

Metales no férreos

Propiedades de tornillos y tuercas de aleaciones de aluminio

Especificaciones recomendadas según el fabricante

Valores de la tabla para: densidad = 2,8 kg/dm³, coeficiente de dilatación térmica = 23,6 · 10⁻⁶ · K⁻¹, módulo E = 70 000 N/mm²

Material Denominación EN AW-	Nº de material EN AW-	Denominación		Especifi- caciones Bossard	Estado de fabricación de tornillos/tuercas ³⁾ EN 515	R _{0,2} [N/mm²] min.	R _m [N/mm²] min.	A ²⁾ [%] min.	Adecuado para
		DIN 209-1 Material Nº	EN 28839						
Al Mg5	5019	3.3555	AL 2	–	blando trabajado en frío	200	280–310	6	muy buena resistencia a la corrosión, resistente al agua de mar, solidez reducida
Al Si1 Mg Mn	6082	3.2315	AL 3	–	endurecido T6	250	310	7	muy buena resistencia a la corrosión, solidez reducida
Al Mg SiCu Mn	6056	–	AL 9	–	endurecido T6	360	420	8	alta resistencia a la corrosión, máxima solidez con una buena ductilidad
Al Mg Si	6060	–	(~AL 3)	P40	endurecido T8	240	270	6	componentes de unión Bossard
Al Mg1 Si 0,8 Cu Mn	6013	–	–	–	endurecido T8	370	400	10	aún buena corrosión a la corro- sión, solidez elevada
Al Cu4 Mg Si	2017	3.1325	AL 4	–	endurecido T6	290	420	6	sujecciones altamente resistentes pero ínfima resistencia a la corrosión ¹⁾
Al Zn6 Cu Mg Zr	7050	3.4144	–	–	endurecido T 73	400	500	6	sujecciones altamente resistentes pero ínfima resistencia a la corrosión ¹⁾
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4365	AL 6	–	endurecido T 73	440	510	7	
Al Zn5,5 Mg Cu	7075	3.4364	(~) (~AL 6)	P65 P60	endurecido T6 endurecido T 73	460 420	530 490	7 11	componentes de unión Bossard DIN 931, DIN 7985, DIN 975

¹⁾ Debido al elevado contenido en Cu, sensibilidad a la corrosión interna por fisuras
²⁾ Punto de ruptura A – Prueba de tornillo con longitud de borne 2 x d
³⁾ T6 – Recocido y con envejecimiento térmico
T8 – Recocido, estampado en frío y con envejecimiento térmico
T 73 – Recocido y endurecido (con envejecimiento térmico) para lograr una óptima resistencia contra la corrosión por tensofisuración

Propiedades del aluminio en comparación

Especificaciones recomendadas según el fabricante

Material Denominación	Punto de fusión [°C]	Densidad ρ [$\frac{kg}{dm^3}$]	Térmica, conductividad [$\frac{W}{m \cdot K}$]	Eléctrica, conductividad [$\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$]	Resistencia a la tensión [N/mm²]
Alu 7075 (AL6)	635	2,81	130	19,1	510
Al Zn5,5 Mg Cu P60 (~AL 6)	–	2,7	–	33,3	490
Al Zn5,5 Mg Cu P65 (~AL 6)	–	2,7	–	33,3	530
Acero inoxidable 304	1450	7,9	15	1,37	700
Cobre	1080	8,94	390	57	235
Latón	890	8,5	8500	14,3	370
Poliamida PA6	220	1,13	0,24	10 ⁻¹⁷	80

Propiedades de tornillos y tuercas de aleaciones de cobre

Especificaciones recomendadas según el fabricante

Material Denominación	Material Nº	Denom. según EN 28839	Estructura, estado F = R _m /10	Densi- dad ρ [kg/dm³]	Eléctrica, conductivi- dad [$\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$]	Dilatación de calor coeficiente a 30/100 °C [$\frac{mm}{mm \cdot K}$]	Propiedades mecánicas a 20 °C ³⁾				Uso para
							R _{p0.2} [N/mm²] min.	R _m [N/mm²] min.	A _{5²⁾} [%] min.	Módulo E [N/mm²]	
E-Cu 58 OF-Cu	2.0065 2.0040	Cu 1	F20 blando F20 ¹⁾	8,94	58,0 56,0	17,0 · 10 ⁻⁶	150 320	200 350	40 7	110 000	Piezas con una elevada conductividad eléctrica
Cu-ETP E-Cu57	2.0060	Cu 1	–	8,94	–	–	160	240	14	–	–
CuZn37 (latón)	2.0321 · 10 2.0321 · 26	Cu 2	F29 blando F37 ¹⁾	8,44	15,5	20,2 · 10 ⁻⁶	250 250	290 370	45 27	110 000	sujeciones convencionales
CuZn37 (MS 63)	2.0321	Cu 2	–	8,44	–	–	250	370	19	–	–
CuZn39 Pb3 (MS 58)	2.0401	Cu 3	–	–	–	–	250	370	19	–	–
CuNi12 Zn24 (alpaca)	2.0730 · 10 2.0730 · 30	–	F34 blando F54 blando	8,67	4,4	18,0 · 10 ⁻⁶	290 440	330 540	40 8	125 000	muy buena resistencia a la corrosión colores plateados
CuSn6 (Resistan)	2.1020	Cu 4	–	–	–	–	200	400	33	–	–
CuNi1,5Si	2.0853 · 73	Cu 5	endurecido	8,8	> 18,0	16,0 · 10 ⁻⁶	540	590	12	140 000	sujeciones altamente resistentes con una buena conductividad eléctrica
CuNi3Si	2.0857 · 73	–	endurecido	8,8	> 15,0	16,0 · 10 ⁻⁶	780	830	10	144 000	resistente al agua de mar
CuNi1Si (Kuprodur)	2.0853	Cu 5	–	–	–	–	540	590	12	–	–
CuZn40 Mn1 Pb	2.0580	Cu 6	–	–	–	–	180	440	18	–	–
CuAl10 Ni5 Fe4	2.0966	Cu 7	–	–	–	–	270	640	15	–	–
CuBe2	2.124 · 75	–	endurecido	8,3	~10	16,7 · 10 ⁻⁶	1050	1200	2	125 000	sujeciones altamente resistentes, resistencia a la corrosión, buena conducti- vidad eléctrica

¹⁾ Consolid. en frío
²⁾ Punto de ruptura A₅ – Prueba de varilla de prueba mecanizada con longitud de ensayo 5 x d
³⁾ 1 N/mm² = 1 MPa

Pares de rotura mínimos para tornillos hasta M5 según ISO 8839

Ø nominal de rosca	Pares de fractura mínimos ¹⁾ [Nm] de los materiales										
	CU1	CU2	CU3	CU4	CU5	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6
M1,6	0,06	0,10	0,10	0,11	0,14	0,06	0,07	0,08	0,1	0,11	0,12
M2	0,12	0,21	0,21	0,23	0,28	0,13	0,15	0,16	0,2	0,22	0,25
M2,5	0,24	0,45	0,45	0,5	0,6	0,27	0,3	0,3	0,43	0,47	0,5
M3	0,4	0,8	0,8	0,9	1,1	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,9
M3,5	0,7	1,3	1,3	1,4	1,7	0,8	0,9	0,9	1,2	1,3	1,5
M4	1	1,9	1,9	2	2,5	1,1	1,3	1,4	1,8	1,9	2,2
M5	2,1	3,8	3,8	4,1	5,1	2,4	2,7	2,8	3,7	4	4,5

¹⁾ el ensayo del par tiene que realizarse de acuerdo con ISO 898-7.

Materiales especiales

Denominación N° de material	Descripción y área de aplicación según las indicaciones del fabricante
Hastelloy® B B-2 2.4617 B-3 2.4600	Aleación de molibdeno-níquel altamente resistente a la corrosión, con una resistencia excelente frente a medios reductores, especialmente frente a ácidos clorhídricos de cualquier concentración hasta el punto de ebullición, gas de agua clorada húmedo, ácido sulfúrico y fosfórico, soluciones alcalinas. Resistencia suficiente frente a gases oxidantes y reductores hasta 800 °C. No recomendado para agentes fuertemente oxidantes, hierro y sales de cobre (véase Hastelloy C). Aplicación: Componentes que están sometidos a esfuerzos químicos elevados, turbosobrealimentadores de reactores, etc.
Hastelloy® C C-4 2.4610 C-22 2.4602 C-276 2.4819 C-2000 2.4675	Aleación de molibdeno-níquel-cromo altamente resistente a la corrosión, con una resistencia especialmente elevada frente a medios reductores, oxidantes y agresivos (soluciones de blanqueo que contengan cloro libre, cloritos, hipocloritos, ácidos sulfúricos y fosfóricos, ácidos orgánicos como ácido acético y ácido fórmico, soluciones como nitratos, sulfatos y sulfitos, cloruros y cloratos, cromatos, así como uniones cianógenas). Aplicación: Componentes que están sometidos a esfuerzos químicos elevados, en instalaciones y procesos químicos, sistemas de limpieza de gases de escape, en la fabricación de fibra y papel, eliminación de residuos, etc.
Hastelloy® G G-3 2.4619 G-30 2.4603	Aleación de hierro-níquel-cromo con una excelente resistencia a la corrosión en medios oxidantes. Aplicación: En la tecnología de procesos química, especialmente adecuado para la fabricación de ácido fosfórico y ácido nítrico, instalaciones de desulfuración, etc.
Inconel® 600 2.4816 601 2.4851 625 2.4856 718 2.4668	Aleación de cromo-níquel con buenas propiedades tecnológicas en caso de temperaturas elevadas de más de 1000 °C y excelente resistencia a la oxidación. Resiste incluso la corrosión por sustancias corrosivas. Aplicación: Instalaciones de tratamiento térmico, tecnología de energía nuclear, turbinas de gas, recubrimientos, ventiladores, industria química, etc.
Monel® 400 2.4360 K-500 2.4375	Aleación de níquel-cobre con una alta resistencia y persistencia en márgenes térmicos amplios. Resistencia excelente a la corrosión frente agua salada y a gran cantidad de ácidos y soluciones alcalinas. También es adecuado para piezas prensadas y para piezas forjadas. Aplicación: Válvulas, bombas, elementos de sujeción, componentes sometidos a esfuerzos mecánicos con carga de agua marina, etc.
Nimonic® 75 2.4951 80A 2.4952 90 2.4969 105 2.4634	Los materiales de cromo con base de níquel son aleaciones con una resistencia a la falla por fatiga y una resistencia a la oxidación muy elevadas. Para cargas mecánicas muy elevadas en caso de temperaturas de hasta 1000 °C. Debido a diversos tratamientos térmicos de eliminación se pueden controlar el comportamiento de relajación y el comportamiento plástico. Aplicación: Componentes rotativos a altas temperaturas, resortes, elementos de sujeción, componentes de cámaras de combustión, palas, discos, árboles, etc.
Titanio Gr. 1 3.7025 Gr. 2 3.7035 Gr. 3 3.7055 Gr. 4 3.7065	Material reactivo con una elevada resistencia en comparación con la reducida densidad. Resistencia excelente a la corrosión en metales oxidantes con contenido en cloruro. Aplicación: Componentes para construcciones con ahorro de peso con una elevada resistencia, fuerte carga oxidante, especialmente en presencia de cloruros. Industria química, desalación de agua marina, tecnología de centrales, tecnología médica, etc.
Titanio Gr.5 3.7164/ 3.7165	Aleación de titanio con una elevada resistencia específica. Aplicación: Componentes para la navegación aérea y espacial, tecnología de procesos química, componentes rotativos, elementos de sujeción, tecnología automovilística, etc.
Titanio Gr. 7 3.7235 Gr. 11 3.7225	Titanio puro aleado con paladio. Resistencia aumentada a la corrosión, especialmente frente a medios húmedos con cloruros. El grado 11 dispone de propiedades de deformación ampliadas. Aplicación: Instalaciones químicas y petroquímicas, carcasas, etc.

Termoplásticos

Valores de referencia de propiedades físicas de acuerdo con las indicaciones del fabricante

Propiedades mecánicas

Abreviatura de material DIN 7728	Densidad [g/cm³] DIN 53479	Resistencia a la tensión [N/mm²] DIN 53455	Elongación a la fractura % DIN 53455	Tracción módulo E [N/mm²] DIN 53457	Dureza a la indentación de bola 10-s valor [N/mm²] DIN 53456	Resiliencia [kJ/m²] DIN 53453	Ductilidad [kJ/m²] DIN 53453
PE-HD	0,94/0,96	18/35	100/1000	700/1400	40/65	sin rotura	sin rotura
PE-LD	0,914/0,928	8/23	300/1000	200/500	13/20	sin rotura	sin rotura
PP	0,90/0,907	21/37	20/800	1100/1300	36/70	sin rotura	3/17
POM	1,41/1,42	62/70	25/70	2800/3200	150/170	100	8
PA 6	1,13	70/85	200/300	1400	75	sin rotura	sin rotura
PA 66	1,14	77/84	150/300	2000	100	sin rotura	15/20

Propiedades eléctricas

Abreviatura de material DIN 7728	Resistencia especial de paso [Ω cm] DIN 53482	Resistencia superficial [Ω] DIN 53482	Constante dieléctrica		Factor de pérdida dieléctrica tan δ		Descargas disruptivas, resistencia		Resistencia a las corrientes de fuga DIN 53480 etapa	
			DIN 53483 50 Hz	10⁶ Hz	DIN 53483 50 Hz	10⁶ Hz	[kV/25 μm] ASTM D 149	[kV/cm] DIN 53481	KA	KB/KC
PE-HD	> 10¹⁷	10¹⁴	2,35	2,34	2,4 · 10⁻⁴	2,0 · 10⁻⁴	> 700	–	3 c	> 600
PE-LD	> 10¹⁷	10¹⁴	2,29	2,28	1,5 · 10⁻⁴	0,8 · 10⁻⁴	> 700	–	3 b	> 600
PP	> 10¹⁷	10¹³	2,27	2,25	< 4 · 10⁻⁴	< 5 · 10⁻⁴	800	500/650	3 c	> 600
POM	> 10¹⁵	10¹³	3,7	3,7	0,005	0,005	700	380/500	3 b	> 600
PA 6	10¹²	10¹⁰	3,8	3,4	0,01	0,03	350	400	3 b	> 600
PA 66	10¹²	10¹⁰	8,0	4,0	0,14	0,08	400	600	3 b	> 600

Propiedades térmicas

Abreviatura de material DIN 7728	Temperatura de uso °C			Estabilidad de forma °C		Coeficiente lineal de dilatación	Conductividad térmica	Calor específico
	máx. brevemente	máx. permanentemente	mín. permanentemente	VSP (Vicat 5 kg) DIN 53460	ASTM D 648 1,86/0,45 [N/mm²]			
PE-HD	90/120	70/80	–50	60/70	50	200	0,38/0,51	2,1/2,7
PE-LD	80/90	60/75	–50	–	35	250	0,32/0,40	2,1/2,5
PP	140	100	0/–30	85/100	45/120	150	0,17/0,22	2,0
POM	110/140	90/110	–60	160/173	110/170	90/110	0,25/0,30	1,46
PA 6	140/180	80/100	–30	180	80/190	80	0,29	1,7
PA 66	170/200	80/120	–30	200	105/200	80	0,23	1,7

Abreviatura	Significado
PE-HD	Polietileno de alta densidad
PE-LD	Polietileno de baja densidad
PP	Polipropileno
POM	Polioximetileno, poliacetel
PA 6	Poliamida 6
PA 66	Poliamida 6.6

! Indicaciones para tornillos de termoplásticos

– Las propiedades mecánicas y físicas, especialmente la resistencia a la tracción y la precarga, así como la coloración, las tolerancias de la parte de rosca y la geometría de la cabeza están sujetas a las condiciones climáticas. Los valores de referencia para tolerancias, indicaciones y los pares de apriete para montaje pueden extraerse de las normas DIN 34810, ISO 4759-1.

– Las precargas pueden reducirse por la relajación de tensión. Deben seguirse las indicaciones para construcción y concepción con arreglo a VDI 2544.

Resistencia frente a la influencia de productos químicos

Abreviatura de material	Agua, fría	Agua, caliente	Ácidos, débiles	Ácidos, fuertes	Ácidos oxidantes	Ácido fluorhídrico	Sosas, débiles	Sosas, fuertes	Soluciones sales anorg.	Halógenos, secos	Hidrocarburos alifáticos	Hidrocarburos clorurados	Alcoholes	Ésteres	Cetonas	Éteres	Aldehídos	Aminos	Ácidos orgánicos	Hidrocarburos aromáticos	Combustibles	Acetate mineral	Grasas, aceites	Hidrocarburos insaturados libres de cloro	Trementina	Absorción de agua, % ASTM D 570
PE-HD	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	○	○	< 0,01	
PE-LD	●	○	●	●	○	○	●	●	●	○	●	○	●	●	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	< 0,01	
PP	●	●	●	●	○	○	●	●	●	○	●	○	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	0,01 a 0,03	
POM	●	●	○	○	○	○	●	●	●	○	●	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	0,22 a 0,25	
PA 6	●	○	○	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	1,3 a 1,9	

● resistente ● resistente con condiciones ○ no resistente

Abreviatura	Significado
PE-HD	Poliétileno de alta densidad
PE-LD	Poliétileno de baja densidad
PP	Polipropileno
POM	Polioxiimétileno, poliacetal
PA 6	Poliámidá 6

Elastómeros

Inflamabilidad

Abreviatura de material según ISO 1629			CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Nombre			Caucho de cloropreno	Caucho de flúor	Caucho de nitrilo butadieno	Caucho de etileno propileno dieno	Elastómero termoplástico
Inflamabilidad según			UL 94 - V2	UL 94 - V2	UL 94 HB	UL 94 HB	UL 94 HB
Temperatura de aplicación ¹⁾	min.		-30 °C	-20 °C	-30 °C	-40 °C	-30 °C
	máx.	constante	+100 °C	+200 °C	+120 °C	+130 °C	+80 °C
		brevemente	+120 °C	+280 °C	+150 °C	+170 °C	+120 °C

¹⁾ Los valores negativos para el rango de temperatura de utilización solo son válidos para piezas en estado de reposo sin impacto de tensión.

Resistencia química²⁾

Abreviatura de material según ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Nombre	Caucho de cloropreno	Caucho de flúor	Caucho de nitrilo butadieno	Caucho de etileno propileno dieno	Elastómero termoplástico
Alcohol	A	A	A	A	A
Gasolina	C	A	A	C	B
Diésel	C	A	A	C	B
Aceite mineral	B	A	A	B	B
Grasas animales y vegetales	B	A	A	B	A
Sosas débiles	A	B	B	A	A
Sosas fuertes	B	C	C	A	B
Ácidos débiles	B	A	B	A	A
Ácidos fuertes	C	A	C	A	A
Agua	C	A	C	A	A
Ozono	C	A	C	A	A

²⁾ Todos los valores hacen referencia a datos del fabricante de la materia prima, por tanto no podemos asumir garantía alguna. Estos datos deben considerarse como valores de referencia. Solo puede realizarse una declaración concreta mediante el correspondiente caso de aplicación actual. De este modo, p. ej., una pequeña pieza de precisión puede fallar debido a una pequeña variación de volumen. Por otro lado, pueden emplearse perfectamente durante un breve tiempo de contacto medios agresivos como productos de limpieza.

A resistencia química muy buena, la influencia continua del medio en 30 días no produce daños del material. El material puede seguir siendo resistente durante años.

B resistencia química buena a condicionada, la influencia continua del medio en un intervalo comprendido entre 7 y 30 días causa daños leves, que en parte son reversibles (hinchazón, reblandecimiento, disminución de la resistencia mecánica, decoloración).

C resistencia química reducida, no adecuado para una influencia continua del medio. Los daños se pueden producir de inmediato (disminución de la resistencia mecánica, deformación, decoloración, fisuras, disolución).

Componentes químicos

Abreviatura de material según ISO 1629	CR	FPM	NBR	EPDM	TPE
Nombre	Caucho de cloropreno	Caucho de flúor	Caucho de nitrilo butadieno	Caucho de etileno propileno dieno	Elastómero termoplástico
libre de halógenos	–	–	sí	sí	sí
libre de fosfatos	sí	sí	sí	sí	sí
libre de silicona	sí	sí	sí	sí	sí