



Schäfer + Peters GmbH



INFORMACIÓN TÉCNICA

DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN RESISTENTES A LA CORROSIÓN Y LOS ÁCIDOS



Índice

I. Normas DIN – ISO y su significado

- a) El término normalización
- b) Organización y editor de normas
 - ▶ *Tab. 1 – Diversidad de normas*
- c) ¿Qué expresa una norma DIN?
- d) Propiedades de los tornillos en acero inoxidable a temperaturas elevadas
 - ▶ *Tab. 2 – Sinóptico de las modificaciones en las normas*
 - ▶ *Tab. 3 – Modificaciones en tornillos y tuercas hexagonales*
 - ▶ *Tab. 4 – Modificaciones en las dimensiones de tornillos y tuercas hexagonales*
 - ▶ *Tab. 5 – Modificaciones en tornillos pequeños métricos*
 - ▶ *Tab. 6 – Modificaciones en pasadores y pernos*
 - ▶ *Tab. 7 – Modificaciones en tornillos para chapa*
 - ▶ *Tab. 8 – Modificaciones en tornillos prisioneros*
 - ▶ *Tab. 9 – Condiciones de suministro técnicas y normas básicas*

II. Propiedades mecánicas del acero inoxidable

- a) El sistema de denominación del grupo de acero austenítico según ISO
 - ▶ *Tab. 10 – Aceros inoxidables más usuales y su composición*
- b) Clasificación de la resistencia de tornillos en acero inoxidable
 - ▶ *Tab. 11 – Extracto de DIN EN ISO 3506-1*
- c) Cargas de límite elástico para pitones roscados
 - ▶ *Tab. 12 – Cargas de límite elástico para pitones roscados*
- d) Propiedades de los tornillos en acero inoxidable a temperaturas elevadas
 - ▶ *Tab. 13 – Clase de resistencia 70*
- e) Valores de referencia para pares de arranque y sus coeficientes de fricción
 - ▶ *Tab. 14 – Valores de referencia para pares de arranque*
 - ▶ *Tab. 15 – Coeficientes de fricción μ_G y μ_K para tornillos de acero inoxidable y acidorresistentes*
 - ▶ *Tab. 16 – Coeficientes de fricción μ_G y μ_K para tornillos y tuercas de acero inoxidable y acidorresistentes*
- f) Propiedades magnéticas del acero inoxidable austenítico

III. Resistencia a la corrosión del acero inoxidable A2 y A4

- a) Óxido de origen externo y su origen
- b) Corrosión interna por fisuras
- c) Corrosión que erosiona la superficie
- d) Corrosión por picaduras
- e) Corrosión por contacto
- f) Medios corrosivos en combinación con A2 y A4
 - ▶ *Tab. 17 – Sinóptico acerca de la estabilidad química de A2 y A4*
 - ▶ *Tab. 18 – Clasificación del grado de estabilidad en distintos grupos*

IV. Extracto de la aprobación por la inspección de obras Z-30.3-6 del 20 de abril de 2009 «Productos, medios de fijación y componentes de aceros inoxidables»

- ▶ *Tab. 19 - Clasificación de los tipos de acero según las clases de resistencia y clases de resistencia a la corrosión*
- ▶ *Tab. 20 - Selección de materiales en exposición atmosférica*
- ▶ *Tab. 21 - Tipos de acero para medios de fijación con asignación para grupos de acero según DIN EN ISO 3506*
Partes 1 y 2 así como identificación según el párrafo 2.2.2 y diámetro nominal máximo

V. Identificación de tornillos y tuercas inoxidables

I. Normas DIN – ISO y su significado

a) El término normalización

El término «normalización», también denominada estandarización, hace referencia al simple trabajo con componentes normalizados, puesto que estos pueden intercambiarse entre sí. Para ello es necesario que las propiedades básicas de las piezas normalizadas las determine un organismo central y que sean utilizadas tanto por los fabricantes como en el comercio.

b) Organización y editor de normas

Tab. 1: Diversidad de normas

Norma	Información
Norma DIN	<p>Editor: Deutsches Institut für Normung (Instituto alemán de normalización) = norma alemana, nacional</p> <p>Las normas DIN se otorgan, además de para elementos de fijación, para componentes eléctricos o métodos de organización. En Alemania, las normas DIN todavía son «usuales», aunque está previsto llevar a cabo el cambio a las normas ISO. Las normas DIN seguirán aplicándose para aquellas piezas que no estén normalizadas según ISO/EN o para las que no exista necesidad de normalización.</p>
Norma ISO	<p>Editor: ISO (Organización Internacional para la Estandarización, engl. International Organization for Standardization). = norma internacional</p> <p>El término «ISO» tiene su origen en el término griego para «igual». Las normas ISO tienen validez en todo el mundo y por ello resultan adecuadas para utilizar en el comercio mundial. Si bien la normalización ISO cada vez adquiere más relevancia, durante mucho tiempo se ha utilizado la norma DIN alemana en materia de normalización en todo el mundo.</p>
Norma EN	<p>Editor: Comité Europeo de Normalización = norma europea</p> <p>El motivo de la creación de la norma EN fue conseguir las «mismas» condiciones para el comercio interior europeo. Al contrario que las normas ISO, las normas EN sólo tienen validez dentro de la Unión Europea. El objetivo de la norma CEN es crear una identidad normativa entre la norma EN y la norma ISO. En principio, las normas ISO existentes deben adoptarse sin modificaciones como normas EN con el número de norma ISO EN ISO. En caso de que esto no sea posible en el nivel de normalización europeo, se crearán normas EN independientes con los números de norma EN que difieran de la ISO.</p>

Continuación tab. 1: Diversidad de normas

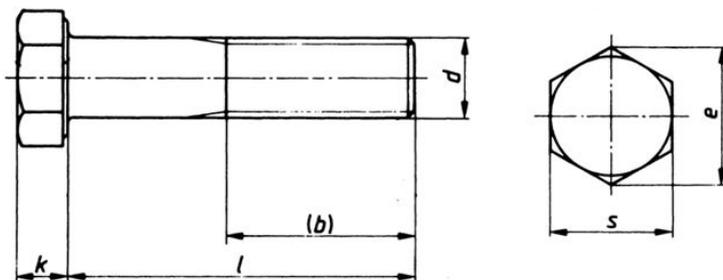
Norma	Información
Norma DIN-EN	= edición alemana nacional de una norma EN adoptada sin modificaciones Se trata de una mezcla de normas que significa que el número de norma (p. ej. 12345) designa el mismo objeto tanto en la norma DIN como en la norma EN.
Norma DIN-EN-ISO	= edición alemana nacional de una norma EN adoptada sin modificaciones Se trata de una mezcla de normas que significa que el número de norma (p. ej. 12345) designa el mismo objeto tanto en la norma DIN, en la norma EN como en la norma ISO.
DIN-ISO-EN	= edición alemana nacional de una norma ISO adoptada sin modificaciones.

c) ¿Qué expresa una norma DIN?

Como todas las normas, la norma DIN aporta estandarización y simplicidad. De este modo, en una consulta basta con indicar «DIN 933, M12 x 40, A4-70» para determinar una gran variedad de características. De este modo, no es necesario verificar siempre los requisitos que debe poseer un producto y el cliente puede estar seguro de recibir exactamente la mercancía que ha solicitado.

Como mínimo, las normas definen una de las siguientes características:

- forma de la cabeza (p. ej. hexágono exterior, hexágono interior, cabeza avellanada gota de sebo)
- tipo de rosca (p. ej. rosca normal ISO métrica M, rosca de chapa)
- longitud de la rosca
- paso de rosca
- material y clase de resistencia
- posibles revestimientos o propiedades de resistencia



- b = longitud de la rosca en tornillos cuya rosca no llega a la cabeza (tornillos de rosca parcial)
- d = diámetro de la rosca en mm
- e = medida entre vértices en la cabeza
- k = altura de la cabeza
- l = longitud nominal del tornillo – indica al mismo tiempo cómo se mide la longitud de un tornillo.
- s = ancho de llave

Adjuntamos un ejemplo para explicar lo que se expresa mediante la siguiente indicación:

DIN 931, M 12 x 40, A4-70

DIN 931 = tornillo hexagonal con caña

M = rosca ISO métrica

12 = d... diámetro de la rosca del tornillo de 12 mm

X 40 = l... longitud nominal en mm

A4 = clase de material, acero inoxidable A4

- 70 = clase de resistencia 70

P = el paso de rosca se indica mediante un número. En caso de que falte este número, se designa una rosca normal. (M 12 x 40). El paso de rosca sólo se indica en tornillos con rosca normal diferente, p. ej. M 12 x 1 x 40

d) Modificación de normas (DIN > EN > ISO)

Mientras que las antiguas normas DIN únicamente tenían validez como especificaciones normalizadas alemanas, ahora con la norma EN e ISO se ha introducido una norma a nivel europeo y mundial. En muchas normas ISO, las normas DIN eran un ejemplo; aunque muchas normas se introdujeron por primera vez con la norma ISO (p. ej. ISO 7380). El cambio en el comercio se produjo de manera fluida y la producción de artículos DIN e ISO se realizó simultáneamente.

Tab. 2: Sinóptico de las modificaciones en las normas:

DIN → ISO

(Contraposición comparativa)

ISO → DIN

(Contraposición comparativa)

DIN	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO	DIN
1	22339	916	4029	1481	8752	1051	660	4036	439-1	8741	1474
7	2338	931	4014	6325	8734	1051	661	4762	912	8742	1475
84	1207	933	4017	6914	14399	1207	84	7038	937	8744	1471
85	1580	934	4032	6915	14399	1234	94	7040	982	8745	1472
94	1234	934	8673	6916	14399	1479	7976	7040	6924	8746	1476
125	7089	937	7038	6921	1665	1481	7971	7042	980	8747	1477
125	7090	960	8765	6923	1661	1482	7972	7042	6925	8748	7344
126	7091	961	8676	6924	7040	1483	7973	7045	7985	8750	7343
417	27435	963	2009	6925	7042	1580	85	7046	965	8751	7343
427	2342	964	2010	7343	8750	1661	6923	7047	966	8752	1481
433	7092	965	7046	7343	8751	1665	6921	7049	7981	8765	960
438	27436	966	7047	7344	8748	2009	963	7050	7982	10462	7991
439-1	4036	971-1	8673	7346	13337	2010	964	7051	7983	10511	985
439-2	4035	971-2	8674	7971	1481	2338	7	7072	11024	10512	982
440	7094	980	7042	7972	1482	2341	1434	7089	125	10513	980
551	24766	980	10513	7973	1483	2342	427	7090	125	13337	7346
553	27434	982	7040	7976	1479	2936	911	7091	126	14399	6914
555	4034	982	10512	7977	28737	3266	580	7092	433	14399	6915
558	4018	985	10511	7978	28736	4014	931	7093	9021	14399	6916
580	3266	1434	2341	7979	8733	4016	601	7094	440	22339	1
601	4016	1440	28738	7979	8735	4017	933	8673	934	22341	1444
603	8677	1444	22341	7981	7049	4018	558	8673	971-1	24766	551
660	1051	1471	8744	7982	7050	4026	913	8674	971-2	27434	553
661	1051	1472	8745	7983	7051	4027	914	8676	961	27435	417
911	2936	1473	8740	7985	7045	4028	915	8677	603	27436	438
912	4762	1474	8741	7991	10462	4029	916	8733	7979	28736	7978
913	4026	1475	8742	9021	7093	4032	934	8734	6325	28737	7977
914	4027	1476	8746	11024	7072	4034	555	8735	7979	28738	1440
915	4028	1477	8747			4035	439-2	8740	1473		

Anchos de llave hexagonales	DIN	ISO
M 10	17 mm	16 mm
M 12	19 mm	18 mm
M 14	22 mm	21 mm
M 22	32 mm	34 mm

Tab. 3: Modificaciones en tornillos y tuercas hexagonales

DIN	ISO → (DIN ISO)	EN (DIN EN)	Margen de dimensiones ¹	Modificaciones ²
558	4018	24018		
931	4014	24014	∅ M 10, 12, 14, 22	nuevos anchos de llave ISO
933	4017	24017		
960	8765	28765	todo el resto de ∅	ninguna = DIN e ISO idénticas
961	8676	28676		
601	4016	24016	∅ M 10, 12, 14, 22	tornillos: nuevos anchos de llave ISO tuercas: nuevos anchos de llave ISO + alturas ISO
m. Mu. 555	m. Mu. 4034	24034		
			resto de ∅ hasta M 39	tornillos: ninguna = DIN e ISO idénticas tuercas: nuevas alturas ISO
28030	4014	24014		
m. Mu. 555	m. Mu. 4032	24032	resto de ∅ por encima de M 39	ninguna = DIN e ISO idénticas
561	-	-	∅ M 12, 16	nuevos anchos de llave ISO
564	-	-	todo el resto de ∅	ninguna
609	-	-	∅ M 10, 12, 14, 22	nuevos anchos de llave ISO
610	-	-	todo el resto de ∅	ninguna
7968 tu	torn.: -	-	M 12, 22	tornillos: nuevos anchos de llave ISO tuercas: nuevos anchos de llave ISO + alturas ISO
7990 tu	Mu. n. ISO 4034	24034		
			todo el resto de ∅	tornillos: ninguna tuercas: nuevas alturas ISO
186/261	torn.: -		∅ M 10, 12, 14, 22	tornillos: ninguna tuercas: nuevos anchos de llave ISO + alturas ISO
525	Mu. n. ISO 4034	24034		
603, 604			todo el resto de ∅	tornillos: ninguna tuercas: nuevas alturas ISO
605				
607				
608, 7969				
11014				
439 T1 (A = sin chaflán)	4036	24036	∅ M 10, 12, 14, 22	nuevos anchos de llave ISO (ninguna modificación de altura)
439 Tz (B = con chaflán)	4035 = rosca norm.	24035	todo el resto de ∅	ninguna = DIN e ISO idénticas (ninguna modificación de altura)
	8675 = rosca fina	28675		
555	4034 (tipo ISO 1)	24034	∅ M 10, 12, 14, 22	nuevos anchos de llave ISO + nuevas alturas ISO
934 Rd. 6, 8, 10	4032 = rosca norm. (tipo ISO 1)	24032		
			resto de ∅ hasta M 39	nuevas alturas ISO (ninguna modificación en el ancho de llave)
Fkl. 12	4033 = rosca norm. (tipo ISO 2)	24033		
Fkl. 6, 8, 10	= rosca fina (tipo ISO 1)	28673	∅ por encima de M 39	ninguna = DIN e ISO idénticas

Continuación tab. 3: Modificaciones en tornillos y tuercas hexagonales,

DIN	ISO (DIN ISO)	→ EN (DIN EN)	Margen de dimensiones ¹	Modificaciones ²
557	-	-	∅ M 10, 12, 14, 22	nuevos anchos de llave ISO
917	-	-		
935	-	-		
986	-	-		
1587	-	-	todo el resto de ∅	ninguna

¹ Contraposición de anchos de llave y alturas de las tuercas DIN: ISO véase la tabla C
² Asignación de normas, para las propiedades mecánicas para tuercas de acero véase la tabla C

Tab. 4: Modificaciones dimensionales en tornillos y tuercas hexagonales

Dimensión nominal d	Ancho de llave s		Altura de la tuerca m mín.-máx.			
	DIN	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO
tamaños que deben evitarse			555	4034	934	4032 (RG) 8673 (FG)
				tipo ISO 1		tipo ISO 1
M 1	2,5	-	-	0,55-0,8	-	-
M 1,2	3	-	-	-	0,75-1	-
M 1,4	3	-	-	-	0,95-1,2	-
M 1,6	3,2	-	-	-	1,05-1,3	1,05-1,3
M 2	4	-	-	-	1,35-1,6	1,35-1,6
M 2,5	5	-	-	-	1,75-2	1,75-2
M 3	5,5	-	-	-	2,15-2,4	2,15-2,4
(M 3,5)	6	-	-	-	2,55-2,8	2,55-2,8
M 4	7	-	-	-	2,9-3,2	2,9-3,2
M 5	8	-	3,4-4,6	4,4-5,6	3,7-4	4,4-4,7
M 6	10	-	4,4-5,6	4,6-6,1	4,7-5	4,9-5,2
(M 7)	11	-	-	-	5,2-5,5	-
M 8	13	-	5,75-7,25	6,4-7,9	6,14-6,5	6,44-6,8
M 10	17	16	7,25-8,75	8-9,5	7,64-8	8,04-8,4
M 12	19	18	9,25-10,75	10,4-12,2	9,64-10	10,37-10,8
(M 14)	22	21	-	12,1-13,9	10,3-11	12,1-12,8
M 16	24	-	12,1-13,9	14,1-15,9	12,3-13	14,1-14,8
(M 18)	27	-	-	15,1-16,9	14,3-15	15,1-15,8
M 20	30	-	15,1-16,9	16,9-19	14,9-16	16,9-18
(M 22)	32	34	17,1-18,9	18,1-20,2	16,9-18	18,1-19,4
M 24	36	-	17,95-20,05	20,2-22,3	17,7-19	20,2-21,5
(M 27)	41	-	20,95-23,05	22,6-24,7	20,7-22	22,5-23,8
M 30	46	-	22,95-25,05	24,3-26,4	22,7-24	24,3-25,6
(M 33)	50	-	24,95-27,05	27,4-29,5	24,7-26	27,4-28,7
M 36	55	-	27,95-30,05	28-31,5	27,4-29	29,4-31
(M 39)	60	-	29,75-32,25	31,8-34,3	29,4-31	31,8-33,4
M 42	65	-	32,75-35,25	32,4-34,9	32,4-34	32,4-34
(M 45)	70	-	34,75-37,25	34,4-36,9	34,4-36	34,4-36
M 48	75	-	36,75-39,25	36,4-38,9	36,4-38	36,4-38
(M 52)	80	-	40,75-43,25	40,4-42,9	40,4-42	40,4-42
M 56	85	-	43,75-46,25	43,4-45,9	43,4-45	43,4-45
(M 60)	90	-	46,75-49,25	46,4-48,9	46,4-48	46,4-48
M 64	95	-	49,5-52,5	49,4-52,4	49,1-51	49,1-51
> M 64	-	-	hasta M 100 x 6	-	hasta M 160 x 6	-/-

Continuación tab. 4: Modificaciones en las dimensiones de tornillos y tuercas hexagonales

Dimensión nominal d	Ancho de llave s		Altura de la tuerca m mín.-máx.			
	DIN	ISO	DIN	ISO	DIN	ISO
tamaños que deben evitarse			555	4034	934	4032 (RG) 8673 (FG)
				tipo ISO 1		tipo ISO 1
Factor de altura de las tuercas $\frac{m}{d}$ aprox.		$\leq M 4$	-	-	0,8	0,8
		M 5-M 39	0,8	0,83-1,12		0,84-0,93
		$\geq M 42$		~ 0,8		0,8
Clase de producto			C (grueso)		$\leq M 16 = A$ (medio) $> M 16 = B$ (entregueso)	
Tolerancia de la rosca			7 H		6 H	
Clase de resistencia Acero		Área central	5		6, 8, 10	
		$\sim M 5-39$	M 16 < d \leq M 39 = 4,5		(ISO 8673 = Fkl. 10 \leq M 16)	
		$> M 39$	según acuerdo		según acuerdo	
Propiedades mecánicas según la norma			DIN 267 parte 4	ISO 898 parte 2	DIN 267 parte 4	ISO 898 parte 2 (RG) parte 6 (FG)

Tab. 5: Modificaciones en tornillos pequeños métricos

DIN (antigua)	ISO	DIN (nueva y/o DIN EN)	Título	Modificaciones
84	1207	DIN EN 21207	Tornillos cilíndricos con ranura; clase de producto A (ISO 1207: 1992)	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
85	1580	DIN EN 21580	Tornillos roscachapa c. ranura; clase de producto A	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
963	2009	DIN EN 22009	Tornillos avellanados con ranura, forma A	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
964	2010	DIN EN 22010	Tornillos con cabeza avellanada gota de sebo con ranura, forma A	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
965	7046-1	DIN EN 27046-1	Tornillos avellanados con ranura en cruz (cabeza normalizada); clase de producto A, clase de resistencia 4.8	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
965	7046-2	DIN EN 27046-2	Tornillos avellanados con ranura en cruz (cabeza normalizada); clase de producto A, clase de resistencia 4.8	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
966	7047	DIN EN 27047	Tornillos con cabeza avellanada gota de sebo con ranura en cruz (cabeza normalizada); clase de producto A	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
7985	7045	DIN EN 27045	Tornillos roscachapa con ranura en cruz; clase de producto A	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza

Tab. 6: Modificaciones en pasadores y pernos

DIN (antigua)	ISO	DIN (nueva y/o DIN EN)	Título	Modificaciones
1	2339	DIN EN 22339	Pasadores cónicos; sin templar (ISO 2339: 1986)	Longitud l incl. extremos abombados
7	2338	DIN EN 22338	Pasadores cilíndricos; sin templar (ISO 2338: 1986)	Longitud l incl. extremos abombados
1440	8738	DIN EN 28738	Discos para pernos; clase de producto A (ISO 8738: 1986)	parcialmente el diámetro exterior
1443	2340	DIN EN 22340	Pernos sin cabeza (ISO 2340: 1986)	ninguna destacable
1444	2341	DIN EN 22341	Pernos con cabeza (ISO 2341: 1986)	ninguna destacable
1470	8739	DIN EN 28739	Pasadores cilíndricos estriados con extremo de interducción (ISO 8739: 1986)	fuerzas transversales más elevadas
1471	8744	DIN EN 28744	Pasadores cónicos estriados (ISO 8744: 1986)	fuerzas transversales más elevadas
1472	8745	DIN EN 28745	Pasadores cilíndricos semiestriados	fuerzas transversales más elevadas
1473	8740	DIN EN 28740	Pasadores cilíndricos estriados con chafán (ISO 8740: 1986)	fuerzas transversales más elevadas
1474	8741	DIN EN 28741	Pasadores estriados con espiga cilíndrica (ISO 8741: 1986)	fuerzas transversales más elevadas
1475	8742	DIN EN 28742	Pasadores cilíndricos con estriado central - 1/3 de la longitud con entalladura (ISO 8742: 1986)	fuerzas transversales más elevadas
1476	8746	DIN EN 28746	Remaches estriados de cabeza redonda (ISO 8746: 1986)	ninguna destacable
1477	8747	DIN EN 28747	Remaches avellanados estriados (ISO 8747: 1986)	ninguna destacable
1481	8752	DIN EN 28752	Pasadores elásticos; ranurados (ISO 8752: 1987)	ninguna destacable
6325	8734	DIN EN 28734	Pasadores cilíndricos; templados (ISO 8734: 1987)	ninguna destacable
7977	8737	DIN EN 28737	Pasadores cónicos con vástago roscado; sin templar (ISO 8737: 1986)	ninguna destacable
7978	8736	DIN EN 28736	Pasadores cónicos con rosca interior; sin templar (ISO 8736: 1986)	ninguna destacable
7979	8733	DIN EN 28733	Pasadores cilíndricos con rosca interior; sin templar (ISO 8733: 1986)	ninguna destacable
7979	8735	DIN EN 28735	Pasadores cilíndricos con rosca interior; templados (ISO 8735: 1987)	ninguna destacable

Tab. 7: Modificaciones en tornillos para chapa

DIN (antigua)	ISO	DIN (nueva y/o DIN EN)	Título	Modificaciones
7971	1481	DIN ISO 1481	Tornillos para chapa con cabeza plana con ranura (ISO 1481: 1983)	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
7972	1482	DIN ISO 1482	Tornillos para chapa con ranura, cabeza avellanada	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
7973	1483	DIN ISO 1483	Tornillos para chapa con ranura, cabeza avellanada gota de sebo	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
7976	1479	DIN ISO 1479	Tornillos para chapa con cabeza hexagonal	parcialmente la altura de la cabeza
7981	7049	DIN ISO 7049	Tornillos para chapa con ranura en cruz, alomados	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
7982	7050	DIN ISO 7050	Tornillos para chapa con ranura en cruz, cabeza avellanada	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza
7983	7051	DIN ISO 7051	Tornillos para chapa con ranura en cruz, cabeza avellanada gota de sebo	parcialmente la altura y el diámetro de la cabeza

Tab. 8: Modificaciones en tornillos prisioneros

DIN (antigua)	ISO	DIN (nueva y/o DIN EN)	Título	Modificaciones
417	7435	DIN EN 27435	Tornillos prisioneros con ranura y espiga (ISO 7431: 1983)	ninguna destacable
438	7436	DIN EN 27436	Tornillos prisioneros con ranura y chafán afilado (ISO 7436: 1983)	ninguna destacable
551	4766	DIN EN 24766	Tornillos prisioneros con ranura y extremo achaflanado (ISO 4766: 1983)	ninguna destacable
553	7434	DIN EN 27434	Tornillos prisioneros con ranura y punta (ISO 7431: 1983)	ninguna destacable
913	4026	DIN 913	Tornillos prisioneros con hexágono interior y extremo achaflanado	ninguna destacable
914	4027	DIN 914	Tornillos prisioneros con hexágono interior y punta	ninguna destacable
915	4028	DIN 915	Tornillos prisioneros con hexágono interior y espiga	ninguna destacable
916	4029	DIN 916	Tornillos prisioneros con hexágono interior y chafán afilado	ninguna destacable

Tab. 9: Condiciones de suministro técnicas y normas básicas

DIN (antigua)	ISO	DIN (nueva y/o DIN EN)	Título	Modificaciones
267 parte 20	-	DIN EN 493	Elementos de fijación, defectos superficiales, tuercas	ninguna
267 parte 21	-	DIN EN 493	Elementos de fijación, defectos superficiales, tuercas	ninguna
DIN ISO 225	225	DIN EN 20225	Elementos de fijación mec., tornillos y tuercas, dimensionado (ISO 225: 1991)	ninguna
DIN ISO 273	273	DIN EN 20273	Elementos de fijación mec., agujeros pasantes p. tornillos (ISO 273: 1991)	ninguna
DIN ISO 898 parte 1	898 1	DIN EN 20898 parte 1	Propiedades mec. frente a elementos de fijación, tornillos (ISO 898-1: 1988)	ninguna
267 parte 4	898 2	DIN ISO 898 parte 2	Propiedades mec. frente a elementos de fijación, tuercas c. fuerzas de ensayo determinadas (ISO 898-2: 1992)	ninguna
DIN ISO 898 parte 6	898 6	DIN EN 20898 parte 6	Propiedades mec. frente a elementos de fijación, tuercas c. fuerzas de ensayo determinadas (ISO 898-6: 1988)	ninguna
267 parte 19	6157-1	DIN EN 26157 parte 1	Elementos de fijación, defectos superficiales, tornillos para requisitos especiales (ISO 6157-1:1988)	ninguna
267 parte 19	6157-3	DIN EN 26157 parte 3	Elementos de fijación, defectos superficiales, tornillos para requisitos especiales (ISO 6157-3:1988)	ninguna
DIN ISO 7721	7721	DIN EN 27721	Tornillos avellanados; estructura y verificación de cabezas avellanadas (ISO 7721: 1983)	ninguna
267 parte 9	-	DIN ISO 4042	Piezas con rosca - recubrimiento galvánico	ninguna
267 parte 1	-	DIN ISO 8992	Requisitos generales para tornillos y tuercas	ninguna
267 parte 5	-	DIN ISO 3269	Elementos de fijación mecánicos - control de aceptación	ninguna
267 parte 11	-	DIN ISO 3506	Elementos de fijación de aceros inoxidable - condiciones de suministro técnicas	ninguna
267 parte 12	-	DIN EN ISO 2702	Tornillos para chapa recocidos de acero - propiedades mecánicas	ninguna
267 parte 18	8839	DIN EN 28839	Propiedades de elementos de fijación, tornillos y tuercas de metales no férricos (ISO 8839: 1986)	ninguna

II. Propiedades mecánicas del acero inoxidable

Los aceros inoxidables se clasifican en tres grupos de aceros: austeníticos, ferríticos y martensíticos; en este caso, el acero austenítico es el más extenso y el que ofrece más posibilidades de aplicación. Los grupos de aceros y las clases de resistencia se identifican, tal y como se muestra en el ejemplo, con una serie de letras y números de cuatro caracteres/cifras. Además, para los tornillos y tuercas de acero inoxidable se aplica la DIN EN ISO 3506.

Ejemplo:

A2 - 80

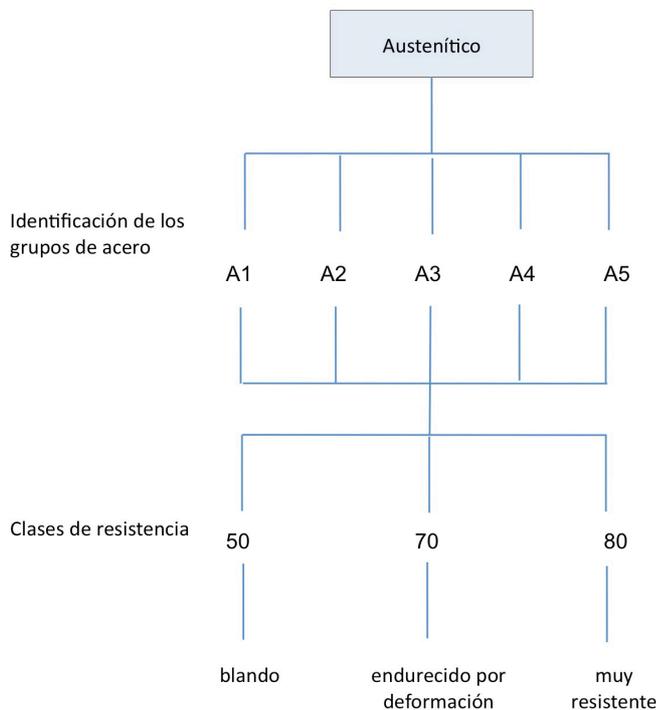
A = acero austenítico

2 = tipo de aleación dentro del grupo A

80 = resistencia a la tracción mínima 800 N/mm², endurecido por deformación

II. a) Sistema de denominación para tipos de acero inoxidable y sus clases de resistencia

Fig. A:



Tab. 10: Aceros inoxidable más usuales y su composición química

	Denominación del material	N.º del material	C %	Si ≤ %	Mn ≤ %	Cr %	Mo %	Ni %	Altri %
A 2	X 5Cr Ni 1810	1.4301	≤ 0,07	1,0	2,0	17,5 a 19,5	-	8,0 a 10,5	-
	X 2 Cr Ni 1811	1.4306	≤ 0,03	1,0	2,0	18,0 a 20,0	-	10 a 12,0	-
	X 8 Cr Ni 19/10	1.4303	≤ 0,07	1,0	2,0	17,0 a 19,0	-	11,0 a 13,0	-
A 3	X 6 Cr Ni Ti 1811	1.4541	≤ 0,10	1,0	2,0	17,0 a 19,0	-	9,0 a 12,0	Ti ≥ 5 X % C
A 4	X 5 Cr Ni Mo 1712	1.4401	≤ 0,07	1,0	2,0	16,5 a 18,5	2,0 a 2,5	10,0 a 13,0	-
	X 2 Cr Ni Mo 1712	1.4404	≤ 0,03	1,0	2,0	16,5 a 18,5	2,0 a 2,5	10 a 13	-
A 5	X 6 Cr Ni Mo Ti 1712	1.4571	≤ 0,10	1,0	2,0	16,5 a 18,5	2,0 a 2,5	10,5 a 13,5	Ti ≥ 5 X % C

II. b) Clasificación de la resistencia de tornillos de acero inoxidable

La DIN ISO 3506 ha recopilado los tipos de acero recomendados para elementos de fijación. En este caso, prácticamente sólo se utiliza el acero inoxidable austenítico A2. Al contrario, en caso de esfuerzos por corrosión muy elevados se prefieren los aceros al cromo-níquel del grupo de aceros A4. En la tabla 11 se indican los valores de resistencia mecánicos para las uniones atornilladas de acero austenítico.

Propiedades mecánicas de elementos de fijación - tipos de acero austeníticos

Tab. 11: Extracto de DIN EN ISO 3506-1

Grupo de acero	Tipo de acero	Clase de resistencia	Tornillos		
			Res. a la tracción $R_m^{1)}$ N/mm ² mín.	0,2 %- Limite elástico $R_p 0,2^{1)}$ N/mm ² mín.	Alargamiento de rotura $A^2)$ mm mín.
austenítico	A1, A2, A3 A4 y A5	50	500	210	0,6 d
		70	700	450	0,4 d
		80	800	600	0,3 d

¹⁾ El esfuerzo debido a tracción se ha calculado según la sección sometida a esfuerzos (véase DIN EN ISO 3506-1).

²⁾ El alargamiento de rotura debe determinarse según 7.2.4 en la respectiva longitud del tornillo y no en pruebas torneadas. d es el diámetro nominal.

II. c) Cargas de límite elástico para pitones roscados

Puesto que los aceros al cromo-níquel austeníticos no pueden templarse, un límite elástico más elevado sólo se consigue mediante endurecimiento por deformación, que se genera como resultado del conformador en frío (p. ej. laminado de roscas). En la tabla 12 se indican las cargas de límite elástico para pitones roscados según DIN EN ISO 3506.

Tab. 12: Cargas de límite elástico para pitones roscados

Diámetro nominal	Cargas de límite elástico de aceros austeníticos según DIN EN ISO 3506 A 2 y A 4 en N	
	50	70
Clase de resistencia		
M 5	2980	6390
M 6	4220	9045
M 8	7685	16470
M 10	12180	26100
M 12	17700	37935
M 16	32970	70650
M 20	51450	110250
M 24	74130	88250
M 27	96390	114750
M 30	117810	140250

II. d) Propiedades de los tornillos en acero inoxidable a temperaturas elevadas

Tab. 13: Clase de resistencia 70

Diámetro nominal Clase de resistencia 70	Fluencias en caliente en N				
	+ 20 °C	+ 100 °C	+ 200 °C	+ 300 °C	+ 400 °C
M 5	6.390	5.432	5.112	4.793	4.473
M 6	9.045	7.688	7.236	6.784	6.332
M 8	16.740	14.000	13.176	12.353	11.529
M 10	26.100	22.185	20.880	19.575	18.270
M 12	37.935	32.245	30.348	28.451	26.555
M 16	70.650	60.053	56.520	52.988	49.455
M 20	110.250	93.713	88.200	82.688	77.175
M 24	88.250	75.013	70.600	66.188	61.775
M 27	114.750	97.538	91.800	86.063	80.325
M 30	140.250	119.213	112.200	105.188	98.175

Para la clase de resistencia 50 se aplican los valores de la DIN 17440

II. e) Valores de referencia para pares de arranque

El par de arranque necesario para el caso de atornilladura individual dependiendo del diámetro nominal y del coeficiente de fricción de la tabla 6 debe considerarse un valor de referencia.

Tab. 14: Valores de referencia para pares de arranque para tornillos según DIN EN ISO 3506

Coeficiente de fricción $\mu_{ges. 0,10}$	Fuerzas previas $F_{vm\acute{a}x.}$ [kN]			Par de apriete M_A [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M 3	0,9	1	1,2	0,85	1	1,3
M 4	1,08	2,97	3,96	0,8	1,7	2,3
M 5	2,26	4,85	6,47	1,6	3,4	4,6
M 6	3,2	6,85	9,13	2,8	5,9	8
M 8	5,86	12,6	16,7	6,8	14,5	19,3
M 10	9,32	20	26,6	13,7	30	39,4
M 12	13,6	29,1	38,8	23,6	50	67
M 14	18,7	40	53,3	37,1	79	106
M 16	25,7	55	73,3	56	121	161
M 18	32,2	69	92	81	174	232
M 20	41,3	88,6	118,1	114	224	325
M 22	50	107	143	148	318	424
M 24	58	142	165	187	400	534
M 27	75			275		
M 30	91			374		
M 33	114			506		
M 36	135			651		
M 39	162			842		

Coeficiente de fricción $\mu_{ges.}$ 0,20	Fuerzas previas $F_{vm\acute{a}x.}$ [kN]			Par de apriete M_A [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M 3	0,6	0,65	0,95	1	1,1	1,6
M 4	1,12	2,4	3,2	1,3	2,6	3,5
M 5	1,83	3,93	5,24	2,4	5,1	6,9
M 6	2,59	5,54	7,39	4,1	8,8	11,8
M 8	4,75	10,2	13,6	10,1	21,4	28,7
M 10	7,58	16,2	21,7	20,3	44	58
M 12	11,1	23,7	31,6	34,8	74	100
M 14	15,2	32,6	43,4	56	119	159
M 16	20,9	44,9	59,8	86	183	245
M 18	26,2	56,2	74,9	122	260	346
M 20	33,8	72,4	96,5	173	370	494
M 22	41	88	118	227	488	650
M 24	47	101	135	284	608	810
M 27	61			421		
M 30	75			571		
M 33	94			779		
M 36	110			998		
M 39	133			1300		
Coeficiente de fricción $\mu_{ges.}$ 0,30	Fuerzas previas $F_{vm\acute{a}x.}$ [kN]			Par de apriete M_A [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M 3	0,4	0,45	0,7	1,25	1,35	1,85
M 4	0,9	1,94	2,59	1,5	3	4,1
M 5	1,49	3,19	4,25	2,8	6,1	8
M 6	2,09	4,49	5,98	4,8	10,4	13,9
M 8	3,85	8,85	11	11,9	25,5	33,9
M 10	6,14	13,1	17,5	24	51	69
M 12	9	19,2	25,6	41	88	117
M 14	12,3	26,4	35,2	66	141	188
M 16	17	36,4	48,6	102	218	291
M 18	21,1	45,5	60,7	144	308	411
M 20	27,4	58,7	78,3	205	439	586
M 22	34	72	96	272	582	776
M 24	39	83	110	338	724	966
M 27	50			503		
M 30	61			680		
M 33	76			929		
M 36	89			1189		
M 39	108			1553		

Coeficiente de fricción $\mu_{ges.}$ 0,40	Fuerzas previas $F_{vm\acute{a}x.}$ [kN]			Par de apriete M_A [Nm]		
	50	70	80	50	70	80
M 4	0,74	1,60	2,13	1,6	3,3	4,4
M 5	1,22	2,62	3,5	3,2	6,6	8,8
M 6	1,73	3,7	4,93	5,3	11,3	15,0
M 8	3,17	6,80	9,10	12,9	27,6	36,8
M 10	5,05	10,80	14,40	26,2	56,0	75,0
M 12	7,38	15,8	21,10	44,6	96,0	128,0
M 14	10,1	21,70	26,0	71,0	152,0	204,0
M 16	20,9	44,90	59,80	110	237	316
M 18	17,5	37,50	50,10	156	334	447
M 20	22,6	48,4	64,6	223	479	639
M 22	28,3			303		
M 24	32,6			385		
M 27	41,5			548		
M 30	50,3			740		
M 33	63,0			1013		
M 36	74,0			1296		
M 39	89,0			1694		

Coeficientes de fricción μ_G y μ_K según DIN 267 parte 11

Tab. 15: Coeficientes de fricción μ_G y μ_K para tornillos de acero inoxidable y acidorresistente

Tornillo de	Rosca de	$\mu_{ges.}$ En estado de lubricación	
		sin lubricación	Pasta MoS ₂
A 2 o A 4	A 2 o A 4	0,23 - 0,5	0,10 - 0,20
A 2 o A 4	AlMgSi	0,28 - 0,35	0,08 - 0,16

Los coeficientes de fricción $\mu_{ges.}$ requieren el mismo valor de fricción en la rosca y debajo de la cabeza en lo que respecta al soporte de las tuercas.

Tab. 16: Coeficientes de fricción μ_G y μ_K para tornillos y tuercas de acero inoxidable y acidorresistente

Tornillo de	Rosca de	Lubricante		Elasticidad de la fijación	Coeficiente de fricción	
		en la rosca	debajo de la cabeza		en la rosca μ_G	debajo de la cabeza μ_K
A 2	A 2	sin	sin	muy grande	0,26 a 0,50	0,35 a 0,50
		Lubricante especial (base de parafina clorada)			0,12 a 0,23	0,08 a 0,12
		Grasa anticorrosiva			0,26 a 0,45	0,25 a 0,35
		sin	sin	pequeña	0,23 a 0,35	0,12 a 0,16
	Lubricante especial (base de parafina clorada)		0,10 a 0,16		0,08 a 0,12	
	AlMgSi	AlMgSi	sin		muy grande	0,32 a 0,43
Lubricante especial (base de parafina clorada)			0,28 a 0,35	0,08 a 0,11		

A veces, las tuercas hexagonales con pieza de apriete de aceros inoxidables tienden a agarrotarse a causa de la elevada presión de flanco de la rosca al moldear la rosca en la pieza de apriete. Como medida de ayuda pueden utilizarse medios antifricción. No obstante, esto deberá tenerse en cuenta en los valores de fricción correspondientes.

II. f) Propiedades magnéticas del acero inoxidable austenítico

Todos los elementos de fijación de aceros inoxidables austeníticos suelen ser en general antimagnéticos; aunque después de la conformación en frío es posible que exista cierta magnetizabilidad.

Todos los materiales se caracterizan por su capacidad de ser magnetizables, aunque esto no se aplica para el acero inoxidable. Con toda probabilidad, sólo serán completamente antimagnéticos al vacío. La medida para la permeabilidad del material en un campo magnético es el valor de permeabilidad magnético μ_r para dicho material en relación con el vacío. El material posee una permeabilidad magnética baja cuando μ_r se aproxima al valor 1.

Ejemplos: A2: $\mu_r \sim 1,8$ / A4: $\mu_r \sim 1,015$ / A4L: $\mu_r \sim 1,005$ / AF1: $\mu_r \sim 5$

Comparativa de materiales internacional

N.º mat.	Nombre abreviado	AISI ¹	UNS ²	SS ³	AFNOR ⁴	BS ⁵
1.4006	X12Cr13	410		2302	Z 10 C 13	410 S 21
1.4016	X6Cr17	430		2320	Z 8 C 17	430 S 17
1.4301	X5CrNi18-10	304	S 30400	2332	Z 6 CN 18.09	304 S 15
1.4303	X10CrNiS18-9	305	S 30500	x	Z5CNI 8-11FF	305 S 17/19
1.4305	X 10 CrNiS 18-9	303	S 30300	2346	Z 8 CNF 18.09	304 S 31
1.4306	X 2 CrNi 19-11	304 L	S 30403	2352	Z 2 CN 18.10	304 S 11
1.4307	X2CrNi18-9	304L	S 30403			
1.4310	X 12 CrNi 177	301	S 30100	2331	Z 12 CN 18.08	301 S 22
1.4567	X3CrNiCu18-9-4	304	x	x	x	x
1.4541	X6CrNiTi18-10	321				
1.4401	X5CrNiMo17-12-2	316	S 31600	2347	Z 7 CND 17.02.02	316 S 31
1.4404	X2CrNiMo17-12-2	316 L	S 31603	2353	Z 3 CND 18.14.03	316 S 11
1.4578	X3CrNiCuMo17-11-3-2	x				
1.4571	X6CrNiMoTi17-12-2	316Ti	S 31635	2350	Z 6 CNDT 17.12	320 S 31
1.4439	X2CrNiMoN17-13-5	317 LMN	S 31726	2562	Z 1 NCDU 25.20	
1.4541	X6CrNiTi 18-10	321		2337	Z 6 CNT 18-10	x
1.4362	X2CrNiN32-4	2304				
1.4462	X2CrNiMoN22-5-3	2205	S 31600	2377	(Z 5 CNDU 21.08)	
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5	904 L	N 08904			
1.4565	X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	x				
1.4529	X1NiCrMoCuN25-20-7	x	N 08926			

¹ AISI = American Iron and Steel Institute (Instituto americano del hierro y el acero)

² UNS = Unified Numbering System (Sistema de numeración unificada)

³ SS = Swedish Standard (Norma sueca)

⁴ AFNOR = Association Francaise de Normalisation (Asociación francesa de normalización)

⁵ BS = British Standard (Norma británica)

ASTM = American Society for Testing and Materials (Sociedad americana para el ensayo de materiales)

III. Resistencia a la corrosión de A2 y A4

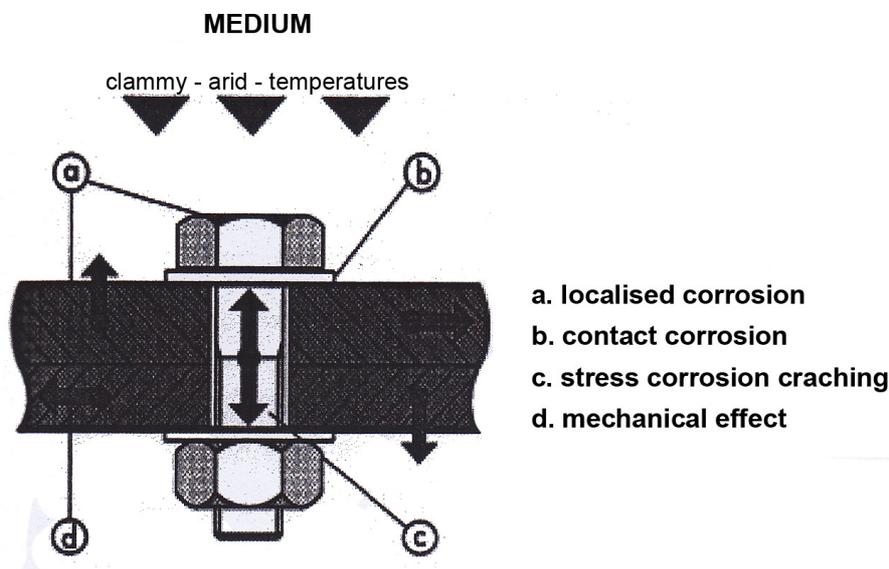
Los aceros inoxidable austeníticos como el A2 y A4 respectivamente se incluyen en la categoría de la protección anticorrosiva «activa» debido a sus componentes.

Los aceros inoxidable deben poseer como mínimo un 16 % de cromo (Cr) y ser resistentes contra los elementos de ataque oxidantes. El aumento de las cantidades de Cr y, dado el caso, de otros constituyentes de aleación como níquel (Ni), molibdeno (Mo), titanio (Ti) o niobio (Nb) mejoran la resistencia a la corrosión. Estos aditivos influyen además en las propiedades mecánicas, lo cual deberá tenerse en cuenta según la aplicación. Otros constituyentes de aleación sólo se añaden para mejorar las propiedades mecánicas, p. ej. el nitrógeno (N), o la procesabilidad con arranque de virutas, p. ej. el azufre (S).

Durante la conformación en frío es posible que se genere cierta magnetizabilidad de los elementos de fijación. No obstante, en general los aceros inoxidable austeníticos son antimagnéticos. Asimismo, estos tampoco influyen en la resistencia a la corrosión. La magnetización mediante endurecimiento por deformación puede llegar hasta el punto que la pieza de acero permanezca adherida a un imán.

En la práctica deberá tenerse en cuenta que es posible que se produzcan una serie de distintos tipos de corrosión. Los tipos de corrosión más usuales en el acero inoxidable se representan en la siguiente figura y se explican a continuación:

Figura de los tipos de corrosión más usuales en uniones atornilladas



III. a) Óxido de origen externo y su origen

A causa de las partículas adhesivas de un acero al carbono («acero normal») se forma óxido de origen externo en la superficie del acero inoxidable, que debido a la acción del oxígeno se convierte en óxido. En caso de que dichos puntos no se limpien y eliminen, este óxido también puede llegar a provocar en el acero austenítico una corrosión por picaduras electroquímica.

El óxido de origen externo se produce por ejemplo a causa de:

- Uso de herramientas con las cuales se ha procesado en la zona de estirado preliminar acero al carbono.
- Proyección de chispas al trabajar con una amoladora angular o polvo de amoladura así como en trabajos de soldadura.
- Contacto de objetos que oxidan con otra superficie de acero inoxidable.
- Goteo de agua mezclada con óxido sobre una superficie de acero inoxidable.

III. b) Corrosión interna por fisuras

Los esfuerzos residuales que se generan al soldar pueden provocar corrosión interna por fisuras. No obstante, normalmente la corrosión interna por fisuras se forma en componentes utilizados en atmósferas industriales bajo una fuerte carga de tracción y de flexión mecánica.

Los aceros austeníticos en atmósfera con cloro son especialmente sensibles a la corrosión interna por fisuras. En este caso, la influencia de la temperatura es considerable. Como temperatura crítica deben considerarse 50 °C.

III. c) Corrosión que erosiona la superficie

La corrosión uniforme que erosiona la superficie, también denominada corrosión de desgaste, se caracteriza por provocar un desgaste uniforme de la superficie. Esta forma del tipo de corrosión puede evitarse mediante una selección adecuada de materiales.

Con motivo de los ensayos de laboratorio, los centros de producción han publicado tablas de estabilidad en las que se aportan indicaciones sobre el comportamiento de los tipos de acero a distintas temperaturas y concentraciones en los distintos medios (véase el párrafo III f tab. 17 y 18).

III. d) Corrosión por picaduras

La corrosión por picaduras se caracteriza por un desgaste por corrosión laminar con formación de cavidades y agujeros adicionales.

En este caso, la capa pasiva se rompe in situ. En el acero inoxidable en contacto con un medio activo que contenga cloro también se forman picaduras sueltas con muescas de tipo picadura en el material. Asimismo, los sedimentos y el óxido pueden ser puntos de partida para la corrosión por picaduras. Por este motivo, deberán limpiarse periódicamente todos los elementos de fijación en cuanto a los residuos y sedimentos.

Los aceros austeníticos como el A2 y el A4 son más resistentes a las picaduras que los aceros al cromo ferríticos.

III. e) Corrosión por contacto

Cuando dos componentes con distinta composición se hallan en contacto metálico y existe humedad en forma de un electrólito, entonces es cuando se forma la corrosión por contacto. En este caso, el elemento común es atacado y destruido.

Le rogamos tenga en cuenta los siguientes puntos para evitar la corrosión por contacto:

- Evitar el contacto de la fijación con el medio electrolítico.
- p. ej. mediante caucho, plásticos o pinturas deberían aislarse los metales de forma que no pueda fluir ningún tipo de corriente de contacto en el punto de contacto.
- Evitar siempre que sea posible emparejamientos de materiales desiguales. Como ejemplo los tornillos, las tuercas y los discos deberían ajustarse a los componentes que se quieren unir.

III. f) Medios corrosivos en combinación con A2 y A4

Las tablas 17 y 18 ofrecen un sinóptico sobre la estabilidad de A2 y A4 en combinación con distintos medios corrosivos. De este modo dispondrá de una posibilidad de comparación óptima. No obstante, cabe tener en cuenta que los valores indicados sólo deben considerarse valores de referencia.

Tab. 17: Sinóptico acerca de la estabilidad química de A2 y A4

Elementos de ataque	Concentración	Temperatura en °C	Grado de estabilidad	
			A 2	A 4
Acetona	todas	todas	A	A
Éter etílico	-	todas	A	A
Alcohol etílico	todas	20	A	A
Ácido fórmico	10%	20 en ebullición	A B	A A
Amoníaco	todas	20 en ebullición	A A	A A
Gasolina de cualquier tipo	-	todas	A	A
Ácido benzoico	todas	todas	A	A
Benceno	-	todas	A	A
Cerveza	-	todas	A	A
Ácido cianhídrico	-	20	A	A
Sangre	-	20	A	A
Solución bonderizada	-	98	A	A
Cloro:				
gas seco	-	20	A	A
gas húmedo	-	todas	D	D
Cloroformo	todas	todas	A	A
Ácido crómico	10% puro	20 en ebullición	A C	A B
	50% puro	20 en ebullición	B D	B D
Revelador (fotog.)	-	20	A	A
Ácido acético	10%	20	A	A
		en ebullición	A	A
Ácido graso	técnico	150	A	A
		180	B	A
		200-235	C	A
Zumos de frutas	-	todas	A	A
Ácidos tánicos	todas	todas	A	A
Glicerina	conc.	todas	A	A
Aire industrial	-	-	A	A
Permanganato potásico	10%	todas	A	A
Lechada de cal	-	todas	A	A
Dióxido de carbono	-	-	A	A
Acetato de cobre	-	todas	A	A

Continuación tab. 17: Sinóptico acerca de la estabilidad química de A2 y A4

Elementos de ataque	Concentración	Temperatura en °C	Grado de estabilidad	
			A 2	A 4
Nitrato de cobre	-	-	A	A
Sulfato de cobre	todas	todas	A	A
Sulfato de magnesio	aprox. 26%	todas	A	A
Agua marina	-	20	A	A
Alcohol metílico	todas	todas	A	A
Ácido láctico	1,5%	todas	A	A
	10%	20	A	A
		en ebullición	C	A
Carbonato sódico	saturado en frío	todas	A	A
Hidróxido sódico	20%	20	A	A
		en ebullición	B	B
	50%	120	C	C
Nitrato sódico	-	todas	A	A
Perclorato de sodio	10%	todas	A	A
Sulfato sódico	saturado en frío	todas	A	A
Fruta	-	-	A	A
Aceites (minerales y de plantas)	-	todas	A	A
Ácido oxálico	10%	20	B	A
		en ebullición	C	C
	50%	en ebullición	D	C
Petróleo	-	todas	A	A
Fenol	puro	en ebullición	B	A
Ácido fosfórico		en ebullición	A	A
	10%	20	A	A
	50%	en ebullición	C	B
		20	B	A
	80%	en ebullición	D	C
	20	B	A	
	conc.	en ebullición	D	D
Mercurio	-	hasta 50	A	A
Nitrato mercúrico	-	todas	A	A
Ácido salicílico	-	20	A	A
Ácido nítrico		todas	A	A
	hasta 40%	20	A	A
	50%	en ebullición	B	B
		20	A	A
	90%	en ebullición	C	C
Ácido clorhídrico	0,2%	20	B	B
		50	C	B
	2%	20	D	D
		50	D	D
	hasta 10%	20	D	D

Continuación tab. 17: Sinóptico acerca de la estabilidad química de A2 y A4

Elementos de ataque	Concentración	Temperatura en °C	Grado de estabilidad	
			A 2	A 4
1% Ácido sulfúrico	hasta 70	B en ebullición	A	B
	2,5%	hasta 70 en ebullición	B	A
	5%	20	C	C
	10%	> 70	B	A
	60%	70	C	B
		todas	D	C
Ácido sulfuroso	solución acuosa	20	A	A
Dióxido de azufre	-	100-500	C	A
		900	D	C
Alquitrán	-	caliente	A	A
Vino	-	20 y caliente	A	A
Ácido tartárico	hasta 10%	20 en ebullición	A	A
	más del 10%	20	B	A
	hasta 50%	en ebullición	A	A
	75%	en ebullición	C	C
Zumo de limón	-	20	C	C
Ácido cítrico	hasta 10% 50%	todas	A	A
		20	A	A
		en ebullición	C	B
Solución de azúcar	-	todas	A	A

Tab. 18: Clasificación del grado de estabilidad en distintos grupos

Grado de estabilidad	Valoración	Pérdida de peso en g/m ² h
A	completamente estable	< 0,1
B	prácticamente estable	0,1 - 1,0
C	poco estable	1,0 - 10
D	inestable	> 10

IV. Extracto de la aprobación por la inspección de obras Z-30.3-6 del 20 de abril de 2009 «Productos, medios de fijación y componentes de aceros inoxidables»

Tab. 19: Clasificación de los tipos de acero según las clases de resistencia y clases de resistencia a la corrosión

N.º de orden	Tipo de acero ¹⁾		Estructura ²⁾	Clases de resistencia ³⁾ y formas de producto ⁴⁾					Clase de resistencia a la corrosión ^{5) 6)}
	Nombre abreviado	N.º mat.		S 235	S 275	S 355	S 460	S 690	
1	X2CrNi12	1.4003	F	B, Ba, H, P	D, H, S, W	D, S	D, S	--	I / poca
2	X6Cr17	1.4016	F	D, S, W	--	--	--	--	
3	X5CrNi18-10	1.4301	A	B, Ba, D, H, P, S, W	B, Ba, D, H, P, S	B, Ba, D, H, S	Ba, D, H, S	S	
4	X2CrNi18-9	1.4307	A	B, Ba, D, H, P, S, W	B, Ba, D, H, P, S	Ba, D, H, S	Ba, D, S	S	
5	X3CrNiCu18-9-4	1.4567	A	D, S, W	D, S	D, S	D, S	--	II / moderada
6	X6CrNiTi18-10	1.4541	A	B, Ba, D, H, P, S, W	B, Ba, D, H, P, S	Ba, D, H, S	Ba, D, H, S	--	
7	X2CrNiN18-7	1.4318	A	--	--	B, Ba, D, H, P, S	B, Ba, H	--	
8	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	A	B, Ba, D, H, P, S, W	B, Ba, D, H, P, S	Ba, D, H, S	Ba, D, S	S	
9	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	A	B, Ba, D, H, P, S, W	B, Ba, D, H, P, S	Ba, D, H, S	Ba, D, H, S	D, S	
10	X3CrNiCuMo17-11-3-2	1.4578	A	D, S, W	D, S	D, S	D, S	--	III / media
11	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	A	B, Ba, D, H, P, S, W	B, Ba, D, H, P, S	Ba, D, H, S	Ba, D, H, S	D, S	
12	X2CrNiHiMoN17-13-5	1.4439	A	--	B, Ba, D, H, S, W	--	--	--	
13	X2CrNiN23-4	1.4362	FA	--	--	--	B, Ba, D, S, W	D, S	
14	X2CrNiMN22-5-3	1.4462	FA	--	--	--	B, Ba, D, P, S, W	D, S	
15	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	A	B, Ba, D, H, P, S, W	B, Ba, D, P, S	D, P, S	D, S	D, S	
16	X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	1.4565	A	--	--	--	B, Ba, D, S, W	--	IV / fuerte
17	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	A	--	B, D, S, W	B, D, H, P, S	D, P, S	D, S	
18	X1CrNiMoCuN20-18-7	1.4547	A	--	B, Ba	B, Ba	--	--	

¹⁾ según DIN EN 10088-1:2005-09

²⁾ A = austenita; F = ferrita; FA = ferrita-austenita (dúplex)

³⁾ La clase de resistencia más inferior de las siguientes clases de resistencia se consigue a través de endurecimiento por deformación mediante conformación en frío.

⁴⁾ B = chapa; Ba = cinta y chapas producidas a partir de la misma; D = alambre, trefilado; H = perfiles huecos; P = perfiles; S = varillas; W = alambre laminado

⁵⁾ sólo se aplica para superficies no revestidas metálicas. En caso de posible corrosión por contacto existe peligro para el metal común.

⁶⁾ para las clases de resistencia a la corrosión necesarias véase la tabla 11.

Tab. 20: Selección de materiales en exposición atmosférica

Acción	Exposición		Criterios y ejemplos	Clase de resistencia a la corrosión			
				I	II	III	IV
Humedad, promedio anual U de la humedad	SF0	seca	$U < 60\%$	X			
	SF1	pocas veces húmeda	$60\% \leq U < 80\%$	X			
	SF2	a menudo húmeda	$80\% \leq U < 95\%$	X			
	SF3	siempre húmeda	$95\% < U$		X		
Contenido de cloruro del entorno, distancia M del mar, distancia S de carreteras concurridas en las que se usa sal para esparcir	SC0	poca	país, ciudad, $M > 10$ km, $S > 0,1$ km	X			
	SC1	media	zona industrial, 10 km $\geq M > 1$ km, $0,1$ km $\geq S > 0,01$ km		X		
	SC2	alta	$M \leq 1$ km $S \leq 0,01$ km			X ¹⁾	
	SC3	muy alta	piscinas cubiertas, túneles de carretera				X ²⁾
Carga a través de materias activas de redox (p. ej. SO ₂ , HOCl, Cl ₂ , H ₂ O ₂)	SR0	poca	país, ciudad	X			
	SR1	media	industria			X ¹⁾	
	SR2	alta	piscinas cubiertas, túneles de carretera				X ²⁾
Valores pH en la superficie	SH0	alcalina (p. ej. contacto con hormigón)	$9 < \text{pH}$	X			
	SH1	neutra	$5 < \text{pH} \leq 9$	X			
	SH2	ligeramente ácida (p. ej. contacto con madera)	$3 < \text{pH} \leq 5$		X		
	SH3	ácida (acción de ácidos)	$\text{pH} \leq 3$			X	
Posición de los componentes	SL0	interior	espacios interiores calentados y no calentados	X			
	SL1	exterior, libre aspersion	construcciones al aire libre		X ³⁾		
	SL2	exterior, bajo tejado	construcciones con tejado		X ³⁾		
	SL3	exterior, inaccesible ⁴⁾ , el aire ambiente tiene acceso	fachadas ventiladas por detrás			X	

La acción que da como resultado la clase de resistencia a la corrosión (CRC) más elevada es determinante.
La coincidencia de distintas acciones no tiene como resultado requisitos elevados.

¹⁾ Mediante la limpieza periódica de una construcción **accesible** o bien riego por aspersion directo se reduce considerablemente la carga por corrosión, de forma que puede bajarse una CRC. En caso de una posible concentración de las materias en superficies deberá seleccionarse una CRC más elevada.

²⁾ Mediante la limpieza periódica de una construcción **accesible** puede reducirse considerablemente la carga por corrosión, de forma que es posible bajar un CRC.

³⁾ Al limitar la longevidad a 20 años es posible una reducción a la CRC I, si se tolera una corrosión por picaduras de 100 µm (sin requisitos ópticos).

⁴⁾ Como **inaccesibles** se clasifican aquellas construcciones cuyo estado no puede controlarse o bien sólo puede controlarse bajo condiciones difíciles y que en caso de incendio sólo pueden sanearse con un gran coste.

Tab. 21: Tipos de acero para medios de fijación con asignación para grupos de acero según DIN EN ISO 3506 Partes 1 y 2 así como identificación según el párrafo 2.2.2 y diámetro nominal máximo

N.º de orden	Tipo de acero			Clase de resistencia a la corrosión ¹⁾	Identificación para tornillos con cabeza conforme a DIN EN ISO 3506-1			Identificación para vástagos roscados, pernos roscados, tuercas y discos conforme a DIN EN ISO 3506-1+2		
	Nombre abreviado	N.º mat.	Grupo		Clase de resistencia			Clase de resistencia		
					50	70	80	50	70	80
3	X5CrNi18-10	1.4301	A2	II / moderada	≤ M 39	≤ M 24	≤ M 20	≤ M 64	≤ M 45	≤ M 24
4	X2CrNi18-9	1.4307	A2L		≤ M 39	≤ M 24	≤ M 20	≤ M 64	≤ M 45	≤ M 24
5	X3CrNiCu18-9-4	1.4567	A2L		≤ M 24	≤ M 16	≤ M 12	≤ M 24	≤ M 16	≤ M 12
6	X6CrNiTi18-10	1.4541	A3		≤ M 39	≤ M 20	≤ M 16	≤ M 64	≤ M 30	≤ M 24
8	X5CrNiMo17-12-2	1.4401	A4	III / media	≤ M 39	≤ M 24	≤ M 20	≤ M 64	≤ M 45	≤ M 24
9	X2CrNiMo17-12-2	1.4404	A4L		≤ M 39	≤ M 24	≤ M 20	≤ M 64	≤ M 45	≤ M 24
10	X3CrNiCuMo17-11-3-2	1.4578	A4L		≤ M 24	≤ M 16	≤ M 12	≤ M 24	≤ M 16	≤ M 12
11	X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	A5		≤ M 39	≤ M 24	≤ M 20	≤ M 64	≤ M 45	≤ M 24
12	X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	2)		≤ M 20	--	--	≤ M 64	--	--
13	X2CrNiN32-4	1.4362	2)	--	≤ M 24	≤ M 20	--	≤ M 64	≤ M 20	
14	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	2)	IV / fuerte	--	≤ M 24	≤ M 20	--	≤ M 64	≤ M 20
15	X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	2) 3)		≤ M 39	≤ M 24	≤ M 20	≤ M 64	≤ M 45	≤ M 20
16	X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4	1.4565	2) 3)		--	≤ M 24	≤ M 20	--	≤ M 64	≤ M 30
17	X1NiCrMoCuN25-20-7	1.4529	2) 3)		≤ M 30	≤ M 24	≤ M 20	≤ M 64	≤ M 45	≤ M 45

¹⁾ según la tabla 10

²⁾ Puesto que actualmente no se aplica ningún tipo de determinación normativa, estos aceros deben identificarse con el número de material.

³⁾ Para los medios de fijación en atmósferas de piscinas cubiertas se aplica el anexo 7 para la aprobación general por la inspección de obras Z-30-3.6 del 20 de abril de 2009, tabla 10.

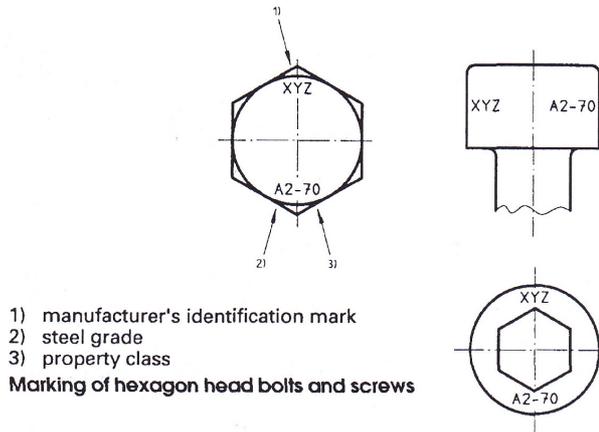
V. Identificación de tornillos y tuercas inoxidable

La identificación de tornillos y tuercas inoxidable debe incluir el grupo de acero, la clase de resistencia y la identificación del fabricante.

Identificación de tornillos según DIN ISO 3506-1

Los tornillos hexagonales y los tornillos cilíndricos con hexágono interior a partir del diámetro nominal M5 deben identificarse claramente según el sistema de denominación. Siempre que sea posible, la identificación deberá colocarse en la cabeza del tornillo.

Fig. C: Extracto de DIN EN ISO 3506-1



Identificación de tuercas según DIN EN ISO 3506-2

Las tuercas con diámetro nominal de la rosca a partir de 5 mm deben identificarse claramente según el sistema de denominación. Se permite la identificación sólo en una de las superficies de contacto y sólo se podrá colocar empotrada. Opcionalmente, también se permite la identificación en las superficies de la llave.

Fig. D: Extracto de DIN EN ISO 3506-2

