

ICS 25.020

Atención !
Tenga en cuenta la corrección/enmienda correspondiente

Sustituye a [SN 200-2:2016-05](#)

Índice

Página

Introducción	1
1 Campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	2
3 Términos	2
4 Fundición	3
4.1 Principios	3
4.2 Calidades de superficie.....	3
4.3 Tolerancias generales.....	3
4.4 Demasías de mecanizado.....	5
4.5 Soldaduras de producción	6
4.6 Ensayos	6
4.7 Documentación	8
5 Forja	9
5.1 Principios	9
5.2 Ensayos	9
5.3 Documentación	11
6 Semiproductos	12
6.1 Principios	12
6.2 Condiciones técnicas de suministro	12
6.3 Ensayo.....	12
6.4 Documentación	13
Anexo A (normativo) Conversión de los niveles de calidad en la fundición	14
Referencias	16
Modificaciones	16

Introducción

Los requisitos de fabricación enumerados en esta parte de la norma SN 200 sirven para lograr la calidad adecuada de los productos SMS. Por lo tanto, estos requisitos deben cumplirse siempre, a menos que se acuerde lo contrario en planos, documentos de pedido y/u otros documentos de fabricación. El carácter vinculante de la presente norma se indica en el cajetín de los planos, en los contratos y/o en los documentos de pedido. Si no pueden cumplirse estos requisitos, deberá consultarse a SMS group.

1 Campo de aplicación

Esta norma de empresa especifica los requisitos para las piezas en bruto fundidas o forjadas y las condiciones técnicas de suministro de los semiproductos utilizados en la fabricación de productos de SMS group.

**No guarantee can be given in respect
of this translation.**
In all cases the latest German version of this standard
shall be taken as authoritative.

Nº de páginas 16

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos, citados parcial o totalmente en este documento, son necesarios para la aplicación del mismo. Las referencias con indicación de fecha siempre se refieren a la edición referenciada. Las referencias sin indicación de fecha siempre se refieren a la última edición del documento referenciado (con todas sus modificaciones).

DIN EN 1369:2013-01	Fundería; Ensayo con partículas magnéticas
DIN EN 1370:2012-03	Fundería; Evaluación del estado de la superficie
DIN EN 1371-1:2012-02	Fundería; Ensayo mediante líquidos penetrantes; Parte 1: Piezas moldeadas en arena, en coquilla, por gravedad y a baja presión
DIN EN 1559-1	Fundería; Condiciones técnicas de suministro; Parte 1: Generalidades
DIN EN 1559-2	Fundería; Condiciones técnicas de suministro; Parte 2: Requisitos adicionales para las piezas moldeadas en fundición de acero
DIN EN 1559-3	Fundería; Condiciones técnicas de suministro; Parte 3: Requisitos adicionales para las piezas moldeadas en fundición de hierro
DIN EN 10021	Condiciones técnicas generales de suministro de productos de acero
DIN EN 10029:2011-02	Chapa de acero laminada en caliente a partir de un espesor de 3 mm, medidas límite, tolerancias de forma, desviaciones de peso admitidas
DIN EN 10160:1999-09	Ensayo ultrasónico de los productos planos de acero de espesor igual o superior a 6 mm (método de reflexión)
DIN EN 10163-2:2005-03	Condiciones de suministro relativas al acabado superficial de chapas, bandas, planos anchos y perfiles de acero laminados en caliente. Parte 2: Chapa y planos anchos
DIN EN 10204:2005-01	Productos metálicos; Tipos de documentos de inspección
DIN EN 10228-1:2016-10	Ensayo no destructivo de piezas forjadas de acero; Parte 1: Ensayo mediante partículas magnéticas
DIN EN 10228-2:2016-10	Ensayo no destructivo de piezas forjadas de acero; Parte 2: Ensayo mediante líquidos penetrantes
DIN EN 10228-3:2016-10	Ensayo no destructivo de piezas forjadas de acero; Parte 3: Ensayo por ultrasonidos de piezas forjadas de acero ferrítico y martensítico
DIN EN 10228-4:2016-10	Ensayo no destructivo de piezas forjadas de acero; Parte 4: Ensayo por ultrasonidos de piezas forjadas de acero inoxidable austenítico o austeno-ferrítico
DIN EN 10247:2017-09	Ensayo metalográfico del contenido de inclusiones no metálicas en aceros con series de imágenes
DIN EN 10308: 2002-03	Ensayo no destructivo; Ensayo por ultrasonidos de barras de acero
DIN EN 12680-1:2003-06	Fundería; Ensayo por ultrasonidos; Parte 1: Piezas moldeadas de acero para usos generales
DIN EN 12680-3:2012-02	Fundería; Ensayo por ultrasonidos; Parte 3: Piezas moldeadas de fundición de grafito esferoidal
DIN EN 13018:2016-06	Ensayos no destructivos - Inspección visual - Principios generales
DIN EN ISO 945-1:2019-10	Microestructura del hierro fundido - Parte 1: Clasificación del grafito mediante evaluación visual
DIN EN ISO 8062-3:2008-09	Especificaciones geométricas de producto (EGP); Tolerancias dimensionales y geométricas para piezas moldeadas; Parte 3: Tolerancias dimensionales y geométricas generales y sobremedidas de mecanizado para piezas moldeadas (ISO 8062-3:2007)
DIN EN ISO 9712	Ensayo no destructivo - Cualificación y certificación del personal de ensayos no destructivos
DIN EN ISO 11970:2016-08	Especificación y aprobación de procedimientos de soldadura para la soldadura de producción de acero fundido
DIN EN ISO 18286:2010-11	Chapa de acero inoxidable laminada en caliente - Medidas límite y tolerancias de forma
ISO/IEC 17025	Requisitos generales de competencia de los laboratorios de ensayo y calibración
ISO 10474:2013-07	Acero y productos de acero; Certificados de prueba/ensayo

3 Términos

Para la aplicación del presente documento los siguientes términos son válidos.

3.1

Fundición

La fundición es un proceso de fabricación. En la fundición, los productos cuya forma y dimensiones finales - aparte de un posible mecanizado posterior - se fabrican directamente por la solidificación del acero, hierro y metales no féreos líquidos en moldes generalmente de arena, arcilla refractaria u otros materiales refractarios.

3.2

Semiproducto [DIN EN 10079:2007-06]

Un semiproducto es un producto creado por:

Colada continua y - si es necesario - laminado, forjado o cortado posterior; Fundición a presión; Laminación, forja o corte longitudinal de lingotes o coladas continuas de gran sección transversal; generalmente destinados para la transformación a productos planos o largos mediante laminación en caliente, forja en caliente o para la producción de piezas forjadas.

3.3

Pieza en bruto [DIN 199-1:2002-03]

Pieza fabricada sin virutas para producir un objeto específico que aún requiere mecanizado.

Nota: Piezas en bruto son p.ej. piezas fundidas, forjadas y prensadas.

3.4

Forja

La forja es la conformación en caliente de tochos (bloques en bruto, semiproductos forjados o laminados, colada continua) y se realiza mediante forja longitudinal, forjas con o sin estampa obteniendo una pieza con dimensiones similares a las finales para el proceso productivo subsiguiente. El proceso de conformación genera una estructura mayormente homogénea y compacta por toda la sección.

4 Fundición

4.1 Principios

Piezas fundidas se fabricarán considerando las especificaciones de las condiciones técnicas de suministro de la serie de normas DIN EN 1559-1, DIN EN 1559-2 y DIN EN 1559-3.

Por lo general, el uso de soportes centrales y piezas de relleno debe acordarse con SMS group antes del inicio de la fabricación. En el caso de la fundición de grafito esferoidal, demasías de escoria deben eliminarse generalmente mediante mecanizado o su retención en la pieza fundida debe acordarse con SMS group antes del inicio de la fabricación.

4.2 Calidades de superficie

Se aplican las siguientes calidades de superficie de acuerdo con la norma DIN EN 1370:2012-03.

Para acero fundido y metales no féreos:

4S1 para superficies chorreadas

4S2 para superficies rectificadas

Para hierro fundido:

3S1 para superficies chorreadas

3S2 para superficies rectificadas

4.3 Tolerancias generales

Las tolerancias generales se definirán según DIN EN ISO 8062-3:2008-09. Las tolerancias generales de la tabla 3 se aplicarán a superficies no mecanizadas de piezas de fundición en bruto. A cotas entre una superficie mecanizada y otra no mecanizada se aplicará la mitad de la tolerancia general de fundición correspondiente. Los valores de tolerancia general de la Tabla 3 se desprenderán de las Tabla 1 y Tabla 2, de acuerdo con el grado de tolerancia dimensional DCTG determinado. Los límites de tolerancia se definen en la Imagen1.

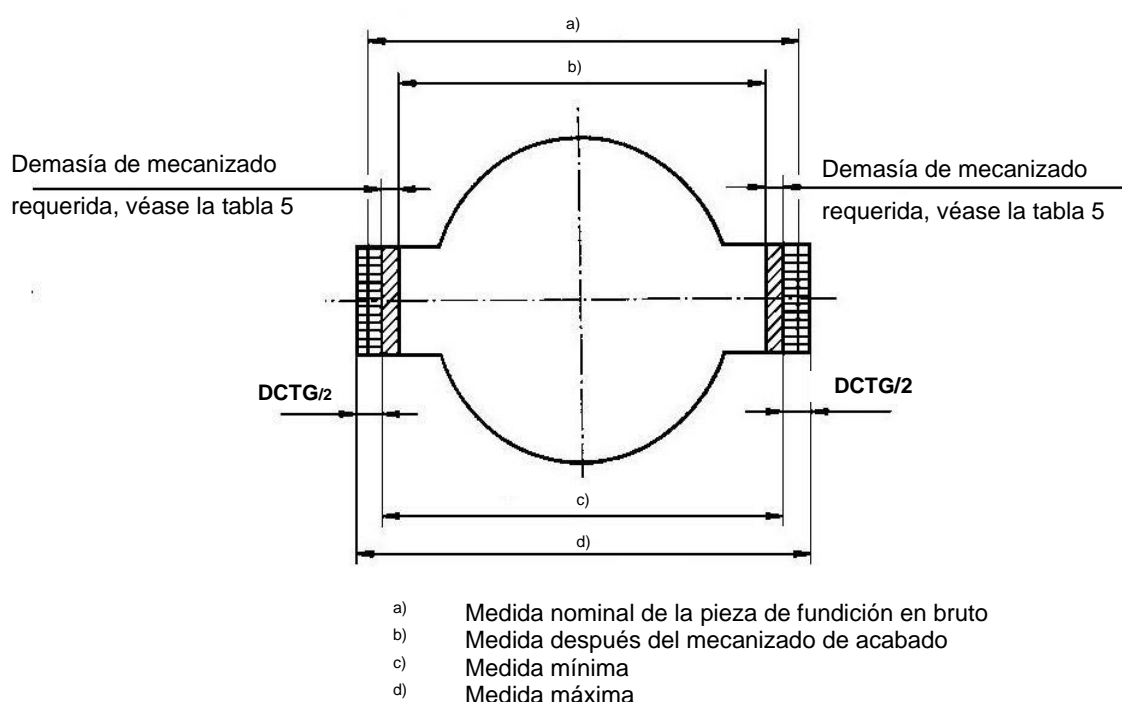


Imagen1 - Límites de tolerancia

4.3.1 Grados de precisión

La mayor dimensión de pieza define el grado de tolerancia dimensional DCTG según [DIN EN ISO 8062-3:2008-09](#). Partiendo del grupo de medidas nominales, en el que se encuentra la mayor dimensión de pieza, el grado DCTG para acero fundido se determina según Tabla 1 y para hierro fundido según Tabla 2.

Por lo tanto, los valores de tolerancia de todas las dimensiones de la pieza de trabajo se desprenden de la columna del grado DCTG determinado de la Tabla 3. Si se requieren tolerancias de fundición admitidas menores, éstas se anotarán en el plano en la medida nominal correspondiente.

Tabla 1 – Grado de tolerancia dimensional DCTG para acero (GS) (Medidas en mm)

Medida nominal de la pieza de fundición en bruto		Grado de tolerancia dimensional DCTG de	
		Medidas lineales ^{a)}	Espesores de pared
-	≤ 25	12	13
> 25	≤ 400	13	14
> 400	≤ 1600	14	15
> 1600	≤ 10000	15	16

^{a)} Longitudes, anchos, alturas, distancias entre centros, diámetros y redondeados.

Tabla 2 – Grado de tolerancia dimensional DCTG de hierro fundido (GJS/ GJL) (Medidas en mm)

Medida nominal de la pieza de fundición en bruto		Grado de tolerancia dimensional DCTG de	
		Medidas lineales ^{a)}	Espesores de pared
> 25	≤ 100	11	12
> 100	≤ 400	12	13
> 400	≤ 1000	13	14
> 1000	≤ 1600	14	15
> 1600	≤ 10000	15	16

^{a)} Longitudes, anchos, alturas, distancias entre centros, diámetros y redondeados.

Tabla 3 – Tolerancias generales de piezas fundidas (Medidas en mm)

Medida nominal de fundición en bruto		Tolerancia de fundición total ^{a)}					
		Grado de tolerancia dimensional DCTG					
		De medidas lineales y espesores de pared					
		11	12	13	14	15	16
-	≤ 25	3,2	4,6	6	8	10	12
> 25	≤ 40	3,6	5	7	9	11	14
> 40	≤ 63	4	5,6	8	10	12	16
> 63	≤ 100	4,4	6	9	11	14	18
> 100	≤ 160	5	7	10	12	16	20
> 160	≤ 250	5,6	8	11	14	18	22
> 250	≤ 400	6,2	9	12	16	20	25
> 400	≤ 630	7	10	14	18	22	28
> 630	≤ 1000	8	11	16	20	25	32
> 1000	≤ 1600	9	13	18	23	29	37
> 1600	≤ 2500	10	15	21	26	33	42
> 2500	≤ 4000	12	17	24	30	38	49
> 4000	≤ 6300	14	20	28	35	44	56
> 6300	≤ 10000	16	23	32	40	50	64

^{a)} La zona tolerada tiene que ser de disposición simétrica con respecto a la medida nominal.

4.3.2 Desvío

Salvo indicación contraria el desvío de las superficies de las piezas de fundición ha de moverse entre las tolerancias indicadas en la Tabla 3.

4.3.3 Redondeados exteriores e interiores

En redondeados exteriores e interiores se subdividirá la zona tolerada conforme a Tabla 3 de tal manera que la dimensión inferior quede en cero.

Ejemplo:

Si la medida nominal del redondeado es 20 mm y el grado de tolerancia de fundición DCTG es 13, de la Tabla 3 resulta una tolerancia 6 mm; para los redondeados resulta una discrepancia inferior de 0 mm y otra superior de 6 mm. Para reducir el peligro de formación de grietas se deben observar en redondeados interiores, de acuerdo con el espesor de pared, valores mínimos según Tabla 4.

Tabla 4 - Redondeados interiores(Medidas en mm)

Espesor de pared	Redondeado interior, mín.
hasta 10	6
> 10 a 30	10
> 30	0,33 x espesor de pared

4.4 Demasías de mecanizado

Las demasías de mecanizado en piezas de fundición en bruto son demasías materiales a fin de poder eliminar con un mecanizado posterior los efectos de fundición en la superficie y conseguir el estado superficial y la exactitud de medida pretendidos.

El material a remover efectivamente depende, además, de las medidas reales de la pieza de fundición en bruto. Estas pueden variar en el marco de las tolerancias generales definidas y admitidas o de la tolerancia indicada para una medida individual. La demasia se ha de entender como demasia de mecanizado, es decir, en cuerpos giratorios o caso de realizar el mecanizado en ambos lados, se ha de tener en cuenta dos veces.

Los valores especificados en la Tabla 5 se basan en experiencias de SMS group; no son idénticas a las demasías de mecanizado especificadas en la norma [DIN EN ISO 8062-3:2008-09](#). La demasia de mecanizado depende de la dimensión exterior más grande de la pieza de fundición en bruto y no del grado de tolerancia de fundición DCTG.

El taller de fundición tendrá la responsabilidad de prever suficiente demasia de mecanizado para alcanzar un estado conforme al plano y superficies exentas de escoria independientemente de la Tabla 5.

Tabla 5 – Demasías de mecanizado en piezas de fundición (específicas de SMS group)

(Medidas en mm)

Grupo de medidas nominales (mayor longitud, ancho, altura o Ø de la pieza de fundición)	Acero fundido GS		Hierro fundido EN-GJL		Hierro fundido EN-GJS		
	Por superficie	En superficies superiores o de posición vertical en el molde (cono) adicionalmente	Por superficie	En superficies superiores o de posición vertical en el molde (cono) adicionalmente	Por superficie	Superficies verticales (cono) adicionalmente	Superficies superiores adicionales e (capa de escoria)
hasta 30	4	2	4	2	4	2	5 a 45
> 30hasta 50	5						
> 50hasta 80	6						
> 80hasta 120							
> 120hasta 180	7						
> 180hasta 250							
> 250hasta 315	8						
> 315hasta 400							
> 400hasta 500	10	3	6	2	20 a 110		
> 500hasta 630							
> 630hasta 800							
> 800hasta 1000							
> 1000hasta 1250	12	8	8	50 a 240			
> 1250hasta 1600	4	10	10				
> 1600hasta 2000		12	3		12	3	
> 2000hasta 2500							
> 2500hasta 3150	18	5	15	4	110 a 500		
> 3150hasta 4000	20		17			17	
> 4000hasta 6300	25						
> 6300hasta 10000	30	7	20	5	20	5	
Taladro totalmente fundido	a Ø 100 mm		a Ø 80 mm				

4.5 Soldaduras de producción

Se permiten soldaduras de producción siempre que se observen los requisitos específicos del material. Para ello se requieren procedimientos de soldeo comprobados, instrucciones técnicas de soldadura y soldadores debidamente calificados. Antes de realizar una soldadura de producción se ha de entregar la especificación del procedimiento de soldadura (WPS por sus siglas en inglés) según [DIN EN ISO 11970:2016-08](#) para su autorización por SMS group.

Los rebajes necesarios deben documentarse mediante un croquis. Deberá indicarse la posición exacta de los rebajes en la pieza fundida y las dimensiones respectivas (longitud, anchura y profundidad).

Por lo general, los rebajes deben someterse al nivel de calidad 1 mediante ensayos con partículas magnéticas según [DIN EN 1369:2013-01](#) o mediante ensayos por líquidos penetrantes según [DIN EN 1371-1:2012-02](#) y las soldaduras de producción correspondientes deben someterse al nivel de calidad 1 mediante ensayos ultrasónicos según [DIN EN 12680-1:2003-06](#).

4.6 Ensayos

4.6.1 Principios

Deberán observarse los apartados 4.6.3 a 4.6.5 si en los documentos de fabricación se establecen especificaciones para el ensayo de piezas fundidas.

Si no existen especificaciones en los documentos de fabricación, se aplicarán las especificaciones del ensayo de semiproductos según apartado 6.

4.6.2 Cualificación del inspector

Los inspectores deben tener la formación y la experiencia necesarias para realizar correctamente los siguientes ensayos de acuerdo con la normativa especificada. La cualificación del inspector para los ensayos no destructivos (ZFP en sus siglas alemán) de piezas fundidas debe llevarse a cabo de conformidad con la norma [DIN EN ISO 9712](#), en la que la evaluación debe ser realizada por un inspector (mínimo nivel 2). Se aceptan cualificaciones comparables específicas de cada país.

4.6.3 Ensayo de acero fundido (GS)

4.6.3.1 Calidad interna

Basados en la norma [DIN EN 12680-1:2003-06](#), los requisitos específicos de SMS group están definidos en las Tabla 6 a Tabla 8. Para los requisitos no mencionados, se aplica la norma [DIN EN 12680-1:2003-06](#). Las especificaciones relativas a los niveles de calidad, en caso necesario, se indicarán en el plano o la norma SN específica del producto. Para las piezas de SMS group, debe mantenerse al menos el nivel de calidad 3 para la zona de borde y al menos el nivel de calidad 4 para la zona núcleo, de conformidad con la norma [DIN EN 12680-1:2003-06](#).

Tabla 6 – Requisitos de comprobabilidad por ultrasonidos (Medidas en mm)

Espesor de pared	Menor diámetro demostrable del taladro de fondo plano según 5.2 DIN EN 12680-1:2003-06
≤ 300	3
> 300 a ≤ 400	4
> 400 a ≤ 600	6
> 600	8

Tabla 7 – Límites detectables de reflectores para cabezales exploradores de 2MHz

Espesor de pared (en mm)	Zona verificada (en mm)	Indicaciones sin expansión medible	Indicaciones con expansión medible	Caída del eco de la pared de fondo (dB)
		Diámetro del equivalente taladro de fondo plano mín. (en mm)		
≤ 300	Zona de borde y núcleo	4	3	>12
> 300 a ≤ 400		6	4	
> 400 a ≤ 600		6	6	
> 600		8	8	
-	Zona de borde especial	3	3	

Tabla 8 Límites de admisibilidad para reflectores volumétricos (específicos de SMS group)

Característica	Unidad	Zona ^{a)}	Nivel de calidad									
			1	2			3			4		
Espesor de pared de la pieza de fundición en la zona verificada	mm		-	≤ 50	> 50 ≤ 100	> 100 ≤ 600 ^{b)}	≤ 50	> 50 ≤ 100	> 100 ≤ 600 ^{b)}	≤ 50	> 50 ≤ 100	> 100 ≤ 600 ^{b)}
Reflectores sin expansión medible ^{c)}												
Mayor diámetro del taladro de fondo plano equivalente	mm	Borde	3	8								
		Núcleo										
Número de reflectores de registración obligatoria en una superficie de 100 mm x 100 mm	Pza.	Borde	3	3	5	6			No evaluado como característica			
		Núcleo		No evaluado como característica								
Límite de admisibilidad para la caída del eco de la pared de fondo	máx. dB	-	6	12								
Reflectores con expansión medible												
Mayor diámetro del taladro de fondo plano equivalente	mm	Borde	3	8								
		Núcleo										
Mayor expansión del reflector en dirección de espesor de la pared	%	Borde	No admisible	15% del espesor de la zona								
		Núcleo		15% del espesor de la pared								
Mayor longitud sin ancho medible	mm	Borde		75	75	75	75	75	75	75	75	75
		Núcleo		75	75	100	75	75	120	100	100	150
Mayor superficie individual ^{d)}	mm ²	Borde		600	1000	1000	600	2000	2000	2000	2000	2000
		Núcleo		10000	10000	15000	15000	15000	20000	15000	15000	20000
Mayor superficie total por superficie de referencia ^{d)}	mm ²	Borde		10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	15000	15000
		Núcleo		10000	15000	15000	15000	15000	20000	15000	20000	20000
Superficie de referencia	mm ²	-		150 000 (≈ 390 mm x 390 mm)				100 000 (≈ 320 mm x 320 mm)				
Límite de admisibilidad para la atenuación del eco de la pared de fondo	máx. dB	-	6	12								

^{a)} Zonas: Borde = t/3 pero máx. 100mm, núcleo = zona núcleo restante, t = espesor de pared en la zona de control

^{B)} Salvo que se exija lo contrario, el límite de registro y admisibilidad de ERG 8 mm pero mín. 6dbB por encima del ruido de señal se aplica a espesores de pared superiores a 600 mm.

^{c)} Cada reflector que sobrepasa uno de los criterios es considerado como no admisible. Indicaciones fuera de los límites de admisibilidad se han de comunicar por escrito al departamento de control de la calidad de SMS group.

^{b)} Indicaciones con una distancia menor de 25 mm serán consideradas como una sola.

4.6.3.2 Calidad externa

La calidad externa será verificada en los puntos marcados en el plano mediante el ensayo con partículas magnéticas según [DIN EN 1369:2013-01](#) o de líquido penetración según [DIN EN 1371-1:2012-02](#). Las condiciones se desprenderán del plano o de la norma específica SN referida al equipo. Los siguientes niveles mínimos de calidad de acuerdo con la norma [DIN EN 1369:2013-01](#) y [DIN EN 1371-1:2012-02](#) deben ser observados para las piezas en bruto de fundición y las piezas fundidas acabadas de SMS group:

- Indicaciones no lineales SM 3 y SP 3
- Indicaciones lineales LM/AM 5 y LP/AP 5

La conversión de los niveles de calidad de la norma [DIN EN 1369:1997-02](#) a la [DIN EN 1369:2013-01](#) y de [DIN EN 1371-1:1997-10](#) a [DIN EN 1371-1:2012-02](#) se muestra en el Anexo A (normativo).

4.6.4 Ensayos de hierro fundido con grafito esférico (EN-GJS)

4.6.4.1 Calidad interna

El ensayo ultrasónico para determinar la calidad interna debe realizarse de conformidad con la norma [DIN EN 12680-3:2012-02](#). Los requisitos de las propiedades internas para piezas de fundición de hierro fundido con grafito esférico se indican en el plano o en la norma específica SN referida al equipo. Para las piezas de SMS group, se requiere al menos el nivel de calidad 3 para la zona de borde y al menos el nivel de calidad 4 para la zona núcleo, de conformidad con la norma [DIN EN 12680-3:2012-02](#).

Se debe mantener una velocidad del sonido de 5600 m/s al comprobar la correcta formación de grafito esférico.

4.6.4.2 Calidad externa

La calidad externa será verificada en los puntos marcados en el plano mediante el ensayo con partículas magnéticas según [DIN EN 1369:2013-01](#) o de líquido penetración según [DIN EN 1371-1:2012-02](#). Las condiciones se desprenderán del plano o de la norma específica SN referida al equipo.

Los siguientes niveles mínimos de calidad de acuerdo con la norma [DIN EN 1369:2013-01](#) y [DIN EN 1371-1:2012-02](#) deben ser observados para las piezas en bruto de fundición y las piezas fundidas acabadas de SMS group:

- Indicaciones no lineales SM 3 y SP 3
- Indicaciones lineales LM/AM 5 y LP/AP 5

La conversión de los niveles de calidad de la norma [DIN EN 1369:1997-02](#) a [DIN EN 1369:2013-01](#) y de la [DIN EN 1371-1:1997-10](#) a [DIN EN 1371-1:2012-02](#) se muestra en el Anexo A.

4.6.5 Ensayos de hierro fundido con grafito lamelar (EN-GJL)

4.6.5.1 Calidad interna

La calidad interna debe determinarse mediante análisis de estructura de conformidad con la norma [DIN EN ISO 945-1:2019-10](#).

4.6.5.2 Calidad externa

La inspección visual se realiza de conformidad con las normas [DIN EN 13018:2016-06](#) o [DIN EN 1370:2012-03](#).

4.7 Documentación

Los resultados de los siguientes ensayos a realizar deben ser certificados a SMS group en un certificado de recepción 3.1 según [DIN EN 10204:2005-01](#) o [ISO 10474:2013-07](#) por el taller de fundición o el taller de fabricación:

- Análisis químico de cada carga de colada que contenga el suministro.
- Resultado del ensayo de dureza y las propiedades mecánicas determinadas por carga de colada y unidad de tratamiento térmico.
- Caso de solicitarlo, el resultado del ensayo de tracción en caliente del acero resistente al calor a la temperatura máxima de funcionamiento del material por cada carga de colada y unidad de tratamiento térmico.
- Resultado de los ensayos no destructivos según indicación en el plano.
- Resultados de cualquier otros ensayos según indicación en el plano.

5 Forja

5.1 Principios

Atención: Observar la modificación / corrección SN 200-2/A1!

Las condiciones técnicas de suministro y especificaciones de calidad se desprenderán, salvo indicación de requisitos especiales, de las correspondientes normas de materiales DIN, DIN EN, ISO o SEW. El grado de alargamiento ≥ 3 se ajustará (en relación al mayor diámetro o espesor de pared) de modo que se produzca una transformación por forja del núcleo, operaciones de recalcado λS (incluso antes de iniciar el alargamiento) no se considerarán para el cálculo/la definición.

En caso de requisitos especiales, las prescripciones de calidad para piezas forjadas se indicarán en un adhesivo en CAD. El taller de forja y/o de fabricación responsabilizará de realizar o encargar el tratamiento térmico.

Nota:

Deberán observarse los apartados siguientes si en los documentos de fabricación se establecen especificaciones para el ensayo de piezas forjadas. Si no existen especificaciones en los documentos de fabricación, se aplicarán las especificaciones del ensayo de semiproductos según apartado 6.3.

5.2 Ensayos

5.2.1 Cualificación del inspector

Los inspectores deben tener la formación y la experiencia necesarias para realizar correctamente los siguientes ensayos de acuerdo con la normativa especificada. La cualificación del inspector para los ensayos no destructivos (ZFP en sus siglas alemán) de piezas forjadas debe llevarse a cabo de conformidad con la norma [DIN EN ISO 9712](#), en la que la evaluación debe ser realizada por un inspector (mínimo nivel 2).

Se aceptan cualificaciones comparables específicas de cada país.

5.2.2 Calidad superficial

Piezas forjadas entregadas en estado como forjado se aceptarán siempre que permitan alcanzar la clase de calidad definida. Las piezas forjadas entregadas en estado mecanizado han de corresponder a las clases de calidad exigidas en la Tabla 9 sobre la calidad superficial.

Tabla 9- Calidades superficiales

Calidad superficial	Clase de calidad y rugosidad Ra			
	1	2	3	4
	$\leq 25 \mu m$	$\leq 12,5 \mu m$	$\leq 12,5 \mu m$	$\leq 6,3 \mu m$
Mecanizado con arranque de virutas ^{a)}	x	x	x	x

^{A)} La «x» se marca la clase de calidad que se puede alcanzar con la rugosidad definida.

5.2.3 Calidad interna

En caso necesario, la calidad interna deberá comprobarse mediante ensayo ultrasónico de conformidad con las normas [DIN EN 10228-3:2016-10](#) o [DIN EN 10228-4:2016-10](#) y de conformidad con [DIN EN 10247:2017-09](#).

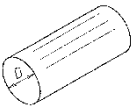
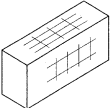
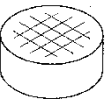
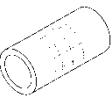
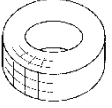
5.2.3.1 Realización del ensayo ultrasónico

El ensayo debe realizarse utilizando el método de pulso-eco en técnica de contacto, el tamaño de los indicaciones se determina según el método AVG/DGS (distancia-ganancia-tamaño). El tipo de pieza forjada determina el volumen mínimo de ensayos, volumen que también depende de las indicaciones de la orden de compra o el plano en cuanto a la necesidad de realizar un ensayo de escaneo de enrejado o un ensayo con un 100 % de cobertura.

La Tabla 10 define los requisitos en cuanto al volumen de ensayo en caso de incidencia perpendicular para piezas forjadas de los tipos 1, 2 y 3.

La Tabla 11 define los requisitos en cuanto al volumen de ensayo en caso de incidencia angular para piezas forjadas de los tipos 3a y 3b con una relación entre los diámetros exterior e interior de 1,6. La profundidad registrada durante el ensayo en la dirección circunferencial está limitada por el ángulo de incidencia y el diámetro de la pieza forjada.

Tabla 10 – Volumen de ensayo en caso de incidencia perpendicular

Tipo	Ensayo de escaneo de enrejado ^{a)}			Ensayo al 100% ^{a) b)}
	Forma	Diámetro D ^{c)} en mm	Rutas de ensayo ^{b) c)}	
1	1a 	$D \leq 200$ $200 < D \leq 500$ $500 < D \leq 1000$ $D > 1000$	2 a 90° 3 a 60° 4 a 45° 6 a 30°	Escaneo al 100 % por al menos 180° de la superficie cilíndrica
	1b 	Escaneo en un enrejado cruzado en dos superficies de ensayo perpendiculares entre si ^{c) d)}		Escaneo al 100 % en dos superficies de ensayo perpendiculares entre si
2		Escaneo en un enrejado cruzado por 360° en la superficie cilíndrica y una cara frontal		Escaneo al 100 % por, al menos, 180° en la superficie cilíndrica y al 100 % en una cara frontal
3	3a 	Escaneo en un rejado cruzado por 360° en la superficie cilíndrica exterior ^{d)}		Escaneo al 100 % por 360° en la superficie cilíndrica exterior
	3b y 3c ^{e)} 	Escaneo en un rejado cruzado por 360° en la superficie cilíndrica exterior y una cara frontal ^{d)}		Escaneo al 100 % por 360° en la superficie cilíndrica exterior y en una cara frontal
4	El volumen de ensayos se determinará en la consulta y el pedido.			

^{a)} Caso de solicitarlo así en la consulta y el pedido se deben indicar las direcciones de incidencia adicionales (p. ej., para el tipo 3a, en ambas direcciones axiales).

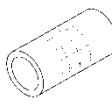
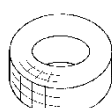
^{b)} 100 % significa que las rutas de ensayo seguidas se solapan en, al menos, un 10 %.

^{c)} En caso de los tipos 1a y 1b se doblará el número de rutas de ensayo considerando también las superficies de ensayo opuestas si un taladro obstaculiza el acceso a la superficie opuesta.

^{d)} La distancia de enrejado seleccionada ha de ser igual al espesor de la pieza siendo el límite de 200 mm.

^{e)} 3b = abocardado, 3c = laminado anular

Tabla 11 – Volumen de ensayo en caso de incidencia angular

Tipo	Ensayo de escaneo de enrejado ^{a)}		Ensayo al 100% ^{a) b)}
3	3a 	Escaneo en ambas direcciones en rutas de enrejado perimetrales de 360° cuya distancia entre si corresponde al espesor radial hasta un valor máximo de 200 mm	Escaneo al 100 % de la superficie cilíndrica exterior en ambas direcciones perimetrales
	3b 		
4	El volumen de ensayos se determinará en la consulta y el pedido.		

a)

Se podrán efectuar escaneos adicionales en caso de solicitarlo así en la consulta y el pedido.

b)

100 % significa que las rutas de ensayo seguidas se solapan en, al menos, un 10 %.

5.2.3.2 Límites de registro y de admisibilidad

Las indicaciones enumeradas en la Tabla 12 y Tabla 13 definen los límites de registro y de admisibilidad que deben respetarse para las clases de calidad prescritas.

La sensibilidad del sistema de ensayo (equipo, cabezal y cable de ensayo) tiene que ser suficiente como para garantizar la detección de las discontinuidades más pequeñas en función del límite de registro y admisibilidad exigido.

Tabla 12 – Clases de calidad, límites de registro y criterios de admisibilidad para cabezales verticales

Clase de calidad	1	2	3	4
Límites de registro				
Taladros de fondo plano TFP d_{eg} en mm del diámetro	> 8	> 5	> 3	> 2
Relación R para la atenuación abrupta del eco de la pared de fondo ^{a) b)}	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 0,6
Límites de admisibilidad				
TFP en discontinuidades individuales en forma de punto d_{eg} en mm del diámetro	≤ 12	≤ 8	≤ 5	≤ 3
TFP en discontinuidades expandidas o acumulación de discontinuidades d_{eg} en mm del diámetro	≤ 8	≤ 5	≤ 3	≤ 2
$R = \frac{F_n}{F_{o,n}}$ <p>a) $R = \frac{F_n}{F_{o,n}}$ con $n = 1$ siendo $t \geq 60$ mm y $n = 2$ siendo $t < 60$ mm F_n Amplitud (altura en la pantalla) del n-ésimo eco atenuado de la pared de fondo $F_{o,n}$ Amplitud (altura en la pantalla) del n-ésimo eco atenuado de la pared de fondo en la sección más próxima dentro de F_n que esté libre de discontinuidades.</p> <p>b) Caso de aumentar la atenuación del eco de pared de fondo tanto como para quedar debajo del límite detectable se han de realizar otros análisis más. El factor R sólo es válido para una fuerte atenuación del eco de pared de fondo debida a la existencia de una discontinuidad.</p>				

Tabla 13 – Clases de calidad, límites de registro y criterios de admisibilidad para cabezales angulares

Clase de calidad	1 ^{a)}	2	3	4
Límite de registro				
Taladros de fondo plano TFP d_{eg} en mm del diámetro	-	> 5	> 3	> 2
Límites de admisibilidad				
TFP en discontinuidades individuales d_{eg} en mm del diámetro	-	≤ 8	≤ 5	≤ 3
TFP en discontinuidades expandidas o acumulación de discontinuidades d_{eg} en mm del diámetro	-	≤ 5	≤ 3	≤ 2
^{a)} La clase de calidad 1 no puede comprobarse con cabezales angulares.				

5.2.4 Calidad externa

La calidad externa será verificada en los puntos marcados en el plano mediante el ensayo con partículas magnéticas según [DIN EN 10228-1:2016-10](#) o de líquido penetración según [DIN EN 10228-2:2016-10](#). Salvo indicación contraria en el plano serán de cumplimiento obligatorio mínimo los requisitos establecidos para la clase de calidad 3 según [DIN EN 10228-1:2016-10](#) o [DIN EN 10228-2:2016-10](#).

5.3 Documentación

Los resultados de los siguientes ensayos a realizar deben ser certificados a SMS group en un certificado de recepción 3.1 según [DIN EN 10204:2005-01](#) o [ISO 10474:2013-07](#) por el taller de forja o el taller de fabricación:

- Análisis químico de cada carga de colada que contenga el suministro.
- Resultado del ensayo de dureza y las propiedades mecánicas determinadas por carga de colada y unidad de tratamiento térmico.
- Caso de solicitarlo, el resultado del ensayo de tracción en caliente del acero resistente al calor a la temperatura máxima de funcionamiento del material por cada carga de colada y unidad de tratamiento térmico.
- Resultado de los ensayos no destructivos según indicación en el plano.
- Resultados de cualquier otros ensayos según indicación en el plano.

6 Semiproductos

6.1 Principios

En piezas individuales de acero sin requisitos especiales para la resistencia se admite la denominación descriptiva «St». El taller de fabricación decidirá sobre el material de partida y el semiproducto necesarios para fabricar la pieza individual.

6.2 Condiciones técnicas de suministro

6.2.1 Principios

La norma [DIN EN 10021](#) o las correspondientes normas para semiproductos definen las condiciones técnicas de suministro. Se ha de tener en cuenta su soldabilidad. Las tolerancias generales de los productos de acero vienen definidas por las correspondientes normas DIN- y DIN EN para semiproductos.

6.2.2 Chapas

La [DIN EN 10029:2011-02](#) Tabla 1, Clase A y Tabla 4, Clase N se aplicará para las desviaciones de espesor y planitud de las chapas de acero utilizadas; para las chapas de acero inoxidable se aplicará la [DIN EN ISO 18286:2010-11](#), Tabla 1 y Tabla 6, Clase N.

Para las chapas de acero y las chapas de acero inoxidable de más de 400 mm, también se aplicarán las desviaciones admisibles de las indicaciones de espesores nominales de 250 a 400 mm especificadas en las normas [DIN EN 10029:2011-02](#) y [DIN EN ISO 18286:2010-11](#). Se usarán chapas con la calidad superficial de la Clase A según [DIN EN 10163-2:2005-03](#).

6.2.3 Tubos

Los tubos de acero se entregan en el lugar de uso sin ningún tratamiento superficial adicional, de acuerdo con las condiciones técnicas de suministro.

Los tubos de acero inoxidable y resistente a los ácidos se decapan o desincrustan hasta conseguir un acabado metálico brillante y se entregan en el lugar de uso sin ningún tratamiento adicional.

6.3 Ensayo

6.3.1 Principios

Las piezas individuales no necesitan volver a someterse a ensayos individuales una vez que se han realizado los ensayos enumerados en el semiproducto. No obstante, se ha de comprobar que las piezas individuales realmente han sido fabricados de los semiproductos comprobados. Para el análisis químico y los resultados de los ensayos destructivos, el laboratorio de ensayos del fabricante debe estar cualificado de conformidad con la norma [ISO/IEC 17025](#) o normas nacionales comparables.

6.3.2 Semiproductos de acero

6.3.2.1 Chapa

Para la chapa de acero no aleado con un espesor de ≥ 100 mm y un límite de fluencia, referido al espesor de material normalizado más pequeño, de al menos 250 MPa, deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Ensayo de superficies por ultrasonidos conforme a la norma DIN EN 10160:1999-09 (clase de calidad S2/E2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza

Para la chapa de acero aleado con un espesor de ≥ 80 mm y un límite de fluencia, referido al espesor de material normalizado más pequeño, de al menos 250 MPa, deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Análisis químico
- Ensayo de superficies por ultrasonidos conforme a la norma DIN EN 10160:1999-09 (clase de calidad S2/E2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza

6.3.2.2 Barra redonda

Para las barras redondas de acero no aleado con un $\varnothing \geq 150$ mm deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Ensayo ultrasónico según [DIN EN 10228-3:2016-10](#) o [DIN EN 10308:2002-03](#) (tipo 1a ensayo de escaneo de enrejado, clase de calidad 2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza

Para las barras redondas de acero aleado con un $\varnothing \geq 80$ mm deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Análisis químico
- Ensayo ultrasónico según [DIN EN 10228-3:2016-10](#) o [DIN EN 10308:2002-03](#) (tipo 1a ensayo de escaneo de enrejado, clase de calidad 2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza.

6.3.2.3 Barras cuadradas

Para las barras cuadradas de acero no aleado con una longitud lateral de ≥ 150 mm deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Ensayo ultrasónico según [DIN EN 10228-3:2016-10](#) o [DIN EN 10308:2002-03](#) (tipo 1b ensayo de escaneo de enrejado, clase de calidad 2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza

Para las barras cuadradas de acero aleado con una longitud lateral de ≥ 80 mm deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Análisis químico
- Ensayo ultrasónico según [DIN EN 10308:2002-03](#) (tipo 1b ensayo de escaneo de enrejado, clase de calidad 2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza

6.3.2.4 Barras planas

Para las barras planas de acero no aleado con una anchura de ≥ 150 mm y un espesor de ≥ 100 mm con un límite de fluencia, referido al espesor de material normalizado más pequeño, de al menos 250 MPa, deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Ensayo ultrasónico según [DIN EN 10228-3:2016-10](#) o [DIN EN 10308:2002-03](#) (tipo 1b ensayo de escaneo de enrejado, clase de calidad 2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza

Para las barras planas de acero aleado con una anchura de ≥ 80 mm y un espesor de ≥ 80 mm con un límite de fluencia, referido al espesor de material normalizado más pequeño, de al menos 350 MPa, deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Análisis químico
- Ensayo ultrasónico según [DIN EN 10228-3:2016-10](#) o [DIN EN 10308:2002-03](#) (tipo 1b ensayo de escaneo de enrejado, clase de calidad 2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza

6.3.2.5 Anillos

Para los anillos de acero no aleado con una anchura de ≥ 150 mm y un espesor de ≥ 100 mm con un límite de fluencia, referido al espesor de material normalizado más pequeño, de al menos 250 MPa, deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Ensayo ultrasónico según [DIN EN 10228-3:2016-10](#) (tipo 3 ensayo de escaneo de enrejado, clase de calidad 2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza.

Para los anillos de acero aleado con una anchura de ≥ 80 mm y un espesor de ≥ 80 mm con un límite de fluencia, referido al espesor de material normalizado más pequeño, de al menos 350 MPa, deberán realizarse los siguientes ensayos:

- Análisis químico
- Ensayo ultrasónico según [DIN EN 10228-3:2016-10](#) (tipo 3 ensayo de escaneo de enrejado, clase de calidad 2)
- Ensayo de resistencia a la tracción o de dureza

6.3.2.6 Tubo

Los tubos deben probarse de acuerdo con las condiciones técnicas de suministro de los tubos en cuestión.

6.3.3 Semiproductos de metales no férricos

Los semiproductos de metales no férricos deben ser probados por el proveedor de acuerdo con las condiciones técnicas de suministro.

6.4 Documentación

En principio, no es necesario volver a certificar individualmente las piezas individuales, siempre que las especificaciones de ensayo enumeradas para los semiproductos se hayan realizado de acuerdo con esta SN.

Los resultados de los ensayos requeridos para

- chapas, barras redondas, barras cuadradas, barras planas y anillos de 6.3.2.1 a 6.3.2.5
- semiproductos de metales no férricos de apartado 6.3.3

deben certificarse con el certificado de recepción 3.1 [DIN EN 10204:2005-01](#) o [ISO 10474:2013-07](#).

Las especificaciones de ensayo y los documentos de ensayo de los tubos deben cumplirse y presentarse de acuerdo con las especificaciones del pedido y las normas nacionales o internacionales respectivas.

Anexo A (normativo) Conversión de los niveles de calidad en la fundición

A.1 Conversión de los niveles de calidad de las indicaciones lineales (LM) y en línea (AM)

La definición de los distintos niveles de calidad depende del grado de tensión (estática, dinámica) del componente o conjunto. La tabla A.1 contiene la conversión del nivel de calidad especificado en la norma [DIN EN 1369:1997-02](#), tabla 3 y la versión definida en la tabla 2 de la [DIN EN 1369:2013-01](#).

Ante la presentación de un plano que especifique los niveles de calidad según la norma [DIN EN 1369:1997-02](#), el inspector deberá desglosarlas de acuerdo con la tabla A.1 y realizar el ensayo según los niveles de calidad de la norma [DIN EN 1369:2013-01](#).

Tabla A.1 – Conversión de los niveles de calidad

Niveles de calidad de la norma DIN EN 1369:2013-01	Niveles de calidad de la norma DIN EN 1369:1997-02		
	Espesor de pared Clase a $t \leq 16 \text{ mm}$	Espesor de pared Clase b $16 \text{ mm} < t \leq 50 \text{ mm}$	Espesor de pared Clase c $t > 50 \text{ mm}$
LM 001 AM 001	LM 001 AM 001	LM 001 AM 001	LM 001 AM 001
LM 01 AM 01	LM 01 AM 01	LM 01 AM 01	LM 01 AM 01
LM 1 AM 1	LM 1 AM 1	-	-
LM 2 AM 2	LM 2 AM 2	LM 1 AM 1	-
LM 3 AM 3	LM 3 AM 3	LM 2 AM 2	LM 1 AM 1
LM 4 AM 4	LM 4 AM 4	LM 3 AM 3	LM 2 AM 2
LM 5 AM 5	LM 5 AM 5	LM 4 AM 4	LM 3 AM 3
LM 6 AM 6	-	LM 5 AM 5	LM 4 AM 4
LM 7 AM 7	-	-	LM 5 AM 5

NOTA t - espesor de pared

A.2 Conversión de los niveles de calidad de las indicaciones lineales (LP) y en línea (AP)

La definición de los distintos niveles de calidad depende del grado de tensión (estática, dinámica) del componente o conjunto. La tabla A.2 contiene la conversión del nivel de calidad especificado en la norma [DIN EN 1371-1:1997-10](#), tabla 3 y la versión definida en la tabla 2 de la [DIN EN 1371-1:2012-02](#).

Ante la presentación de un plano que especifique los niveles de calidad según la norma [DIN EN 1371-1:1997-10](#), el inspector deberá desglosarlas de acuerdo con la tabla A.2 y realizar el ensayo según los niveles de calidad de la norma [DIN EN 1371-1:2012-02](#).

Tabla A.2 – Conversión entre los niveles de calidad

Niveles de calidad de la norma DIN EN 1371-1:2012-02	Niveles de calidad de la norma DIN EN 1371-1:1997-10		
	Espesor de pared Clase a $t \leq 16 \text{ mm}$	Espesor de pared Clase b $16 \text{ mm} < t \leq 50 \text{ mm}$	Espesor de pared Clase c $t > 50 \text{ mm}$
LP 001 AP 001	LP 001 AP 001	LP 001 AP 001	LP 001 AP 001
LP 01 AP 01	LP 01 AP 01	LP 01 AP 01	LP 01 AP 01
LP 1 AP 1	LP 1 AP 1	-	-
LP 2 AP 2	LP 2 AP 2	LP 1 AP 1	-
LP 3 AP 3	LP 3 AP 3	LP 2 AP 2	LP 1 AP 1
LP 4 AP 4	LP 4 AP 4	LP 3 AP 3	LP 2 AP 2
LP 5 AP 5	LP 5 AP 5	LP 4 AP 4	LP 3 AP 3
LP 6 AP 6	-	LP 5 AP 5	LP 4 AP 4
LP 7 AP 7	-	-	LP 5 AP 5

NOTA t - espesor de pared

Referencias

DIN 199-1:2002-03	Documentación técnica de los productos
DIN EN 1369:1997-02	Fundería; Prueba con partículas magnéticas
DIN EN 1370:1997-02	Fundería; Comprobación de la rugosidad superficial con ayuda de muestras de referencia
DIN EN 10079:2007-06	Definiciones de términos de los productos de acero
SN 200-2	Prescripciones de fabricación - Piezas en bruto y semiproductos
SN 200-3	Prescripciones de fabricación - Corte térmico y conformación por doblado
SN 200-4	Prescripciones de fabricación - Soldadura
SN 200-5	Prescripciones de fabricación - Trabajos de mecanizado
SN 200-6	Prescripciones de fabricación - Montaje y desmontaje
SN 200-7	Prescripciones de fabricación - Protección anticorrosiva
SN 200-8	Prescripciones de fabricación - Comprobación

Modificaciones

En comparación con SN 200-2:2016-05 se han introducido las siguientes modificaciones:

Cambios editoriales	Introducción recién añadida Actualización de las referencias normativas; Documento de enmienda SN 200-2/A1:2018-09 incorporado;
Apartado 4.6.4.1	Velocidad del sonido definida
Apartado 4.7	Recién añadido
Apartado 5.1	Grado de alargamiento recién añadido
Apartado 6.2.3	Completamente cambiado y recién creado
Apartado 6.4	Transferido parcialmente del apartado 6.3 y/o recién creado
Anexo A (normativo)	Especificación para el inspector recién añadida

Ediciones anteriores

SN 200:1971-09, 1975-11, 1978-01, 1981-01, 1985-01, 1992-03, 1996-03, 1999-09, 2003-09, 2007-02, 2010-09
SN 200-2:2016-05