

# APRIETE CONTROLADO

## GUÍA DE APRIETE CONTROLADO

### Par de apriete y fuerza de precarga

- Sólo una precarga correcta aporta un ensamble fiable
  - precarga demasiado débil: riesgo de desapriete
  - precarga demasiado fuerte: riesgo de deformación de las piezas ensambladas, o de ruptura del tornillo.

- La precarga es función del par de apriete aplicado al tornillo y del coeficiente de frotamiento.

### ¿Qué es la precarga? (Fo)

Es la fuerza en Newton que presiona a las piezas durante el apriete del tornillo.

### ¿Qué es un par de apriete? (Cs)

El par "es una fuerza" aplicada en el extremo de un brazo de palanca; par (N.m) = fuerza (Newton) x longitud (metro).

### Tabla de los pares de apriete:

Los pares de apriete se calculan al 85% del límite elástico (documentación E 25-030).

#### 1. ¿Qué coeficiente de frotamiento?

Elija la tabla de valores en función de su tornillo (0.10, 0.15, o 0.20).  
Ejemplo:  $\mu = 0.10$

#### 2. ¿Qué "clase de calidad" de tornillo?

Las características del tornillo dependen de su clase de calidad (siendo los 12.9 "los más eficaces").

Elija la columna correspondiente a la clase de su tornillo.

Ejemplo: tornillo Ø 10, calidad de tornillo 8.8

$\mu = 0.10$  tabla de apriete para tornillería fosfatada o zincada, lubricación adecuada de buena calidad ( $\mu =$  coeficiente de frotamiento medio)

ISO 272			Clases de calidad tornillería de acero ISO 898/1													
d mm	ISO mm	mm	5.6		5.8		6.8		8.8		9.8**		10.9		12.9	
			Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo
1.6**	0,35	3,2	0,060	260	0,084	364	0,096	416	0,128	555	0,144	624	0,189	815	0,221	954
2**	0,40	4	0,126	432	0,177	604	0,202	690	0,270	921	0,303	1 036	0,396	1 352	0,463	1 582
2.5**	0,45	5	0,261	718	0,365	1 006	0,417	1 150	0,556	1 533	0,626	1 724	0,82	2 251	0,96	2 634
3	0,50	5,5	0,44	1 077	0,62	1 508	0,71	1 724	0,95	2 298	1,09	2 586	1,40	3 376	1,64	3 951
4	0,70	7	1,03	1 868	1,44	2 615	1,65	2 988	2,20	3 985	2,49	4 484	3,23	5 853	3,78	6 849
5	0,80	8	2,03	3 053	2,85	4 275	3,25	4 885	4,34	6 514	4,92	7 335	6,3	9 568	7,4	11 196
6	1	10	3,53	4 310	4,95	6 034	5,6	6 896	7,5	9 195	8,53	10 336	11	13 506	12,9	15 805
8	1,25	13	8,5	7 904	11,9	11 066	13,6	12 647	18,2	16 863	20,63	18 968	26	24 768	31	28 984
10	1,50	16	16,8	12 580	23	17 612	27	20 128	36	26 838	41	30 197	52	39 418	61	46 128
12	1,75	18	29	18 337	40	25 672	46	29 339	62	39 119	70	44 022	91	57 457	106	67 236
14	2	21	46	25 175	65	35 245	74	40 280	99	53 707	111	60 251	145	78 882	170	92 309
16	2	24	71	34 597	100	48 436	115	55 356	153	73 808	173	83 165	225	108 406	263	126 858
18	2,5	27	99	42 094	139	58 932	159	67 351	220	92 440			313	131 897	366	154 348
20	2,5	30	140	54 059	196	75 682	225	86 494	311	119 003			440	169 385	515	198 216
22	2,5	34	192	67 511	269	94 515	307	108 017	424	148 374			602	211 534	704	247 540
24	3	36	241	77 845	338	108 983	387	124 552	534	171 437			758	243 914	887	285 432
27	3	41	355	102 393	498	143 350	569	163 829	784	225 110			1 114	320 832	1 304	375 442
30	3,5	46	483	124 491	677	174 287	773	199 185	1 067	274 030			1 515	390 072	1 773	456 467
33	3,5	50	653	155 083	915	217 116	1 046	248 132	1 442	341 347			2 048	485 926	2 397	568 637
36	4	55	841	182 032	1 177	254 845	1 346	291 252	1 855	400 571			2 636	570 369	3 085	667 453
39	4	60	1 088	218 667	1 523	306 135	1 741	349 868	2 399	481 158			3 410	685 159	3 990	801 782
42**	4,5	65	1 348	250 311	1 887	350 435	2 156	400 497	2 965	550 683			4 223	784 306	4 941	917 805
45**	4,5	70	1 681	292 970	2 353	410 158	2 690	468 752	3 698	644 534			5 267	917 973	6 164	1 074 223
48**	5	75	2 032	329 254	2 845	460 956	3 251	526 807	4 470	724 359			6 367	1 031 663	7 450	1 207 265
52**	5	80	2 608	395 006	3 651	553 008	4 172	632 009	5 737	869 013			8 171	1 237 685	9 562	1 448 354
56**	5,5	85	3 255	456 159	4 557	638 622	5 208	729 854	7 161	1 003 549			10 199	1 429 298	11 935	1 672 582
60**	5,5	90	4 032	532 893	5 645	746 050	6 451	852 629	8 871	1 172 365			12 634	1 669 732	14 785	1 953 941
64**	6	95	4 856	602 793	6 798	843 911	7 769	964 470	10 683	1 326 146			15 215	1 888 753	17 805	2 210 243

\* Clase 8-8a hasta d=16 mm, 8-8b a partir de d=18 mm

### 3. Pares de apriete (Cs)

Se indican, por cada tipo de tornillo, en Newton x metro (N.m). En el ejemplo, se aplicará sobre el tornillo un par de apriete de 36 N.m



### TABLA DE CONVERSIÓN

La unidad internacional es el N.m (Newton x metro).

#### 1. Convertir N.m

- Newton-metro en Kilogramo-fuerza metro: 1 N.m = 0,102 kgf.m
- Newton-metro en Pound-force foot: 1 N.m = 0,738 lbf.ft
- Newton-metro en Pound-force inch: 1 N.m = 8,851 lbf.in
- Newton-metro en Ounce-force inch: 1 N.m = 141,61 ozf.in

#### 2. Convertir kgf.m

- Kilogramo-fuerza metro en Newton-metro: 1 kgf.m = 9,81 N.m
- Kilogramo-fuerza metro en Pound-force foot: 1 kgf.m = 7,23 lbf.ft
- Kilogramo-fuerza metro en Pound-force inch: 1 kgf.m = 86,8 lbf.in

#### 3. Convertir lbf.ft

- Pound-force foot en Newton-metro: 1 lbf.ft = 1,35 N.m
- Pound-force foot en Kilogramo-fuerza metro: 1 lbf.ft = 0,138 kgf.m
- Pound-force foot en Pound-force inch: 1 lbf.ft = 12 lbf.in

#### 4. Convertir lbf.in

- Pound-force inch en Newton-metro: 1 lbf.in = 0,1129 N.m
- Pound-force inch en Kilogramo-fuerza metro: 1 lbf.in = 0,0115 kgf.m
- Pound-force inch en Pound-force foot: 1 lbf.in = 0,083 lbf.ft
- Pound-force inch en Ounce-force inch: 1 lbf.in = 16 ozf.in

# APRIETE CONTROLADO

## GUÍA DE APRIETE CONTROLADO



$\mu = 0.15$  tabla de apriete para tornillería negra o zincada, lubricación sumaria (estado de entrega) ( $\mu$  = coeficiente de frotamiento medio)

ISO 272			Clase de calidad de la tornillería de acero ISO 898/1													
			5.6		5.8		6.8		8.8		9.8		10.9		12.9	
d mm	ISO mm	mm	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo
1,6**	0,35	3,2	0,075	234	0,105	327	0,120	374	0,160	499	0,180	561	0,235	732	0,275	857
2**	0,40	4	0,159	388	0,222	544	0,254	621	0,339	829	0,381	932	0,498	1 217	0,582	1 424
2,5**	0,45	5	0,330	648	0,463	907	0,529	1 036	0,705	1 382	0,793	1 555	1,04	2 030	1,21	2 375
3	0,50	5,5	0,57	972	0,80	1 362	0,91	1 556	1,21	2 075	1,38	2 335	1,79	3 048	2,09	3 567
4	0,70	7	1,30	1 685	1,83	2 359	2,09	2 696	2,78	3 594	3,16	4 044	4,09	5 279	4,79	6 178
5	0,80	8	2,59	2 759	3,62	3 862	4,14	4 414	5,5	5 886	6,27	6 626	8,1	8 645	9,5	10 116
6	1	10	4,49	3 891	6,2	5 448	7,1	6 226	9,5	8 302	10,84	9 334	14,0	12 194	16,4	14 269
8	1,25	13	10,9	7 145	15,2	10 003	17,4	11 432	23	15 242	26,34	17 146	34	22 388	40	26 198
10	1,50	16	21	11 379	30	15 930	34	18 206	46	24 275	52	27 313	67	35 655	79	41 724
12	1,75	18	37	16 594	52	23 231	59	26 550	79	35 401	90	39 835	116	51 995	136	60 845
14	2	21	59	22 789	83	31 905	95	36 463	127	48 618	143	54 570	187	71 408	219	83 563
16	2	24	93	31 385	130	43 939	148	50 216	198	66 955	224	75 422	291	98 340	341	115 079
18	2,5	27	128	38 123	179	53 373	205	60 998	283	83 746			402	119 454	471	139 787
20	2,5	30	182	49 039	254	68 655	291	78 463	402	107 941			570	153 657	667	179 811
22	2,5	34	250	61 326	350	85 857	400	98 123	552	134 806			783	192 157	917	224 865
24	3	36	313	70 616	438	98 863	500	112 986	691	155 489			981	221 266	1 148	258 928
27	3	41	463	93 042	649	130 259	741	148 868	1 022	204 577			1 452	291 534	1 700	341 157
30	3,5	46	628	113 045	880	158 263	1 005	180 872	1 387	248 811			1 969	354 209	2 305	414 500
33	3,5	50	854	141 009	1 195	197 412	1 366	225 614	1 884	310 343			2 676	441 828	3 132	517 033
36	4	55	1 096	165 409	1 534	231 573	1 754	264 655	2 418	363 974			3 435	518 282	4 020	606 501
39	4	60	1 424	198 910	1 994	278 474	2 279	318 257	3 139	437 669			4 463	623 253	5 223	729 339
42**	4,5	65	1 760	227 588	2 464	318 624	2 816	364 141	3 872	500 694			5 515	713 110	6 453	834 491
45**	4,5	70	2 203	266 613	3 085	373 258	3 525	426 580	4 847	586 548			6 903	835 386	8 079	977 579
48**	5	75	2 659	299 530	3 722	419 342	4 254	479 248	5 849	658 966			8 330	938 528	9 748	1 098 277
52**	5	80	3 425	359 684	4 795	503 558	5 480	575 495	7 335	791 306			10 731	1 127 011	12 558	1 318 843
56**	5,5	85	4 270	415 172	5 978	581 240	6 832	664 275	9 394	913 378			13 379	1 300 871	15 656	1 522 296
60**	5,5	90	5 306	485 416	7 428	679 583	8 490	776 666	11 673	1 067 916			16 625	1 520 971	19 455	1 779 860
64**	6	95	6 382	548 969	8 935	768 556	10 212	878 350	14 041	1 207 731			19 998	1 720 102	23 402	2 012 885

$\mu = 0.20$  tabla de apriete para tornillería revestida o no. Montaje en seco ( $\mu$  = coeficiente de frotamiento medio)



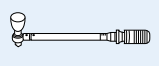
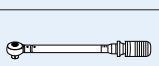
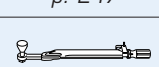
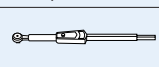
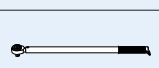

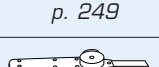
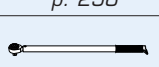
ISO 272			Clase de calidad de la tornillería de acero ISO 898/1													
			5.6		5.8		6.8		8.8		9.8		10.9		12.9	
d mm	ISO mm	mm	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo	Cs	Fo
1,6**	0,35	3,2	0,086	210	0,120	294	0,137	335	0,183	447	0,206	503	0,269	657	0,315	769
2**	0,40	4	0,183	349	0,256	488	0,293	558	0,390	744	0,439	837	0,573	1 093	0,671	1 279
2,5**	0,45	5	0,383	582	0,536	815	0,612	931	0,816	1 242	0,918	1 397	1,20	1 824	1,40	2 134
3	0,50	5,5	0,66	874	0,92	1 224	1,06	1 399	1,41	1 866	1,60	2 099	2,07	2 740	2,43	3 207
4	0,70	7	1,51	1 514	2,11	2 120	2,42	2 422	3,22	3 230	3,66	3 635	4,74	4 744	5,5	5 552
5	0,80	8	3,00	2 481	4,20	3 473	4,81	3 970	6,4	5 293	7,27	5 958	9,4	7 774	11,0	9 098
6	1	10	5,2	3 498	7,2	4 893	8,3	5 598	11,1	7 464	12,57	8 392	16,3	10 962	19,1	12 828
8	1,25	13	12,6	6 426	17,7	8 997	20	10 283	27	13 710	30,62	15 423	39	20 137	46	23 565
10	1,50	16	25	10 238	35	14 334	40	16 382	53	21 843	61	24 575	78	32 082	92	37 542
12	1,75	18	43	14 934	60	20 908	69	23 895	92	31 860	105	35 849	136	46 795	159	54 760
14	2	21	69	20 514	97	28 719	111	32 822	148	43 763	167	49 142	218	64 277	255	75 218
16	2	24	108	28 280	152	39 592	174	45 248	232	60 331	262	67 944	341	88 611	399	103 694
18	2,5	27	149	34 324	209	48 054	239	54 919	330	75 421			469	107 549	549	125 856
20	2,5	30	213	44 188	298	61 863	341	70 700	471	97 253			667	138 456	781	162 023
22	2,5	34	293	55 298	411	77 418	470	88 478	648	121 574			920	173 269	1 077	202 762
24	3	36	366	63 630	513	89 083	586	101 809	809	140 084			1 148	199 376	1 343	233 313
27	3	41	544	83 910	762	117 474	871	134 257	1 201	184 517			1 706	262 920	1 997	307 672
30	3,5	46	737	101 914	1 032	142 679	1 180	163 062	1 628	224 292			2 311	319 331	2 704	373 685
33	3,5	50	1 004	127 210	1 406	178 094	1 607	203 536	2 216	279 953			3 148	398 593	3 684	466 438
36	4	55	1 288	149 174	1 803	208 844	2 060	238 679	2 840	328 236			4 036	467 413	4 723	546 973
39	4	60	1 677	179 487	2 348	251 282	2 683	287 179	3 697	394 919			5 255	562 393	6 150	658 119
42**	4,5	65	2 070	205 323	2 898	287 452	3 312	328 516	4 554	451 710			6 486	643 344	7 590	752 849
45**	4,5	70	2 596	240 641	3 635	336 897	4 154	385 025	5 712	529 410			8 136	754 008	9 520	882 350
48**	5	75	3 130	270 321	4 383	378 449	5 009	432 514	6 887	594 706			9 809	847 006	11 478	991 177
52**	5	80	4 041	324 763	5 657	454 668	6 465	519 620	8 889	714 478			12 661	1 017 590	14 816	1 190 797
56**	5,5	85	5 034	374 739	7 048	524 635	8 054	599 582	11 075	824 426			15 773	1 174 182	18 458	1 374 043
60**	5,5	90	6 266	438 337	8 772	613 672	10 026	701 340	13 785	964 342			19 634	1 373 457	22 976	1 607 237
64**	6	95	7 533	495 676	10 546	693 947	12 052	793 082	16 572	1 090 488			23 603	1 553 119	27 620	1 817 480

\*Clase 8-8a hasta d=16 mm, 8-8b a partir de d=18 mm.

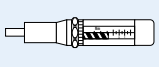


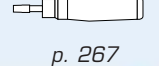


APRIETE CONTROLADO: CÓMO ELEGIR LA HERRAMIENTA ADECUADA

LLAVES DINAMOMÉTRICAS

SU LLAVE	SU PAR DE APRIETE										
	1	2	5	6		200	250	350	800	1000	2500
<b>MECÁNICA GENERAL</b> Todo sector de actividad  	 p. 243 <b>SERIE 306 "Alta precisión"</b> • Disparo y rearme automáticos • Conformidad ISO 6789 • Precisión salida fábrica: ± 2%	1 a 350 N.m									
	 p. 252 <b>SERIE 305 TIPO K</b> • Disparo y rearme automáticos • Conformidad ISO 6789 • Precisión: ± 4%	120 a 1000 N.m									
	 p. 247 <b>SERIE 208</b> • Disparo y rearme automáticos • Conformidad ISO 6789 • Precisión: ± 4%	5 a 340 N.m									
	 p. 250 <b>SERIE 203</b> • Disparo y rearme manuales • Conformidad ISO 6789 • Precisión: ± 6%	6 a 600 con Prolongador									
<b>MECÁNICA PESADA</b> OP, Transportes Const. metálicas	 p. 260 <b>SERIE 200</b> • Señal luminosa • Conformidad ISO 6789 • Precisión: ± 4%	180 a 2500 N.m									
	<b>PRODUCCIÓN</b> Montaje en serie	 p. 249 <b>SERIE 248</b> • Disparo y rearme automáticos • Prerreglaje en banco • Conformidad ISO 6789 • Precisión: ± 4%	5 a 340 N.m								
 p. 249 <b>SERIE 446</b> • Disparo y rearme automáticos • Prerreglaje en banco • Gran maniobrabilidad • Repetibilidad • Precisión: ± 8%		5 a 100 N.m									
<b>AERONÁUTICA Y LABORATORIO</b> Control Montaje Mantenimiento	 p. 258 <b>SERIE 250A</b> • Llave con esfera • Conformidad ISO 6789 • Precisión: ± 3%	2 a 800 N.m									
	 p. 246 <b>SERIE 306U</b> • Llave con trinquete reversible • Graduación N.m y lbf.in/lb.ft • Conformidad ISO 6789 • Precisión salida fábrica: ± 3%	4,5 a 335 N.m									

DESTORNILLADORES DINAMOMÉTRICOS

SU DESTORNILLADOR	SU PAR DE APRIETE	cN.m	
		4	1000
		N.m	
		0,04	10
<b>MANTENIMIENTO MONTAJE PEQUEÑAS SERIES</b>   p. 263 <b>SERIE A.300 MT</b> • Ultra-ligero para pares reducidos • Destornillador desembrague y nonio • Precisión: ± 6% - ISO 6789	0,04 a 0,75 N.m		
	 p. 264 <b>SERIE A.400</b> • Destornillador con desembrague • Nonio graduado • Precisión: ± 6% - ISO 6789	0,5 a 10 N.m	
<b>PRODUCCIÓN MONTAJE GRANDES SERIES</b>   p. 267 <b>SERIE A.340 MT</b> • Ultra-ligero para pares reducidos • Prerreglaje en banco • Destornillador con desembrague • Precisión: ± 6% - ISO 6789	0,04 a 0,75 N.m		
	 p. 267 <b>SERIE A.440</b> • Prerreglaje en banco • Destornillador con desembrague • Precisión: ± 6% - ISO 6789	0,5 a 10 N.m	

Campo de utilización: 20% a 100% de la capacidad máxima de la herramienta