

Propiedades mecánicas y físicas de tornillos

según ISO 898, parte 1

Las propiedades mecánicas de tornillos son válidas para las pruebas a temperatura ambiente.

| Nº | Resistencia mecánica o física | Clase de resistencia | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 d ≤ 16 mm ^a | 8.8 d > 16 mm ^b | 9.8 d ≤ 16 mm | 10.9 | 12.9/ 12.9 | |
| 1 | Fuerza de tensión, R _m , MPa, [N/mm ²] | nom. ^c 400 mín. 400 | 400 420 | 500 500 | 500 520 | 600 600 | 800 800 | 800 830 | 900 900 | 1000 1040 | 1200 1220 | |
| 2 | Límite elástico inferior, R _{el} ^d , MPa, [N/mm ²] | nom. ^c 240 mín. 240 | – – | 300 300 | – – | – – | – – | – – | – – | – – | – – | |
| 3 | Tensión al 0,2% de elongación no proporcional R _{p0,2} ^e , MPa, [N/mm ²] | nom. ^c – mín. – | – – | – – | – – | – – | 640 640 | 640 660 | 720 720 | 900 940 | 1080 1100 | |
| 4 | Tensión a 0,0048 d elongación no proporcional para dispositivos de fijación de tamaño completo R _{pf} , MPa, [N/mm ²] | nom. ^c – mín. – | 320 340 ^g | – – | 400 420 ^g | 480 480 ^g | – – | – – | – – | – – | – – | |
| 5 | Tensión bajo carga de prueba, S _p ^f , MPa, [N/mm ²] | nom. | 225 | 310 | 280 | 380 | 440 | 580 | 600 | 650 | 830 | 970 |
| | Proporción de fuerza de prueba | | 0,94 | 0,91 | 0,93 | 0,90 | 0,92 | 0,91 | 0,91 | 0,90 | 0,88 | 0,88 |
| 6 | Porcentaje de elongación tras fisura para piezas mecanizadas de prueba, A, % | mín. | 22 | – | 20 | – | – | 12 | 12 | 10 | 9 | 8 |
| 7 | Porcentaje de reducción de rango tras fisura para piezas mecanizadas de prueba, Z, % | mín. | – | – | – | – | – | 52 | 52 | 48 | 48 | 44 |
| 8 | Elongación tras fisuras para dispositivos de fijación de tamaño completo, A _f (véase también ISO 898-1, anexo C) | mín. | – | 0,24 | – | 0,22 | 0,20 | – | – | – | – | – |
| 9 | Solidez de la cabeza | sin fisura | | | | | | | | | | |
| 10 | Dureza Vickers, HV F ≥ 98 N | mín. máx. | 120 220 ^g | 130 220 ^g | 155 220 ^g | 160 220 ^g | 190 250 | 250 320 | 255 335 | 290 360 | 320 380 | 385 435 |
| 11 | Dureza Brinell, HBW F = 30 D ² | mín. máx. | 114 209 ^g | 124 209 ^g | 147 209 ^g | 152 209 ^g | 181 238 | 238 304 | 242 318 | 276 342 | 304 361 | 366 414 |
| 12 | Dureza Rockwell, HRB | mín. máx. | 67 95,0 ^g | 71 95,0 ^g | 79 95,0 ^g | 82 95,0 ^g | 89 99,5 | – – | – – | – – | – – | – – |
| | Dureza Rockwell, HRC | mín. máx. | – – | – – | – – | – – | 22 32 | 23 34 | 28 37 | 32 39 | 32 44 | 39 44 |
| 13 | Dureza superficial, HV 0,3 | máx. | – | – | – | – | h | h | h | h | h _i | h _j |
| 14 | Altura de zona de rosca no decarburizada, E, mm | mín. | – | – | – | – | – | 1/2 H ₁ | 1/2 H ₁ | 1/2 H ₁ | 2/3 H ₁ | 3/4 H ₁ |
| | Profundidad de decarburización completa en la rosca G, mm | máx. | – | – | – | – | – | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 | 0,015 |
| 15 | Reducción de dureza tras retemplado, HV | máx. | – | – | – | – | – | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 16 | Par de fractura, M _B Nm | mín. | – | – | – | – | – | de acuerdo con ISO 898-7 | | | | |
| 17 | Fuerza de impacto K _V ^{k,l} , J | mín. | – | – | 27 | – | – | 27 | 27 | 27 | 27 | m |
| 18 | Integridad superficial de acuerdo con | ISO 6157-1 ⁿ | | | | | | | | | | ISO 6157-3 |

^a Valores no aplicables para unión estructural con perno.
^b Para unión estructural con perno d ≥ M12.
^c Los valores nominales sólo se especifican para el propósito del sistema de designación para clases de resistencia.
^d En casos en los que no se pueda determinar la fuerza de rendimiento inferior R_{el}, es admisible medir la tensión al 0,2% de elongación no proporcional R_{p0,2}.
^e Para las clases de resistencia 4.8, 5.8 y 6.8, se están investigando los valores para R_{pf min}. Los presentes valores sólo se indican para el cálculo de la proporción de tensión. No son valores de prueba.
^f Las cargas de prueba se especifican en las tablas F.006.
^g La dureza determinada en el final de un dispositivo de fijación debería ser 250 HV, 238 HB o 99,5 HRB como máximo.
^h La dureza superficial no debería ser superior a 30 puntos Vickers por encima de la dureza del núcleo medida del dispositivo de fijación, cuando la determinación de la dureza superficial y de la dureza del núcleo se realice con HV 0,3.
ⁱ Será inaceptable cualquier incremento en la dureza de la superficie que indique que la dureza superficial excede 390 HV.
^j Será inaceptable cualquier incremento en la dureza de la superficie que indique que la dureza superficial excede 435 HV.
^k Los valores se determinan con una temperatura de prueba de -20 °C.
^l Aplicable a d ≥ 16 mm.
^m El valor para K_V se está investigando.
ⁿ En lugar de la norma ISO 6157-1, podrá aplicarse la norma ISO 6157-3 si el fabricante y el comprador están de acuerdo.

Fuerzas de rotura mín. de tornillos

según ISO 898, parte 1

Fuerzas de rotura mínimas – rosca métrica normal ISO

| Rosca ¹⁾ d | Área de tensión nominal $A_{s, nom}$ [mm ²] | Carga de tensión final mínima $F_{m, min}$ ($A_{s, nom} \times R_{m, min}$) [N] | | | | | | | | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|--------|--------|----------------------|--------|---------------------|-----------|
| | | Clase de resistencia | | | | | | | | |
| | | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 9.8 | 10.9 | 12.9/12.9 |
| M3 | 5,03 | 2010 | 2110 | 2510 | 2620 | 3020 | 4020 | 4530 | 5230 | 6140 |
| M3,5 | 6,78 | 2710 | 2850 | 3390 | 3530 | 4070 | 5420 | 6100 | 7050 | 8270 |
| M4 | 8,78 | 3510 | 3690 | 4390 | 4570 | 5270 | 7020 | 7900 | 9130 | 10700 |
| M5 | 14,2 | 5680 | 5960 | 7100 | 7380 | 8520 | 11350 | 12800 | 14800 | 17300 |
| M6 | 20,1 | 8040 | 8440 | 10000 | 10400 | 12100 | 16100 | 18100 | 20900 | 24500 |
| M7 | 28,9 | 11600 | 12100 | 14400 | 15000 | 17300 | 23100 | 26000 | 30100 | 35300 |
| M8 | 36,6 | 14600 ²⁾ | 15400 | 18300 ²⁾ | 19000 | 22000 | 29200 ²⁾ | 32900 | 38100 ²⁾ | 44600 |
| M10 | 58,0 | 23200 ²⁾ | 24400 | 29000 ²⁾ | 30200 | 34800 | 46400 ²⁾ | 52200 | 60300 ²⁾ | 70800 |
| M12 | 84,3 | 33700 | 35400 | 42200 | 43800 | 50600 | 67400 ³⁾ | 75900 | 87700 | 103000 |
| M14 | 115 | 46000 | 48300 | 57500 | 59800 | 69000 | 92000 ³⁾ | 104000 | 120000 | 140000 |
| M16 | 157 | 62800 | 65900 | 78500 | 81600 | 94000 | 125000 ³⁾ | 141000 | 163000 | 192000 |
| M18 | 192 | 76800 | 80600 | 96000 | 99800 | 115000 | 159000 | – | 200000 | 234000 |
| M20 | 245 | 98000 | 103000 | 122000 | 127000 | 147000 | 203000 | – | 255000 | 299000 |
| M22 | 303 | 121000 | 127000 | 152000 | 158000 | 182000 | 252000 | – | 315000 | 370000 |
| M24 | 353 | 141000 | 148000 | 176000 | 184000 | 212000 | 293000 | – | 367000 | 431000 |
| M27 | 459 | 184000 | 193000 | 230000 | 239000 | 275000 | 381000 | – | 477000 | 560000 |
| M30 | 561 | 224000 | 236000 | 280000 | 292000 | 337000 | 466000 | – | 583000 | 684000 |
| M33 | 694 | 278000 | 292000 | 347000 | 361000 | 416000 | 576000 | – | 722000 | 847000 |
| M36 | 817 | 327000 | 343000 | 408000 | 425000 | 490000 | 678000 | – | 850000 | 997000 |
| M39 | 976 | 390000 | 410000 | 488000 | 508000 | 586000 | 810000 | – | 1020000 | 1200000 |

¹⁾ Si no se indica el grado de rosca en una designación de rosca, se especificará el grado convencional.

²⁾ Para dispositivos de fijación con tolerancia de rosca 6az de acuerdo con ISO 965-4 sujetos a galvanizado por inmersión en caliente, valores reducidos de acuerdo con ISO 10684.

³⁾ Para uniones estructurales con perno 70 000 N (para M12), 95 000 N (para M14) y 130 000 N (para M16).

▶ A calcular $A_{s, nom}$
Página F.046

Fuerzas de rotura mínimas – rosca métrica fina ISO

| Rosca d x P | Área de tensión nominal $A_{s, nom}$ [mm ²] | Carga de tensión final mínima $F_{m, min}$ ($A_{s, nom} \times R_{m, min}$) [N] | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|
| | | Clase de resistencia | | | | | | | | |
| | | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 9.8 | 10.9 | 12.9/12.9 |
| M8x1 | 39,2 | 15700 | 16500 | 19600 | 20400 | 23500 | 31360 | 35300 | 40800 | 47800 |
| M10x1 | 64,5 | 25800 | 27100 | 32300 | 33500 | 38700 | 51600 | 58100 | 67100 | 78700 |
| M10x1,25 | 61,2 | 24500 | 25700 | 30600 | 31800 | 36700 | 49000 | 55100 | 63600 | 74700 |
| M12x1,25 | 92,1 | 36800 | 38700 | 46100 | 47900 | 55300 | 73700 | 82900 | 95800 | 112000 |
| M12x1,5 | 88,1 | 35200 | 37000 | 44100 | 45800 | 52900 | 70500 | 79300 | 91600 | 107000 |
| M14x1,5 | 125 | 50000 | 52500 | 62500 | 65000 | 75000 | 100000 | 112000 | 130000 | 152000 |
| M16x1,5 | 167 | 66800 | 70100 | 83500 | 86800 | 100000 | 134000 | 150000 | 174000 | 204000 |
| M18x1,5 | 216 | 86400 | 90700 | 108000 | 112000 | 130000 | 179000 | – | 225000 | 264000 |
| M20x1,5 | 272 | 109000 | 114000 | 136000 | 141000 | 163000 | 226000 | – | 283000 | 332000 |
| M22x1,5 | 333 | 133000 | 140000 | 166000 | 173000 | 200000 | 276000 | – | 346000 | 406000 |
| M24x2 | 384 | 154000 | 161000 | 192000 | 200000 | 230000 | 319000 | – | 399000 | 469000 |
| M27x2 | 496 | 198000 | 208000 | 248000 | 258000 | 298000 | 412000 | – | 516000 | 605000 |
| M30x2 | 621 | 248000 | 261000 | 310000 | 323000 | 373000 | 515000 | – | 646000 | 758000 |
| M33x2 | 761 | 304000 | 320000 | 380000 | 396000 | 457000 | 632000 | – | 791000 | 928000 |
| M36x3 | 865 | 346000 | 363000 | 432000 | 450000 | 519000 | 718000 | – | 900000 | 1055000 |
| M39x3 | 1030 | 412000 | 433000 | 515000 | 536000 | 618000 | 855000 | – | 1070000 | 1260000 |

Cargas de prueba

de acuerdo con ISO 898, parte 1

Cargas de prueba – rosca métrica de paso convencional ISO

| Rosca ¹⁾ d | Área de tensión nominal A _{s, nom} [mm ²] | Carga de prueba F _p (A _{s, nom} x S _{p, nom} ⁴⁾) [N] | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------|--------|--------|---------------------|--------|---------------------|-----------|
| | | Clase de resistencia | | | | | | | | |
| | | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 9.8 | 10.9 | 12.9/12.9 |
| M3 | 5,03 | 1130 | 1560 | 1410 | 1910 | 2210 | 2920 | 3270 | 4180 | 4880 |
| M3,5 | 6,78 | 1530 | 2100 | 1900 | 2580 | 2980 | 3940 | 4410 | 5630 | 6580 |
| M4 | 8,78 | 1980 | 2720 | 2460 | 3340 | 3860 | 5100 | 5710 | 7290 | 8520 |
| M5 | 14,2 | 3200 | 4400 | 3980 | 5400 | 6250 | 8230 | 9230 | 11800 | 13800 |
| M6 | 20,1 | 4520 | 6230 | 5630 | 7640 | 8840 | 11600 | 13100 | 16700 | 19500 |
| M7 | 28,9 | 6500 | 8960 | 8090 | 11000 | 12700 | 16800 | 18800 | 24000 | 28000 |
| M8 | 36,6 | 8240 ²⁾ | 11400 | 10200 ²⁾ | 13900 | 16100 | 21200 ²⁾ | 23800 | 30400 ²⁾ | 35500 |
| M10 | 58,0 | 13000 ²⁾ | 18000 | 16200 ²⁾ | 22000 | 25500 | 33700 ²⁾ | 37700 | 48100 ²⁾ | 56300 |
| M12 | 84,3 | 19000 | 26100 | 23600 | 32000 | 37100 | 48900 ³⁾ | 54800 | 70000 | 81800 |
| M14 | 115 | 25900 | 35600 | 32200 | 43700 | 50600 | 66700 ³⁾ | 74800 | 95500 | 112000 |
| M16 | 157 | 35300 | 48700 | 44000 | 59700 | 69100 | 91000 ³⁾ | 102000 | 130000 | 152000 |
| M18 | 192 | 43200 | 59500 | 53800 | 73000 | 84500 | 115000 | – | 159000 | 186000 |
| M20 | 245 | 55100 | 76000 | 68600 | 93100 | 108000 | 147000 | – | 203000 | 238000 |
| M22 | 303 | 68200 | 93900 | 84800 | 115000 | 133000 | 182000 | – | 252000 | 294000 |
| M24 | 353 | 79400 | 109000 | 98800 | 134000 | 155000 | 212000 | – | 293000 | 342000 |
| M27 | 459 | 103000 | 142000 | 128000 | 174000 | 202000 | 275000 | – | 381000 | 445000 |
| M30 | 561 | 126000 | 174000 | 157000 | 213000 | 247000 | 337000 | – | 466000 | 544000 |
| M33 | 694 | 156000 | 215000 | 194000 | 264000 | 305000 | 416000 | – | 576000 | 673000 |
| M36 | 817 | 184000 | 253000 | 229000 | 310000 | 359000 | 490000 | – | 678000 | 792000 |
| M39 | 976 | 220000 | 303000 | 273000 | 371000 | 429000 | 586000 | – | 810000 | 947000 |

- ¹⁾ Si no se indica el paso de rosca en una designación de rosca, se especificará el paso convencional.
- ²⁾ Para dispositivos de fijación con tolerancia de rosca 6az de acuerdo con ISO 965-4 sujetos a galvanizado por inmersión en caliente, valores reducidos de acuerdo con ISO 10684.
- ³⁾ Para uniones estructurales con perno 50 700 N (para M12), 68 800 N (para M14) y 94 500 N (para M16).
- ⁴⁾ Valor para el esfuerzo bajo carga de prueba S_{p, nom} y su relación con el estrés en el alargamiento no proporcional véase la página F.004, N° 5 en la tabla.

▶ A calcular A_{s, nom}
Página F.046

Cargas de prueba – rosca métrica de paso fino ISO

| Rosca d x P | Área de tensión nominal A _{s, nom} [mm ²] | Carga de prueba, F _p (A _{s, nom} x S _{p, nom}) [N] | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| | | Clase de resistencia | | | | | | | | |
| | | 4.6 | 4.8 | 5.6 | 5.8 | 6.8 | 8.8 | 9.8 | 10.9 | 12.9/12.9 |
| M8x1 | 39,2 | 8820 | 12200 | 11000 | 14900 | 17200 | 22700 | 25500 | 32500 | 38000 |
| M10x1,25 | 61,2 | 13800 | 19000 | 17100 | 23300 | 26900 | 35500 | 39800 | 50800 | 59400 |
| M10x1 | 64,5 | 14500 | 20000 | 18100 | 24500 | 28400 | 37400 | 41900 | 53500 | 62700 |
| M12x1,25 | 92,1 | 20700 | 28600 | 25800 | 35000 | 40500 | 53400 | 59900 | 76400 | 89300 |
| M12x1,5 | 88,1 | 19800 | 27300 | 24700 | 33500 | 38800 | 51100 | 57300 | 73100 | 85500 |
| M14x1,5 | 125 | 28100 | 38800 | 35000 | 47500 | 55000 | 72500 | 81200 | 104000 | 121000 |
| M16x1,5 | 167 | 37600 | 51800 | 46800 | 63500 | 73500 | 96900 | 109000 | 139000 | 162000 |
| M18x1,5 | 216 | 48600 | 67000 | 60500 | 82100 | 95000 | 130000 | – | 179000 | 210000 |
| M20x1,5 | 272 | 61200 | 84300 | 76200 | 103000 | 120000 | 163000 | – | 226000 | 264000 |
| M22x1,5 | 333 | 74900 | 103000 | 93200 | 126000 | 146000 | 200000 | – | 276000 | 323000 |
| M24x2 | 384 | 86400 | 119000 | 108000 | 146000 | 169000 | 230000 | – | 319000 | 372000 |
| M27x2 | 496 | 112000 | 154000 | 139000 | 188000 | 218000 | 298000 | – | 412000 | 481000 |
| M30x2 | 621 | 140000 | 192000 | 174000 | 236000 | 273000 | 373000 | – | 515000 | 602000 |
| M33x2 | 761 | 171000 | 236000 | 213000 | 289000 | 335000 | 457000 | – | 632000 | 738000 |
| M36x3 | 865 | 195000 | 268000 | 242000 | 329000 | 381000 | 519000 | – | 718000 | 839000 |
| M39x3 | 1030 | 232000 | 319000 | 288000 | 391000 | 453000 | 618000 | – | 855000 | 999000 |

Materiales, tratamiento térmico, composición química

según ISO 898, parte 1

Aceros

| Clase de resistencia | Material y tratamiento térmico | Límites de composición química (análisis de colada, %) ¹⁾ | | | | | Temperatura de templado °C |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-----------------|-------------------------------|
| | | C | | P | S | B ²⁾ | |
| | | mín. | máx. | máx. | máx. | máx. | |
| 4.6 ^{3), 4)} 4.8 ⁴⁾ 5.6 ³⁾ 5.8 ⁴⁾ 6.8 ⁴⁾ | Acero de carbono o acero de carbono con aditivos | – | 0,55 | 0,05 | 0,06 | No especificado | – |
| | | 0,13 | 0,55 | 0,05 | 0,06 | | |
| | | – | 0,55 | 0,05 | 0,06 | | |
| | | 0,15 | 0,55 | 0,05 | 0,06 | | |
| | | | | | | | |
| 8.8 ⁶⁾ | Acero de carbono con aditivos (p. ej. boro o manganeso o cromo), enfriado y templado | 0,15 ⁵⁾ | 0,40 | 0,025 | 0,025 | 0,003 | 425 |
| | o Acero de carbono, enfriado y templado | 0,25 | 0,55 | 0,025 | 0,025 | | |
| | o Acero aleado, enfriado y templado ⁷⁾ | 0,20 | 0,55 | 0,025 | 0,025 | | |
| | | | | | | | |
| 9.8 ⁶⁾ | Acero de carbono con aditivos (p. ej. boro o manganeso o cromo), enfriado y templado | 0,15 ⁵⁾ | 0,40 | 0,025 | 0,025 | 0,003 | 425 |
| | o Acero de carbono, enfriado y templado | 0,25 | 0,55 | 0,025 | 0,025 | | |
| | o Acero aleado, enfriado y templado ⁷⁾ | 0,20 | 0,55 | 0,025 | 0,025 | | |
| | | | | | | | |
| 10.9 ⁶⁾ | Acero de carbono con aditivos (p. ej. boro o manganeso o cromo), enfriado y templado | 0,20 ⁵⁾ | 0,55 | 0,025 | 0,025 | 0,003 | 425 |
| | o Acero de carbono, enfriado y templado | 0,25 | 0,55 | 0,025 | 0,025 | | |
| | o Acero aleado, enfriado y templado ⁷⁾ | 0,20 | 0,55 | 0,025 | 0,025 | | |
| | | | | | | | |
| 12.9 ^{6), 8), 9)} | Acero aleado, enfriado y templado ⁷⁾ | 0,30 | 0,50 | 0,025 | 0,025 | 0,003 | 425 |
| 12.9 ^{6), 8), 9)} | Acero de carbono con aditivos (p. ej. boro o manganeso o cromo), enfriado y templado | 0,28 | 0,50 | 0,025 | 0,025 | 0,003 | 380 |

¹⁾ En caso de conflicto, será aplicable el análisis del producto.

²⁾ El contenido de boro puede alcanzar el 0,005 %, siempre que el boro no efectivo esté controlado mediante la adición de titanio y/o aluminio.

³⁾ Para las fijaciones forjadas en frío con las clases de resistencia 4.6 y 5.6, puede ser necesario un tratamiento térmico del cable usado para el forjado en frío o para las fijaciones forjadas en frío propiamente dichas, para alcanzar la ductilidad requerida.

⁴⁾ Se permite acero de decoletaje para estas clases de resistencia con los siguientes contenidos máximos de sulfuro, fósforo y plomo: sulfuro 0,34 %; fósforo 0,11 %; plomo 0,35 %.

⁵⁾ En caso de acero de carbón simple al boro con un contenido de carbono inferior al 0,25 % (análisis de colada), el contenido mínimo de manganeso deberá ser del 0,6 % para la clase de resistencia 8.8 y del 0,7 % para las clases 9.8 y 10.9.

⁶⁾ Para los materiales de estas clases de resistencia, deberá existir una templabilidad suficiente para garantizar una estructura consistente en aprox. el 90 % de martensita en el núcleo de las secciones roscadas, para que las fijaciones presenten la condición «como la templada» antes de realizar el templado.

⁷⁾ Este acero aleado deberá contener al menos uno de los siguientes elementos en la cantidad mínima indicada: cromo 0,3 %, níquel 0,3 %, molibdeno 0,2 %, vanadio 0,1 %. Donde los elementos estén especificados en combinaciones de dos, tres o cuatro elementos y presenten un contenido aleado inferior al indicado anteriormente, el valor límite aplicable para la determinación de la clase es el 70 % de la suma de los valores límite individuales mostrados arriba para los dos, tres o cuatro elementos correspondientes.

⁸⁾ Para la clase de resistencia 12.9/12.9 no se permite una capa blanca de fósforo enriquecida, detectable metalográficamente. Deberá detectarse mediante un método de prueba apropiado.

⁹⁾ Se recomienda precaución cuando se plantee el uso de la clase de resistencia 12.9/12.9. Se deberán tener en cuenta la capacidad del fabricante de la fijación, las condiciones de servicio y los métodos de desgarro. Los entornos pueden causar fisuras de corrosión por tensión de fijaciones si se procesan como las recubiertas.

Características a temperaturas elevadas

de acuerdo con la norma ISO 898, parte 1

Influencia de temperaturas elevadas en las propiedades mecánicas de los elementos de fijación

Las temperaturas elevadas pueden producir cambios en las propiedades mecánicas y en la actuación funcional de los elementos de fijación.

Hasta una temperatura típica de servicio de 150 °C, no se conocen efectos de detrimento debidos a un cambio de las propiedades mecánicas de los dispositivos de fijación. En caso de temperaturas superiores a 150 °C y hasta una temperatura máxima de 300 °C, la actuación funcional de los dispositivos de fijación debería asegurarse mediante un cuidado examen.

Con el incremento de las temperaturas, se puede experimentar
 – una reducción de la fuerza o tensión de rendimiento inferior al 0,2% de elongación no proporcional o tensión a 0,0048 d de elongación no proporcional para dispositivos de fijación, y
 – una reducción de la fuerza de tensión progresivas

La operación continua de los dispositivos de fijación a temperaturas de servicio elevadas puede producir una relajación de

la tensión, que se incrementará con temperaturas superiores. La relajación de la tensión conlleva una pérdida de la fuerza de sujeción.

Los elementos de fijación estampados en frío (clase de resistencia 4.8, 5.8, 6.8) son más sensibles a la relajación de tensiones que los elementos de fijación templados y revenidos.

Se recomienda precaución en caso de utilización de aceros con plomo a temperaturas elevadas. Para este tipo de dispositivos de fijación, se deberá considerar el riesgo de fragilización por metal líquido (liquid metal embrittlement, LME), si la temperatura de servicio se encuentra en el rango del punto de fusión del plomo.

Información, por ejemplo, en la norma EN 10269 y en ASTM F2281.

Propiedades de alta resistencia (si ≥ 1000 N/mm²)

Influencia de resistencias de una mayor clase de resistencia considerando la carga mecánica y las condiciones del entorno.

► Riesgo de fragilización por hidrógeno
 Página F.038

