

Momentos de apriete

Tornillos y tuercas de acero.
Norma UNE 17-108-81

1.- Objeto

Esta norma tiene por objeto indicar el valor del momento de apriete necesario para montar, mediante herramientas dinamométricas que no introduzcan vibraciones ni impactos, la tornillería normal de acero, sobre apoyos rígidos y sometida únicamente a solicitaciones axiales de valor constante.

2- Prescripciones generales.

- 2.1 El 90% aproximadamente del par de apriete se utiliza en vencer los rozamientos.
- 2.2 El factor de rozamiento es muy variable y a igualdad de par puede haber grandes variaciones en los aprietes obtenidos.
- 2.3 Cuando se desee obtener garantía en el apriete, se medirá directamente el alargamiento del tornillo con independencia del par.
- 2.4 En casos delicados en los que se requiere obtener una dispersión mínima del apriete, las superficies sometidas a rozamiento se lubricarán con materiales adecuados como disulfuro de molibdeno, grafito, cadmiado, etc.
- 2.5 Cuando la tornillería deba emplearse en órganos de vital importancia con solicitaciones axiales alternas, es necesario calcular en cada caso el momento de apriete, teniendo en cuenta el efecto de fatiga.
- 2.6 La fórmula utilizada para el cálculo de los momentos de apriete, de tornillos y tuercas normales es la siguiente:

$$M = \frac{F_t}{1000} [0,161 P + 0,583 \mu_a d_2 + 0,25 \mu_f (De + Di)]$$

En la que:

$$F_t = \frac{V E A_s}{1+3 \left[\frac{4}{1 + \frac{d_3}{d_2}} \left(\frac{P}{\pi d_2} + 1,155 \mu_a \right) \right]^2}$$

siendo:

M = Momento de apriete en da N·M

P = Paso de la rosca en milímetros.

F_t = Carga a tracción sobre el tornillo debida al momento de apriete M, expresada en decanewtons.

d₂ = Diámetro medio de la rosca del tornillo, expresado en milímetros.

d = Diámetro del núcleo de la rosca del tornillo, expresado en milímetros.

De = Diámetro máximo de la superficie de rozamiento de la tuerca (distancia entre caras) o cabeza del tornillo, expresada en milímetros.

Di = Diámetro mínimo de la superficie de rozamiento de la tuerca o cabeza de tornillo (diámetro nominal), expresado en milímetros.

A_s = Sección resistente, expresada en milímetros cuadrados.

E = Límite elástico, expresado en daN/mm².

V = Relación entre la tensión aplicada al tornillo y el límite elástico.

μ_f = Coeficiente de rozamiento entre tuerca o cabeza de tornillo y apoyo.

μ_a = Coeficiente de rozamiento de la rosca.

3- Coeficiente aparente de rozamiento.

En la tabla I se indican los valores de los coeficientes de rozamiento μ correspondientes a diferentes recubrimientos y lubricaciones.

4- Empleo de la herramienta dinamométrica.

El apriete deberá efectuarse de forma continua y sin interrupción hasta llegar al valor del momento especificado.

Momentos de apriete

5- Error de la herramienta dinamométrica.

En las herramientas dinamométricas se admitirá un error de medida del 5%.

Tabla I

Recubrimientos	Coeficiente μ de rozamiento	
	Engrase residual	Engrase con aceite con o sin S ₂ Mo 1)
Acero con cadmiado	0,7	0,07
Cadmiado con cincado	0,10	0,08
Cadmiado con cadmiado		0,07
Acero con acero	0,11	0,10
Acero con fosfatado 2)		0,10
Fosfatado con cadmiado		0,08
Fosfatado con cincado 2)		0,10
Fosfatado con fosfatado 3)		0,11
Acero con cincado		0,12
Cincado con cincado		0,14

1) Para una menor dispersión, se aconseja emplear aceite con S₂Mo
 2) Se recomienda ser engrasados
 3) Con el engrase normal después del fosfatado.

**TABLA IV
CABEZA HEXAGONAL**

Clase 4.8
Marcado 6.8

E = 34 da N/mm²

DESIGNACIÓN		COEFICIENTE DE ROZAMIENTO μ					
ROSCA	PASO	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14
		Momentos de apriete (da N·m)					
M 1,6	0,35	0,0058	0,0063	0,0071	0,0075	0,0079	0,0086
M 2	0,4	0,012	0,013	0,015	0,015	0,016	0,018
M 2,5	0,45	0,024	0,026	0,030	0,032	0,033	0,036
M 3	0,5	0,041	0,045	0,052	0,055	0,058	0,063
M 3,5	0,6	0,064	0,069	0,080	0,084	0,089	0,097
M 4	0,7	0,095	0,10	0,12	0,13	0,13	0,14
M 5	0,8	0,19	0,20	0,23	0,25	0,26	0,29
M 6	1	0,32	0,35	0,40	0,43	0,45	0,49
M 8	1,25	0,77	0,84	0,97	1,0	1,1	1,2
M 10	1,5	1,5	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4
M 12	1,75	2,6	2,9	3,3	3,5	3,7	4,1
M 14	2	4,2	4,6	5,3	5,6	5,9	6,5
M 16	2	6,3	6,9	8,1	8,6	9,1	10,0
M 18	2,5	8,8	9,6	11,0	12,0	12,5	14,0
M 20	2,5	12,5	13,5	15,5	17,0	18,0	19,5
M 22	2,5	16,5	18,0	21,0	22,5	24,0	26,5
M 24	3	21,5	23,5	27,0	29,0	30,5	34,0

Momentos de apriete

**TABLA VIII
CABEZA HEXAGONAL**

E=64 da N/mm² d < M 16
Clase 8.8
E=66 da N/mm² d > m 16

DESIGNACIÓN		COEFICIENTE DE ROZAMIENTO μ					
ROSCA	PASO	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14
		Momentos de apriete (da Nm)					
M 1,6	0,35	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016
M 2	0,4	0,022	0,024	0,028	0,029	0,031	0,033
M 2,5	0,45	0,045	0,049	0,056	0,060	0,063	0,069
M 3	0,5	0,078	0,084	0,096	0,10	0,11	0,12
M 3,5	0,6	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18
M 4	0,7	0,18	0,19	0,22	0,24	0,25	0,27
M 5	0,8	0,35	0,38	0,44	0,47	0,49	0,54
M 6	1	0,60	0,66	0,76	0,80	0,85	0,93
M 8	1,25	1,4	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
M 10	1,5	2,9	3,2	3,7	3,9	4,1	4,5
M 12	1,75	4,9	5,4	6,2	6,6	7,0	7,7
M 14	2	7,8	8,6	9,9	10,5	11,0	12,5
M 16	2	12,0	13,0	15,0	16,0	17,0	19,0
M 18	2,5	17,0	18,5	21,5	23,0	24,5	27,0
M 20	2,5	24,0	26,0	30,5	32,5	34,5	38,0
M 22	2,5	32,0	35,0	41,0	44,0	46,5	51,5
M 24	3	41,5	45,5	53,0	56,0	59,5	65,5

**TABLA X
CABEZA HEXAGONAL**

Clase 10.9 E = 94 da N/mm²

DESIGNACIÓN		COEFICIENTE DE ROZAMIENTO μ					
ROSCA	PASO	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14
		Momentos de apriete (da Nm)					
M 1,6	0,35	0,016	0,017	0,020	0,021	0,022	0,023
M 2	0,4	0,033	0,035	0,040	0,043	0,045	0,049
M 2,5	0,45	0,066	0,072	0,083	0,087	0,092	0,10
M 3	0,5	0,11	0,12	0,15	0,15	0,16	0,17
M 3,5	0,6	0,17	0,19	0,22	0,23	0,25	0,27
M 4	0,7	0,26	0,29	0,33	0,35	0,37	0,40
M 5	0,8	0,51	0,56	0,64	0,68	0,72	0,79
M 6	1	0,89	0,97	1,1	1,2	1,2	1,4
M 8	1,25	2,1	2,3	2,7	2,8	3,0	3,3
M 10	1,5	4,2	4,6	5,4	5,7	6,0	6,6
M 12	1,75	7,2	7,9	9,2	9,7	10,5	11,5
M 14	2	11,5	12,5	14,5	15,5	16,5	18,0
M 16	2	18,5	19,0	22,5	23,5	25,0	27,5
M 18	2,5	24,5	26,5	31,0	33,0	34,5	38,0
M 20	2,5	34,0	37,5	43,5	46,5	49,0	54,0
M 22	2,5	45,5	50,0	53,5	62,5	66,5	73,0
M 24	3	59,0	64,5	75,0	80,0	85,0	98,5

Momentos de apriete

TABLA XI
CABEZA HEXAGONAL

Clase 12.9

E = 110 da N/mm²

DESIGNACIÓN		COEFICIENTE DE ROZAMIENTO μ					
ROSCA	PASO	0,07	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14
		Momentos de apriete (da N·m)					
M 1,6	0,35	0,019	0,020	0,023	0,024	0,026	0,028
M 2	0,4	0,038	0,041	0,047	0,050	0,052	0,057
M 2,5	0,45	0,077	0,084	0,097	0,10	0,11	0,12
M 3	0,5	0,13	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20
M 3,5	0,6	0,21	0,22	0,26	0,27	0,29	0,31
M 4	0,7	0,31	0,33	0,38	0,41	0,43	0,47
M 5	0,8	0,60	0,66	0,76	0,80	0,85	0,93
M 6	1	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6
M 8	1,25	2,5	2,7	3,1	3,3	3,5	3,8
M 10	1,5	5,0	5,4	6,3	6,7	7,0	7,7
M 12	1,75	8,5	9,3	10,5	11,5	12,0	13,0
M 14	2	13,5	14,5	17,0	18,0	19,0	21,0
M 16	2	20,5	22,5	26,0	28,0	29,5	32,5
M 18	2,5	28,5	31,0	36,0	38,5	40,5	44,5
M 20	2,5	40,0	43,5	51,0	54,5	57,5	63,5
M 22	2,5	53,5	58,5	68,5	73,0	77,5	85,5
M 24	3	69,0	75,5	88,0	93,5	99,0	109,0