

---

**NORMA CUBANA**

**NC**

**829: 2012**  
**(Publicado por CEN en 2002)**

---

**TANQUES CILÍNDRICOS ESTÁTICOS, AÉREOS, DE ACERO SOLDADO, FABRICADOS EN SERIE PARA EL ALMACENAJE DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) DE VOLUMEN INFERIOR O IGUAL A 20 m<sup>3</sup> — DISEÑO Y FABRICACIÓN (EN 12542: 2002,MOD. Corr:2009)**

Static welded steel cylindrical tanks, serially produced for the storage of Liquefied petroleum gas (LPG) having a volume not greater than 20 m<sup>3</sup> and for installation above ground — Design and manufacture

---

ICS: 75.190.90

1. Edición      Mayo 2012  
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.  
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio  
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

**NC 829: 2012**

## **Prefacio**

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

### **Esta Norma Cubana:**

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 92 de Calderas y Recipientes a presión integrado por representantes de las siguientes entidades:

- Empresa Ingeniería ALASTOR:.....SIME
- Empresa de Equipos industriales “Quintín Bandera”, Regal:..... SIME
- Ministerio del Trabajo y Seguridad Social:.....MTSS
- ECINAZ:.....MINAZ
- Cuerpo de Bomberos:..... MININT
- Oficina Nacional de Normalización:.....CITMA
- Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias:..... MINFAR
- Instituto superior Politécnico José Antonio Echeverría “ISPJAE”..... MES
- CUPET:..... MINBAS

- Es una adopción modificada de la Norma Europea EN 12542:2002 Static welded steel cylindrical tanks, serially produced for the storage of Liquefied petroleum gas (LPG) having a volume not greater than 13 m<sup>3</sup> and for installation above ground - Design and manufacture. y la corr. EN 12542:2009.

- Las modificaciones aparecen en el Anexo Nacional.

## **© NC, 2012**

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC)**

**Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.**

**Impreso en Cuba.**

## Índice

<b>1 Campo de aplicación .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Referencias Normativas .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Términos y definiciones.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.11</b>
<b>4 Materiales .....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 Virolas y fondos .....</b>	<b>12</b>
<b>4.2 Partes a presión que no sean virolas y fondos.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3 Piezas soldadas al depósito .....</b>	<b>13</b>
<b>4.4 Consumibles de soldadura .....</b>	<b>14</b>
<b>4.5 Certificados .....</b>	<b>14</b>
<b>4.6 Materiales no metálicos (juntas de estanquidad) .....</b>	<b>14</b>
<b>5 Diseño.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1 Generalidades .....</b>	<b>14</b>
<b>5.2 Temperaturas .....</b>	<b>15</b>
<b>5.3 Presión de diseño .....</b>	<b>15</b>
<b>5.4 Condiciones de vacío .....</b>	<b>15</b>
<b>5.5 Cargas transmitidas por los soportes.....</b>	<b>15</b>
<b>5.6 Elementos de izaje .....</b>	<b>15</b>
<b>6 Aberturas .....</b>	<b>15</b>
<b>6.1 Generalidades .....</b>	<b>15</b>
<b>6.2 Refuerzos .....</b>	<b>15</b>
<b>6.3 Posición de las soldaduras y de las aberturas .....</b>	<b>16</b>
<b>7 Calidad de ejecución y fabricación.....</b>	<b>16</b>
<b>7.1 Generalidades .....</b>	<b>16</b>

**7.2 Control y trazabilidad de los materiales ..... 16**

**7.3 Tolerancias de fabricación ..... 17**

**7.4 Uniones soldadas admisibles ..... 17**

**7.4.1 Soldaduras longitudinales..... 17**

**7.4.2 Uniones a solapa ..... 17**

**7.5 Conformado de las partes a presión ..... 18**

**7.5.1 Generalidades. .... 18**

**7.5.2 Tratamiento térmico después del conformado ..... 18**

**7.5.3 Ensayos en las piezas conformadas. .... 19**

**7.5.4 Repetición de ensayos..... 19**

**7.5.5 Examen visual y control dimensional. .... 20**

**7.5.6 Marcado..... 20**

**7.5.7 Certificados de ensayo.. .... 20**

**7.6 Soldadura..... 20**

**7.6.1 Generalidades. La soldadura debe cumplir las siguientes condiciones:..... 20**

**7.6.2 Especificación del procedimiento de soldadura (EPS)..... 21**

**7.6.3 Calificación de la especificación de los procedimientos de soldadura..... 21**

**7.6.4 Calificación de los soldadores y operadores de soldadura..... 21**

**7.6.5 Preparación de los bordes a soldar ..... 21**

**7.6.6 Ejecución de las uniones soldadas..... 22**

**7.6.7 Dispositivos de fijación y soportes..... 22**

**7.6.8 Pre calentamiento ..... 22**

**7.7 Tratamiento térmico después de la soldadura..... 22**

**7.8 Reparaciones..... 22**

**7.8.1 Reparaciones de imperfecciones superficiales del metal base..... 22**

**8 Accesorios no sometidos a presión..... 23**

8.1 Dispositivo de fijación.....	23
8.2 Posición .....	23
8.3 Orificio de venteo.....	24
9 Control y ensayos .....	24
9.1 Examen visual de las soldaduras .....	24
9.2 Exámenes no destructivos (END) .....	24
9.3 Técnicas de examen no destructivo.....	25
9.3.1 Generalidades. ....	25
9.3.2 Técnica radiográfica. ....	25
9.3.3 Técnicas por ultrasonidos. ....	26
9.3.4 Técnicas por partículas magnéticas. ....	26
9.3.5 Técnicas por líquidos penetrantes. ....	26
9.4 Marcado, todas las técnicas de examen no destructivo.....	26
9.5 Calificación del personal .....	26
9.6 Criterios de aceptación .....	26
9.7 Cupones de ensayo de producción (chapas testigos).....	26
9.8 Evaluación final.....	28
9.8.1 Prueba de presión.....	28
9.8.2 Examen final. ....	29
10 Tratamiento superficial y acabado .....	29
10.1 Generalidades .....	29
10.2 Reflectancia .....	29
10.3 Operaciones de acabado .....	30
11 Marcado y certificación .....	30
12 Registros y documentación.....	31

12.1 Documentación que debe obtener el fabricante .....	31
12.2 Documentación que debe preparar el fabricante .....	31

#### ANEXO A (Normativo)

Presión de diseño y condiciones de llenado.....	32
A.1 Presión de diseño (p).....	32
A.2 Condiciones de llenado .....	32
A.3 Cálculo del volumen máximo de llenado .....	33

#### ANEXO B (Normativo)

Tolerancias de los depósitos .....	34
B.1 Diámetro exterior medio .....	34
B.2 Ovalización.....	34
B.3 Rectitud .....	34
B.4 Irregularidades en el perfil circular .....	34
B.5 Tolerancias de los fondos abombados .....	35
B.6 Perfil.....	35
B.7 Alineación de las superficies.....	36
B.8 Dispositivos de fijación, embocaduras y accesorios .....	36

#### ANEXO C (Normativo)

Prueba de presión hidráulica .....	37
C.1 Accesorios provisionales.....	37
C.2 Manómetros .....	37
C.3 Fluido de prueba.....	37
C.4 Ausencia de impactos .....	37
C.5 Procedimiento de ensayos.....	37

**ANEXO D(Normativo)**

Imperfecciones .....	38
----------------------	----

**ANEXO E(Normativo)**

Fórmulas de cálculo para los depósitos .....	41
E.1 Tensiones admisibles .....	41
E.2 Fórmulas de diseño.....	41
E.2.1 Generalidades .....	41
E.2.2 Cálculo de la virola cilíndrica.....	41
E.2.3 Cálculo del fondo toriesférico .....	41
E.2.4 Cálculo del fondo elíptico.....	43
E.2.5 Fondos semiesféricos .....	44
E.2.6 Fórmulas para calcular C .....	44
E.3 Refuerzo de embocaduras .....	45
E.3.1 Generalidades .....	45
E.3.2 Dimensiones de las aberturas .....	45
E.3.3 Distancia entre las aberturas o tubuladuras.....	45
E.3.4 Aberturas y tubuladuras .....	46
E.3.5 Virolas cilíndricas y fondos con aberturas .....	46
E.3.6 Refuerzo de la envolvente .....	46
E.3.7 Amplitud del refuerzo.....	46
E.3.8 Aberturas elípticas .....	46
E.3.9 Tubuladuras soldadas .....	46
E.3.10 Placas de refuerzo.....	47
E.3.11 Refuerzo. Generalidades .....	47
E.3.12 Refuerzo con rebordes .....	47

E.3.13 Refuerzo mediante tubuladuras ..... 48

E.3.14 Embocaduras perpendiculares a la pared del depósito..... 48

**ANEXO F (Informativo)**

Medición de los picos de la virola..... 51

F.1 Calibre de perfiles..... 51

F.2 Control de picos..... 51

**ANEXO G (Informativo)**

Ejemplos de uniones ..... 53

**ANEXO H (Informativo)**

Método de determinación de los índices de reflexión..... 57

H.1 Método ..... 57

Bibliografía..... 58



**TANQUES CILÍNDRICOS ESTÁTICOS, AÉREOS, DE ACERO SOLDADO, FABRICADOS EN SERIE PARA EL ALMACENAJE DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP) DE VOLUMEN INFERIOR O IGUAL A 20 M<sup>3</sup> — DISEÑO Y FABRICACIÓN**

## 1 Campo de aplicación

Esta Norma Cubana define los requisitos para el diseño y la fabricación de los depósitos cilíndricos fijos, aéreos, de acero soldado, fabricados en serie, destinados al almacenamiento de gas licuado del petróleo (GLP), con un volumen inferior o igual a 20 m<sup>3</sup>.

## 2 Referencias normativas

Esta norma 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).

NC-ISO 9606-1:2004 Calificación de soldadores. Soldadura por fusión. Parte 1: Aceros.

NC-ISO 15609-1:2011 Especificación y cualificación de los procedimientos de soldadura para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldadura. Parte 1: Soldadura por arco.

NC-ISO 15614-1:2011 Especificación y cualificación de los procedimientos de soldadura para los materiales metálicos, ensayo de procedimiento de soldadura Parte 1: Soldadura por arco y con gas de acero y soldadura por arco de níquel y sus aleaciones.

ISO 15613:2004 Especificación y cualificación de procedimiento de soldadura para los materiales metálicos. Cualificación mediante ensayos de soldadura anterior a la producción

EN 462 (Todas las partes) Ensayos no destructivos.

NC-ISO 9712<sup>1</sup> Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos. Principios generales.

ISO 2560:2009 Consumibles para soldadura. Electrodo recubiertos para la soldadura manual por arco de aceros no aleados y de grano fino

EN 571-1 Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes. Parte 1: Principios generales.

EN 756 Consumibles para el soldadura. Alambres y combinaciones alambres-fundentes macizos y tubulares para el soldadura por arco sumergido de aceros no aleados y de grano fino. Clasificación.

---

<sup>1</sup> En Elaboración

ISO 17632:2009 Consumibles para el soldadura. Alambres tubulares para el soldadura por arco con y sin gas de protección de aceros no aleados y aceros de grano fino. Clasificación.

EN 837-2 Manómetros. Parte 2: Recomendaciones para la selección e instalación de manómetros.

EN 875 Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque. Posición de la probeta, orientación del entallo y examen.

EN 876 Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayos de tracción longitudinal sobre el metal de aportación en uniones soldadas por fusión.

EN 895 Ensayos destructivos de uniones soldadas en materiales metálicos. Ensayo de tracción transversal.

EN 910 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayos de doblado.

NC-EN 970:2004 Examen no destructivo de soldaduras por fusión. Examen visual.

EN 1290 Examen no destructivo de uniones soldadas. Examen de uniones soldadas mediante partículas magnéticas.

EN 1321 Ensayos destructivos de soldaduras de materiales metálicos. Examen macroscópico y microscópico de soldaduras.

EN 1418 Personal de soldadura. Ensayos de cualificación de los operadores de soldeo para el soldeo por fusión y de los ajustadores de soldeo por resistencia para el soldeo automático y totalmente mecanizado de materiales metálicos

EN 1668 Consumibles para el soldeo. Varillas, alambres y depósitos para el soldeo bajo atmosfera inerte con electrodo de tungsteno de aceros no aleados y de grano fino. Clasificación

EN 1435 Examen no destructivo de uniones soldadas. Examen radiográfico de uniones soldadas.

EN 1708-1 Soldadura. Descripción detallada de uniones soldadas de acero. Parte 1: Componentes sometidos a presión.

EN 1714 Examen no destructivo de soldaduras. Examen ultrasónico de uniones soldadas.

ISO 9162 Productos petrolíferos. Combustibles (Clase F). Gases licuados del petróleo. Especificaciones.

EN 10025-1:2006 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.

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

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

EN 10028-5 Productos planos de acero para aplicaciones a presión. Parte 5: Aceros soldables de grano fino laminados termo mecánicamente.

EN 10204 Productos metálicos. Tipos de documentos de inspección.

EN 12062 Examen no destructivo de soldaduras. Reglas generales para los materiales metálicos.

EN 13445-2:2002 Recipientes a presión no sometidos a la acción de una llama. Parte 2: Materiales.

EN 13445-3:2002 Recipientes a presión no sometidos a la acción de una llama. Parte 3: Diseño.

NC-ISO 6520-1:2010 Soldadura y procesos a fines. Clasificación de las imperfecciones geométricas en las soldaduras de materiales metálicos. Parte 1: Soldadura por fusión.

### 3 Términos y definiciones

Para los fines de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes.

**3.1 límite elástico:** Límite superior de elasticidad  $R_{eH}$  o, para aceros que no presenten una elasticidad definida, resistencia a la tracción para un alargamiento del 0,2%.

**3.2 tanques ó depósitos fabricados en serie:** Depósitos, que se fabrican en cantidad superior a la unidad, en una misma fábrica, con el mismo diseño, los mismos materiales, los mismos procesos de fabricación, y sin interrupciones prolongadas, durante un período de tiempo determinado.

**3.3 lote de fabricación:** Conjunto de partes a presión, o de depósitos acabados, fabricados consecutivamente por el mismo fabricante, utilizando el mismo proceso de fabricación, con las mismas características de diseño, dimensiones y materiales, en la misma cadena de producción, y sometidos al mismo tratamiento térmico.

NOTA En este contexto, la palabra “consecutivamente” no implica necesariamente una producción continua.

**3.4 conformado en frío:** Conformado a temperaturas no inferiores a 25 °C por debajo de la temperatura máxima admitida para el relajamiento de tensiones, de acuerdo con las especificaciones aplicables del material.

**3.5 conformado en caliente:** Conformado a temperaturas superiores a la temperatura de relajamiento de tensiones, según se indica en las especificaciones aplicables del material.

**3.6 zona climática:** Zona geográfica aceptada o definida por las autoridades nacionales competentes, u otros organismos, encargados de la definición de los parámetros de diseño de los depósitos de almacenamiento de GLP en el o los países en los que vayan a ser utilizados los depósitos. Esta zona se utiliza para definir la temperatura de referencia para la presión de diseño y el llenado.

**3.7 presión de diseño:** Presión relativa utilizada en las fórmulas de cálculo.

**3.8 fabricante:** Salvo especificación contraria, fabricante del depósito.

**3.9 Ar<sub>3</sub>** : Punto crítico del diagrama de equilibrio hierro-Carbono, que representa la temperatura al final de la transformación de austenita a ferrita en el enfriamiento del acero.

NOTA La temperatura real varía con la composición del acero.

## **4 Materiales**

### **4.1 Virolas y fondos**

Los materiales para las virolas y los fondos deben seleccionarse entre los aceros especificados en las Normas EN 10028-2, EN 10028-3, o EN 10028-5. No obstante pueden utilizarse otras especificaciones equivalentes para los materiales, ya sean aprobaciones nacionales e internacionales de materiales, o evaluaciones específicas.

En todos los casos, los materiales deben cumplir los siguientes requisitos:

- la composición química y las propiedades mecánicas deben cumplir los requisitos del Grupo 1 o del Grupo 2, definidos en la tabla 1;
- el valor mínimo especificado de la resistencia a la rotura por tracción debe ser inferior o igual a 700 N/mm<sup>2</sup>
- la elongación mínima debe ser del 14%;
- los valores de resiliencia deben ser superiores o iguales a 27 J, a la temperatura mínima de cálculo, o deben cumplir los requisitos de diseño para bajas temperaturas especificados en la norma EN 13445-2;
- los aceros del sub-grupo 2.2, deben tener un Carbono equivalente limitado como máximo al 0,43%, cuando se calcula de acuerdo con la Norma EN 10028-5.

Los aceros deben clasificarse según la Tabla 1.

Tabla 1 — Grupos de materiales

Grupo	Sub-grupo	Tipo de acero
1		Aceros con límite elástico mínimo especificado <sup>a</sup> $R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$ , y cuya composición química en %, es:  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 de fundición) <sup>b</sup> Nb $\leq 0,05$ V $\leq 0,12^b$ Ti $\leq 0,05$
	1.1	Aceros con límite elástico mínimo especificado $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$
	1.2	Aceros con límite elástico mínimo especificado $275 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$
	1.3	Aceros normalizados de grano fino con límite elástico mínimo especificado $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
2	2	Aceros de grano fino termo mecánicamente tratados y aceros fundidos con límite elástico mínimo especificado $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	2.1	Aceros de grano fino termo mecánicamente tratados y aceros fundidos con límite elástico mínimo especificado $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$
	2.2	Aceros de grano fino termo mecánicamente tratados y aceros fundidos con límite elástico mínimo especificado $R_{eH} > 460 \text{ N/mm}^2$
a De acuerdo con las especificaciones de las normas de productos de acero $R_{eH}$ puede sustituirse por $R_p 0,2$		
b Puede admitirse un valor superior si $Cr + Mo + Ni + Co + V \leq 0,75 \%$		

#### 4.2 Partes a presión que no sean virolas y fondos

Los materiales de las partes a presión, aparte de virolas y fondos, deben cumplir la norma establecida armonizada y apropiada para el material, o una especificación similar que haya sido objeto de una aprobación, o apreciación particular del material.

Los materiales deben cumplir igualmente los requisitos del apartado 4.1.

### **4.3 Piezas soldadas al depósito**

Las partes no sometidos a presión que estén directamente soldadas a las partes sometidas a presión, deben estar construidas con materiales apropiados, seleccionados en la Norma EN 10025, o con un material compatible con el material de las partes a presión.

En todos los casos, los materiales deben cumplir igualmente los requisitos del apartado 4.1.

### **4.4 Consumibles de soldadura**

Los consumibles de soldadura deben permitir la realización de soldaduras de calidad constante con propiedades como mínimo iguales a las especificadas para los materiales base del tanque acabado.

Los consumibles de soldadura deben seleccionarse en las Normas EN ISO 2560:2006, EN ISO 17632:2009, EN 756 o la EN ISO 636:2009, según las necesidades. La adecuada elección de los consumibles de soldadura debe justificarse de acuerdo con el apartado 7.6.3.

### **4.5 Certificados**

El fabricante del tanque debe obtener los certificados que muestren el análisis químico y las propiedades mecánicas detalladas del acero suministrado para la fabricación de las partes a presión del depósito. Los certificados deben contener todos los datos (con tolerancias incluidas) exigidos en el certificado tipo 3.1B de la norma EN-10204:1991, junto con la confirmación por parte del fabricante del material de la conformidad con la especialización del material.

### **4.6 Materiales no metálicos (juntas de estanqueidad)**

Los materiales no metálicos deben ser compatibles con las dos fases de los G.L.P. en todo el rango de presiones y temperaturas previstas durante el servicio.

## **5 Diseño**

### **5.1 Generalidades**

Los espesores de los depósitos deben calcularse de acuerdo con el Anexo E.

Para los depósitos destinados a contener G.L.P. que cumplan la Norma ISO 9162, una Norma Nacional o Internacional, o una especificación equivalente, no se exige ningún sobre espesor de corrosión contra la corrosión interna.

Para los depósitos protegidos contra la corrosión externa de acuerdo con el apartado 10.1, no se exige ningún sobre espesor de corrosión contra la corrosión externa.

El coeficiente de unión soldada apropiado para el material utilizado, y el nivel de control no destructivo a realizar, deben seleccionarse de acuerdo con la Tabla 2.

El depósito debe estar diseñado para resistir todos los esfuerzos resultantes de la presión, las condiciones de vacío, y el peso del líquido, de acuerdo con los apartados 5.3, 5.4, y 5.5.

En caso necesario, los accesorios deben soldarse al depósito con una placa de refuerzo.

Debe presentarse un plano acotado completamente detallado.

## 5.2 Temperaturas

El rango de temperaturas de cálculo debe ser generalmente de - 20 °C a 50 °C. No obstante, cuando se prevean temperaturas inferiores a - 20 °C, el fabricante debe justificar que las propiedades del material de las principales partes a presión tienen propiedades compatibles para un rango de temperatura de - 40 °C a 50 °C según la Norma EN 13445-2.

## 5.3 Presión de diseño

La presión de diseño,  $p$  (véase apartado 3.7) no debe ser menor que la presión máxima alcanzada en servicio, de acuerdo con el Anexo A. Debe seleccionarse teniendo en cuenta la presión máxima del GLP.

## 5.4 Condiciones de vacío

El depósito debe estar diseñado para resistir una presión interna mínima de 0,1 bar absolutos.

NOTA 1 Este requisito puede verificarse cumpliendo los requisitos de la Norma EN 13445-3.

NOTA 2 Este requisito garantiza que el depósito resiste las condiciones de vacío generadas por el producto en las condiciones de operación o de mantenimiento habitual.

## 5.5 Cargas transmitidas por los soportes

El tanque debe diseñarse para resistir la carga transmitida desde sus soportes cuando el tanque se llena de agua. Esto debe demostrarse mediante cálculo de acuerdo con la Norma EN 13445-3 o mediante ensayos experimentales.

## 5.6 Elementos de izaje

Los elementos de izaje deben diseñarse para resistir las cargas máximas previstas durante la construcción y la manipulación. Esto debe demostrarse por cálculo de acuerdo con la Norma EN 13445-3, o experimentalmente.

## 6 Aberturas

### 6.1 Generalidades

Los depósitos deben suministrarse con un número suficiente de aberturas para responder a las necesidades de equipamiento con el fin de cumplir los requisitos de operación.

### 6.2 Refuerzos

Las aberturas deben reforzarse con un reborde, una placa de refuerzo o mediante una placa de compensación, fijado por soldadura y diseñada de acuerdo con el capítulo E.3.

### 6.3 Posición de las soldaduras y de las aberturas

Las soldaduras de aberturas deben distanciarse de las soldaduras longitudinales y circunferenciales y de las soldaduras de otras aberturas mediante una distancia mínima de 40 mm entre los bordes soldados.

## 7 Calidad de ejecución y fabricación

### 7.1 Generalidades

Los tanques deben fabricarse de acuerdo con los planos, especificaciones que cumplan los requisitos de esta norma, y las buenas prácticas de la ingeniería.

El fabricante debe ser responsable de la competencia, formación, y del control de su personal.

Los materiales especificados para la fabricación de los depósitos deben estar a pie de obra (siguiendo las instrucciones de trabajo del fabricante del material, llegado el caso), de forma que el depósito acabado tenga las propiedades requeridas para cumplir tanto las condiciones de utilización previstas, como los requisitos de esta norma.

El fabricante debe disponer de una organización definida que permita controlar las operaciones de fabricación que incorporan procesos especiales tales como el conformado, la soldadura, y el tratamiento térmico.

### 7.2 Control y trazabilidad de los materiales

El fabricante debe disponer de un sistema de identificación de los materiales utilizados durante la fabricación, con el fin de tener trazabilidad al origen de todos los materiales utilizados para las partes a presión del depósito acabado. El sistema debe incluir los procedimientos de verificación de la identificación del material, descritos por el suministrador en los certificados, y, o, en los informes de ensayo de aceptación del fabricante del material.

El fabricante debe asegurarse de que el material utilizado es conforme con el material especificado en el diseño y, o, en los planos.

Durante la utilización y el corte del material, el marcado de identificación del mismo debe estar situado de forma que:

- a) quede claramente visible cuando la parte a presión está terminada; o
- b) sea posible, aplicando un sistema documentado, garantizar la trazabilidad de todos los materiales del depósito acabado.

Cuando se transfiera el marcado de identificación, el método de troquelado o marcado utilizado no debe tener efectos perjudiciales en las propiedades especificadas del material

NOTA Cuando durante la fabricación es inevitable eliminar el marcado de identificación del material de una parte a presión, el fabricante del elemento a presión debería transferir este marcado a otra parte del componente. La transferencia del marcado de identificación debería ser realizada por una persona designada por el fabricante. Deben conservarse los registros de los consumibles de soldadura utilizados.



### 7.3 Tolerancias de fabricación

Las tolerancias en la forma de los depósitos deben cumplir los requisitos del Anexo B.

### 7.4 Uniones soldadas admisibles

La descripción detallada de las uniones soldadas debe cumplir la Norma EN 1708-1. En el Anexo G se indican las uniones soldadas recomendadas.

#### 7.4.1 Soldaduras longitudinales

Las soldaduras de las virolas deben ser helicoidales o longitudinales, y del tipo a tope. Cuando un depósito está constituido por varias virolas, los cordones longitudinales de soldadura de las virolas adyacentes, deben estar desplazadas al menos 100 mm. Esta distancia debe medirse entre los bordes de las soldaduras.

#### 7.4.2 Uniones a solapa

**7.4.2.1** Las uniones a solapa deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) la parte a solapa que sirve de respaldo para la soldadura, debe estar embutida en todo el perímetro de la circunferencia en la parte hembra correspondiente, (sólo se permite la mecanización del borde a solapa si el espesor residual de la parte que sirve de respaldo para la soldadura en ningún punto es inferior al 75% del espesor inicial).
- b) el perfil del solapamiento debe mantenerse constante durante la producción, con un radio regular, sin aristas vivas.
- c) Cuando se complete la soldadura, debe tener un perfil regular, y debe llenar totalmente el hueco del espesor total de la placa que se están uniendo.

NOTA En la figura G.2, se representa la disposición recomendada para las uniones a solapa.

**7.4.2.2** Cuando el borde recto del fondo abombado es a solape, el respaldo debe estar suficientemente distante del radio de acuerdo para asegurar que el borde del cordón de la soldadura circunferencial se encuentra a una distancia superior o igual a 12 mm del radio de acuerdo.

**7.4.2.3** Cuando una virola con cordón de soldadura longitudinal o helicoidal está a solapa, las soldaduras deben estar amoladas interior y exteriormente en una distancia de aproximadamente 50 mm antes del perfil, sin reducción del espesor de la chapa. Al finalizar la unión a solapa, se realiza una inspección de la zona de la soldadura para detectar grietas, mediante un examen por partículas magnéticas de acuerdo con la Norma EN 1290, o por líquidos penetrantes de acuerdo con la Norma EN 571-1, y no debe aparecer ninguna grieta.

## 7.5 Conformado de las partes a presión

### 7.5.1 Generalidades

Las partes conformadas sometidas a presión deben estar conformadas en frío o en caliente.

Los fondos abombados deben estar fabricados a partir de una única chapa.

Las chapas utilizadas para las partes conformadas deben cumplir los requisitos del apartado 4.1. Durante el conformado en caliente, la temperatura del elemento debe ser inferior o igual a 1 050 °C.

### 7.5.2 Tratamiento térmico después del conformado

#### 7.5.2.1 Tratamiento térmico después del conformado en frío de productos planos

Los fondos conformados en frío deben tratarse térmicamente después del conformado, a menos que pueda demostrarse que se cumplen las propiedades especificadas en el apartado 4.1, o que un ensayo de explosión sobre un tanque prototipo demuestre que el componente conformado no es el elemento más débil del tanque.

No es necesario el tratamiento térmico de los fondos si la deformación de la fibra extrema calculada según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de deformación de la fibra extrema} = \frac{75 \cdot e}{r_f} \left[ 1 - \frac{r_f}{R_0} \right] \text{ resulta } < 5 \text{ Donde}$$

e el espesor de la plancha, mm,

r<sub>f</sub> el radio de acuerdo final, por la línea neutra (radio neutro del codillo), mm,

R<sub>0</sub> el radio de curvatura inicial, por la línea neutra (igual a infinito para las planchas planas), mm

y además que se cumplan las siguientes condiciones:

- 1 El material no requiera exámenes de impacto.
- 2 El espesor del elemento antes de la conformación en frío no excede 16 mm.
- 3 La reducción del espesor por conformación en frío a partir de la plancha laminada es menor de 10%.
- 4 La temperatura del material durante la conformación no está en el rango de 121 °C a 482 °C.

Cuando se realice un tratamiento térmico después de un conformado en frío, debe ser un tratamiento térmico de normalización, u otro procedimiento calificado.

NOTA Los parámetros incluidos en el certificado de ensayos del fabricante de los materiales de base pueden servir de indicación o de recomendación en cuanto al tratamiento térmico requerido.

### 7.5.2.2 Tratamiento térmico después del conformado en caliente

Si no se prevé ningún tratamiento térmico después del conformado, el proceso de conformado debe estar cualificado, controlado, y cumplir los requisitos del apartado 7.5.1.

Si la temperatura del conformado es inferior a  $A_{r3}$ , o si la elongación del acero, después del conformado, es inferior a la indicada en el apartado 4.1, las piezas conformadas deben someterse a un tratamiento térmico de normalización, u otro procedimiento cualificado después del conformado en caliente, para recuperar las propiedades mecánicas que deben cumplir los requisitos del apartado 4.1.

### 7.5.3 Ensayos en las piezas conformadas

Los elementos conformados en frío no sometidos a tratamiento térmico no requieren ningún ensayo mecánico con respecto a la operación de conformado excepto cuando se requiera por el apartado 7.5.2.1 para los fondos.

En el resto de las piezas conformadas con un espesor de material superior o igual a 5 mm deben realizarse ensayos, después de la última operación de conformado, o de cualquier tratamiento térmico, para verificar la conformidad con las especificaciones del material. Las probetas deben tomarse de una longitud sobrante, de una parte sobrante de la pieza conformada, o de una pieza independiente conformada siguiendo el mismo procedimiento. Las probetas, elegidas de acuerdo con las especificaciones del material, deben incluir una probeta para el ensayo de elongación, y tres probetas para los ensayos de flexión por choque.

En el caso de fondos conformados, las probetas se deben tomar en las muestras de los fondos seleccionados de la siguiente forma:

- un fondo conformado de los 10 primeros fondos de cada tipo, y a continuación; una pieza conformada de cada serie de 1 000 unidades, pero nunca menos de una cada dos años.

Los fondos se consideran de un mismo tipo cuando tienen las siguientes características comunes:

- especificaciones del material;
- proceso de conformado;
- tratamiento térmico; y
- geometría sin variaciones superiores al 10%.

### 7.5.4 Repetición de ensayos

Cuando el resultado de un ensayo no es conforme, debido a una técnica de ensayo incorrecta, o a un defecto en una única probeta, se admite repetir este ensayo.

Cuando los resultados de los ensayos de tracción o doblado no son conformes, deben repetirse los ensayos con dos nuevas probetas tomadas de la pieza de ensayo. Estos dos resultados deben entonces ser conforme con las especificaciones;

- cuando los resultados de los ensayos de tracción o doblado no son conformes, deben repetirse los ensayos con dos nuevas probetas tomadas de la pieza de ensayo. Estos dos resultados deben entonces ser conformes con la especificación;

- cuando uno de los tres ensayos de flexión por choque no sea conforme, deben tomarse tres nuevas probetas de la pieza de ensayo y ensayarse.

Todas las partes a presión que no cumplan la especificación deben ser rechazadas del lote. Los ensayos deben repetirse en otras dos piezas conformadas procedentes del mismo lote, cuyos resultados deben cumplir la especificación.

Cualquier parte a presión que no cumpla la especificación debe rechazarse. Los ensayos deben repetirse sobre otras dos piezas conformadas del mismo lote de fabricación cuyos resultados de ensayo deben cumplir la especificación.

Si cualquiera de los ensayos sobre las piezas tratadas de nuevo térmicamente no se cumple la especificación, las piezas conformadas o el lote de fabricación se deben rechazar.

#### **7.5.5 Examen visual y control dimensional**

En las piezas conformadas que requieren certificados de acuerdo con la Norma EN 10204, el fabricante debe realizar un examen visual y un control dimensional en las condiciones de suministro. Los resultados del examen visual y del control dimensional deben ser certificados por el fabricante y adjuntado al certificado según la Norma EN 10204.

#### **7.5.6 Marcado**

Las piezas conformadas deben marcarse de forma que el material, y el fabricante de las piezas, puedan identificarse durante la fabricación del depósito. En el caso de ensayos por lotes de fabricación deben asegurarse la trazabilidad de las piezas individuales respecto de los lotes de fabricación.

#### **7.5.7 Certificados de ensayo**

Los certificados indicados en el apartado 4.5 deben incluir igualmente detalles del tratamiento térmico aplicado a las piezas conformadas.

### **7.6 Soldadura**

#### **7.6.1 Generalidades**

La soldadura debe cumplir las siguientes condiciones:

a) el fabricante debe seleccionar los procedimientos de soldadura para las aplicaciones previstas, y los soldadores y operadores de soldadura deben estar calificados para los trabajos que tengan que desarrollar;

b) las soldaduras longitudinales deben estar realizadas siguiendo un proceso de soldadura mecanizado/automático. Todas las soldaduras circunferenciales realizadas en depósitos de

diámetro inferior o igual a 1 250 mm deben estar realizadas siguiendo un proceso de soldadura mecanizado/automático.

NOTA Los procedimientos de soldadura y la Calificación de los soldadores deben estar aprobados por un organismo acreditado; y ser realizados por un tercer organismo, reconocido nacionalmente.

### **7.6.2 Especificaciones del procedimiento de soldadura (EPS)**

El fabricante debe elaborar las especificaciones del procedimiento de soldadura para todas las uniones, de acuerdo con la Norma NC-ISO 15609-1:2011

### **7.6.3 Calificación de los procedimientos de soldadura**

Para calificar los procedimientos de soldadura deben realizarse ensayos de calificación de acuerdo con la Norma ISO 15613:2005, o la NC-ISO 15614:2011

### **7.6.4 Calificación de los soldadores y operadores de soldadura**

Los soldadores deben estar calificados de acuerdo con la NC -ISO 9606-1:2004, y los operadores de soldadura de acuerdo con la Norma EN 1418.

NOTA La formación, supervisión y control de los soldadores y operadores de soldadura, son responsabilidad del fabricante.

El fabricante debe conservar una lista actualizada de los soldadores y operadores de soldadura, acompañada de los registros relativos a sus ensayos de calificación.

### **7.6.5 Preparación de los bordes a soldar**

NOTA El material puede cortarse con las dimensiones y la forma adecuada, mediante cualquier proceso de corte mecánico o térmico, o por una combinación de ambos. Este corte puede realizarse antes o después de las operaciones de conformado.

La superficie a soldar debe estar totalmente limpia de restos de óxido, de aceite, de grasa, y otras materias extrañas, con el fin de evitar cualquier efecto perjudicial para la calidad de las soldaduras. Los bordes a soldar deben mantenerse en su posición, mediante un dispositivo mecánico, o mediante soldadura de punteo, o por una combinación de ambos. Las soldaduras de punteo deben retirarse o fundirse de nuevo en el cordón de soldadura.

En ambos casos, el fabricante debe tomar precauciones para que la soldadura de punteo no origine imperfecciones metalúrgicas o falta de homogeneidad.

En el caso de soldadura sin pasada de sellado, el fabricante debe asegurarse de que la alineación y la separación entre los bordes a soldar permiten la penetración requerida al nivel de la raíz de soldadura. Durante toda la operación de soldadura, Los bordes a soldar deben mantenerse de forma adecuada con el fin de conservar la geometría requerida para la soldadura.

### **7.6.6 Ejecución de las uniones soldadas**

Después de cada pasada, debe retirarse la escoria, si es necesario, debe limpiarse la soldadura y eliminarse las imperfecciones superficiales.

Excepto si el proceso de soldadura no garantiza una penetración efectiva y homogénea, debe eliminarse el lado de la raíz de la unión soldada hasta alcanzar el metal inalterado, mediante un proceso mecánico o térmico, o por amolado.

Deben evitarse las huellas de arco eléctrico en las piezas del depósito a presión fuera de las zonas de preparación de la soldadura. Cuando, accidentalmente, se originan huellas de arco eléctrico, debe repararse la zona afectada (incluida la zona térmicamente afectada).

### **7.6.7 Dispositivos de fijación y soportes**

Los dispositivos de fijación (ya sean provisionales o no), incluidos los soportes, deben soldarse a las partes a presión por soldadores calificados, y siguiendo un procedimiento de soldadura calificada.

Los dispositivos de fijación provisionales deben desmontarse por algún método que no altere las propiedades del metal o de la parte a presión al que están soldados. Las zonas afectadas deben moletearse y examinarse para la detección de imperfecciones por líquidos penetrantes o por partículas magnéticas, excepto si estas zonas van a ser cubiertas a continuación con una soldadura complementaria que debe verificarse de acuerdo con el apartado 9.2.

### **7.6.8 Pre calentamiento**

**7.6.8.1** El fabricante debe indicar, en la especificación del procedimiento de soldadura, la temperatura de pre calentamiento.

NOTA La temperatura de pre calentamiento es función de la composición del metal soldado, del espesor del material, y del aporte térmico de la soldadura utilizada. En la Norma EN 1011-2 se indican recomendaciones relativas al pre calentamiento.

**7.6.8.2** No se debe realizar ninguna soldadura cuando la temperatura del metal base en la proximidad de la unión es inferior a 5 °C.

### **7.7 Tratamiento térmico después de la soldadura**

No se requiere tratamiento térmico después de la soldadura para los tipos de material y espesores de soldadura utilizados para los depósitos fabricados de acuerdo con esta norma.

### **7.8 Reparaciones**

#### **7.8.1 Reparaciones de imperfecciones superficiales del metal base**

En el caso de imperfecciones superficiales de poca profundidad, como huellas de arco eléctrico accidentales, ralladuras de herramientas, restos de oxicorte con soplete, las imperfecciones pueden eliminarse por amolado de forma que la superficie amolada forme una unión progresiva con las superficies adyacentes. Después del amolado debe realizarse un control de las imperfecciones superficiales.

Debe verificarse el espesor en la zona de la reparación con el fin de asegurar que se cumplen los requisitos de diseño.

Cuando la imperfección reduce el espesor de la pared a un valor inferior al espesor mínimo de cálculo, no se debe realizar ninguna reparación, y debe rechazarse el depósito.

### **7.8.2 Reparaciones de imperfecciones en las soldaduras**

Todas las imperfecciones que no cumplen los criterios de aceptación deben eliminarse, o debe rechazarse el depósito.

Las imperfecciones deben repararse, eliminando y reponiendo toda la soldadura, o mediante una reparación parcial, según la extensión de las imperfecciones.

Si el espesor restante no está dentro de las tolerancias admitidas, deben realizarse reparaciones.

La reparación debe efectuarse siguiendo la especificación del procedimiento de soldadura calificada de acuerdo con el apartado 7.6.2, o según un procedimiento específico de reparación calificado. Si el procedimiento inicial de soldadura incluye un procedimiento de reparación, no es necesario calificar un nuevo procedimiento.

Las reparaciones deben ser realizadas por soldadores u operadores calificados.

En las zonas reparadas deben realizarse exámenes no destructivos idénticos a los utilizados para la soldadura inicial, y deben cumplir los requisitos del capítulo 9. Si el resultado de los exámenes no es satisfactorio, no se autoriza una nueva reparación.

El fabricante debe conservar registros de las reparaciones de las soldaduras.

## **8 Accesorios no sometidos a presión**

### **8.1 Dispositivos de fijación**

Los soportes, patas de sujeción, placas, etc., no sometidos a presión pueden fijarse al depósito mediante soldadura, siempre que estos dispositivos de fijación estén contruidos con acero soldable y compatible. Todas las soldaduras de los dispositivos de fijación deben ser continuas.

### **8.2 Posición**

Cada dispositivo de fijación debe estar diseñado de forma que permita el control de la soldadura, y cuando sea posible, debe estar instalado a una distancia superior o igual a 40 mm de las uniones longitudinales y circunferenciales. Cuando esto no sea posible, el dispositivo de fijación y sus soldaduras deben atravesar completamente las uniones.

Cada dispositivo de fijación debe estar situado y diseñado de forma que se evite la retención de agua.

### 8.3 Orificio de venteo

Todas las placas de refuerzo que cubran una soldadura sometida a presión deben estar provistas de un orificio de venteo que debe quedar obturado mediante un tapón.

## 9 Control y ensayos

### 9.1 Examen visual de las soldaduras

En todas las uniones soldadas debe realizarse un examen visual al finalizar la soldadura, con el fin de buscar imperfecciones superficiales de acuerdo con la NC- EN 970, las imperfecciones deben evaluarse siguiendo los criterios del anexo D. La superficie examinada debe estar bien iluminada, exenta de grasa, suciedad, capa de óxido, residuos, o revestimiento de protección de cualquier clase.

Las imperfecciones inaceptables deben eliminarse de acuerdo con el apartado 7.8, o debe rechazarse el depósito.

NOTA En caso de duda, se recomienda completar el examen visual mediante un examen por partículas magnéticas o por líquidos penetrantes (véanse los apartados 9.3.4 y 9.3.5).

### 9.2 Exámenes no destructivos (END)

**9.2.1** Los exámenes radiográficos y, o, por ultrasonidos de cordones de soldadura longitudinales o helicoidales deben realizarse de acuerdo con los procedimientos indicados en los apartados 9.3.2 y 9.3.3, según la Tabla 2. Todas las imperfecciones deben evaluarse siguiendo los criterios del Anexo D.

**Tabla 2 — Extensión de los exámenes no destructivos en las soldaduras longitudinales y coeficientes de uniones soldadas**

Grupo de acero (véase la Tabla 1)	2.1, 2.2	1.1, 1.2, 1.3	1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2
Extensión examen no destructivo (END) <sup>a</sup>	100%	100% después 10% <sup>bc</sup>	10%
Coefficiente de unión soldada	1	1	0,85
a Porcentaje de soldaduras examinadas en cada depósito.			
b Limitado al proceso completamente mecanizado y, o, automático, si al menos el cabezal de soldadura y la aportación de los consumibles de soldadura está mecanizada.			
c Primera figura al inicio; segunda figura cuando se alcanza una experiencia adecuada. Véase el apartado 9.2.3.			

**9.2.2** En el 10% de la longitud acumulada de las soldaduras circunferenciales de cada depósito debe realizarse un control radiográfico o por ultrasonidos de acuerdo con los apartados 9.3.2 y 9.3.3. Las zonas examinadas deben englobar todas las uniones en T.



NOTA Se recomienda que el fabricante presente un plano de la ubicación de las zonas examinadas

**9.2.3** En los aceros de los grupos 1.1, 1.2, y 1.3, la extensión de los exámenes no destructivos puede reducirse del 100% al 10% cuando se alcanza una experiencia adecuada.

NOTA Se define como experiencia adecuada la fabricación satisfactoria, sin imperfecciones inaceptables, de 25 depósitos, o 50 metros de soldadura, considerando el valor mayor.

En caso de variación en el procedimiento de soldadura, o después de una parada en la producción superior a cuatro semanas, debe reconsiderarse el criterio de experiencia adecuada.

**9.2.4** El examen de imperfecciones por partículas magnéticas o por líquidos penetrantes, deben realizarse en el 10% de la longitud acumulada de todas las soldaduras para fijar las embocaduras, tubuladuras, y placas de refuerzo a la virola y a los fondos abombados, y en el 10% de todo el resto de soldaduras de los dispositivos de fijación a las partes a presión, véanse los apartados 9.3.4 ó 9.3.5.

### **9.3 Técnicas de examen no destructivo**

#### **9.3.1 Generalidades**

La elección de las técnicas de examen no destructivo debe cumplir la Norma EN 12062. Pueden utilizarse otros métodos y técnicas siempre que se obtenga el mismo nivel de detección de imperfecciones.

#### **9.3.2 Técnica radiográfica**

El examen radiográfico debe realizarse según el proyecto de Norma EN 1435.

La sensibilidad radiográfica debe determinarse de acuerdo con la Norma EN 462, o con cualquier otra técnica que permita alcanzar una sensibilidad equivalente. Cada zona de soldadura radiografiada debe estar provista de símbolos apropiados que permitan identificar lo que se indica a continuación:

- a) el número de serie de la pieza u orden de trabajo, el número de pedido, o cualquier otro número de referencia identificativa;
- b) la unión;
- c) la zona de la unión;
- d) el límite exterior de la unión.

NOTA 1 Se recomienda que estas zonas estén marcadas con flechas u otros símbolos, ubicados a lo largo de la soldadura pero a una distancia adecuada de sus bordes exteriores, que permita identificar claramente sus posiciones.

Cuando se requieren radiografías en toda la longitud de la soldadura, debe preverse un solapamiento suficiente para asegurarse de que las radiografías cubren toda la soldadura, y cada radiografía debe incorporar un número en la proximidad de cada extremo.

Las radiografías de las soldaduras reparadas deben estar claramente identificadas, por ejemplo mediante "R1".

NOTA 2 La ubicación de la soldadura puede estar identificada, por ejemplo, por la letra "L" para una soldadura longitudinal, y "C" para una soldadura circunferencial, estando esta letra relacionada con un número (1, 2, 3, etc.) para indicar si la soldadura era la primera, segunda, tercera, etc., de este tipo.

### **9.3.3 Técnicas por ultrasonidos**

Las técnicas de examen por ultrasonidos deben cumplir la Norma EN 1714.

Antes de realizar un examen por ultrasonidos de las soldaduras, el metal de base adyacente debe someterse a un examen por ultrasonidos para determinar el espesor del material, y localizar cualquier imperfección susceptible de dificultar el examen de la soldadura.

### **9.3.4 Técnicas por partículas magnéticas**

Las técnicas de examen por partículas magnéticas deben cumplir la Norma EN 1290.

Deben tomarse precauciones especiales para evitar deteriorar las superficies por la mala utilización del equipo magnético, y en el caso de aparecer deterioro, debe realizarse una reparación de acuerdo con el apartado 7.8.1.

### **9.3.5 Técnicas por líquidos penetrantes**

El examen por líquidos penetrantes debe realizarse de acuerdo con la Norma EN 571-1.

## **9.4 Marcado, todas las técnicas de examen no destructivo**

A lo largo de todas las soldaduras del depósito, se debe incorporar un marcado para establecer puntos de referencia que permitan localizar con precisión la soldadura en el informe de ensayos [véase el punto 12.2 i)].

## **9.5 Calificación del personal**

La persona encargada de los ensayos debe estar calificada de acuerdo con la Norma NC-ISO 9712

NOTA La calificación del personal encargado de los ensayos debe estar aprobada por un organismo acreditado, y ser realizada por un tercer organismo, reconocido nacionalmente.

## **9.6 Criterios de aceptación**

**9.6.1** Las imperfecciones detectadas por los exámenes no destructivos deben evaluarse siguiendo los criterios del Anexo D.

**9.6.2** Si durante los exámenes no destructivos se detectan imperfecciones aisladas e inaceptables, deben controlarse otras dos zonas de la soldadura utilizando el mismo método. Si se detectan otros defectos inaceptables, deben controlarse el 100% de los cordones de soldadura, y los criterios de aceptación deben aplicarse al examen del 100%.

**9.6.3** Si cuando se controla la totalidad del cordón de soldadura, como se requiere en el apartado 9.6.2, se detecta la repetición del mismo tipo de imperfecciones inaceptables, es necesario controlar los mismos cordones de soldadura, en los depósitos fabricados inmediatamente antes y después de dicho depósito.

**9.6.4** Si no se detecta ninguna imperfección inaceptable en las soldaduras de estos dos depósitos, no se requiere ningún examen complementario.

**9.6.5** Si se detectan imperfecciones inaceptables en las soldaduras de los depósitos precedentes y posteriores, es necesario controlar los depósitos precedentes y posteriores, de acuerdo con los apartados 9.6.2 y 9.6.3, hasta encontrar un depósito sin defectos inaceptables. Cuando se aplica el apartado 9.2.3, debe restablecerse el criterio de experiencia adecuada en las siguientes fabricaciones.

### **9.7 Cupones de ensayo de producción (chapas testigo)**

**9.7.1** Cada mes de producción y para cada procedimiento de soldadura longitudinal o helicoidal, el número de chapas testigo debe ser el indicado a continuación:

- 1 chapa de prueba entre 0 m y 60 m;
- 1 chapa de prueba entre 60 m y 360 m;
- 1 chapa de prueba entre 360 m y 1 860 m;
- 1 chapa de prueba entre 1 860 m y 9 360 m.

Cuando las uniones circunferenciales están soldadas por un procedimiento diferente al de las uniones longitudinales/helicoidales, debe obtenerse un cupón de ensayo por año.

**9.7.2** Los cupones de ensayo de las soldaduras longitudinales y helicoidales deben fijarse, si es posible, a la chapa de la virola, en uno de los extremos del cordón de soldadura, de forma que los bordes a soldar en el cupón de ensayo estén en la prolongación, o paralelos, a los bordes a soldar correspondientes de la línea de soldadura del depósito. El metal de aportación debe depositarse en los cupones de ensayo continuamente durante la soldadura del cordón de soldadura longitudinal correspondiente, de forma que el procedimiento y la técnica de soldadura sean idénticos. Cuando sea necesario soldar los cupones de ensayo independientemente, como es el caso de las uniones circunferenciales, el procedimiento de soldadura utilizado debe ser idéntico al utilizado para la fabricación del depósito.

**9.7.3** Las chapas de prueba deben tener las dimensiones suficientes para permitir obtener las probetas requeridas, considerando una eventual repetición de los ensayos. En la Tabla 3 se indican el tipo y el número de probetas a tomar en el cupón de ensayo.

Tabla 3 — Número de probetas de ensayo

Grupo de acero (véase la Tabla 1)	1.1 , 1.2 , y 1.3		2.1, y 2.2	
	e ≤ 12	e >12	e ≤ 12	e >12
Ensayo de doblado de cara	1	-	1	-
Ensayo de doblado de raíz	1	-	1	-
Examen macroscópico	1	1	1	-
Ensayo de flexión por choque : metal depositado	3 <sup>1)</sup>	3	3 <sup>1)</sup>	3
Ensayo de flexión por choque : zona afectada térmicamente	3 <sup>1)</sup>		3 <sup>1)</sup>	
Ensayo de tracción en el sentido longitudinal del Cordón	-	-	-	1 <sup>2)</sup>
Ensayo de tracción en el sentido transversal del cordón	-	-	-	1

1) No requeridos para espesores inferiores a 5 mm.

2) Cuando es difícil realizar este ensayo de tracción puede sustituirse por un análisis químico completo.

NOTA Se permite realizar un examen no destructivo en el cupón de ensayo antes de obtener las probetas para asegurarse que proceden de una zona inalterada.

Los ensayos deben realizarse de acuerdo con las siguientes normas:

- Ensayo de doblado EN 910;
- Examen macroscópico EN 1321;
- Ensayo de flexión por choque EN 875;
- Ensayo de tracción longitudinal EN 876;
- Ensayo de tracción transversal EN 895.

**9.7.4** Debe prepararse un informe de ensayos en el que se comparen los resultados de los ensayos con los requisitos requeridos.

**9.7.5** Cuando los resultados de un ensayo individual de doblado no cumplen los requisitos requeridos, deben buscarse los motivos de este fallo, y si no se encuentra ninguna imperfección inaceptable, deben realizarse otros dos ensayos de doblado. Si los resultados de uno de estos ensayos no cumplen los requisitos requeridos, las soldaduras representadas por el cupón de ensayo deben considerarse no conformes con esta norma.

## 9.8 Evaluación final

### 9.8.1 Prueba de presión

En todos los depósitos debe realizarse una prueba de presión hidráulica de acuerdo con el Anexo C. Los depósitos no deben presentar señales de fuga, o de deformación plástica general, ni

caída de presión cuando están aislados de la fuente de presión. Después del ensayo los depósitos no deben presentar deformación permanente.

Salvo indicación específica en contra, en los depósitos que hayan sido reparados, debe realizarse una nueva prueba de presión.

La presión mínima aplicada durante la prueba debe ser 1,43 veces la presión de diseño (véase Anexo A). No obstante, deben realizarse cálculos para verificar que la tensión aplicada en la membrana sometida a la presión de prueba es inferior o igual al 95% del límite elástico  $R_{eH}$ . Cuando se sobrepasa el límite, debe disminuirse la presión de prueba en consecuencia.

La duración del ensayo debe ser suficiente para verificar que el depósito no presenta signos de fugas o de deformación plástica general, pero debe ser superior o igual a 10 minutos.

### 9.8.2 Examen final

En cada depósito acabado, diseñado y fabricado de acuerdo con esta Norma Cubana, debe realizarse un examen externo e interno con el fin de asegurar su conformidad con los requisitos de los planos de fabricación.

Si, en función de las dimensiones de las aberturas, es imposible el examen interno cuando el recipiente está acabado, el fabricante debe asegurarse de que las superficies internas han sido controladas antes de su ensamblaje final.

El examen final debe realizarse después de finalizar todas las operaciones de soldadura y cualquier tratamiento térmico después de la soldadura pero antes de la aplicación del revestimiento.

## 10 Tratamiento superficial y acabado

### 10.1 Generalidades

Los depósitos deben estar protegidos contra la corrosión externa debida a las condiciones atmosféricas mediante un revestimiento protector. El sistema de protección aplicado debe considerar:

- las condiciones locales del entorno de operación;
- la duración entre las inspecciones periódicas y de mantenimiento;
- cualquier revestimiento de protección contra el fuego, o cualquier otro revestimiento.

Los detalles del sistema de protección aplicado, su vida útil estimada, y las recomendaciones de mantenimiento del revestimiento, deben incluirse en las instrucciones de operación.

### 10.2 Reflectancia

El acabado exterior debe ser de color pálido, y debe tener una reflectancia elevada. Sólo se autorizan los colores con un índice de reflexión de 1, 2 ó 3.

En la Tabla 4 se indica la correspondencia entre los colores y los índices de reflexión que deben utilizarse para determinar las condiciones de cálculo junto con el Anexo A.

**Tabla 4 — Colores e índices**

Índice	Color
1	blanco, marfil, zinc, aluminio, y plata
2	amarillo hasta la gama RAL 1021 gris hasta la gama RAL 7035 verde hasta la gama RAL 6019
3	todo el resto de colores a excepción del azul oscuro y el negro

NOTA En el anexo H se describe un método para determinar los índices de reflexión.

### 10.3 Operaciones de acabado

En los depósitos deben realizarse las siguientes operaciones de acabado:

- examen completo de la superficie exterior y de las partes visibles de la superficie interior;
- eliminación de residuos en el interior del depósito y secado completo;
- protección de todos los rebordes y embocaduras contra los choques y la oxidación;
- protección de la superficie interior contra la oxidación debida a la atmósfera y contra la penetración de partículas extrañas. Este tipo de protección debe considerar la eventual sobrepresión generada por temperaturas ambientes elevadas y el eventual vacío parcial debido a la condensación del vapor.

NOTA Las operaciones de acabado son todas las operaciones realizadas después de la prueba de presión del depósito, y antes de su envío /transporte. Su objetivo es proteger el depósito contra los impactos y suciedad durante el transporte, instalación y conexión a sus correspondientes equipos

### 11 Marcado y certificación

Los detalles del tanque deben marcarse permanentemente sobre una placa de características resistente a la corrosión, u otro elemento apropiado, fijado de forma permanente en una parte no sometida a presión. Como mínimo la placa de características debe tener las siguientes indicaciones:

- nombre y dirección, o cualquier otro medio de identificación del fabricante;
- número de serie;
- límite superior e inferior de temperatura (TS) y presión (PS);
- capacidad nominal en agua, en m<sup>3</sup>;
- fecha de fabricación;

- código de cálculo;
- presión de prueba (PP) en bar y fecha del ensayo.

Las letras deben tener una altura superior o igual a 4 mm.

La certificación debe realizarse para cada tanque, indicando en la Declaración de Conformidad, la concordancia con los requisitos de esta norma.

## **12 Registros y documentación**

### **12.1 Documentación que debe obtener el fabricante**

El fabricante debe obtener la siguiente documentación:

- a) Planos para la fabricación del equipo con la debida certificación o validación del mismo,
- b) Los certificados indicando la composición química y las propiedades mecánicas de los aceros empleados para fabricar las piezas a presión,
- c) Los certificados de los tratamientos térmicos practicados a las piezas conformadas,
- d) Certificados de calidad de los dispositivos de alivio de presión y otros instrumentos instalados en el recipiente.

### **12.2 Documentación que debe preparar el fabricante**

El fabricante debe preparar la siguiente documentación:

- a) una documentación de diseño, incluyendo un plano totalmente acotado, las especificaciones de los materiales, los cálculos de diseño, etc.;
- b) los documentos relativos al tratamiento térmico aplicado;
- c) los registros relativos a los ensayos mecánicos, de acuerdo con el apartado 9.7.3;
- d) los registros relativos al examen visual y a los controles dimensionales de las piezas conformadas;
- e) la especificación del procedimiento de soldadura y los resultados de los ensayos del mismo;
- i) la lista actualizada de los soldadores, y los registros de sus ensayos de calificación;
- g) los registros relativos a todas las reparaciones por soldadura;
- h) el registro de los resultados de la prueba de presión hidráulica;
- i) las radiografías realizadas, si existen, o los resultados de otros exámenes no destructivos, de acuerdo con el apartado 9.2
- j) un certificado de acuerdo con el capítulo 11;
- k) las instrucciones de operación.

**ANEXO A**  
(Normativo)

**Presión de diseño y condiciones de llenado**

**A.1 Presión de diseño (p)**

La presión de diseño  $p$ , debe corresponderse con la presión manométrica especificada para la zona climática apropiada, de acuerdo con las Tablas A.1 y A.2. La presión de diseño debe ser superior o igual a la presión máxima de servicio,  $PS$

**Tabla A.1**  
**Presión de diseño — Índices de reflexión 1 y 2**

Volumen $m^3$	Zona climática I	Zona climática II	Zona climática III	Zona climática IV
	Presión mínima de diseño Bar			
< 7	20,0	18,5	17,0	16,0
$\geq 7$	19,0	17,5	16,0	14,0

**Tabla A.2**  
**Presión de diseño — Índices de reflexión 3**

Volumen $m^3$	Zona climática I	Zona climática II	Zona climática III	Zona climática IV
	Presión mínima de diseño Bar			
< 7	23,0	21,5	20,0	19,0
$\geq 7$	22,0	20,5	19,0	17,0

Los depósitos destinados a ser utilizados en varias zonas climáticas deben estar diseñados de acuerdo con la presión de diseño aplicable más elevada.

**A.2 Condiciones de llenado**

El volumen de líquido y la presión del G.L.P. en un sistema cerrado es función de la temperatura. En consecuencia, el nivel de llenado de seguridad será función de la temperatura de referencia apropiada para la zona climática designada, como se detalla en la tabla A.3.

**Tabla A.3**  
**Temperaturas de referencia de llenado en °C**

Zona climática 1	Zona climática II	Zona climática III	Zona climática IV
50	48	45	38



### A.3 Cálculo del volumen máximo de llenado

El cálculo del volumen máximo de llenado autorizado para el depósito debe calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$U_{m\acute{a}x} = 0,97 \frac{g_i}{g_t} x V \quad (\text{A.1})$$

donde

$g_t$  es la densidad relativa a la temperatura mínima posible de llenado;

$g_i$  es la densidad relativa a la temperatura de referencia de llenado;

$V$  es el volumen interior del depósito calculado a partir de la capacidad en agua especificada;

$U_{m\acute{a}x}$  es el volumen máximo autorizado.

**ANEXO B**  
(Normativo)

**Tolerancias de los depósitos**

**B.1 Diámetro exterior medio**

El diámetro exterior medio de la virola cilíndrica, calculado a partir de la circunferencia, no debe variar en más del 1,5% en relación con el diámetro exterior especificado

**B.2 Ovalización**

La ovalización  $O$ , definida como la relación entre la diferencia de los diámetros máximo y mínimo, y el diámetro medio, expresada por

$$\frac{2(D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n})}{D_{m\acute{a}x} + D_{m\acute{i}n}} \quad (\text{B.1})$$

no debe ser superior al 1,5% del diámetro exterior especificado, con un máximo, en milímetros, de:

$$\frac{(D + 1250)}{200} \quad (\text{B.2})$$

Estas tolerancias deben aplicarse a la virola cilíndrica, incluida la longitud recta del reborde de los fondos abombados.

NOTA 1 Para determinar la ovalización no es necesario considerar la deformación elástica debida al peso propio del depósito.

NOTA 2 En los orificios de las embocaduras puede admitirse una ovalización mayor si puede justificarse por cálculo, o por comprobación mediante un medidor de deformación.

Los perfiles simples, o radios de acuerdo, deben ser suaves, y su profundidad que es la desviación en relación a la superficie de la virola, debe ser inferior o igual, respectivamente, al 1% de su longitud, o al 2% de su anchura.

NOTA 3 Pueden admitirse unos perfiles o radios de acuerdo más grandes, siempre que se hayan justificado por cálculo, o por comprobación mediante un medidor de deformación.

**B.3 Rectitud**

La desviación en la rectitud debe ser inferior o igual al 0,5% de la longitud cilíndrica total del depósito.

**B.4 Irregularidades en el perfil circular**

Las irregularidades en el perfil circular deben ser inferiores o iguales a:

- 2% de la longitud calibrada (verificada mediante calibre de 20°, véase figura F.1.a); o
- 2,5% de la longitud calibrada (verificada mediante calibre de 20°) si la longitud de las irregularidades a lo largo del depósito es inferior o igual al menor de los valores de un cuarto de la

longitud tangencial de la porción de virola situada entre dos cordones de soldaduras circunferenciales, o de 1,0 m.

Si las irregularidades superan estos valores, se debe verificar que las tensiones son admisibles: por cálculo, o por comprobación mediante un medidor de deformación.

Además, cuando en el cordón de soldadura existe una irregularidad del perfil, y está asociada a las caras “planas” adyacentes a la soldadura, esta irregularidad del perfil o “pico” debe ser inferior o igual a  $e/3$  (véase Figura F.1), siendo  $e$  el espesor de la pared.

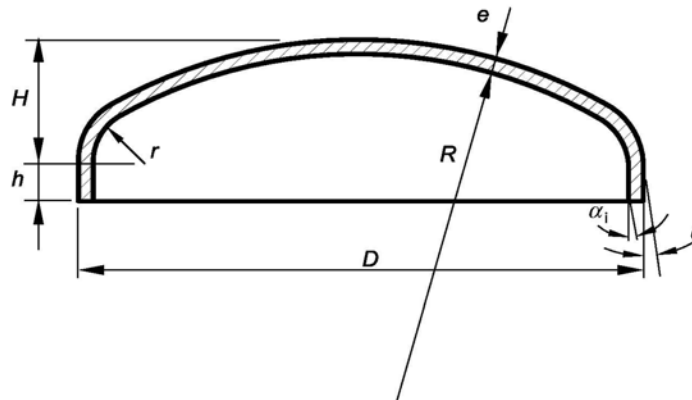
NOTA En el Anexo informativo F se incluye un método conservador de medida (aplicable al pico y la ovalización). Se admiten otros tipos de medidores, como galgas de puente o de aguja.

### B.5 Tolerancias de los fondos abombados

El espesor del material de cada elemento del tanque, después del conformado, debe ser superior o igual al espesor especificado en el anexo E.

### B.6 Perfil

Los elementos de los fondos abombados indicados en la Figura B.1, deben cumplir las tolerancias definidas en la Tabla 3.1. El radio interior de curvatura del fondo debe ser inferior o igual al valor definido por diseño, y el radio de acuerdo del fondo debe ser superior o igual al valor definido por diseño.



#### Leyenda

$R$  radio interior de curvatura  
 $r$  radio de acuerdo  
 $H$  altura del fondo  
 $h$  altura del borde recto  
 $e$  espesor de pared  
 $D$  diámetro exterior  
 $c$  longitud de la circunferencia ( $\pi D$ )

$$O \text{ ovalización } \frac{2(D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}})}{D_{\text{máx}} + D_{\text{mín}}}$$

$\alpha_i$  - desviación entre el borde recto y el perfil cilíndrico en el interior

$\alpha_o$  - desviación entre el borde recto y el perfil cilíndrico en el exterior

Figura B.1 — Ejemplo de fondo abombado

Tabla B.1 — Tolerancias de los fondos abombados

Elemento		Tolerancia	Notas
C	$D \leq 1\,000$ mm	$\pm 0,4\%$	Determinadas condiciones especiales de fabricación pueden requerir tolerancias más pequeñas.
	$D > 1\,000$ mm	$\pm 0,3\%$	
O		1%	Determinadas condiciones especiales de fabricación pueden requerir tolerancias más pequeñas
H		- 0 + 0,015 Do + 10 mm, cualquiera que sea mayor	El limite debe ser superior o igual a cero
$e \leq 10$ mm $e > 10$ mm		- 0,3 mm 0,5 mm	El espesor real debe ser superior o igual al límite especificado considerando la tolerancia.
$\alpha_i$ $\alpha_o$		$\leq 2^\circ$ $\leq 5^\circ$	En el caso de fondos en los que el ángulo del lado exterior está influido por la operación de conformado, la desviación del borde recto en relación con el perfil cilíndrico debe medirse únicamente en el lado interior del fondo.

### B.7 Alineación de las superficies

En la preparación de la soldadura, las caras de la raíz deben estar alineadas, dentro de los límites de tolerancia permitidos por la especificación del procedimiento de soldadura. Los componentes deben estar alineados como se indica en los planos de fabricación, y según lo indicado a continuación;

a) en las uniones longitudinales de las virolas cilíndricas, las superficies de las chapas adyacentes deben estar alineadas con las siguientes tolerancias;

- para un espesor de chapa  $e$  inferior o igual a 10 mm; 1 mm;
- para un espesor de chapa  $e$  superior a 10 mm; 10% del espesor;

b) en las uniones circunferenciales, las superficies de las chapas adyacentes deben estar alineadas con la siguiente tolerancia;

- 10% de la pieza de menor espesor, más 1 mm

### B.8 Dispositivos de fijación, embocaduras y accesorios

Todos los rebordes, placas de refuerzo, patas, ménsulas, soportes, y otras fijaciones cuyos contornos deben unirse por soldadura, deben ajustarse a la virola con una desviación inferior o igual a 2 mm.

Excepto cuando en el plano totalmente acotado se indican dimensiones específicas, la holgura máxima entre la parte exterior de cualquier embocadura y la parte interior del orificio de la virola, la brida, el anillo de refuerzo, o el anillo de respaldo, debe ser inferior o igual a 1,5 mm para las aberturas de diámetro inferior o igual a 300 mm, y a 3 mm para las aberturas de diámetro superior a 300 mm. Para obtener esta holgura, se admite mecanizar el diámetro exterior del depósito o de la embocadura en una longitud suficiente para adaptarse al dispositivo de fijación al que debe soldarse. Esta longitud mecanizada no debe sobresalir fuera de los bordes de las soldaduras de los dispositivos de fijación, y no debe reducir el espesor de pared de la embocadura a un valor inferior al espesor de diseño.

## **ANEXO C** (Normativo)

### **Prueba de presión hidráulica**

#### **C.1 Accesorios provisionales**

Todos los tubos, conexiones, y dispositivos de obturación provisionales, deben diseñarse para resistir la presión de prueba normalizada.

Los materiales de unión de las juntas con bridas deben ser del mismo tipo que los utilizados durante el servicio.

#### **C.2 Manómetros**

Los manómetros deben cumplir la Norma EN 837-2 o una Norma Nacional correspondiente. El indicador de medida debe tener una precisión superior o igual al 4% del rango de lectura. La lectura en el manómetro de la presión de prueba del depósito debe estar comprendida entre el 50% y el 90% del fondo de escala.

Pueden utilizarse otros sistemas de medida alternativos siempre que con ellos se obtenga una precisión equivalente.

#### **C.3 Fluido de prueba**

Como fluido de prueba debe utilizarse normalmente agua. Deben tomarse precauciones para colocar el depósito de forma que se purgue el aire contenido en su interior.

#### **C.4 Ausencia de impactos**

Durante los ensayos de presión ningún depósito debe someterse a ningún tipo de impacto o golpe de ariete

#### **C.5 Procedimiento de ensayos**

Se debe aumentar progresiva y regularmente la presión en el depósito hasta alcanzar la presión de prueba (véase el apartado 9.8.1). La presión de prueba debe mantenerse durante como mínimo 10 minutos.

Después de la prueba hidráulica, la presión debe evacuarse progresivamente por la parte superior del depósito. Debe preverse un venteo adecuado para asegurarse de que no se sobrepasa la depresión máxima admisible del depósito.

Después del vaciado, debe evacuarse toda el agua residual por los medios apropiados.

**ANEXO D**  
(Normativo)

**Imperfecciones**

En la Tabla D.1 se definen los criterios de aceptación de las imperfecciones de uniones de soldadura.

**Tabla D.1**  
**Niveles de las imperfecciones detectadas por los métodos de examen no destructivo en las soldaduras a tope**

Imperfección	Referencia NC ISO 6520-1	Limite de aceptación de imperfecciones detectadas
Grietas y desgarros laminares	100	No se admiten
Porosidad	2011	$d = 0,3 t$ , inferior o igual a 4 mm
Porosidad uniformemente distribuida	2012	Para cada poro independiente, véase 2011 No se admite, si la porosidad de la superficie total proyectada es superior al 2% de la superficie considerada de la soldadura
Porosidad localizada	2013	Para cada poro independiente, véase 2011 No se admite, si la porosidad de la superficie total proyectada es superior al 4% de la superficie considerada de la soldadura, que es la mayor de las siguientes superficies: superficie 1): una envolvente rodeando todos los poros superficie 2): un círculo cuyo diámetro corresponda al ancho de la soldadura.
Porosidad lineal	2014	Igual que los poros uniformemente distribuidos, véase 2012, pero la distancia entre dos poros ( $\Delta l$ ) debe ser superior a dos veces el diámetro del poro más grande, y superior o igual a 4 mm (para asegurar que no existe falta de fusión)
Cavidad alargada	2015	$l = 0,3 t$ , inferior o igual a 5 mm; y $w = 2$ mm
Poros vermiculares	2016	Idéntico a la cavidad alargada, véase 2015
Cavidad de contracción	202	$l = 0,3 t$ , inferior o igual a 4 mm; y $w = 2$ mm No se admite si tiene lugar en una parada o restablecimiento
Inclusiones de escorias fundente y óxidos (paralelas al eje de la soldadura)	301 302 303	$w = 0,3 t$ , inferior o igual a 3 mm En el caso de varias inclusiones de escoria lineales, distantes una de otra una distancia inferior a dos veces la longitud de la mayor inclusión, debe considerarse como imperfección la longitud total
Inclusiones de escoria y de fundente (aleatorias y no paralelas al eje de la soldadura)	3012 3013 3022 3023	Longitud individual máxima $0,3 t$
Inclusiones de wolframio	3041	Idéntico a la porosidad, véase 2011
Inclusiones de cobre	3042	No se admiten
Falta de fusión (borde, raíz, o entre pasadas)	401	No se admite

(Continúa)

Tabla D.1 (Continuación)

## Niveles de las imperfecciones detectadas por los métodos de examen no destructivo en las soldaduras a tope

Imperfecciones	Referencia NC ISO 6520-1	Limite de aceptación de imperfecciones detectadas
Penetración incompleta	402	No se admite
Inclusiones escorias (todas)	301	No se admiten cuando se producen en la superficie (deben suprimirse por ejemplo, por amolado)
Inclusiones fundente (todas)	302	
Inclusiones (todas)	303	
Inclusiones metálicas (todas)	304	
Falta de penetración	402	No se admite
Mordeduras	5011 5012	$t \geq 16$ mm $h = 0,5$ mm imperfecciones largas $6 \text{ mm} < t < 16$ mm $h = 0,3$ mm imperfecciones largas $h = 0,5$ mm imperfecciones cortas $t < 8$ mm $h = 0,3$ mm imperfecciones cortas
Penetración local excesiva	5041	Se admite un exceso de penetración local superior a $h$ (véase 504), sin sobrepasar un valor máximo que debe estar referido a las condiciones de operación
Mordedura en la raíz	5013	Imperfecciones largas <sup>b</sup> : no se admiten imperfecciones cortas <sup>c</sup> : $h = 1$ mm
Calidad de contracción en la raíz	515	Se requiere una transición suave
Penetración excesiva	504	$h = 1$ mm $0,6 b$ , inferior o igual a 4 mm
Conversidad excesiva	503	$H = 1$ mm $0,15 b$ , se requiere una transición suave
Exceso metal de soldadura	502	$h = 1$ mm $0,15 b$ , se requiere una transición suave
Asimetría excesiva de la soldadura en ángulo	512	$h = 2$ mm $0,15 a$
Superficie irregular	514 509 511 513 517	El sobre espesor debe ser continuo y regular, con llenado completo de la garganta
Solapamiento	506	No se admite
Defecto de alineación lineal (superficie)	507	Véase el capítulo B7
Salpicaduras	602	Normalmente deben suprimirse en todas las partes a presión, y en cada una de las soldaduras de fijación con carga. Pueden admitirse, no obstante, salpicaduras aisladas, no sistemáticas, en los componentes de acero St 1
Marca de arco Salpicaduras de wolframio Rozadura profunda superficial marcas de amolado Indentación por el picado del cordón	601 602 6021 603 604 605	Se acepta una ligera reducción por amolado, con la condición de realizar un ensayo de espesor y una detección de grietas, según el apartado 9.3

(Continúa)





**ANEXO E**  
(Normativo)

**Fórmulas de cálculo para los depósitos**

**E.1 Tensiones admisibles**

$R_{eH}$  es el límite elástico superior especificado en la norma del material.

$R_m$  es la resistencia a la tracción especificada en la norma del material.

La tensión nominal de diseño es:  $f = \text{mín} \left[ \frac{R_{eH}}{1,5}, \frac{R_m}{2,4} \right]$

A temperaturas superiores a + 50 °C,  $R_{eH}$  debe sustituirse por  $R_{p0,2}$  que es el límite elástico convencional al 0,2%, a la temperatura de diseño.

**E.2 Fórmulas de diseño**

**E.2.1 Generalidades**

Los tanques deben diseñarse utilizando las formulas dadas desde los apartados E.2.2 al E2.5.

NOTA El espesor obtenido es el espesor mínimo, y no considera el sobre espesor de corrosión.

**E.2.2 Cálculo de la virola cilíndrica**

El espesor mínimo es:  $e_{\text{mín}} = \frac{p D_o}{2 f z + p}$  (E. 1)

donde

$D_o$  es el diámetro exterior de la virola;

$p$  es la presión de diseño;

$z$  es coeficiente de unión soldada (1,0 ó 0,85, según el caso);

$f$  es la tensión nominal de diseño.

**E.2.3 Cálculo del fondo toriesférico**

Las siguientes ecuaciones se aplican únicamente a los fondos en los que:

$$r \geq 0,06 D_i$$

$$r \geq 3 e$$

$$e \leq 0,08 D_i$$

$$e \geq 0,001 D_i$$

$$R \leq D_0$$

El espesor mínimo  $e$  es el mayor de los valores  $e_s$ ,  $e_y$  y  $e_b$ , obtenidos con:

$$e_{\min} = \frac{p R}{2 f z - 0,5 p} \quad (\text{E.2})$$

$$e_{\min} = \frac{C p (0,75 r + 0,2 d_i)}{f} \quad Y \quad (\text{E.3})$$

$$e_b = [0,75 R + 0,2 D_i] \left[ \frac{p}{111 f_b} \left( \frac{D_i}{r} \right)^{0,825} \right]^{\left( \frac{1}{1,5} \right)} \quad (\text{E.4})$$

donde

$f_b = R_{eH} / 1,5$  para todos los materiales;

donde

$D_0$  es el diámetro exterior de la virola;

$P$  es la presión de diseño;

$z$  es coeficiente de unión soldada = 1,0 para los fondos de una sola pieza;

$f$  es la tensión nominal de diseño;

$f_b$  es la tensión de diseño para el cálculo de la curvatura superficial;

$C$  es un factor determinado a partir de la figura E1, o por cálculo (véase el apartado E.2.6)

$e$  es el espesor requerido del fondo;

$e_s$  es el espesor mínimo del fondo para limitar la tensión de membrana en la parte central;

$e_y$  es el espesor mínimo del acuerdo para evitar una deformación asimétrica permanente;

$e_b$  es el espesor mínimo del acuerdo para evitar la curvatura superficial;

$D_i$  es el diámetro interior del fondo;

$R$  es el radio interior de curvatura de la parte central del fondo toriesférico;

$r$  es el radio interior de acuerdo.

Se admite reducir el espesor de la parte esférica del fondo hasta el valor  $e_s$  en una zona circular situada a una distancia mínima del acuerdo igual a  $\sqrt{R x e}$

Todas las partes rectas cilíndricas deben cumplir las exigencias del apartado E.2.2 referentes a la virola

cilíndrica, excepto si su longitud es inferior o igual a  $0,2 \sqrt{D_i e}$ , en cuyo caso puede tener el mismo espesor que el acuerdo.

**E.2.4 Cálculo del fondo elíptico**

Un fondo elíptico se define como un fondo construido de manera que se obtenga una forma realmente semielíptica sin radios de curvatura y de acuerdo diferentes

El método de cálculo convierte estos fondos en fondos toriesféricos equivalentes que se calculan de acuerdo con el apartado E.2.3.

Estas ecuaciones se aplican únicamente a los fondos en los que:

$$1,7 < K < 2,2 \quad \text{y} \quad z = 1.$$

Los fondos elípticos deben calcularse como fondos toriesféricos teóricamente equivalentes, con:

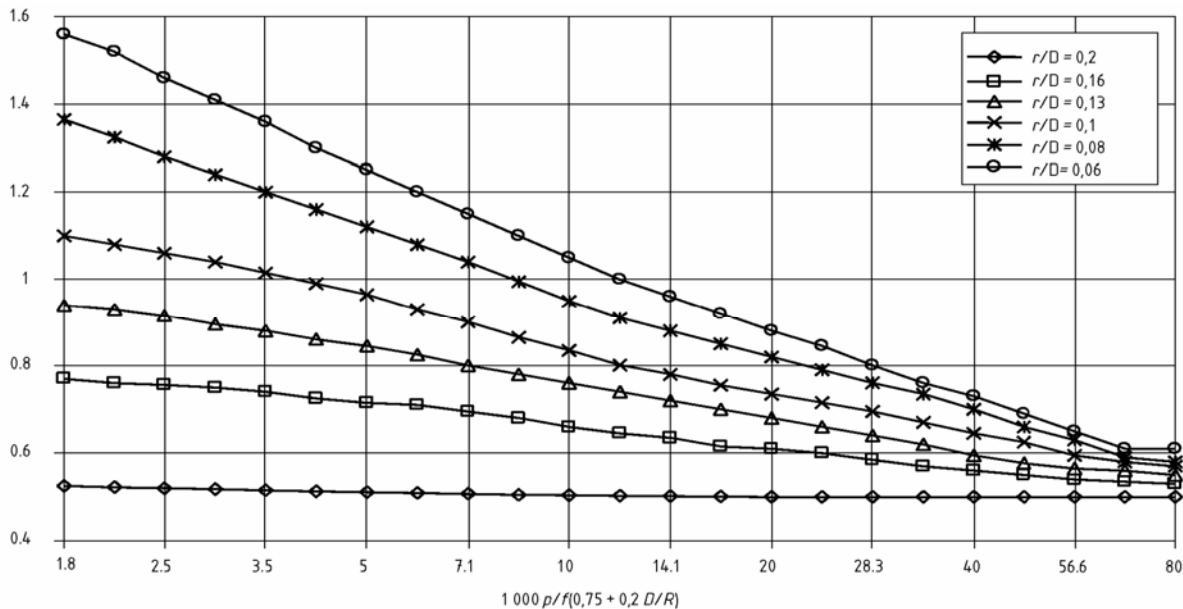
$$r = \left[ \frac{0,5}{K} - 0,08 \right] D_i \tag{E.5}$$

$$R = [0,44 K + 0,02] D_i \tag{E.6}$$

donde

$K$  es el factor de forma de los fondos elípticos,  $K = D_i / 2h_i$ ;

$h_i$  es la altura interior del fondo elíptico.



**Figura E.1 – Cálculo de un fondo toriesférico**

**E.2.5 Fondos semiesféricos**

El espesor requerido para un fondo semiesférico viene dado por:

$$e_s = \frac{pR}{2fz - 0,5 p}$$

Este método es válido para  $e/D_o \leq 0,16$ :

donde

$R$  es el radio interior del fondo

$P$  es la presión de diseño

$Z$  es el coeficiente de la unión, = 1,0 para los fondos de una sola pieza

$F$  es la tensión nominal de diseño

El espesor de la virola a la que se une el fondo debe mantenerse igual o por encima del mínimo determinado mediante el apartado E.2.2 para la parte de la virola hasta la línea de tangencia

**E.2.6 Fórmulas para calcular C**

$$Y = \min [e / R; 0,04] \quad (E.7)$$

$$Z = \log(1 / y) \quad (E.8)$$

$$X = r/D_i \quad (E.9)$$

$$N = \left[ 1,006 - \frac{1}{6,2 + (90Y)^4} \right] \quad (E.10)$$

$$\text{Para } X = 0,2 \quad C_{0,2} = \text{máx. } \{ [0,56 - 1,94 Y - 82,5 Y^2] \times 0,95; 0,5 \} \quad (E.11)$$

$$\text{Para } X = 0,1 \quad C_{0,1} = [-0,1833 Z^3 + 1,0383 Z^2 - 1,2943Z + 0,837] \times N \quad (E.12)$$

$$\text{Para } X = 0,06 \quad C_{0,06} = [-0,3635 Z^3 + 2,2124 Z^2 - 3,2937 Z + 1,88731] \times N \quad (E.13)$$

$$\text{Para } 0,1 < X < 0,2 \quad C = 10 \{ (0,2 - X) C_{0,1} + (X - 0,1) C_{0,2} \} \quad (E.14)$$

$$\text{Para } 0,06 < X < 0,1 \quad C = 25 \{ (0,1 - X) C_{0,06} + (X - 0,06) C_{0,1} \} \quad (E.15)$$

### E.3 Refuerzo de embocaduras

#### E.3.1 Generalidades

El método de cálculo indicado a continuación se aplica únicamente al refuerzo de aberturas que cumplen los límites geométricos especificados.

El método de cálculo especificado en este apartado se aplica a virolas cilíndricas y fondos que presentan aberturas circulares o elípticas, cuando las hipótesis y condiciones especificadas en los apartados E.3.2 y E.3.9 se satisfacen.

#### E.3.2 Dimensiones de las aberturas

Las dimensiones de las aberturas deben estar limitadas de la siguiente forma:

a) virolas cilíndricas;  $\frac{d_i}{2r_{im}} \leq 1$

b) fondos;  $\frac{d_i}{2r_{im}} \leq 0,6$

donde

$d_i$  es el diámetro interior de la abertura o de la tubuladura;

$r_{im}$  es el radio interior del cuerpo principal (virola o fondo).

En todos los casos, la relación del espesor de pared de las tubuladuras con el espesor del cuerpo principal  $e_r/e_n$  debe cumplir los límites de la figura E.2.

#### E.3.3 Distancia entre las aberturas o tubuladuras

La distancia entre las aberturas o tubuladuras, medida desde el exterior de las tubuladuras, rebordes o placas de refuerzo no deben ser menor que  $2 l_m$ , donde:

$$l_m = \sqrt{(2r_{im} + e_m)e_m} \quad (\text{E.16})$$

donde

para las virolas  $r_{im} = D_o/2 - e_m$  (E.17)

para los fondos toriesféricos  $r_{im} = r_{ih}$  , y

para los fondos elípticos  $r_{im} = D_i \left[ \frac{0,22 D_i}{h_i} + 0,02 \right]$  (E.18)

donde

$D_o$  es el diámetro exterior de la virola o del fondo abombado;

- $D_i$  es el diámetro interior de la virola, o del borde recto del fondo abombado;
- $e_m$  es el espesor real del cuerpo principal (virola o fondo) menos cualquier tolerancia de espesor;
- $h_i$  es la altura interior del fondo elíptico abombado;
- $l_m$  es la longitud del cuerpo principal considerado como refuerzo efectivo, medido a lo largo del eje de la pared desde el borde de la abertura o desde el exterior de la tubuladura;
- $r_{jm}$  es el radio interior del cuerpo principal (virola o fondo);
- $r_{jh}$  es el radio interior del fondo semiesférico o porción esférica del fondo toriesférico.

### E.3.4 Aberturas y tubuladuras

En los fondos abombados, las aberturas, las tubuladuras, y sus refuerzos, debe estar completamente situado en la parte esférica de la zona toriesférica, o en los fondos elípticos en un círculo de diámetro igual a 0,6 veces el diámetro exterior del fondo.

### E.3.5 Virolas cilíndricas y fondos con aberturas

Las virolas cilíndricas y fondos con aberturas deben reforzarse cuando sea necesario.

La zona de refuerzo del cuerpo principal con aberturas no puede calcularse directamente, sino que debe asumirse en una primera instancia. Esta hipótesis puede verificarse por medio del método descrito en los apartados E.3.6 a E.3.14. El método aplicado se basa en los espesores calculados para la presión, derivado del apartado E.2.2 para virolas cilíndricas, del apartado E.2.3 para fondos abombados y del apartado E.2.5 para fondos semiesféricos y conduce a la relación entre una zona sometida a presión  $A_p$  y una zona transversal sometida a tensión  $A_f$  (véase la figura E.3). Puede necesitarse la repetición del cálculo utilizando una hipótesis corregida de la zona de refuerzo.

### E.3.6 Refuerzo de la envolvente

El refuerzo del cuerpo principal puede obtenerse de una de las siguientes formas:

- rebordes soldados totalmente embutidos, véase la figura E.3.a);
- placas de refuerzo apoyadas y soldadas como se representa en la figura E.3.b);
- tubuladuras totalmente embutidas o apoyadas, y soldadas, como se representa en la figura E.3.c).

### E.3.7 Amplitud del refuerzo

Si es necesario, debe instalarse un refuerzo en todos los planos pasando por el eje de las tubuladuras.

### E.3.8 Aberturas elípticas

En el caso de aberturas elípticas, la relación entre el eje mayor y el eje menor debe ser inferior o igual a 1:4. Para los cálculos de aberturas elípticas en las virolas cilíndricas, debe considerarse como diámetro el eje paralelo a la longitud de la virola.

### E.3.9 Tubuladuras soldadas

Las tubuladuras completamente embutidas o apoyadas, y unidas por soldadura en ángulo sólo pueden

considerarse como refuerzo si son conformes con la figura E.3. Cada cordón de soldadura debe tener un espesor de garganta superior o igual a 0,7 veces el espesor de pared del depósito.

### E.3.10 Placas de refuerzo

Las dimensiones del refuerzo de las aberturas mediante placas de refuerzo no están limitadas. No obstante, el ancho efectivo de estas placas se calcula considerando únicamente el espesor principal de la virola y no el espesor combinado.

### E.3.11 Refuerzo. Generalidades

Todas las aberturas deben cumplir la siguiente relación general:

$$p [A_p + 0,5 (A_{fm} + A_{fb} + A_{fp})] < fA_{fm} + f_p A_{fb} + f_b A_{fp} \quad (E.19)$$

donde

- p presión de diseño;
- A superficie sometida a presión;
- A<sub>p</sub> superficie transversal de refuerzo en las tubuladuras;
- A<sub>fb</sub> superficie transversal de refuerzo en el cuerpo de principal (virola o fondo);
- A<sub>fp</sub> superficie transversal de refuerzo en el reborde;
- f tensión nominal de diseño del cuerpo principal (virola o fondo);
- f<sub>b</sub> menor valor de tensión nominal de diseño de las tubuladuras y f;
- f<sub>p</sub> menor valor de tensión nominal de diseño del reborde o de la placa de refuerzo y f.

### E.3.12 Refuerzo con rebordes

Únicamente deben utilizarse los rebordes totalmente embutidos y soldados, de acuerdo con la figura E.3.

La longitud  $l_p$ , de los rebordes, que se considera que contribuye en el refuerzo, debe ser inferior o igual a  $l_m$

$$l_p \leq l_m$$

donde

$l_m$  es la longitud del cuerpo principal considerado como un refuerzo efectivo, medido a lo largo del eje de la pared a partir del borde de la abertura o de la parte exterior de las tubuladuras.

El valor de  $e_p$  utilizado para determinar  $A_{fp}$  debe ser inferior o igual al doble de  $e_m$ .

donde

$l_p$  es la longitud máxima del reborde o de la placa de refuerzo considerada como un refuerzo efectivo, medido a lo largo del eje del reborde o de la placa, a partir del borde de la abertura o de la parte exterior de las tubuladuras;

$e_p$  es el espesor del reborde o de la placa de refuerzo;

$e_m$  es el espesor real del cuerpo principal (virola o fondo), sin considerar tolerancias de espesor.

**E.3.13 Refuerzo mediante tubuladuras**

Si es necesario, el espesor de pared de las tubuladuras debe ser superior al espesor calculado, con el fin de resistir la presión interna en una longitud  $l_b$  medida a partir de la pared exterior del cuerpo principal. Este requisito es independiente de cualquier refuerzo asegurado por la instalación de placas de refuerzo

**E.3.14 Embocaduras perpendiculares a la pared del depósito**

Para las embocaduras perpendiculares a la pared del depósito, las superficies  $A_p$ ,  $A_{fb}$ ,  $A_{fm}$  y  $A_{fp}$ , deben determinarse de acuerdo con la figura E.3.c), siendo las longitudes que contribuyen al refuerzo inferior o igual a  $l_m$ , para la virola (véase el apartado E.3.3), y:

$$l_b = \sqrt{(d_{ob} - e_b) e_b} \tag{E.20}$$

donde:

$l_b$  es la longitud externa de las tubuladuras consideradas como un refuerzo efectivo, medida a partir de la parte exterior del cuerpo principal;

$d_{ob}$  es el diámetro exterior de las tubuladuras;

$e_b$ , es el espesor real de las tubuladuras, sin considerar tolerancias de espesor.

En el caso de tubuladuras que atraviesan [véase la figura E.3.c)], el valor máximo a utilizar para el cálculo de la parte que entra en el interior, llegado el caso, debe ser el siguiente:

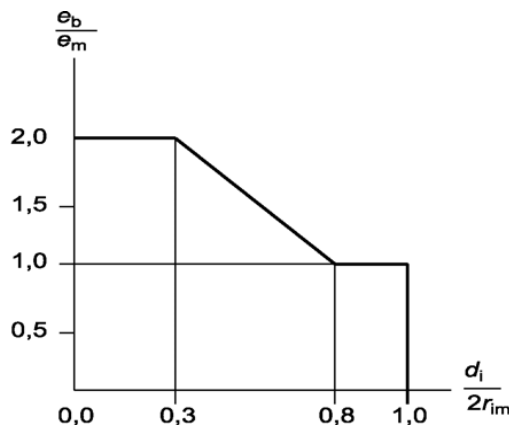
$$l_{bi} = 0,5 l_b \tag{E.21}$$

donde:

$l_b$  es la longitud interna de las tubuladuras consideradas como un refuerzo efectivo, medida a partir de la parte interior del cuerpo principal.

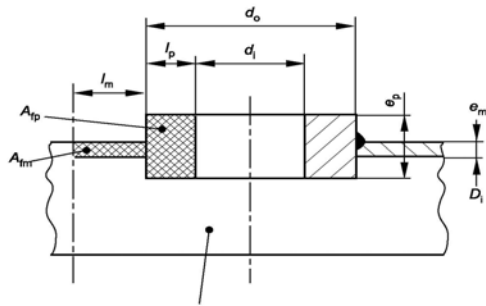
Las dimensiones de la placa de refuerzo a utilizar para los cálculos deben ser las siguientes:

$$e_p \leq e_m \text{ y } l_p \leq l_m$$



**Figura E.2 — Relación máxima entre el espesor de las tubuladuras y el espesor del cuerpo**

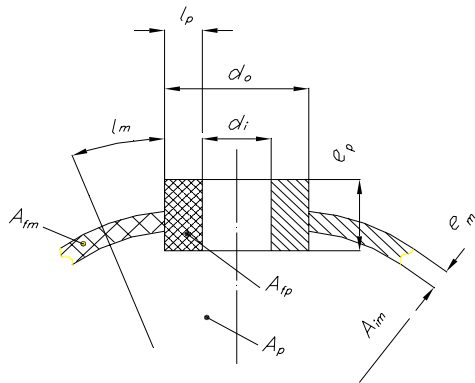




$$A_p = \frac{D_i}{2} \left[ l_m + \frac{d_o}{2} \right]$$

$$A_{fm} = e_m l_m$$

$$A_{fp} = e_p l_p$$



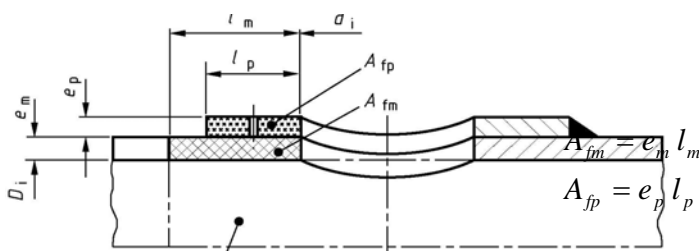
$$A_p = \frac{r_{im}}{2} \left[ l_m + \frac{d_o}{2} \right]$$

$$A_{fm} = e_m l_m$$

$$A_{fp} = e_p l_p$$

**a) Refuerzo con rebordes**

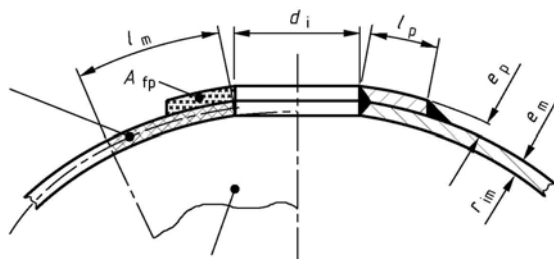
**Figura E.3 — Cálculo de las aberturas — violas cilíndricas con aberturas aisladas (Continuación)**



$$A_p = \frac{D_i}{2} \left[ l_m + \frac{d_i}{2} \right]$$

$$A_{fm} = e_m l_m$$

$$A_{fp} = e_p l_p$$



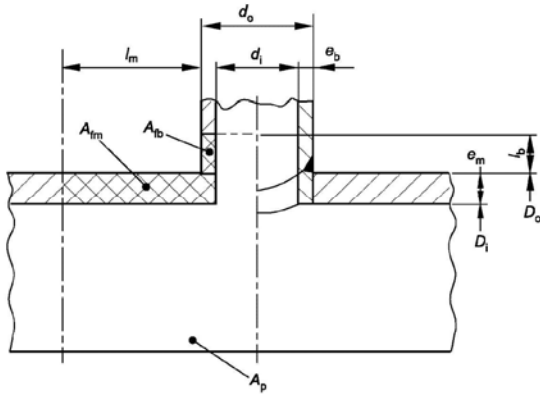
$$A_p = \frac{r_i}{2} \left[ l_m + \frac{d_i}{2} \right]$$

$$A_{fm} = e_m l_m$$

$$A_{fp} = e_p l_p$$

**b) Refuerzo por placas de compensación**

**Figura E.3 — Cálculo de las aberturas - Violas cilíndricas con aberturas aisladas (Continuación)**



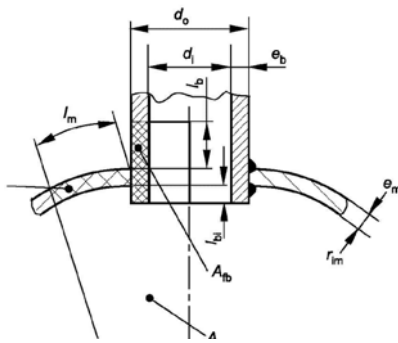
$$A_p = \frac{D_i}{2} \left[ l_m + \frac{d_i}{2} \right] + \frac{d_i}{2} (l_b + e_m)$$

$$A_{fm} = e_m l_m \text{ (set in)}$$

$$A_{fb} = e_m (l_m + e_b) \text{ (set on)}$$

$$A_{fb} = e_b (l_b + e_m) \text{ (set in)}$$

$$A_{fp} = e_b l_b \text{ (set on)}$$



$$A_p = \frac{r_{fm}}{2} \left[ l_m + \frac{d_i}{2} \right] + \frac{d_i}{2} (l_b + e_m)$$

$$A_{fm} = e_m l_m$$

$$A_{fb} = e_b (l_b + e_m + l_{bi})$$

c) Refuerzo mediante tubuladuras

Figura E.3 — Cálculo de las aberturas — virolas cilíndricas con aberturas aisladas (Fin)

## ANEXO F (Informativo)

### Medición de los picos de la virola

#### F.1 Calibre de perfiles

Para medir los picos, debería construirse un calibre de perfiles para cada tamaño de depósito a examinar. Los detalles del calibre de perfiles se indican en la figura F.1a).

Es conveniente que la longitud mínima del arco interior del calibre sea  $0,175 D_0$  ( $20^\circ$  de arco), donde  $D_0$  es el diámetro exterior del depósito. Es aconsejable verificar este diámetro midiendo el depósito real.

No obstante, para ciertos depósitos, la longitud calculada del arco puede no exceder la de las partes planas. Debido a esto, es necesario que la longitud mínima de arco del calibre sea suficiente para abarca las partes planas.

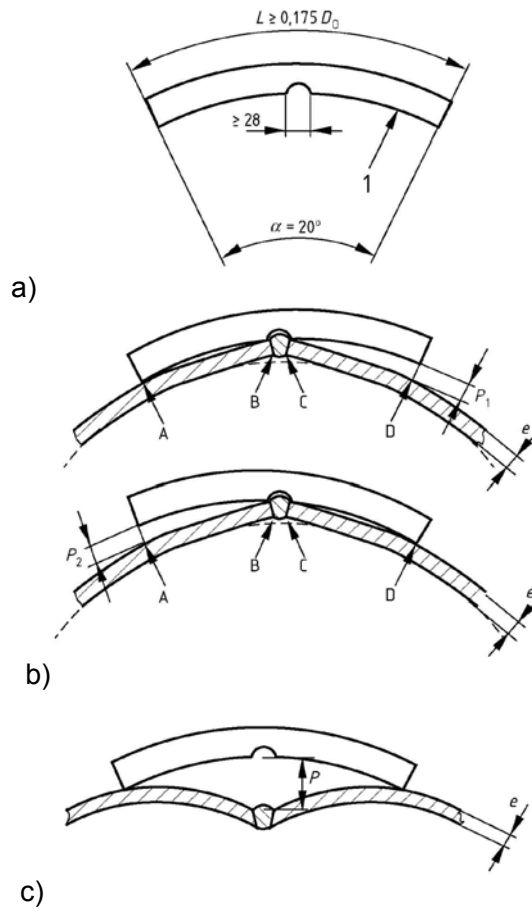
El ancho recomendado para la hendidura de la soldadura es 28 mm, pero puede ser necesario aumentarlo para asegurar que la hendidura abarca la soldadura [véase la figura F.1a)].

#### F.2 Control de picos

Debería determinarse la zona aproximada donde se sitúa el pico máximo tomando medidas a lo largo de las soldaduras longitudinales, a intervalos de aproximadamente 250 mm, utilizando el calibre de perfiles. Cuando se ha encontrado la zona, el pico máximo P se debería determinar mediante mediciones precisas de  $P_1$  y  $P_2$  [véanse figuras F.1b) y F.1c)]. Debería asegurarse que el calibre está en contacto con la virola en los puntos indicados en la Nota de la figura F.1.

Puede ser útil realizar un calibre cónico como el representado en la figura F.2, para verificar E1 y E2. Las dimensiones aproximadas de las partes planas deberían medirse y registrarse en el punto de pico máximo.

En la Figura F.1b), el calibre debería tocar la virola en el punto A, y lo más cerca posible del punto B. Asimismo, cuando el calibre toca el punto D, debería estar lo más cerca posible del punto C. Si existe un pico significativo entre los puntos A y B, o entre los puntos D y C de la figura F.1c), este método puede sobrevalorar el pico y, en este caso puede realizarse un molde de vaciado de escayola para verificar el valor del pico. Resaltar igualmente que los puntos A y D deberían estar a una distancia adecuada de las partes planas.

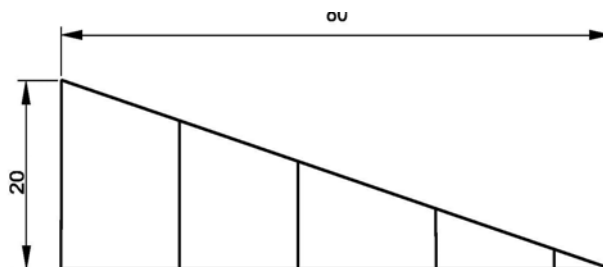


**Leyenda**

- a) Detalle de un calibre de perfiles de 20°
- b) Medición del pico exterior
- c) Medición del pico interior

NOTA En b) y c), Pico máximo  $P = \frac{P_1 + P_2}{4}$

**Figura F.1 — Medición de los picos de la virola**

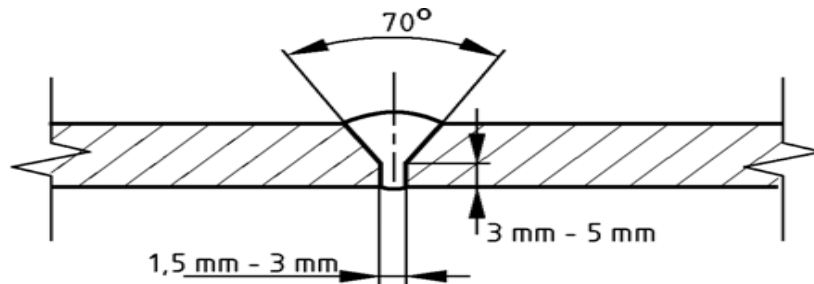


**Figura F.2 — Calibre cónico de perfiles**

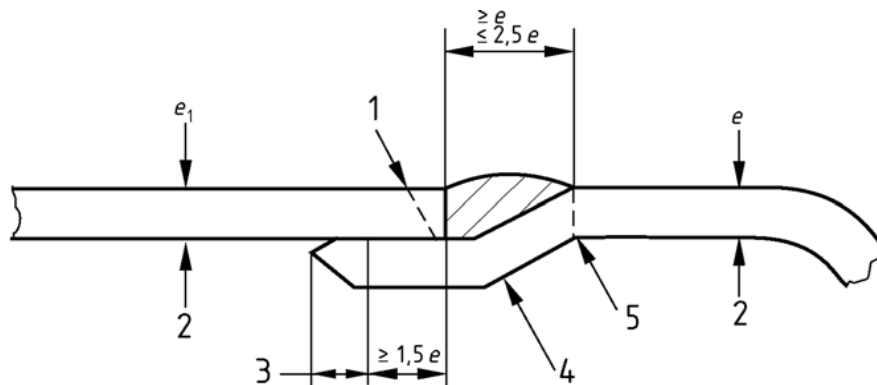
**ANEXO G**  
(Informativo)

**Ejemplos de uniones**

En las figuras G.1 a G.5 se representan ejemplos de uniones.



**Figura. G.1 — Soldadura a tope en V**



**Leyenda**

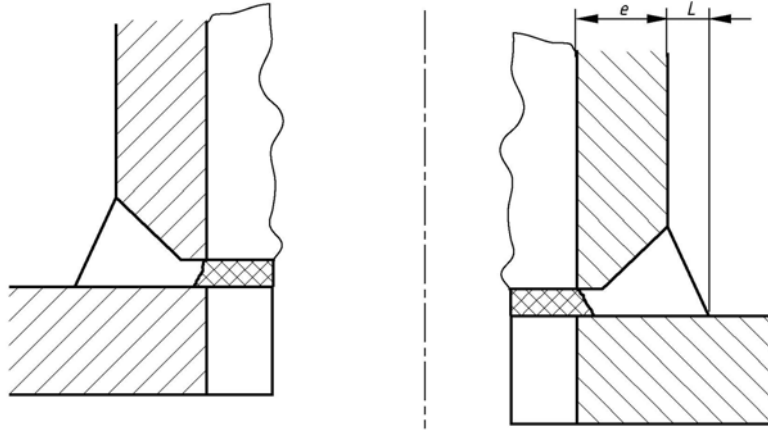
- |                     |                                        |
|---------------------|----------------------------------------|
| 1 Bisel opcional    | 4 Profundidad del solapamiento = $e_1$ |
| 2 Diámetro interior | 5 Evitar la rotura de la arista        |
| 3 Según criterio    |                                        |

NOTA 1 Los límites de las dimensiones (es decir,  $\geq e$ ,  $\leq 2,5e$ ) se aplican únicamente para la preparación de la soldadura

NOTA 2 Es aconsejable que la soldadura acabada tenga un perfil liso y que se rellenen completamente las aberturas hasta el espesor total de las placas a unir. (Véase apartado 7.4.2).

Es aconsejable que la sección del solapamiento que forma el respaldo de la soldadura quede totalmente ajustada en la superficie de contacto alrededor de toda su circunferencia. Esto puede conseguirse mecanizando el resalte de la sección del solapamiento, siempre que el espesor que permanece como material de respaldo sea superior o igual al 75 % del espesor inicial.

**Figura G.2 — Unión a solapa**



**Leyenda**

$L$  = mínimo  $e/3$ , pero superior o igual a 6 mm

**Figura G.3 — Unión de embocadura: apoyada**

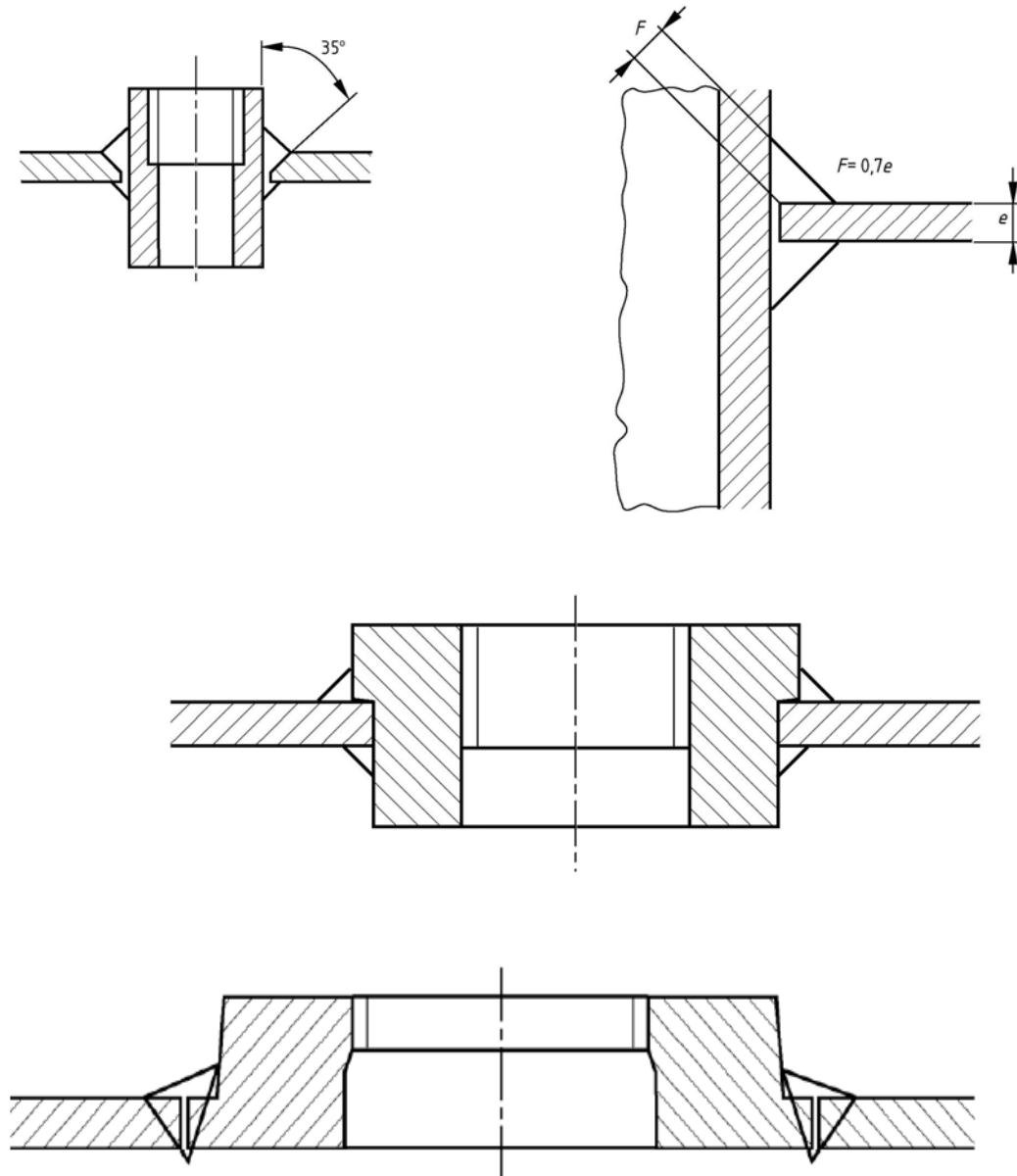


Figura G.4 — Unión de emboadura: embutida

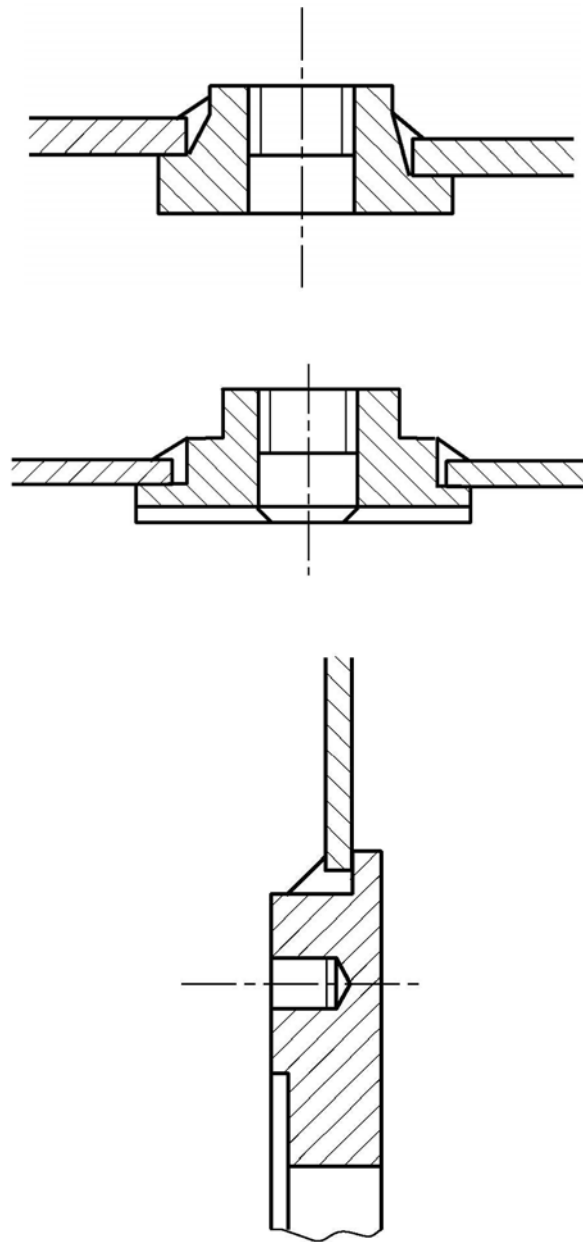


Figura G.5 — Unión de embocadura: respaldo incorporado



**ANEXO H**  
(Informativo)**Método de determinación de los índices de reflexión****H.1 Método**

Se coloca un termómetro (u otro instrumento para medir la temperatura) en la pigmentación de una masa de color mate.

Se deja secar la masa en el termómetro.

Se coloca el instrumento a la luz directa del sol, con una temperatura exterior de referencia de 32 °C a la sombra, durante 60 minutos.

La relación entre la temperatura medida y el índice de reflexión es la indicada en la tabla H.1.

**Tabla H.1**  
**Relación entre la temperatura medida y el índice de reflexión**

Temperatura medida °C	Índice	Ejemplos de color
hasta 44	1	Blanco, marfil, zinc, aluminio, y plata
hasta 47	2	Amarillo hasta la gama RAL 1021 Gris hasta la gama RAL 7035 Verde hasta la gama RAL 6019
hasta 50	3	Todo el resto de colores a excepción del azul oscuro y el negro
hasta 53	4	Azul oscuro y negro

**Bibliografía**

[1] EN 1011-2 — Soldadura. Recomendaciones para el soldadura de materiales metálicos. Parte 2: Soldadura por arco de los aceros ferríticos.

## ANEXO NACIONAL

Capítulos y apartados de la norma EN 12542:2002	Modificaciones NC 829
<p><b>Portada -Titulo</b></p> <p>Tanques cilíndricos estáticos, aéreos, de acero soldado, fabricados en serie para el almacenaje de gas licuado de petróleo (GLP) de volumen inferior o igual a 13 M<sup>3</sup>— Diseño y fabricación</p>	<p><b>Portada - Titulo</b> <b>Se aumento la capacidad de los tanques inferior o igual a 20 m3, por la capacidad producción de la Empresa Productora</b></p> <p>Tanques cilíndricos estáticos, aéreos, de acero soldado, fabricados en serie para el almacenaje de gas licuado de petróleo (GLP) de volumen inferior o igual a 20 M<sup>3</sup>— Diseño y fabricación</p>
<p><b>3 Términos y definiciones</b> <b>3.2 depósitos fabricados en serie</b></p>	<p><b>Se agregó termino permisible Tanque</b></p> <p><b>3 Términos y definiciones</b> <b>3.2 tanques ó depósitos fabricados en serie</b></p>
<p><b>3.9 Ar<sub>3</sub></b> : Punto crítico del diagrama de equilibrio acero -Carbono, que representa la temperatura al final de la transformación de austenita a ferrita en el enfriamiento del acero.</p>	<p><b>Se modifiko este acápite para aclarar que el diagrama de equilibrio es entre las fases hierro y carbono disuelto en el hierro.</b></p> <p><b>3.9 Ar<sub>3</sub></b> : Punto crítico del diagrama de equilibrio hierro-Carbono, que representa la temperatura al final de la transformación de austenita a ferrita en el enfriamiento del acero.</p>
<p><b>4.1 Virolas y fondos</b></p> <p>Los materiales para las virolas y los fondos deben seleccionarse entre los aceros especificados en las Normas EN 10028-2, EN 10028-3, o EN 10028-5. No obstante pueden utilizarse otras especificaciones equivalentes para los materiales, ya sean aprobaciones europeas de materiales, o evaluaciones específicas.</p>	<p><b>Se modificó la aprobación de los materiales para tener un mayor alcance.</b></p> <p><b>4.1 Virolas y fondos</b></p> <p>Los materiales para las virolas y los fondos deben seleccionarse entre los aceros especificados en las Normas EN 10028-2, EN 10028-3, o EN 10028-5. No obstante pueden utilizarse otras especificaciones equivalentes para los materiales, ya sean aprobaciones nacionales, internacionales, o evaluaciones específicas</p>
<p><b>4.5 Certificados</b></p> <p>El fabricante del tanque debe obtener los certificados que muestren el análisis químico y las propiedades mecánicas detalladas del acero suministrado para la fabricación de las partes a presión del depósito. Los certificados deben de estar de acuerdo con la Norma EN 10204:1991, certificado tipo 3.1B, junto con la confirmación por parte del fabricante del material de la conformidad con la especialización del material</p>	<p><b>Se modifiko la redacción</b> <b>4.5 Certificados</b></p> <p>El fabricante del tanque debe obtener los certificados que muestren el análisis químico y las propiedades mecánicas detalladas del acero suministrado para la fabricación de las partes a presión del depósito. Los certificados deben contener todos los datos (con tolerancias incluidas) exigidos en el certificado tipo 3.1B de la norma EN-10204:1991, junto con la confirmación por parte del fabricante del material de la conformidad con la especialización del material.</p>
<p><b>7.5.2.1 Tratamiento térmico después del conformado en frío de productos planos</b></p> <p>En el apartado 75.2.1 se agrego otra variante para demostrar la no necesidad del tratamiento térmico</p>	<p><b>7.5.2.1 Tratamiento térmico después del conformado en frío de productos plano .Se agregó en el apartado</b></p> <p>No es necesario el tratamiento térmico de los fondos si la deformación de la fibra extrema calculada según la siguiente formula:</p> $\% \text{ de deformación de la fibra extrema} = \frac{75 \cdot e}{r_f} \left[ 1 - \frac{r_f}{R_0} \right] \text{ resulta } < 5$

	<p>donde  <math>e</math> - el espesor de la plancha, mm  <math>r_f</math> - el radio de acuerdo final, por la línea neutra (radio neutro del codillo), mm  <math>R_o</math> - el radio de curvatura inicial, por la línea neutra (igual a infinito para las planchas planas), mm</p> <p>y además que se cumplan las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 El material no requiera exámenes de impacto.</li> <li>2 El espesor del elemento antes de la conformación en frío no excede 16 mm.</li> <li>3 La reducción del espesor por conformación en frío a partir de la plancha laminada es menor de 10%.</li> <li>4 La temperatura del material durante la conformación no está en el rango de 121° C a 482° C.</li> </ol>
<p><b>7.6.1</b></p> <p>NOTA Para los depósitos que deban ser conformes con el DEP, es necesario que los procedimientos de soldeo y la cualificación de los soldadores estén aprobados por un organismo notificado, o por un tercer organismo, reconocido por un estado miembro</p>	<p><b>. Se modificó la nota en correspondencia al organismo responsable de la aprobación de los procedimientos de soldadura y la cualificación de los soldadores</b></p> <p><b>7.6.1</b></p> <p>NOTA Los procedimientos de soldadura y la Calificación de los soldadores deben estar aprobados por un organismo acreditado, y ser realizados por un tercer organismo, reconocido nacionalmente</p>
<p><b>7.6.3 Cualificación de la especificación de los procedimientos de soldadura.</b></p> <p>Para cualificar las especificaciones del procedimiento de soldadura deben realizarse ensayos de calificación de acuerdo con la Norma EN 288-3, o EN 288-8</p>	<p><b>Se modifico la redacción.</b></p> <p><b>7.6.3 Calificación de los procedimientos de soldadura.</b></p> <p>Para calificar los procedimientos de soldadura deben realizarse ensayos de calificación de acuerdo con la Norma ISO 15613:2005, o NC ISO 15614:2005</p>
<p><b>9.5 Cualificación del personal</b></p>	<p>Se elimino la directiva europea sobre equipos a presión (DEP)</p> <p><b>9.5 Calificación del personal</b></p> <p>NOTA La calificación del personal encargado de los ensayos debe estar aprobado por un organismo acreditado, y ser realizada por un tercer organismo, reconocido nacionalmente.</p>
<p><b>11 Marcado y certificación</b></p> <p>La certificación debe realizarse para cada tanque o lote de fabricación de tanques, indicando la conformidad con los requisitos de esta norma.</p>	<p><b>Se cambio el ultimo párrafo:</b></p> <p>La certificación debe realizarse para cada tanque, indicando en la Declaración de Conformidad, la concordancia con los requisitos de esta norma.</p>

**(Continuación)**

Capítulos y apartados de la norma EN 12542:2002	Modificaciones NC 829
<p><b>12.1 Documentación que debe obtener el fabricante</b></p> <p>a) los certificados indicando el análisis químico y los detalles de las propiedades mecánicas de los aceros utilizados para la fabricación de las piezas a presión de los depósitos,</p> <p>b) para las piezas conformadas un certificado de acuerdo con la norma EN 10204, si es necesario,</p>	<p><b>12.1 Documentación que debe obtener el fabricante.</b> Se agregaron documentos.</p> <p>El fabricante debe obtener la siguiente documentación:</p> <p>a) Planos para la fabricación del equipo con la debida certificación o validación del mismo,</p> <p>b) Los certificados indicando la composición química y las propiedades mecánicas de los aceros empleados para fabricar las piezas a presión,</p> <p>c) Los certificados de los tratamientos térmicos practicados a las piezas conformadas,</p> <p>d) Certificados de calidad de los dispositivos de alivio de presión y otros instrumentos instalados en el recipiente,</p>
<p><b>C.2 Manómetros</b></p> <p>Los manómetros deben cumplir la Norma EN 837-2. El indicador de medida debe tener una precisión superior o igual al 4% del rango de lectura. La lectura en el manómetro de la presión de prueba del depósito debe estar comprendida entre el 50% y el 90% del fondo de escala.</p>	<p><b>C.2 Manómetros .</b> Se cambio la redacción</p> <p>Los manómetros deben cumplir la Norma EN 837-2 o una norma nacional correspondiente. El indicador de medida debe tener una precisión superior o igual al 4% del rango de lectura. La lectura en el manómetro de la presión de prueba del depósito debe estar comprendida entre el 50% y el 90% del fondo de escala.</p>
<p><b>C.3 Fluido de prueba</b></p> <p>Como fluido de prueba debe utilizarse normalmente agua. Deben tomarse precauciones para colocar el depósito de forma que se purgue el aire contenido en su interior.</p> <p>NOTA Para evitar riesgos de heladas, es conveniente que la temperatura del agua durante el ensayo sea superior o igual a 7°C.</p>	<p><b>C.3 Fluido de prueba.</b> Se elimino la nota por no corresponderse a nuestro clima</p>

Las normas europeas e internacionales que se relacionan a continuación, citadas en esta norma, han sido incorporadas al cuerpo normativo NC con los códigos siguientes:

Norma Internacional	Norma NC
ISO 9606-1	NC ISO 9606-1
EN 970	NC EN 970
ISO 6520-1	NC ISO 6520-1