan únicamente para $KV \geq 40$ J y para espesores superiores a 75 mm e inferiores o iguales a 110 mm



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

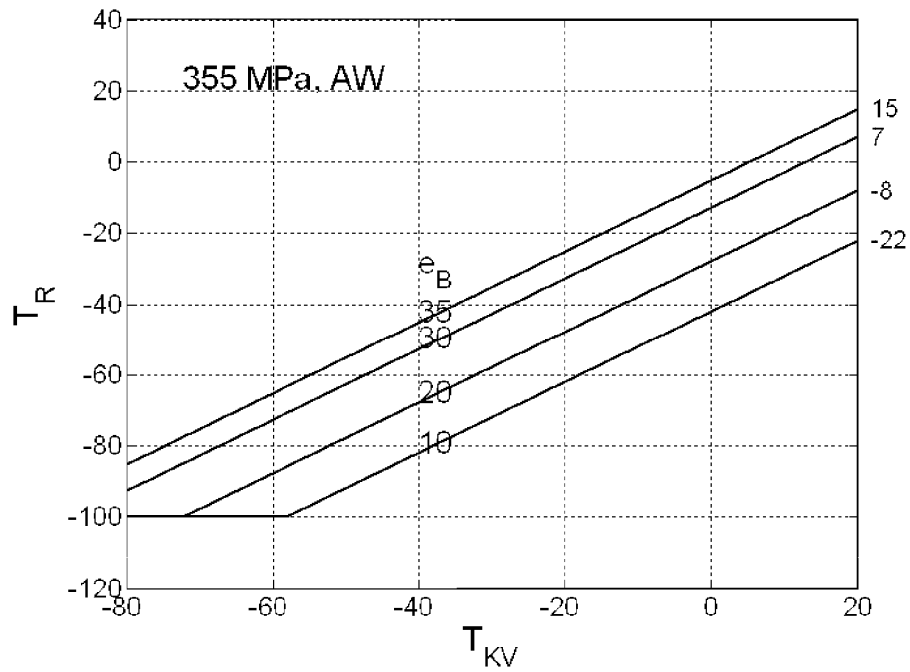
Figura B.2-2 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque, en estado bruto de soldadura (AW), para $R_e \leq 265$ MPa y $K \geq 27$ J



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

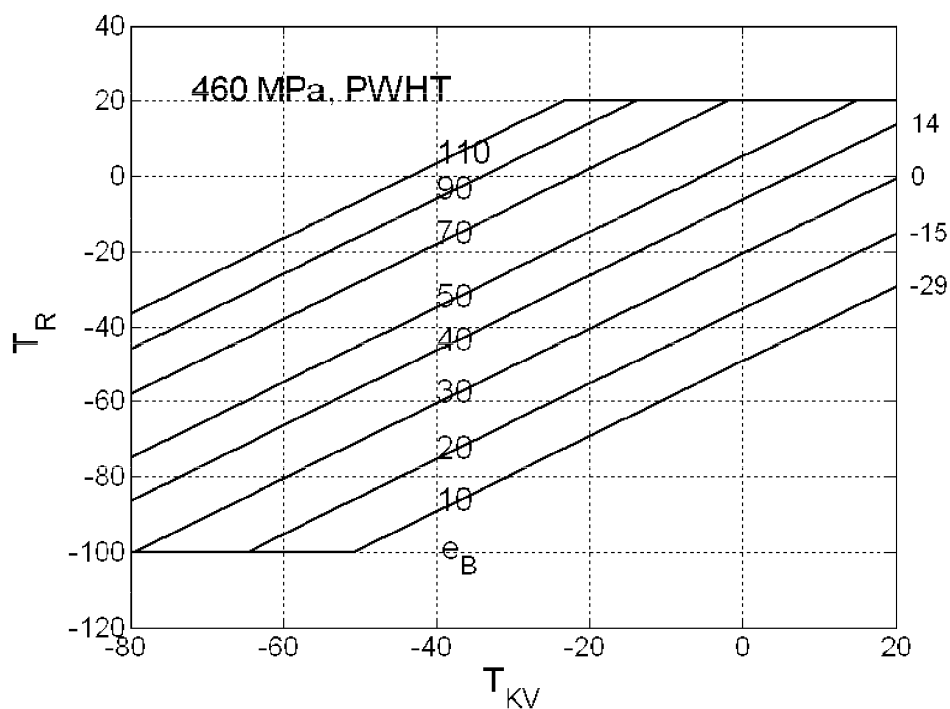
Figura B.2-3 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque, posterior al tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT), para $R_e \leq 355$ MPa y $K \geq 27$ J. Las líneas de puntos se utilizan únicamente para $KV \geq 40$ J y para espesores superiores a 55 mm e inferiores o iguales a 110 mm



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

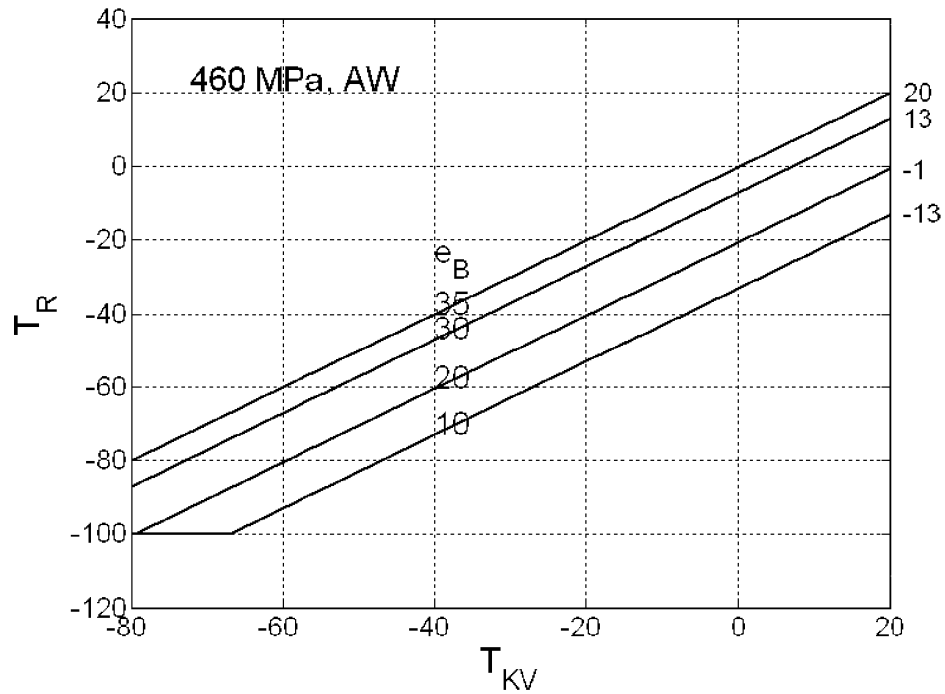
Figura B.2-4 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque, en estado bruto de soldadura (AW), para $R_e \leq 355$ MPa y $KV \geq 27$ J



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

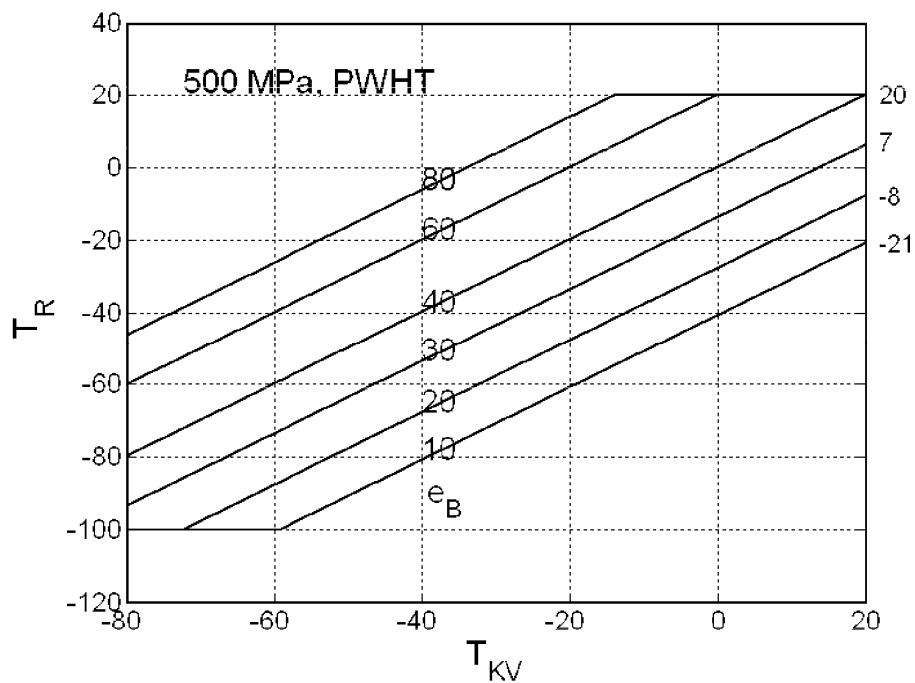
Figura B.2-5 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque, posterior al tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT), para $R_e \leq 460$ MPa y $KV \geq 40$ J



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

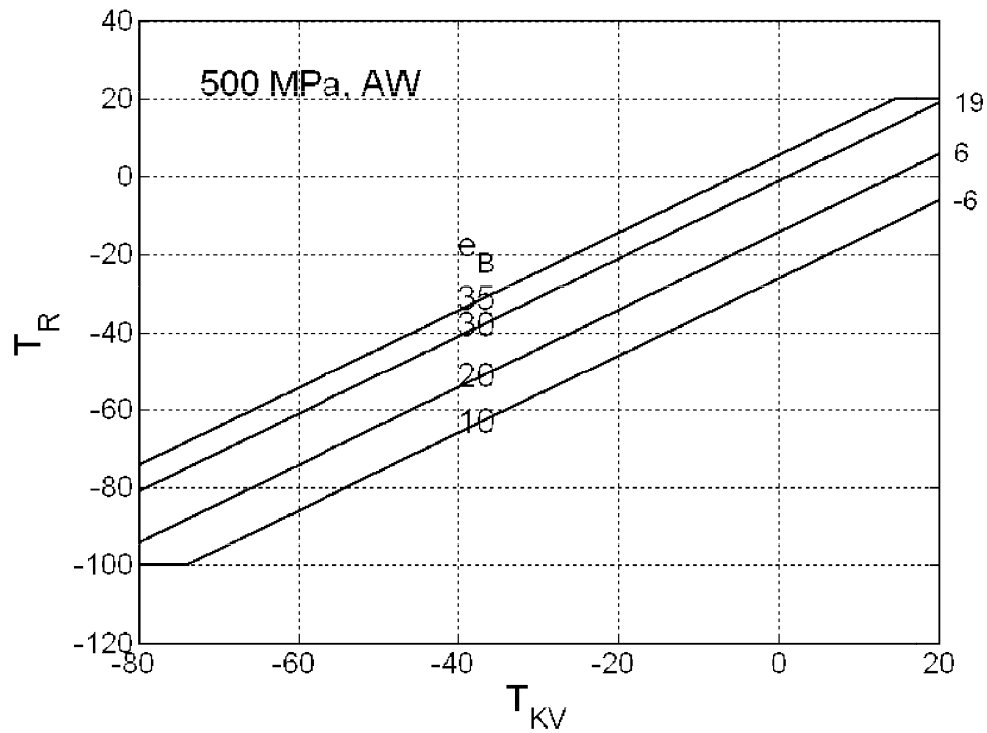
Figura B.2-6 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque, en estado bruto de soldadura (AW), para $R_e \leq 460$ MPa y $KV \geq 40$ J



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

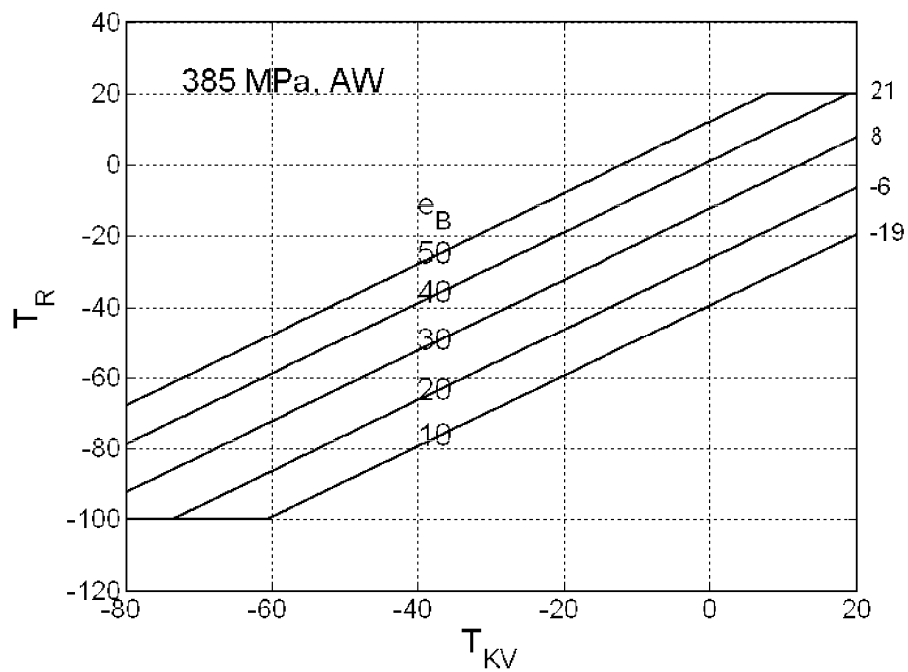
Figura B.2-7 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque, posterior al tratamiento térmico posterior a la soldadura (PWHT), para $R_e \leq 500$ MPa y $KV \geq 40$ J



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

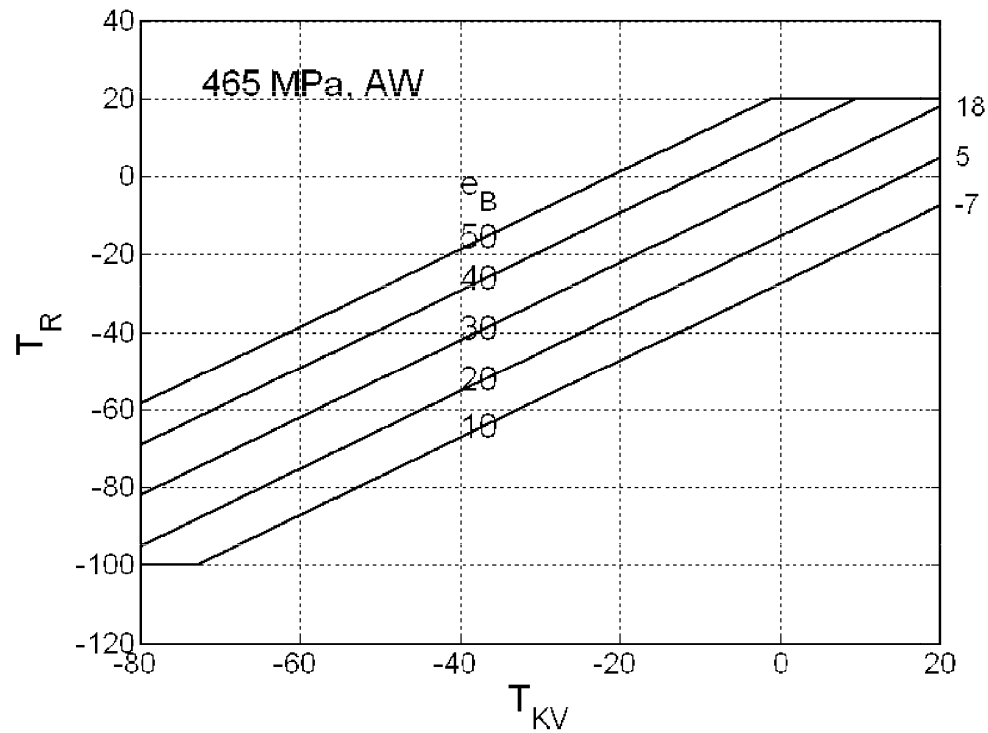
Figura B.2-8 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque, en estado bruto de soldadura (AW), para $R_e \leq 500$ MPa y $KV \geq 40$ J



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

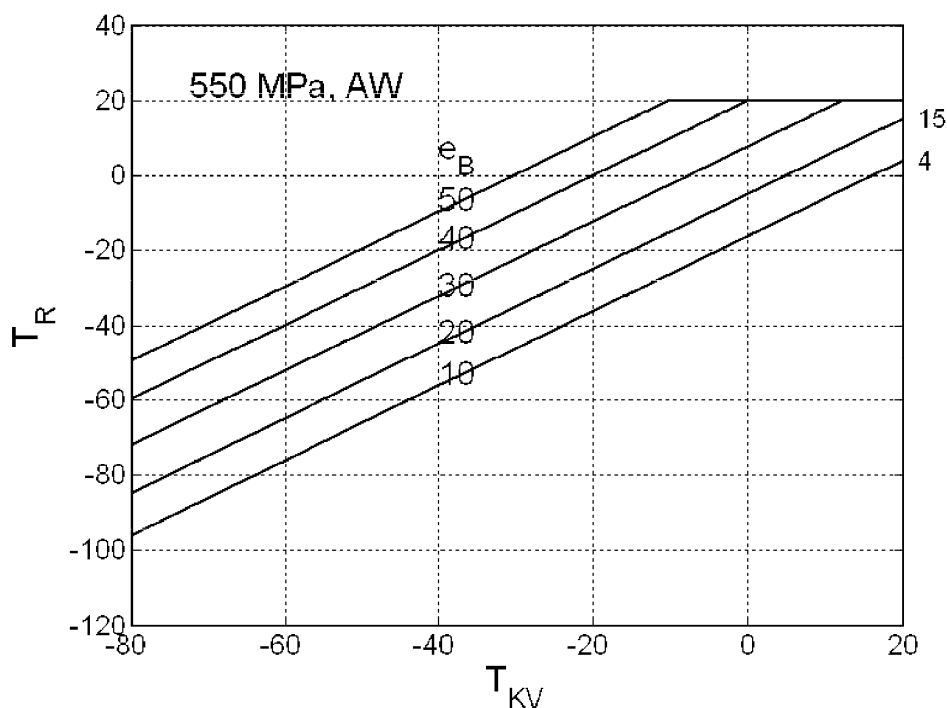
Figura B.2-9 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque para aceros austenoferríticos, $e_B \leq 50$ mm, $R_e = 385$ MPa y $KV \geq 40$ J



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

Figura B.2-10 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque para aceros austenoferríticos, $e_B \leq 50$ mm, $R_e = 465$ MPa y $KV \geq 40$ J



Leyenda

- T_R temperatura de referencia de diseño
 T_{KV} temperatura del ensayo de choque del material
 e_B espesor de referencia

Figura B.2-11 – MÉTODO 2: Temperatura de referencia de diseño y temperatura de ensayo de choque para aceros austenoferríticos, $e_B \leq 50$ mm, $R_e = 550$ MPa y $KV \geq 40$ J

B.2.4 Método 3: Análisis por mecánica de la rotura

B.2.4.1 Generalidades

El fabricante puede utilizar el análisis por mecánica de la rotura para determinar la aptitud de un depósito particular para su uso previsto en los casos siguientes:

- materiales no cubiertos por normas europeas armonizadas;
- casos en los que no puedan satisfacerse los requisitos de los métodos 1 y 2 para aplicaciones a bajas temperaturas;
- cuando se detecten imperfecciones que estén fuera de los criterios de aceptación para ensayos no destructivos especificados en la Norma EN 13445-5:2009;
- cuando se proponga la utilización de materiales de mayor espesor que el permitido por los requisitos de bajas temperaturas.

NOTA En las referencias [5] a [10] enumeradas en la bibliografía se proporcionan directrices sobre el análisis por mecánica de la rotura.

Estos análisis deben realizarse según los requisitos establecidos en los apartados B.2.4.2 a B.2.4.5.

B.2.4.2 Las propiedades de tenacidad a la rotura deben obtenerse según los procedimientos de ensayo de la tenacidad a la rotura que utilizan probetas de flexión de pleno espesor entallados de un solo lado o ensayos de resistencia a la tracción equivalentes sobre probetas compactas que comprenden fisuras de fatiga sobre el espesor en el eje de soldadura y en el material base. Debe también especificarse cualquier muestra suplementaria de las regiones afectadas térmicamente; particularmente cuando la fatiga o cualquier otro mecanismo de propagación de la fisura durante el servicio tengan riesgo de ser significativa.

Cuando se especifican los ensayos ZAT (zona afectada térmicamente) han establecido el emplazamiento de la entalla y el seccionado metalúrgico posterior al ensayo deben ser objeto de consideraciones particulares.

B.2.4.3 Para los materiales no cubiertos por los requisitos de bajas temperaturas de los métodos 1 ó 2, puede obtenerse un nivel similar de tolerancia a la rotura, especificando los requisitos relativos a la resistencia a la rotura determinados a partir de los procedimientos de evaluación como los descritos en [9] con una dimensión de defecto de referencia determinado por el fabricante, (por ejemplo un defecto sobre el espesor de la pared de una longitud total de 10 mm, o un defecto de superficie igual a un cuarto del espesor de la pared y de una longitud igual a seis veces su profundidad) u los valores de contracción (o deformación) equivalente correspondiente a la condición de ensayo hidráulico, por un defecto situado en una zona de concentración de contracciones, y sometida a contracciones residuales equivalentes al límite de elasticidad a temperatura ambiente del material de base para los compuestos de soldadura en bruto, por una parte, donde tenga un 30% del límite de elasticidad para los compuestos que hayan estado sometidos a un tratamiento térmico después de la soldadura, por otra parte.

B.2.4.4 Si se emplean métodos de ensayo no destructivos que permiten un dimensionado preciso de los defectos, estos valores, junto con la información sobre los datos de contracciones de las regiones críticas en el depósito, deben utilizarse con unos procedimientos de evaluación de la rotura apropiados para especificar requisitos de tenacidad más precisos que los especificados por los métodos 1 ó 2.

B.2.4.5 Para los materiales que estén cubiertos por los requisitos de bajas temperaturas de los métodos 1 ó 2, pero en los que no puedan cumplirse los requisitos de energía de choque Charpy, puede emplearse una evaluación de la aptitud para el empleo que utilice los datos de tenacidad a la rotura representativos y los requisitos de inspección para determinar la integridad del depósito para su uso previsto.

B.3 Requisitos generales de ensayo

B.3.1 Generalidades

Cuando se requieran ensayos de impacto deben realizarse ensayos de entalla en V de Charpy, según la Norma EN 10045-1:1990. Deben cumplirse los requisitos de energía de impacto en el material base, la zona afectada térmicamente y el material soldado.

La posición de la probeta debe estar de acuerdo con las especificaciones de las condiciones técnicas de entrega de la forma del producto para los materiales de equipos sometidos a presión. Para juntas soldadas la posición de la probeta para metal soldado y ZAT deben estar de acuerdo con la Norma EN 13445-4:2009.

Para cada muestra deben ensayarse tres probetas de la posición requerida y la temperatura de los ensayos de choque de material T_{KV} . El valor medio de las tres probetas debe ser al menos igual al requisito de la energía de impacto. Una probeta puede mostrar únicamente un valor inferior, pero este valor no debe ser inferior al 70% de este requisito.

Los valores requeridos para el material base deben referirse a la dirección transversal. Si la geometría no permite la extracción de una probeta en la dirección transversal los valores de la energía de choque deben tomarse de los ensayos en la dirección longitudinal. Los requisitos de la energía de choque mínima especificados para las probetas de ensayo transversales deben entonces multiplicarse por el factor 1,5 para aceros al carbono, aceros al carbono manganeso, aceros de grano fino, aceros de baja aleación y aceros de alta resistencia.

B.3.2 Probetas de dimensiones reducidas

Si se utilizan probetas de dimensiones reducidas Charpy, los valores medidos de energía Charpy deben convertirse proporcionalmente al espesor de referencia de la probeta de 10 mm. La tabla B.3-1 proporciona un ejemplo para 7,5 mm y 5 mm de espesor de probeta. Cuando no pueden obtenerse piezas de ensayo de al menos 5 mm de anchura, no debe someterse a ensayo de choque al material.

Tabla B.3-1 – Requisitos de energía de choque para las probetas Charpy con entalla en V de dimensiones reducidas cuando el material de base posee un espesor inferior a 10 mm

Valor de referencia	Probeta de dimensiones reducidas	
Geometría de la probeta		
10 mm × 10 mm	10 mm × 7,5 mm	10 mm × 5 mm
Energía de rotura mínima		
J		
27	20	14
40	30	20

Si no es posible la extracción de una probeta Charpy de talla normal de los componentes y de las soldaduras, deben someterse a ensayo las probetas de dimensiones reducidas. Con el fin de reproducir el comportamiento de una probeta de espesor normal, debe aplicarse una temperatura de ensayo de choque inferior. La separación entre las temperaturas debe estar conforme a la tabla B.3-2.

Deberían realizarse ensayos de choque sobre el mayor espesor que pueda extraerse de los componentes analizados.

Tabla B.3-2 – Requisitos relativos a la energía de rotura por choque equivalente cuando las probetas de dimensiones reducidas se extraen de secciones más reducidas

Energía de choque requerida	Geometría de la probeta	Requisito de probeta de dimensiones reducidas		
<i>KV</i>		<i>KV</i>	Geometría de la probeta	Separación entre las temperaturas del ensayo de choque
J	mm	J	mm	°C
27	10 × 10	20 14	7,5 × 10 5,0 × 10	$T_{KV} - 5$ $T_{KV} - 20$
40	10 × 10	30 20	7,5 × 10 5,0 × 10	$T_{KV} - 5$ $T_{KV} - 20$
20	7,5 × 10	14	5,0 × 10	$T_{KV} - 15$
30	7,5 × 10	20	5,0 × 10	$T_{KV} - 15$
14	5,0 × 10	—	—	—
20	5,0 × 10	—	—	—

B.4 Soldaduras

B.4.1 Generalidades

Cuando los materiales se unen mediante soldaduras, la elección de los consumibles de soldadura y los procedimientos de soldadura debe asegurar que, además de los requisitos de la Norma EN 13445-4:2009, se cumplen las propiedades requeridas de la energía de choque en el material soldado y en las regiones afectadas térmicamente, cuando se ensaya según el capítulo B.3.

La energía de rotura por choque debe ser al menos igual a la energía mínima de rotura por choque especificada para el metal base. Deben cumplirse los requisitos de los métodos 1 ó 2.

B.4.2 Cualificación del procedimiento de soldeo

La cualificación del procedimiento de soldeo debe realizarse de acuerdo a la Norma EN 13445-4:2009.

B.4.3 Producción de chapas de ensayo

Para aceros ferríticos y austenoferríticos la producción de chapas de ensayo debe realizarse de acuerdo a la Norma EN 13445-4:2009.

B.5 Materiales para la utilización a elevadas temperaturas

B.5.1 Generalidades

El capítulo B.5 aplica para los equipos sometidos a presión:

- con temperaturas de diseño para funcionamiento normal mayores que 50 °C y donde
- la temperatura del material en arranque, parada y eventuales perturbaciones es superior o igual a – 10 °C, y
- los procedimiento de arranque y parada, deben estar bajo condiciones controladas según lo proporcionado por el apartado B.5.4 y
- se cumplen las condiciones para ensayos a presión según lo especificado en el apartado B.5.5.

Si no se satisfacen cualquiera de estos requisitos deben aplicarse los métodos para materiales a bajas temperaturas.

NOTA Las limitaciones relativas al arranque y parada, a las perturbaciones del proceso y al ensayo a presión no son aplicables a los aceros austeníticos.

B.5.2 Materiales

Los materiales deben tener una energía mínima de rotura por choque especificada medida sobre una probeta Charpy con entalla en V normalizada de ensayo por choque (véase la Norma EN 10045-1:1990) como sigue:

- ≥ 27 J para los aceros ferríticos;
- ≥ 40 J para los aceros del grupo de materiales 8, 9.3 y 10;

a una temperatura no superior a 20 °C.

B.5.3 Cualificación del procedimiento de soldeo y de la producción de chapas de ensayo

La cualificación del procedimiento de soldeo debe realizarse de acuerdo a la Norma EN 13445-4:2009.

La producción de chapas de ensayo debe realizarse de acuerdo a la Norma EN 13445-4:2009.

B.5.4 Procedimiento de arranque y parada

Para evitar la fractura frágil de equipos sometidos a presión fabricados de aceros ferríticos o austenoferríticos durante los procedimientos de arranque y parada, la presión no debe exceder el 50% de la presión de diseño a temperaturas inferiores a 20 °C.

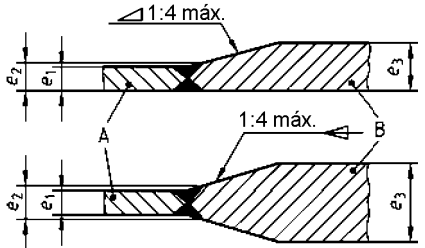
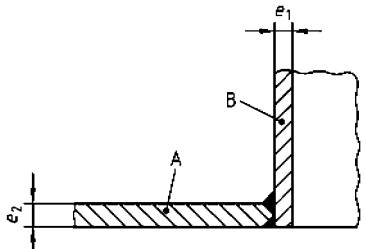
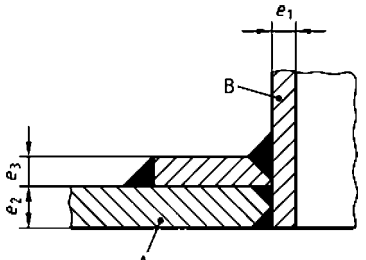
Los procedimientos de arranque y parada no necesitan considerarse, si la evaluación de los valores de impacto mínimo especificados del método 2 permite presiones de diseño a menores temperaturas.

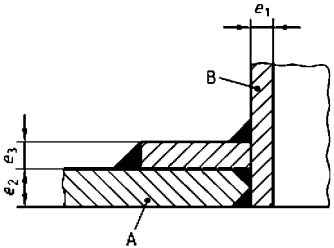
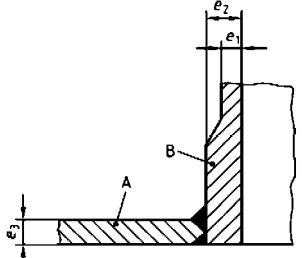
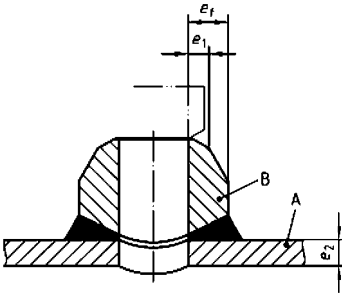
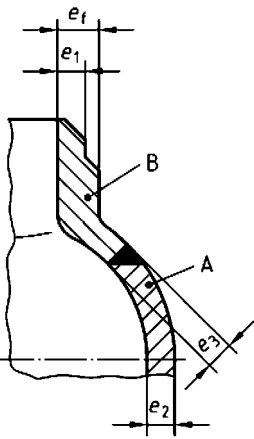
B.5.5 Ensayo de presión

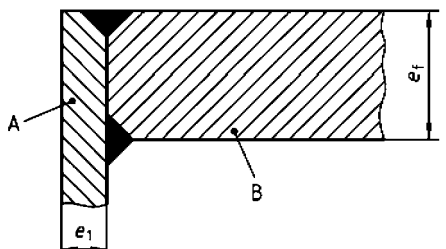
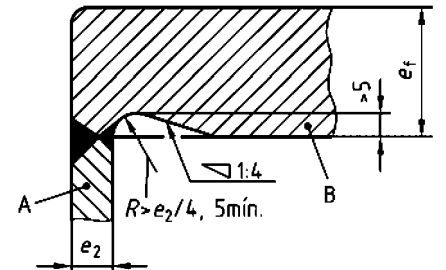
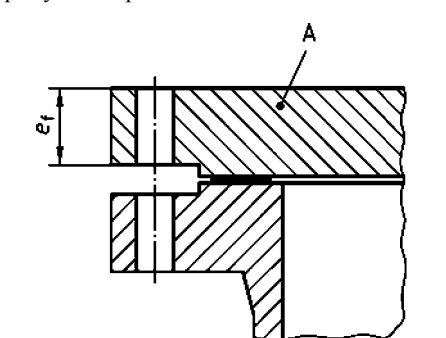
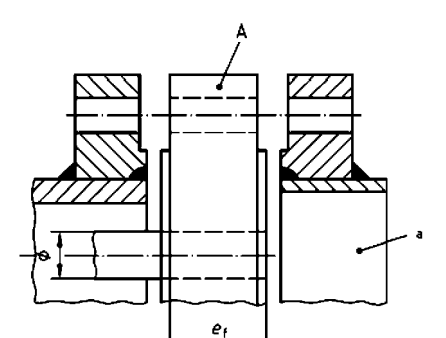
El ensayo de presión hidrostática de recipientes sometidos a presión fabricados de acero ferríticos o austenoferríticos no debe realizarse a temperaturas del material inferiores a 10 °C.

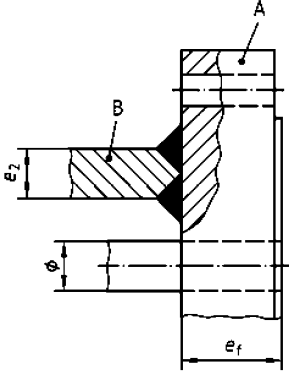
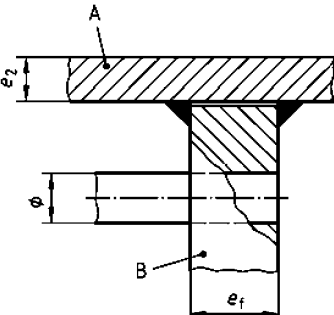
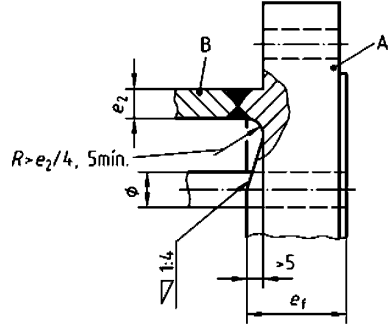
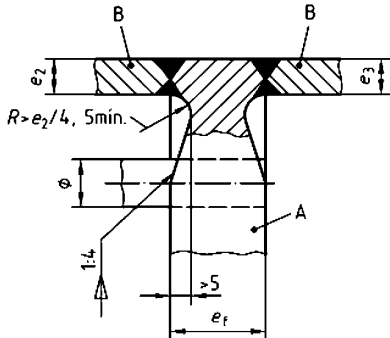
Esta limitación de la temperatura no necesita tomarse en consideración si la evaluación de los valores de energía de choque mínimos especificados según el método 2 permite presiones de diseño a temperaturas más bajas.

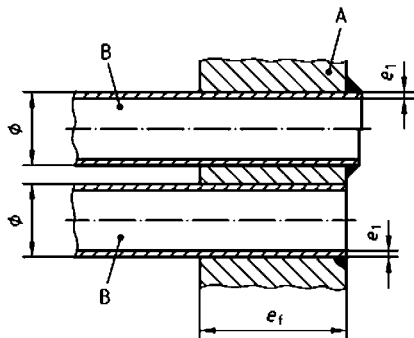
Tabla B.4-1 – Espesor de referencia e_B

Nº	Detalles de construcción	Soldadura en bruto (AW) o tratamiento térmico después de la soldadura (PWHT)	Espesor de referencia		
			Pieza A	Soldadura	Pieza B
1	Componentes soldados a tope de espesor desigual 	AW	e_1	e_2	e_2 verificar e_3 en las figuras B.2-2, B.2-4, B.2-6, B.2-8 ^a
		PWHT	e_1	e_2	e_3
2	Ramas y boquillas 	AW	e_2	e_2	e_1
		PWHT	e_2	e_2	e_1
3		AW	e_2	e_2 o e_3 si es superior	e_1
		PWHT	e_2	e_2 o e_3 si es superior	e_1

Nº	Detalles de construcción	Soldadura en bruto (AW) o tratamiento térmico después de la soldadura (PWHT)	Espesor de referencia		
			Pieza A	Soldadura	Pieza B
4		AW	e_2	e_2 o e_3 si es superior	e_1
		PWHT	e_2	e_2 o e_3 si es superior	e_1
5		AW	e_3	e_2 o e_3 si es superior	e_2
		PWHT	e_3	e_2 o e_3 si es superior	e_2
6		AW	e_2	e_2	e_1 o $e_2/4$ si es superior
		PWHT	e_2	e_2	e_1^a o $e_2/4$ si es superior si es necesario verificar e_1 en las figuras B.2-1, B.2-3, B.2-5, B.2-7 ^a
7		AW	e_2	e_3	e_3 o $e_2/4$ si es superior
		PWHT	e_2	e_3	e_3^a o $e_2/4$ si es superior si es necesario verificar e_1 en las figuras B.2-1, B.2-3, B.2-5, B.2-7 ^a

Nº	Detalles de construcción	Soldadura en bruto (AW) o tratamiento térmico después de la soldadura (PWHT)	Espesor de referencia		
			Pieza A	Soldadura	Pieza B
12	Extremos planos 	AW	e_1	e_1	$e_f/4$ o e_1 si es superior
		PWHT	e_1	e_1	$e_f/4$ o e_1 si es superior
13		AW	e_2	e_2	e_2 o verificar $e_f/4$ en las figuras B.2-2, B.2-4, B.2-6, B.2-8 ^a
		PWHT	e_2	e_2	e_2 o $e_f/4$ si es superior
14	Tapas y bridas planas 	AW	$e_f/4$	—	—
		PWHT	$e_f/4$	—	—
15	Placas tubulares 	AW	[n. a.]	[n. a.]	[n. a.]
		PWHT	$e_f/4$	[n. a.]	[n. a.]

Nº	Detalles de construcción	Soldadura en bruto (AW) o tratamiento térmico después de la soldadura (PWHT)	Espesor de referencia		
			Pieza A	Soldadura	Pieza B
16		AW	$e_f/4$ o e_2 si es superior	e_2	e_2
		PWHT	$e_f/4$ o e_2 si es superior	e_2	e_2
17	Soldado en el interior de una envolvente /canalización 	AW	e_2 verificar $e_f/4$ en las figuras B.2-2, B.2-4, B.2-6, B.2-8 ^a	e_2	e_2 o $e_f/4$ si es superior
		PWHT	e_2 o $e_f/4$ si es superior	e_2	e_2 o $e_f/4$ si es superior
18	Placa tubular forjada con collar 	AW	e_2 verificar $e_f/4$ en las figuras B.2-2, B.2-4, B.2-6, B.2-8 ^a	e_2	e_2
		PWHT	$e_f/4$ o e_2 si es superior	e_2	e_2
19		AW	e_2^a o e_3 si es superior verificar $e_f/4$ en las figuras B.2-2, B.2-4, B.2-6, B.2-8 ^a	e_2 (e_3)	e_2 (e_3)
		PWHT	$e_f/4$ o e_2 o e_3 si es superior	e_2 (e_3)	e_2 (e_3)

Nº	Detalles de construcción	Soldadura en bruto (AW) o tratamiento térmico después de la soldadura (PWHT)	Espesor de referencia		
			Pieza A	Soldadura	Pieza B
20	Unión tubo a placa tubular 	AW	[n. a.]	e_1	e_1
		PWHT	^b	e_1	e_1

NOTA 1 [n.a.] significa "no aplicable".

NOTA 2 e_1 , e_2 y e_3 se refieren al espesor nominal de los componentes mostrados en las figuras.

¹ e_f puede medirse radialmente si proporciona una ventaja.
^a La temperatura de ensayo mínima de las dos condiciones: deben tomarse e_x (AW), e_y (PWHT).
^b El espesor de referencia de la parte A no se ve afectada por esta conexión.
^c Para bridas con collar soldado y bridas de ajuste y soldado según la Norma EN 1092-1:2007, R debe proporcionarse según la Norma EN 1092-1.

ANEXO C (Informativo)**PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SOLDADURA A LA FLUENCIA (FRRSF)**

El FRRSF se tomará como 1 cuando el fabricante del acero cumpla todas y cada una de las condiciones siguientes:

C.1 Los ensayos de rotura bajo tensión en soldaduras hechas sobre probetas del mismo producto de acero que el utilizado en el recipiente y que sean comparables en relación a los consumibles de soldeo deben realizarse de acuerdo con las Recomendaciones del Comité Europeo de Colaboración en el ámbito de la Fluencia (European Creep Collaborative Committee E.C.C.C.) [18].

C.2 Deben seleccionarse dos temperaturas de ensayo dentro de un intervalo de ± 30 °C respecto de la temperatura de diseño media. A cada una de esas temperaturas, deben realizarse ensayos de fluencia a tensiones seleccionadas para dar lugar a duraciones de hasta 1/3 de la vida útil de diseño en fluencia (típicamente 1 000 h, 3 000 h, 10 000 h, 30 000 h, 60 000 h, 100 000 h, etc.). Tiene que demostrarse que el límite inferior de los valores de fluencia alcanzados para la unión soldada no son inferiores a la banda de dispersión más baja admitida (-20%) de los valores medios especificados de la resistencia a la fluencia del material de base, de acuerdo con la norma de materiales. Sin embargo, si la ruptura se sitúa en la zona afectada térmicamente (ZAT), no se permite la extrapolación sin ensayos adicionales a intervalos de tiempo más largos que no muestren disminuciones aparentes adicionales. En este caso, la extrapolación puede efectuarse mediante un factor equivalente al factor que muestra las condiciones estabilizadas utilizadas en estos ensayos más largos.

C.3 Cuando no se han encontrado agrietamientos en la ZAT en los ensayos descritos anteriormente, debe realizarse un conjunto adicional de ensayos a una temperatura superior con el valor del Parámetro de Larson Miller (LMP) igual o superior al del punto de extrapolación. Estos ensayos deben realizarse para confirmar que la situación de la ruptura no cambia del material de base a la ZAT. Idealmente, la temperatura no debe ser más de 50 °C superior a la mayor temperatura de ensayo del capítulo C.2 (con el fin de evitar una modificación inaceptable de la microestructura). La tensión debe dar lugar a un tiempo mínimo de ensayo de 10 kh. La temperatura y el tiempo de ensayo deben elegirse de forma que en estos ensayos el Parámetro de Temperatura Tiempo (TTP) en fluencia, por ejemplo el Parámetro de Larson Miller (LMP), sea al menos el valor en el punto de extrapolación (tiempo y temperatura). Deben ensayarse un mínimo de tres muestras. La situación de la fractura de las probetas en fluencia debe verificarse mediante un examen microscópico.

C.4 Si la localización de la fractura de las probetas en fluencia del capítulo C.3 está dentro del material de base, el FRRSF puede tomarse como unitario durante un tiempo igual al tiempo alcanzado en los ensayos del capítulo C.2 multiplicado por 3 como máximo.

C.5 Cuando las propiedades de resistencia a la fluencia de probetas cargadas transversalmente a la soldadura caen por debajo del valor mínimo de la banda de dispersión, puede usarse un factor de reducción de la soldadura específico basado en la relación entre el valor promedio de la resistencia a la fluencia y el 80% del valor promedio de la resistencia a la fluencia del material de base.

ANEXO D (Informativo)**CONDICIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO PARA PRODUCTOS
DE REVESTIMIENTO CON OBJETO DE SOPORTAR PRESIÓN****D.1 Nota introductoria**

Hasta que exista una norma europea para productos de revestimiento de acero, los requisitos para las condiciones técnicas de suministro de dichos productos deberían formar la base para un acuerdo entre las partes afectadas.

D.2 Requisitos para el material

Para el material de productos de revestimiento deberían aplicarse las condiciones pertinentes de la Norma EN 13445-2:2009.

Además, cuando proceda, los requisitos para los ensayos de choque de la clase descrita en el punto b) del capítulo D.4, deberían acordarse a la hora de realizar la consulta y pasar el pedido.

D.3 Requisitos para el material depositado

Los revestimientos deben cumplir los reglamentos generales siguientes:

En el caso de aceros revestidos en los que el revestimiento tenga un grado de elasticidad inferior al del metal base, un ensayo de resistencia a la tracción de revestimiento después de haber quitado el metal base, debería presentar un alargamiento a la rotura A_5 del 12% como mínimo.

La adherencia entre el metal base y el material de revestimiento debería ser de tal naturaleza que no se produjera separación entre las capas en el curso de la fabricación o durante el servicio. A menos que se estipule otra cosa distinta en el pedido, la resistencia a la cortadura del revestimiento con una resistencia a la tracción inferior a 280 MPa debería ser superior a la mitad de la resistencia a la tracción mínima del material de revestimiento y, para todos los demás materiales de revestimiento, no debería ser inferior a 140 MPa, independientemente de la dirección en la que se haga el ensayo.

La superficie adherida debería cubrir como mínimo el 95% de la superficie total y ninguna zona individual no adherida debería cubrir más de 50 cm². En el caso de aceros revestidos que tengan que soportar elevadas tensiones durante la fabricación (por ejemplo, fondos cóncavos) o cuando estén en servicio (por ejemplo, placas de tubos), puede ser necesario que el comprador imponga requisitos adicionales.

El material de revestimiento debería tener una textura superficial que corresponda al proceso de revestimiento y ser de un espesor uniforme con tolerancias no superiores a las indicadas en la tabla D.3-1.

Las tolerancias admisibles para el material base se indican en las normas dimensionales correspondientes de los diversos productos.

Tabla D.3-1 – Desviaciones límite del espesor para materiales de revestimiento sobre aceros revestidos

Espesor nominal mm	Desviaciones límite en el espesor^{a, b} mm
1,0	– 0,10
1,5	– 0,15
2,0	– 0,20
2,5	– 0,25
3,0	– 0,35
3,5	– 0,45
4,0	– 0,50
4,5	– 0,50
≥ 5,0	– 0,50
^a Las desviaciones de los valores indicados en esta tabla están sujetas a un acuerdo especial.	
^b Para espesores intermedios, se aplica la desviación límite indicada para el siguiente espesor más pequeño de la tabla.	

D.4 Cualificación del procedimiento de revestimiento

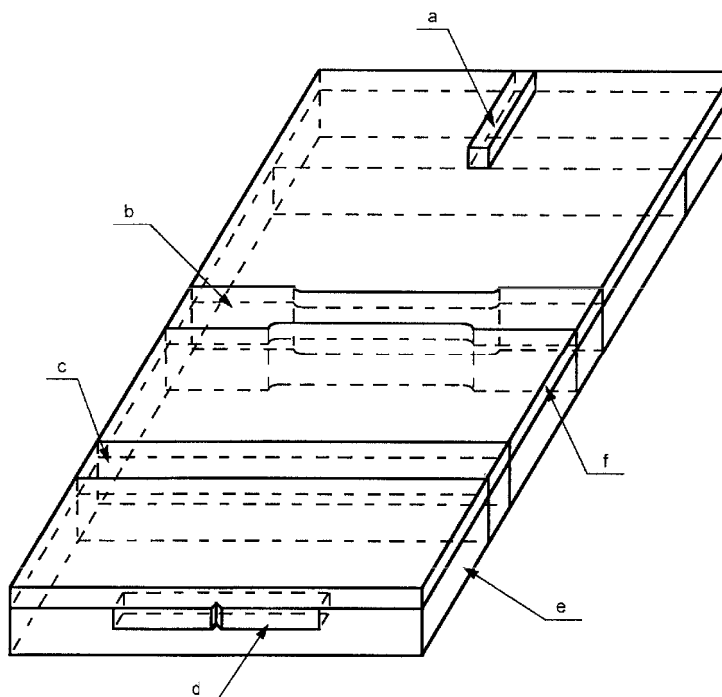
Antes de comenzar la producción, deberían verificarse las condiciones adecuadas del revestimiento mediante ensayos de cualificación del procedimiento de revestimiento, incluidos ensayos del procedimiento de soldeo para capas superpuestas soldadas, si procede. Estas condiciones deberían respetarse cuidadosamente cuando se proceda al revestimiento de los productos en la instalación.

Normalmente, los ensayos de cualificación del procedimiento de revestimiento deberían incluir:

- a) ensayos de tracción de acuerdo con la Norma EN 10002-1:2001;
- b) ensayos de choque de entalla en V de Charpy de acuerdo con la Norma EN 10045-1:1990 a la temperatura especificada para las probetas tomadas del material base revestido de tal manera que
 - un lado de la probeta coincida con la zona adherida entre el metal base y el material depositado;
 - la dirección longitudinal de la probeta será transversal a la dirección de laminado; y
 - el eje de la entalla es perpendicular a la superficie siguiente del material base (véase el punto d) de la figura D.5-1);
- c) los ensayos de doblado de las probetas que, como se muestra en la figura D.5-2 cubren la zona adherida, y se hacen en una dirección paralela a la zona de adherencia;
- d) el examen de la dureza, micro- y macroestructura, y composición química de la zona de transición;
- e) ensayos de cortadura en probetas de cortadura;
- f) inspección de la calidad superficial y conformidad con las dimensiones;
- g) ensayos ultrasónicas de la avenencia entre el metal base y el revestimiento.

D.5 Ensayos de producción

Muestras tomadas a intervalos del revestimiento del material base bajo las mismas condiciones que el producto deberían ensayarse a intervalos uniformes durante la producción. Los tipos de ensayos a realizar y los requisitos a cumplir deberían acordarse sobre la base de los resultados de los ensayos de cualificación del procedimiento de revestimiento especificados en el capítulo D.4 y de la experiencia práctica.

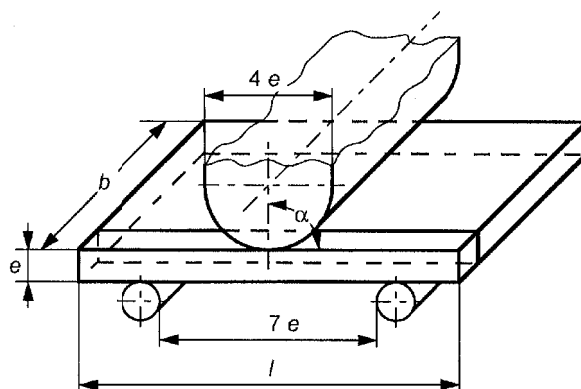


Leyenda

- a probeta de ensayo de cortadura
- b probeta de ensayo de tracción
- c probeta de ensayo de doblado lateral
- d probeta de ensayo de doblado por choque contra barra entallada
- e material
- f material de revestimiento

Figura D.5-1 – Posición de las piezas de prueba

Disposición de ensayo



Dimensiones de la probeta:

Espesor: $e = 10 \text{ mm}$

Anchura: $b =$ espesor del producto terminado, siempre que no sea superior a 80 mm (base y material de revestimiento)
Si el producto terminado tiene un espesor superior a 80 mm, se podrá quitar el material base.

Longitud: $l =$ no inferior a 130 mm

Ángulo: $\alpha = 90^\circ$

Figura D.5-2 – Disposición de los ensayos de doblado para productos con revestimiento

ANEXO E (Informativo)

ACEROS EUROPEOS PARA RECIPIENTES A PRESIÓN

E.1 Normas europeas para aceros y componentes en acero, para aplicaciones a presión.

La tabla E.1-1 contiene un resumen informativo de las normas europeas de aceros y componentes en acero para aplicaciones a presión.

Tabla E.1-1 – Normas europeas para aceros y componentes en acero para recipientes a presión

Forma del producto	Requisitos generales	Grados de temperatura ambiente ^a	Grados para temperaturas elevadas	Aceros de grano fino			Grados para temperaturas bajas	Aceros inoxidables
				Normalizados	Tratados termomecánicamente	Aceros templados y revenidos		
Chapa y fleje	EN 10028-1	—	EN 10028-2	EN 10028-3	EN 10028-5	EN 10028-6	EN 10028-4	EN 10028-7
Barra laminada	—	—	EN 10273	—	—	—	—	EN 10272
Tubo sin soldadura	—	EN 10216-1	EN 10216-2	EN 10216-3	—	EN 10216-3	EN 10216-4	EN 10216-5
Tubo soldado eléctricamente	—	EN 10217-1	EN 10217-2	EN 10217-3	—	—	EN 10217-4	—
Tubo soldado por arco sumergido	—	EN 10217-1	EN 10217-5	EN 10217-3	—	—	EN 10217-6	—
Tubo soldado por fusión	—	—	—	—	—	—	—	EN 10217-7
Accesorio	—	EN 10253-2	EN 10253-2	EN 10253-2	EN 10253-2	EN 10253-2	EN 10253-2	EN 10253-4
Forjados incluyendo Barras forjadas	EN 10222-1	—	EN 10222-2	EN 10222-4	—	—	EN 10222-3	EN 10222-5
Fundidos	EN 10213	—	EN 10213	—	—	—	EN 10213	EN 10213
Acero para elemento de fijación	—	—	EN 10269	—	—	—	EN 10269	EN 10269

^a Los valores a temperatura ambiente se indican en todas las normas de esta tabla.

E.2 Aceros europeos normalizados agrupados en función de la forma del producto

Las referencias en esta tabla no incluyen la fecha de la norma, pero son referencias con fecha como se indica en el capítulo de bibliografía.

Tabla E.2-1 – Aceros europeos normalizados agrupados de acuerdo a la forma del producto

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							mín.	máx.		
1	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	P235GH	1.0345	N	0	250	1.1	
2	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	P265GH	1.0425	N	0	250	1.1	
3	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	P295GH	1.0481	N	0	250	1.2	
4	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	P355GH	1.0473	N	0	250	1.2	
5	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	16Mo3	1.5415	N, NT	0	250	1.2	^e
6	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	18MnMo4-5	1.5414	NT	0	150	1.2	
7	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	18MnMo4-5	1.5414	QT	150	250	1.2	
8	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	20MnMoNi4-5	1.6311	QT	0	250	3.1	
9	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	NT	0	100	3.1	
10	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	NT, QT	100	150	3.1	
11	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	15NiCuMoNb5-6-4	1.6368	QT	150	200	3.1	
12	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMo4-5	1.7335	NT	0	100	5.1	
13	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMo4-5	1.7335	NT, QT	100	150	5.1	
14	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMo4-5	1.7335	QT	150	250	5.1	
15	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMoSi5-5	1.7336	NT, QT	0	100	5.1	
16	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMoSi5-5	1.7336	QT	100	250	5.1	
17	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	10CrMo9-10	1.7380	NT	0	60	5.2	
18	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	10CrMo9-10	1.7380	NT, QT	60	100	5.2	
19	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	10CrMo9-10	1.7380	QT	100	250	5.2	
20	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	12CrMo9-10	1.7375	NT, QT	0	250	5.2	
21	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	X12CrMo5	1.7362	NT	0	150	5.3	
22	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	X12CrMo5	1.7362	QT	150	250	5.3	
23	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMoV9-10	1.7703	NT	0	150	6.2	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
24	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMoV9-10	1.7703	QT	150	250	6.2	
25	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	12CrMoV12-10	1.7767	NT	0	150	6.2	
26	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	12CrMoV12-10	1.7767	QT	150	250	6.2	
27	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	X10CrMoVNb9-1	1.4903	NT	0	150	6.4	
28	Chapa y fleje	EN 10028-2	Propiedades a temperatura elevada	X10CrMoVNb9-1	1.4903	QT	150	250	6.4	
29	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P275NH	1.0487	N	0	250	1.1	
30	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P275NL1	1.0488	N	0	250	1.1	
31	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P275NL2	1.1104	N	0	250	1.1	
32	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P355N	1.0562	N	0	250	1.2	
33	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P355NH	1.0565	N	0	250	1.2	
34	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P355NL1	1.0566	N	0	250	1.2	
35	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P355NL2	1.1106	N	0	250	1.2	
36	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P460NH	1.8935	N	0	100	1.3	
37	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P460NL1	1.8915	N	0	100	1.3	
38	Chapa y fleje	EN 10028-3	Acero normalizado de grado fino	P460NL2	1.8918	N	0	100	1.3	
39	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	11MnNi5-3	1.6212	N,NT	0	80	9.1	
40	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	13MnNi6-3	1.6217	N,NT	0	80	9.1	
41	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	15NiMn6	1.6228	N,NT,QT	0	80	9.1	
42	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	12Ni14	1.5637	N,NT,QT	0	80	9.2	
43	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	X12Ni5	1.5680	N,NT,QT	0	50	9.2	
44	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	X8Ni9+NT640	1.5662	N+NT	0	50	9.3	
45	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	X8Ni9+QT640	1.5662	QT	0	50	9.3	
46	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	X8Ni9+QT680	1.5662	N+NT, QT	0	15	9.3	
47	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	X8Ni9+QT680	1.5662	QT	15	50	9.3	
48	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	X7Ni9	1.5663	N+NT, QT	0	15	9.3	
49	Chapa y fleje	EN 10028-4	Propiedades a baja temperatura	X7Ni9	1.5663	QT	15	50	9.3	
50	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P355M	1.8821	M	0	63	1.2	f

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Esesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
51	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P355ML1	1.8832	M	0	63	1.2	f
52	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P355ML2	1.8833	M	0	63	1.2	f
53	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P420M	1.8824	M	0	63	2.1	f
54	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P420ML1	1.8835	M	0	63	2.1	f
55	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P420ML2	1.8828	M	0	63	2.1	f
56	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P460M	1.8826	M	0	63	2.1	f
57	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P460ML1	1.8837	M	0	63	2.1	f
58	Chapa y fleje	EN 10028-5	Aceros de grano fino, laminados termomecánicamente	P460ML2	1.8831	M	0	63	2.1	f
59	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P355Q	1.8866	QT	0	150	1.2	
60	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P355QH	1.8867	QT	0	150	1.2	
61	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P355QL1	1.8868	QT	0	150	1.2	
62	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P355QL2	1.8869	QT	0	150	1.2	
63	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P460Q	1.8870	QT	0	150	3.1	
64	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P460QH	1.8871	QT	0	150	3.1	
65	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P460QL1	1.8872	QT	0	150	3.1	
66	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P460QL2	1.8864	QT	0	150	3.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							mín.	máx.		
67	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P500Q	1.8873	QT	0	150	3.1	
68	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P500QH	1.8874	QT	0	150	3.1	
69	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P500QL1	1.8875	QT	0	150	3.1	
70	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P500QL2	1.8865	QT	0	150	3.1	
71	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P690Q	1.8879	QT	0	150	3.1	
72	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P690QH	1.8880	QT	0	150	3.1	
73	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P690QL1	1.8881	QT	0	150	3.1	
74	Chapa y fleje	EN 10028-6	Aceros de grano fino, templados y revenidos	P690QL2	1.8888	QT	0	150	3.1	
75	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-7	1.4318	AT	0	75	8.1	
76	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-9	1.4307	AT	0	75	8.1	
77	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi19-11	1.4306	AT	0	75	8.1	
78	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-10	1.4311	AT	0	75	8.1	
79	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNi18-10	1.4301	AT	0	75	8.1	
80	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNi19-9	1.4315	AT	0	75	8.1	
81	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNi18-10	1.4948	AT	0	75	8.1	
82	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNi23-13	1.4950	AT	0	75	8.2	
83	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNi25-20	1.4951	AT	0	75	8.2	
84	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiTi18-10	1.4541	AT	0	75	8.1	
85	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiTiB18-10	1.4941	AT	0	75	8.1	
86	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	AT	0	75	8.1	
87	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoN17-12-2	1.4406	AT	0	75	8.1	
88	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	AT	0	75	8.1	
89	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	AT	0	75	8.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Esesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
90	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-3	1.4432	AT	0	75	8.1	
91	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	AT	0	75	8.1	
92	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	AT	0	75	8.1	
93	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	AT	0	75	8.2	
94	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X5NiCrAlTi31-20	1.4958	AT	0	75	8.2	
95	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X5NiCrAlTi31-20+RA	1.4958+RA	AT+RA	0	75	8.2	
96	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X8NiCrAlTi32-21	1.4959	AT	0	75	8.2	
97	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos	X3CrNiMoBN17-13-3	1.4910	AT	0	75	8.2	
98	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X1CrNi25-21	1.4335	AT	0	75	8.2	
99	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X6CrNiNb18-10	1.4550	AT	0	75	8.1	
100	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X8CrNiNb16-13	1.4961	AT	0	75	8.1	
101	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X1CrNiMoN25-22-2	1.4466	AT	0	75	8.2	
102	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	AT	0	75	8.1	
103	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	AT	0	75	8.1	
104	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X3CrNiMoN17-13-3	1.4436	AT	0	75	8.1	
105	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X2CrNiMoN18-12-4	1.4434	AT	0	75	8.1	
106	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X2CrNiMo18-15-4	1.4438	AT	0	75	8.1	
107	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X1NiCrMoCu31-27-4	1.4563	AT	0	75	8.2	
108	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X1CrNiMoCuN25-25-5	1.4537	AT	0	75	8.2	
109	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	AT	0	75	8.2	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Esesor mm	Grupo de material según CR ISO 15608	Notas	
							mín.	máx.		
110	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austeníticos especiales	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	AT	0	75	8.2	
111	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiN23-4	1.4362	AT	0	75	10.1	c
112	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	AT	0	75	10.1	c
113	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austenoferríticos especiales	X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507	AT	0	75	10.2	c
114	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austenoferríticos especiales	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	AT	0	75	10.2	c
115	Chapa y fleje	EN 10028-7	Aceros inoxidables austenoferríticos especiales	X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	AT	0	75	10.2	c
116	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables martensíticos	X4CrNiMo16-5-1	1.4418	QT760	0	160	7.2	c
117	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-9	1.4307	AT	0	250	8.1	
118	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi19-11	1.4306	AT	0	250	8.1	
119	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-10	1.4311	AT	0	250	8.1	
120	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNi18-10	1.4301	AT	0	250	8.1	
121	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiTi18-10	1.4541	AT	0	250	8.1	
122	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	AT	0	250	8.1	
123	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	AT	0	250	8.1	
124	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	AT	0	250	8.1	
125	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	AT	0	250	8.1	
126	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-3	1.4432	AT	0	250	8.1	
127	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	AT	0	250	8.1	
128	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-13-5	1.4439	AT	0	250	8.1	
129	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	AT	0	250	8.2	
130	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiNb18-10	1.4550	AT	0	250	8.1	
131	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	AT	0	250	8.1	
132	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	AT	0	250	8.1	
133	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X3CrNiMo17-13-3	1.4436	AT	0	250	8.1	
134	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCu31-27-4	1.4563	AT	0	250	8.2	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^e	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
135	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	AT	0	250	8.2	
136	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	AT	0	250	8.2	
137	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	AT	0	160	10.1	c
138	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiN23-4	1.4362	AT	0	160	10.1	c
139	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507	AT	0	160	10.2	c
140	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	AT	0	160	10.2	c
141	Barra	EN 10272	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	AT	0	160	10.2	c
142	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P235GH	1.0345	N	0	150	1.1	
143	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P250GH	1.0460	N	0	150	1.1	
144	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P265GH	1.0425	N	0	150	1.1	
145	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P295GH	1.0481	N	0	150	1.2	
146	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P355GH	1.0473	N	0	150	1.2	
147	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P275NH	1.0487	N	0	150	1.1	
148	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P355NH	1.0565	N	0	150	1.2	
149	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P460NH	1.8935	N	0	150	1.3	
150	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P355QH	1.8867	QT	0	150	1.2	
151	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P460QH	1.8871	QT	0	150	3.1	
152	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P500QH	1.8874	QT	0	150	3.1	
153	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	P690QH	1.8880	QT	0	150	3.1	
154	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	16Mo3	1.5415	N	0	150	1.2	e
155	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	13CrMo4-5	1.7335	NT	0	16	5.1	
156	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	13CrMo4-5	1.7335	NT, QA, QL	16	150	5.1	
157	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	10CrMo9-10	1.7380	NT	0	60	5.2	
158	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	10CrMo9-10	1.7380	NT, QA, QL	60	150	5.2	
159	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	11CrMo9-10	1.7383	NT, QA, QL	0	60	5.2	
160	Barra	EN 10273	Propiedades a temperatura elevada	11CrMo9-10	1.7383	QL	60	100	5.2	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							mín.	máx.		
161	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	C35E	1.1181	N	0	60	—	d
162	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	C35E	1.1181	QT	0	150	—	d
163	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	C45E	1.1191	N	0	60	—	d
164	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	C45E	1.1191	QT	0	150	—	d
165	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	35B2	1.5511	QT	0	150	—	d
166	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	20Mn5	1.1133	N	0	150	—	d
167	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	25CrMo4	1.7218	QT	0	150	—	d
168	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	42CrMo4	1.7225	QT	0	60	—	d
169	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	42CrMo5-6	1.7233	QT	0	150	—	d
170	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	40CrMoV4-6	1.7711	QT	0	160	—	d
171	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	21CrMoV5-7	1.7709	QT	0	160	—	d
172	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	20CrMoVTiB4-10	1.7729	QT	0	160	—	d
173	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X15CrMo5-1	1.7390	NT, QT	0	160	—	d
174	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X22CrMoV12-1	1.4923	QT1, QT2	0	160	—	d
175	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X12CrNiMoV12-3	1.4938	QT	0	160	—	d
176	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X19CrMoNbVN11-1	1.4913	QT	0	160	—	d

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
177	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X2CrNi18-9	1.4307	AT	0	160	—	d
178	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X2CrNi18-9	1.4307	C700, C800	0	25	—	d
179	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X2CrNi18-9	1.4307	C700	25	35	—	d
180	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X5CrNi18-10	1.4301	AT	0	160	—	d
181	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X5CrNi18-10	1.4301	C700	0	35	—	d
182	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X4CrNi18-12	1.4303	AT	0	160	—	d
183	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X4CrNi18-12	1.4303	C700, C800	0	25	—	d
184	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X4CrNi18-12	1.4303	C700	25	35	—	d
185	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	AT	0	160	—	d
186	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	C700, C800	0	25	—	d
187	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	C 700	25	35	—	d
188	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	AT	0	160	—	d
189	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	C700, C800	0	25	—	d
190	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	C700	25	35	—	d
191	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	AT	0	160	—	d
192	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura ambiente	X3CrNiCu18-9-4	1.4567	AT	0	160	—	d

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
193	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura ambiente	X3CrNiCu18-9-4	1.4567	C700	0	35	—	d
194	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X6CrNi18-10	1.4948	AT	0	160	—	d
195	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X10CrNiMoMnNbVB15-10-1	1.4982	AT + WW	0	100	—	d
196	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	3CrNiMoBN17-13-3	1.4910	AT	0	160	—	d
197	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X6CrNiMoB17-12-2	1.4919	AT	0	160	—	d
198	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X6CrNiTiB18-10	1.4941	AT	0	160	—	d
199	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a alta y baja temperatura	X6NiCrTiMoVB25-15-2	1.4980	AT + P	0	160	—	d
200	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a temperatura elevada	X7CrNiMoBNb16-16	1.4986	WW + P	0	100	—	d
201	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a baja temperatura	19MnB4	1.5523	QT	0	16	—	d
202	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a baja temperatura	41NiCrMo7-3-2	1.6563	QT	0	160	—	d
203	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a baja temperatura	34CrNiMo6	1.6582	QT	0	100	—	d
204	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a baja temperatura	30CrNiMo8	1.6580	QT	0	100	—	d
205	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a baja temperatura	X12Ni5	1.5680	N, NT, QT	0	75	—	d
206	Elemento de fijación	EN 10269	Propiedades a baja temperatura	X8Ni9	1.5662	N, NT, QT	0	75	—	d
207	Tubo sin soldadura	EN 10216-1	Propiedades a temperatura ambiente	P195TR2	1.0108	N	0	60	1.1	
208	Tubo sin soldadura	EN 10216-1	Propiedades a temperatura ambiente	P235TR2	1.0255	N	0	60	1.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Esesor mm	Grupo de material según CR ISO 15608	Notas	
							min.	máx.		
209	Tubo sin soldadura	EN 10216-1	Propiedades a temperatura ambiente	P265TR2	1.0259	N	0	60	1.1	
210	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	P195GH	1.0348	N	0	16	1.1	
211	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	P235GH	1.0345	N	0	60	1.1	
212	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	P265GH	1.0425	N	0	60	1.1	
213	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	20MnNb6	1.0471	N	0	60	1.2	
214	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	16Mo3	1.5415	N	0	60	1.2	e
215	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	8MoB5-4	1.5450	N	0	16	1.3	
216	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	14MoV6-3	1.7715	NT, QT ^b	0	60	6.1	
217	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	10CrMo5-5	1.7338	NT, QT ^b	0	60	5.1	
218	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMo4-5	1.7335	NT, QT ^b	0	60	5.1	
219	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	10CrMo9-10	1.7380	NT, QT ^b	0	60	5.2	
220	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	11CrMo9-10	1.7383	QT	0	60	5.2	
221	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	25CrMo4	1.7218	QT	0	60	5.1	a
222	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	20CrMoV13-5-5	1.7779	QT	0	60	6.3	
223	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	15NiCuMoNb5-614	1.6368	NT, QT ^b	0	80	3.1	
223-2	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	7CrWVMoNb9-6	1.8201	NT	0	60	6.2	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
223-2	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	7CrMoVTiB10-10	1.7378	NT	0	60	6.2	
224	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X11CrMo5 + I ^g	1.7362 + I	I	0	100	5.3	
225	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X11CrMo5 + NT1 ^g	1.7362 + N1	NT	0	100	5.3	
226	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X11CrMo5 + NT2 ^g	1.7362 + N2	NT, QT ^b	0	100	5.3	
227	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X11CrMo9-1 + I ^g	1.7386 + I	I	0	60	5.4	
228	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X11CrMo9-1 + NT ^g	1.7386 + NT	NT, QT ^b	0	60	5.4	
229	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X10CrMoVNb9-1	1.4903	NT, QT ^b	0	100	6.4	
229-2	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X10CrWMoVNb9-2	1.4901	NT	0	100	6.4	
229-2	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X11CrMoWVNb9-1-1	1.4905	NT	0	100	6.4	
230	Tubo sin soldadura	EN 10216-2	Propiedades a temperatura elevada	X20CrMoV11-1	1.4922	NT, QT ^b	0	100	6.4	
231	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P275NL1	1.0488	N	0	100	1.1	
232	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P275NL2	1.1104	N	0	100	1.1	
233	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P355N	1.0562	N	0	100	1.2	
234	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P355NH	1.0565	N	0	100	1.2	
235	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P355NL1	1.0566	N	0	100	1.2	
236	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P355NL2	1.1106	N	0	100	1.2	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
N°	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							mín.	máx.		
237	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P460N	1.8905	N ^b	0	100	1.3	
238	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P460NH	1.8935	N ^b	0	100	1.3	
239	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P460NL1	1.8915	N ^b	0	100	1.3	
240	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P460NL2	1.8918	N ^b	0	100	1.1	
241	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P620Q	1.8876	Q	0	65	3.1	
242	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P620QH	1.8877	Q	0	65	3.1	
243	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P620QL	1.8890	Q	0	65	3.1	
244	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P690Q	1.8879	Q	0	100	3.1	
245	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P690QH	1.8880	Q	0	100	3.1	
246	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P690QL1	1.8881	Q	0	100	3.1	
247	Tubo sin soldadura	EN 10216-3	Aceros de grano fino	P690QL2	1.8888	Q	0	100	3.1	
248	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	P215NL	1.0451	N	0	10	1.1	
249	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	P255QL	1.0452	QT	0	40	1.1	e
250	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	P265NL	1.0453	N	0	25	1.1	
251	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	26CrMo4-2	1.7219	QT	0	40	5.1	a
252	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	11MnNi5-3	1.6212	N, NT ^b	0	40	9.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Esesor mm	Grupo de material según CR ISO 15608	Notas	
							mín.	máx.		
253	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	13MnNi16-3	1.6217	N, NT ^b	0	40	9.1	
254	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	12Ni14	1.5637	NT	0	40	9.2	
255	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	12Ni14 + QT	1.5637	QT	0	40	9.2	
256	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	X12Ni5	1.5680	N	0	40	9.2	
257	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	X12Ni5 + QT	1.5680	QT	0	40	9.2	
258	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	X10Ni9	1.5682	N, NT	0	40	9.3	
259	Tubo sin soldadura	EN 10216-4	Propiedades a baja temperatura	X10Ni9 + QT	1.5682	QT ^b	0	40	9.3	
260	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-9	1.4307	AT	0	60	8.1	
261	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi19-11	1.4306	AT	0	60	8.1	
262	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-10	1.4311	AT	0	60	8.1	
263	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNi18-10	1.4301	AT	0	60	8.1	
264	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiTi18-10	1.4541	AT	0	60	8.1	
265	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiNb18-10	1.4550	AT	0	60	8.1	
266	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	AT	0	60	8.1	
267	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	AT	0	60	8.1	
268	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	AT	0	60	8.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Esesor mm	Grupo de material según CR ISO 15608	Notas	
							mín.	máx.		
269	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X1CrNiMoN25-22-2	1.4466	AT	0	60	8.2	
270	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	AT	0	60	8.1	
271	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiMoNb17-12-2	1.4580	AT	0	60	8.1	
272	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoNi17-13-3	1.4429	AT	0	60	8.1	
273	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X3CrNiMo17-13-3	1.4436	AT	0	60	8.1	
274	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X1CrNi25-21	1.4335	AT	0	60	8.2	
275	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoNi17-13-5	1.4439	AT	0	60	8.1	
276	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCu31-27-4	1.4563	AT	0	60	8.2	
277	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	AT	0	60	8.2	
278	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	AT	0	60	8.2	
279	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	AT	0	60	8.2	
280	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2NiCrAlTi32-20	1.4558	AT	0	60	8.2	
281	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNi18-10	1.4948	AT	0	50	8.1	
282	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X7CrNiTi18-10	1.4940	AT	0	50	8.1	
283	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X7CrNiNb18-10	1.4912	AT	0	50	8.1	
284	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X7CrNiTiB18-10	1.4941	AT	0	50	8.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Esesor mm	Grupo de material según CR ISO 15608	Notas	
							mín.	máx.		
285	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiMo17-13-2	1.4918	AT	0	50	8.1	
286	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X5NiCrAlTi31-20	1.4958	AT	0	50	8.2	
287	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X8NiCrAlTi32-21	1.4959	AT	0	50	8.2	
288	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X3CrNiMoNb17-13-3	1.4910	AT	0	50	8.1	
289	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X8CrNiNb16-13	1.4961	AT	0	50	8.1	
290	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X8CrNiMoVNb16-13	1.4988	AT	0	50	8.1	
291	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X8CrNiMoNb16-16	1.4981	AT	0	50	8.1	
292	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austeníticos	X10CrNiMoMnNbVB15-10-1	1.4982	AT	0	50	8.1	
293	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	AT	0	30	10.1	c
294	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoSi18-5-3	1.4424	AT	0	30	10.1	c
295	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiN23-4	1.4362	AT	0	30	10.1	c
296	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	AT	0	30	10.2	c
297	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507	AT	0	30	10.2	c
298	Tubo sin soldadura	EN 10216-5	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	AT	0	30	10.2	c
299	Tubo soldado	EN 10217-1	Propiedades a temperatura ambiente	P195TR2	1.0108	N	0	40	1.1	
300	Tubo soldado	EN 10217-1	Propiedades a temperatura ambiente	P235TR2	1.0255	N	0	40	1.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^e	Esesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
301	Tubo soldado	EN 10217-1	Propiedades a temperatura ambiente	P265TR2	1.0259	N	0	40	1.1	
302	Tubo soldado	EN 10217-2	Propiedades a temperatura elevada	P195GH	1.0348	N	0	16	1.1	
303	Tubo soldado	EN 10217-2	Propiedades a temperatura elevada	P235GH	1.0345	N	0	16	1.1	
304	Tubo soldado	EN 10217-2	Propiedades a temperatura elevada	P265GH	1.0425	N	0	16	1.1	
305	Tubo soldado	EN 10217-2	Propiedades a temperatura elevada	16Mo3	1.5415	N	0	16	1.2	e
306	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P275NL1	1.0488	N	0	40	1.1	
307	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P275NL2	1.1104	N	0	40	1.1	
308	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P355N	1.0562	N	0	40	1.2	
309	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P355NH	1.0565	N	0	40	1.2	
310	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P355NL1	1.0566	N	0	40	1.2	
311	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P355NL2	1.1106	N	0	40	1.2	
312	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P460N	1.8905	N	0	40	1.3	
313	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P460NH	1.8935	N	0	40	1.3	
314	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P460NL1	1.8915	N	0	40	1.3	
315	Tubo soldado	EN 10217-3	Aceros de grano fino	P460NL2	1.8918	N	0	40	1.3	
316	Tubo soldado	EN 10217-4	Propiedades a baja temperatura	P215NL	1.0451	N	0	10	1.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Esesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
317	Tubo soldado	EN 10217-4	Propiedades a baja temperatura	P265NL	1.0453	N	0	16	1.1	
318	Tubo soldado	EN 10217-5	Propiedades a temperatura elevada	P235GH	1.0345	N	0	40	1.1	
319	Tubo soldado	EN 10217-5	Propiedades a temperatura elevada	P265GH	1.0425	N	0	40	1.1	
320	Tubo soldado	EN 10217-5	Propiedades a temperatura elevada	16Mo3	1.5415	N	0	40	1.2	e
321	Tubo soldado	EN 10217-6	Propiedades a temperatura ambiente	P215NL	1.0451	N	0	10	1.1	
322	Tubo soldado	EN 10217-6	Propiedades a temperatura ambiente	P265NL	1.0453	N	0	25	1.1	
323	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-9	1.4307	AT	0	60	8.1	
324	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi19-11	1.4306	AT	0	60	8.1	
325	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-10	1.4311	AT	0	60	8.1	
326	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNi18-10	1.4301	AT	0	60	8.1	
327	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiTi18-10	1.4541	AT	0	60	8.1	
328	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiNb18-10	1.4550	AT	0	60	8.1	
329	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	AT	0	60	8.1	
330	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	AT	0	60	8.1	
331	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	AT	0	60	8.1	
332	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-3	1.4432	AT	0	60	8.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ⁸	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							mín.	máx.		
333	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	AT	0	60	8.1	
334	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X3CrNiMo17-13-3	1.4436	AT	0	60	8.1	
335	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	AT	0	60	8.1	
336	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	AT	0	60	8.1	
337	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo18-15-4	1.4438	AT	0	60	8.1	
338	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCu31-27-7	1.4563	AT	0	60	8.2	
339	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	AT	0	60	8.2	
340	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	AT	0	60	8.2	
341	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austeníticos	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	AT	0	60	8.2	
342	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	AT	0	30	10.1	c
343	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiN23-4	1.4362	AT	0	30	10.1	c
344	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	AT	0	30	10.2	c
345	Tubo soldado	EN 10217-7	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	AT	0	30	10.2	c
346	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	P245GH	1.0352	A	0	35	1.1	
347	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	P245GH	1.0352	N, NT, QT	35	160	1.1	
348	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	P280GH	1.0426	N	0	35	1.2	
349	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	P280GH	1.0426	NT, QT	35	160	1.2	
350	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	P305GH	1.0436	N	0	35	1.2	
351	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	P305GH	1.0436	NT	35	160	1.2	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^e	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
352	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	P305GH	1.0436	QT	0	70	1.2	e
353	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	16Mo3	1.5415	N	0	35	1.2	e
354	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	16Mo3	1.5415	QT	35	500	1.2	e
355	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMo4-5	1.7335	NT	0	70	5.1	
356	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	13CrMo4-5	1.7335	NT, QT	70	500	5.1	
357	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	15MnMoV4-5	1.5402	NT, QT	0	250	1.2	
358	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	18MnMoNi5-5	1.6308	QT	0	200	4.1	
359	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	14MoV6-3	1.7715	NT, QT	0	500	6.1	
360	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	15MnCrMoNiV5-3	1.6920	NT, QT	0	100	4.1	
361	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	11CrMo9-10	1.7383	NT	0	200	5.2	
362	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	11CrMo9-10	1.7383	NT, QT	200	500	5.2	
363	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	X16CrMo5-1	1.7366	A	0	300	5.3	
364	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	X16CrMo5-1	1.7366	NT	0	300	5.3	
365	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	X10CrMoVNi9-1	1.4903	NT	0	130	6.4	
366	Forjados	EN 10222-2	Propiedades a temperatura elevada	X20CrMoV11-1	1.4922	QT	0	330	6.4	
367	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	13MnNi6-3	1.6217	NT	0	70	9.1	
368	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	15NiMn6	1.6228	N	0	35	9.1	
369	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	15NiMn6	1.6228	NT, QT	35	50	9.1	
370	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	12Ni14	1.5637	N	0	35	9.2	
371	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	12Ni14	1.5637	NT	35	50	9.2	
372	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	12Ni14	1.5637	QT	50	70	9.2	
373	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	X12Ni5	1.5680	N	0	35	9.2	
374	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	X12Ni5	1.5680	NT, QT	35	50	9.2	
375	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	X8Ni9	1.5662	N, NT	0	50	9.3	
376	Forjados	EN 10222-3	Propiedades a baja temperatura	X8Ni9	1.5662	QT	50	70	9.3	
377	Forjados	EN 10222-4	Aceros de grano fino, límite de elasticidad elevado	P285NH	1.0477	N	0	70	1.2	
378	Forjados	EN 10222-4	Aceros de grano fino, límite de elasticidad elevado	P285QH	1.0478	QT	70	400	1.2	e

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							mín.	máx.		
379	Forjados	EN 10222-4	Aceros de grano fino, límite de elasticidad elevado	P355NH	1.0565	N	0	70	1.2	
380	Forjados	EN 10222-4	Aceros de grano fino, límite de elasticidad elevado	P355QH1	1.0571	QT	70	400	1.2	e
381	Forjados	EN 10222-4	Aceros de grano fino, límite de elasticidad elevado	P420NH	1.8932	N	0	70	1.3	
382	Forjados	EN 10222-4	Aceros de grano fino, límite de elasticidad elevado	P420QH	1.8936	QT	70	400	3.1	
383	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables martensíticos	X3CrNi13-4	1.4313	QT+T	0	350	7.2	e
384	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables martensíticos	X3CrNi13-4	1.4313	QT	0	250	7.2	e
385	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-9	1.4307	AT	0	250	8.1	
386	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNi18-10	1.4311	AT	0	250	8.1	
387	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNi18-10	1.4301	AT	0	250	8.1	
388	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiTi18-10	1.4541	AT	0	450	8.1	
389	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiNb18-10	1.4550	AT	0	450	8.1	
390	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNi18-10	1.4948	AT	0	250	8.1	
391	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNTiB18-10	1.4941	AT	0	450	8.1	
392	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X7CrNiNb18-10	1.4912	AT	0	450	8.1	
393	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	AT	0	250	8.1	
394	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	AT	0	160	8.1	
395	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	AT	0	250	8.1	
396	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	AT	0	450	8.1	
397	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo17-12-3	1.4432	AT	0	250	8.1	
398	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	AT	0	160	8.1	
399	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X3CrNiMo17-13-3	1.4436	AT	0	250	8.1	
400	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiMo18-14-3	1.4435	AT	0	75	8.1	
401	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X3CrNiMoN17-13-3	1.4910	AT	0	75	8.1	
402	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X2CrNiCu19-10	1.4650	AT	0	450	8.1	
403	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austeníticos	X3CrNiMo18-12-3	1.4449	AT	0	450	8.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Espesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							min.	máx.		
404	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	AT	0	350	10.1	c
405	Forjados	EN 10222-5	Aceros inoxidables austenoferríticos	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	AT	0	160	10.2	c
406	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	GP240GR	1.0621	N	0	100	1.1	h
407	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	GP240GH	1.0619	N, QT	0	100	1.1	e
408	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	GP280GH	1.0625	N, QT	0	100	1.2	e
409	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	G20Mo5	1.5419	QT	0	100	3.1	
410	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	G17CrMo5-5	1.7357	QT	0	100	5.1	
411	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	G17CrMo9-10	1.7379	QT	0	150	5.2	
412	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	G12MoCrV5-2	1.7720	QT	0	100	6.1	
413	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	G17CrMoV5-10	1.7706	QT	0	150	6.2	
414	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	GX4CrNi 13-4	1.4317	QT	0	300	8.1	
415	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	GX8CrNi 12	1.4107	QT	0	300	8.1	
416	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	GX15CrMo5	1.7365	QT	0	150	5.3	
417	Fundidos	EN 10213	Propiedades a temperatura elevada	GX23CrMoV12-1	1.4931	QT	0	150	6.4	
418	Fundidos	EN 10213	Propiedades a baja temperatura	G17Mn5	1.1131	QT	0	50	1.1	
419	Fundidos	EN 10213	Propiedades a baja temperatura	G20Mn5	1.6220	N	0	30	1.2	
420	Fundidos	EN 10213	Propiedades a baja temperatura	G20Mn5	1.6220	QT	0	100	1.2	e
421	Fundidos	EN 10213	Propiedades a baja temperatura	G18Mo5	1.5422	QT	0	100	1.2	e
422	Fundidos	EN 10213	Propiedades a baja temperatura	G9Ni10	1.5636	QT	0	35	9.1	
423	Fundidos	EN 10213	Propiedades a baja temperatura	G17NiCrMo13-6	1.6781	QT	0	200	9.2	
424	Fundidos	EN 10213	Propiedades a baja temperatura	G9Ni14	1.5638	QT	0	35	9.2	
425	Fundidos	EN 10213	Propiedades a baja temperatura	GX3CrNi13-4	1.6982	QT	0	300	8.1	
426	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austeníticos	GX2CrNi19-11	1.4309	AT	0	150	8.1	
427	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austeníticos	GX5CrNi19-10	1.4308	AT	0	150	8.1	
428	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austeníticos	GX5CrNiNb19-11	1.4552	AT	0	150	8.1	
429	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austeníticos	GX2CrNiMo19-11-2	1.4409	AT	0	150	8.1	
430	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austeníticos	GX5CrNiMo19-11-2	1.4408	AT	0	150	8.1	
431	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austeníticos	GX5CrNiMoNb19-11-2	1.4581	AT	0	150	8.1	

1	2	3	4	5	6	7	8		9	10
Nº	Forma del producto	Norma europea	Descripción del material	Grado	Número del material	Tratamiento térmico ^g	Esesor mm		Grupo de material según CR ISO 15608	Notas
							mín.	máx.		
432	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austeníticos	GX2NiCrMo28-20-2	1.4458	AT	0	150	8.2	
433	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austenoferríticos	GX2CrNiMoN25-7-3	1.4417	AT	0	150	10.2	c
434	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austenoferríticos	GX2CrNiMoN22-5-3	1.4470	AT	0	150	10.1	c
435	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austenoferríticos	GX2CrNiMoCuN25-6-3-3	1.4517	AT	0	150	10.2	c
436	Fundidos	EN 10213	Aceros inoxidables austenoferríticos	GX2CrNiMoN26-7-4	1.4469	AT	0	150	10.2	c
^a A causa del contenido en carbono, cuando el material está soldado son necesarias precauciones particulares. ^b Para detalles sobre tratamientos térmicos, véase la serie de Normas EN 10216. ^c Véase la tabla B.2-3, figuras B.2-9 a B.2-11. ^d No está permitida la soldadura de elementos de fijación fabricados con estos materiales. ^e Los requisitos particulares para el conformado y la soldadura se deben de considerar caso a caso. ^f No está permitido el conformado en caliente para los aceros tratados termomecánicamente, véase el apartado 9.3.2 de la Norma 13445-4:2009. ^g Condiciones del tratamiento térmico: A recocido AT recocido en solución C trabajado en frío I recocido isoterma M laminado termomecánicamente N normalizado NT normalizado y revenido P endurecido por precipitación QT templado y revenido RA recocido de recristalización WW trabajado en caliente ^h Grado del acero suprimido en la Norma EN 10213:2008.										

ANEXO Y (Informativo)**DIFERENCIAS ENTRE LA NORMA EN 13445-2:2002 Y EN 13445-2:2009**

La edición 2009 de la Norma EN 13445-2 contiene la edición 2 de la norma y todas las modificaciones y correcciones publicadas mientras tanto.

Las modificaciones técnicas más importantes conciernen a:

- La adición de características para el diseño en el intervalo de fluencia (4.2.4 y anexo C).
- Los aceros europeos normalizados de acuerdo a la forma del producto: el traslado de la tabla A.2-1 a la tabla E.2-1 y la actualización con los materiales de EN, cambió el estatus del anexo de normativo a informaativo.
- La revisión del anexo B relativo a la prevención de la rotura frágil: ampliación del rango del límite de elasticidad aplicable de 460 MPa a 500 MPa, la inclusión de aceros inoxidables austenoferríticos con espesores hasta 50 mm y las modificaciones del apartado B.4 relativo a las placas de ensayo en relación a las modificaciones del capítulo 8 de la parte 4 de la norma.

ANEXO ZA (Informativo)**CAPÍTULOS DE ESTA NORMA EUROPEA RELACIONADOS CON LOS REQUISITOS ESENCIALES U OTRAS DISPOSICIONES DE LA DIRECTIVA 97/23/CE**

Esta norma europea ha sido elaborada bajo un Mandato dirigido a CEN por la Comisión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio, para proporcionar un medio de dar cumplimiento a los requisitos esenciales de la Directiva 97/23/CE.

Una vez que esta norma se cite en el Diario Oficial de la Unión Europea bajo esta directiva, y se implemente como norma nacional en al menos un Estado Miembro, el cumplimiento de los capítulos de esta norma indicados en la tabla ZA.1, dentro de los límites del campo de aplicación de esta norma, es un medio para dar presunción de conformidad con los requisitos esenciales específicos de esta directiva y los reglamentos de la AELC asociados.

Tabla ZA.1 – Correspondencia entre esta norma europea y la Directiva 97/23/CE

Capítulo(s)/Apartado(s) de esta norma europea	Requisitos esenciales de la Directiva 97/23/CE	Notas/Comentarios
4	2.2.3 (b), 5º guión	aprovisionamiento y consideración de las propiedades de material adecuadas
4.1.6 y anexo B	4.1 (a)	prevención de la rotura frágil
4.1.7	4.1 (d)	materiales adecuados para el procedimiento de tramitación previsto
4.1.1	4.2 (b)	cumplimiento con las especificaciones de material
4.1.5	7.5	requisitos detallados en el alargamiento después de la rotura para el acero
4.1.6 y anexo B	7.5	requisitos detallados en la energía de rotura por impacto para el acero
4.2.4	2.2.3 (b), 7º guión	propiedades de diseño en el intervalo de fluencia

ADVERTENCIA: Los productos incluidos en el campo de aplicación de esta norma pueden estar afectados por otros requisitos o directivas de la UE.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Directive 97/23/EC of the European Parliament and of the Council of 29 May 1997 on the approximation of the laws of the Member States concerning pressure equipment, OJEC No L 181, 9 July 1997.
- [2] AD-Merkblatt W 8. Plattierte Stähle (clad steels); July 1987.
- [3] CODAP, Section M 15: Rules applicable to ferrous and non ferrous clad metal sheets.
- [4] SEL 075: Plattierte Erzeugnisse (plated products); February 1993.
- [5] Sanz G., Rev Metal CIT 1980, pp 621-642.
- [6] Sandström R., "Minimum usage temperatures for ferritic steels" Scandinavian Journal of Metallurgy 16 (1987), pp 242-252.
- [7] Garwood S. J. and Denham J. B., 'The fracture toughness requirements of BS 5500', ASME pressure vessel and piping conference (1988), paper 88-PBP-7.
- [8] Guidance on methods for assessing the acceptability of flaws in fusion welded structures, BS 7910:1999.
- [9] Assessment of the Integrity of Structures Containing Discontinuities, INSTA Technical Report, Materials Standards Institute, Stockholm 1991.
- [10] Case proposal to prEN 13445-2, clause 4.1.6 and Annex D.3.2 (prepared by SG Low Temperature), document CEN/TC 54/267/JWG B N 400.
- [11] EN 764-4:2002, *Pressure equipment. Part 4: Establishment of technical delivery conditions for metallic materials.*
- [12] EN 764-5:2002, *Pressure equipment. Part 5: Compliance and Inspection Documentation of Materials.*
- [13] EN 1011-2:2001, *Welding. Recommendations for welding of metallic materials. Part 2: Arc welding of ferritic steels.*
- [14] EN 10002-1:2001, *Metallic materials. Tensile testing. Part 1: Method of test at ambient temperature.*
- [15] EN 10079:1992, *Definition of steel products.*
- [16] Langenberg P. (Edt.), ECOPRESS Economical and safe design of pressure vessels applying new modern steels, European research project, 5th framework RTD, project no. GRD1-1999-10640, 1/2000-5/2003, Final report 12/2003, info: www.i-w-t.de.
- [17] VdTÜV-Merkblatt 1153, Richtlinien für die Eignungsprüfung von Schweißzusätzen; Schweißtechnik, 2009.
- [18] European Creep Collaborative Committee (ECCC) Recommendations (2003).
- [19] EN 10028-1:2007, *Flat products made of steels for pressure purposes. Part 1: General requirements.*
- [20] EN 10213:2007, *Steel castings for pressure purposes.*
- [21] EN 10216-1:2002, *Seamless steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 1: Non-alloy steel tubes with specified room temperature properties.*

- [22] EN 10216-2:2002, *Seamless steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 2: Non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties.*
- [23] EN 10216-5:2002, *Seamless steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 5: Stainless steel tubes.*
- [24] EN 10217-1:2002, *Welded steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 1: Non-alloy steel tubes with specified room temperature properties.*
- [25] EN 10217-2:2002, *Welded steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 2: Electric welded non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties.*
- [26] EN 10217-5:2002, *Welded steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 5: Submerged arc welded non-alloy and alloy steel tubes with specified elevated temperature properties.*
- [27] EN 10217-7:2005, *Welded steel tubes for pressure purposes. Technical delivery conditions. Part 7: Stainless steel tubes.*
- [28] EN 10222-1:1998, *Steel forgings for pressure purposes. Part 1: General requirements for open die forgings.*
- [29] EN 10222-2:1999, *Steel forgings for pressure purposes. Part 2: Ferritic and martensitic steels with specified elevated temperature properties.*
- [30] EN 10253-2:2007, *Butt-welding pipe fittings. Part 2: Non alloy and ferritic alloy steels with specific inspection requirements.*
- [31] EN 10272:2007, *Stainless steel bars for pressure purposes.*
- [32] EN ISO 14343:2007, *Welding consumables. Wire electrodes, strip electrodes, wires and rods for fusion welding of stainless and heat resisting steels. Classification (ISO 14343:2002 and ISO 14343:2002/Amd1:2006).*
- [33] Sandström, R., Langenberg, P., Sieurin, H. ,New brittle fracture model for the European pressure vessel standard, *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 81 (2004) 837-845'.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032