

3. ELEMENTOS DE FIJACIÓN EN ACERO INOXIDABLE

3.1 Objeto y alcance.

3.1.1 Tipos de aleaciones y selección	402
3.1.2 Composición química del acero inoxidable de tipo austenítico	402
3.1.3 Propiedades magnéticas	402
3.1.4 Resistencia a la temperatura	402

3.2 Características mecánicas.

3.2.1 Sistema de designación de las propiedades de las clases	403
3.2.2 Materiales, clasificación	403
3.2.3 Características mecánicas del acero inoxidable austenítico	403
3.2.4 Características mecánicas de los aceros inoxidables ferríticos y martensíticos	403
3.2.5 Marcado	404

3.3. Directrices para el ensamblado. Generalidades.

3.3.1 Valor de presión máxima admisible	405
3.3.2 Coeficientes de rozamiento del acero inoxidable	405
3.3.3 Evaluación de la dimensión del bulón de tornillo	405
3.3.4 El "gripado" de acero inoxidable	405
3.3.5 Precargas y pares de apriete	406

3.1 OBJETO Y ALCANCE

NORMA

DIN: 267 Parte 11
ISO: 3506
NF: E 25 - 100/400

Acero Inoxidable. Características de las aleaciones A1 - A2 - A4.

Estas especificaciones están destinadas a los elementos de fijación, principalmente a los bulones tornillos y tuercas, realizados en aleaciones de acero inoxidable austenítico, de diámetro nominal entre 1,6 mm. y 39 mm. ambos inclusive, con rosca métrica ISO; y también para las tuercas con entrecaras de sobremedida, $\phi \geq 1,45$ y una longitud de rosca útil igual, al menos, a 0,6 d.

3.1.1 Tipos de aleaciones y selección.

El acero inoxidable posee una gran cantidad de variedades, cada una con menos de un 12% de Cr y, a menudo, también otros elementos de aleación, de los cuales el Ni y el Mo son los más importantes. Este campo tan amplio se ha dividido, para los elementos de fijación, y conforme a la norma DIN 267 Parte 11, en tres grupos de composición basados en su estructura metalúrgica.



Los grupos martensítico y ferrítico no son importantes para los elementos de fijación. No están disponibles en stock para estos materiales; solamente bajo pedido y en grandes cantidades.

El grupo de composición Austenítico, también llamado acero al cromo-níquel, es el más utilizado para los elementos de fijación, y está subdividido en 3 IDENTIFICACIONES DE ALEACIONES DE ACERO. Cada una de ellas con una resistencia a la corrosión diferente y un campo de aplicación específico.

A1 Se trata de una aleación para decoletaje debido a su contenido alto en fósforo y azufre. A consecuencia de ello, la capacidad contra la corrosión general se ve disminuida. Este tipo de acero raramente se utiliza para la fabricación en masa de elementos de fijación.

A2 Es la aleación más utilizada; también se la denomina 18/8 (18% de Cr y 8% de Ni). Posee una resistencia a la corrosión excelente, bajo condiciones atmosféricas normales, en medios húmedos, ácidos oxidantes y orgánicos, muchas soluciones alcalinas y salinas,...etc.

A4 Se trata de la aleación con la mejor resistencia a la oxidación, también denominada "ácido-resistente". Posee un mayor porcentaje de níquel y adición de molibdeno. Presenta una mejor resistencia a la corrosión en medios agresivos como: el clima marino, atmósferas industriales con presencia de anhídrido sulfuroso, ácidos oxidantes, o aplicaciones en aquellos sitios donde la corrosión por picaduras se puede producir. Salvo especificación contraria, los elementos de fijación en acero inoxidable se deben entregar limpios y brillantes. Para una resistencia óptima contra la corrosión, se recomienda la pasivación.

3.1.2 Composición química del acero inoxidable de tipo austenítico.

Los límites tan amplios en porcentajes de contenido de los elementos de aleación, según DIN267 Parte 11, permiten una gran selección de tipos de aceros austeníticos especiales dentro de cada tipo de acero. La selección final es a discreción del fabricante, dependiendo de las exigencias y del método de fabricación. Si dentro de un tipo se pide una aleación especial, se deberá indicar el número AISI o ISO o el del Werkstoffnummer alemán. Los tipos más corrientes están resumidos en la **tabla inferior**.

3.1.3 Propiedades magnéticas.

Los elementos de fijación en acero inoxidable son, normalmente, no magnéticos. La elección justa del acero puede limitar su permeabilidad, es decir: el grado de penetración en un campo magnético, por debajo de 1,05G/Oe. Sin embargo después de un estirado o laminado pueden aparecer ciertas propiedades magnéticas. A este respecto el A4 es menos sensible que el A2, y el A1 es el más desfavorable. Algunas aplicaciones especiales, como ciertos aparatos electrónicos, y en la industria marítima y nuclear, exigen una permeabilidad lo más cerca de 1,0. Los elementos de fijación en stock no son apropiados para este tipo de usos, y para ellos se debe de utilizar un acero no magnético especial.

3.1.4 Resistencia a la temperatura.

Resistente al calor hasta los +400° C. , de acuerdo con AD-Merkblatt W2, y TRD 106 para calderas de vapor, resistente a la oxidación hasta los +800° C. , de acuerdo con DIN 267 Parte 11.

Para temperaturas bajas, los apropiados son: A2, hasta -196°C., y A4, hasta -60°C., de acuerdo con AD-Merkblatt W10, para vasijas de presión, y DIN 267 Parte 13.

Acero inoxidable		Composición química en % ¹⁾								Tipo de acero inoxidable			
Grupo de compos.	Tipo de aleación	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo ⁸⁾	Ni	DIN Werkstoffnr	Tipos AISI	ISO 683/XII	Notas
Austenítico	A1	0,12	1,0	2,0	0,20	0,15-0,35	17,0-19,0	0,6	8,0-10,0	1,4305 ⁹⁾	303	17	2) 3)
	A2	0,08	1,0	2,0	0,05	0,03	17,0-20,0		8,0-13,0	1,4303 ⁹⁾	305	13	4) 6) 7)
										1,4301 ⁹⁾	304	-	4) 5) 7)
										1,4541	321	15	5)
A	A4	0,08	1,0	2,0	0,05	0,03	16,0-18,5	2,0-3,0	10,0-14,0	1,4401 ⁹⁾	316	20	4) 6)
										1,4571	316 Ti	21	5)

1) Valores máximos salvo especificación contraria.
 2) El azufre puede ser reemplazado por el selenio.
 3) Puede contener titanio en cantidad ³ 5 x C, hasta el 0,8%.
 4) Puede contener niobio y/o tantalio en cantidad ³ 10 x C, hasta el 1%.
 5) Contiene titanio en cantidad ³ 5 x C, hasta el 0,8%.

6) Puede contener cobre hasta el 4%
 7) Puede contener igualmente molibdeno; a discreción del fabricante.
 8) Si por algunas aplicaciones, es esencial un contenido máximo en molibdeno, éste tendrá que ser especificado, por el cliente, a la realización del pedido.
 9) Los tipos de acero inoxidable más utilizados en Europa.

3.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

NORMA
DIN: 267 Parte 11

ISO: ≈3506

NF: E 25 - 100/400

Acero Inoxidable. Características mecánicas. Clases de calidad 50, 70 y 80.
3.2.1 Sistema de designación de las propiedades de las clases.

Una propiedad fundamental de los aceros inoxidable, en comparación a los aceros al carbono, utilizados para la fabricación de las clases de calidad 8.8, 10.9 y 12.9, es que estos se pueden templar y revenir, y aquellos no. Normalmente la mayor parte de aceros inoxidable no se pueden tratar térmicamente. La única manera de endurecer, y aumentar así, considerablemente, sus propiedades mecánicas, es someter al acero inoxidable a un proceso de estirado o forjado en frío.

Las tres aleaciones de acero inoxidable austenítico: A1, A2 y A4; están divididas, a su vez, en tres clases de calidad: 50, 70 y 80, dependiendo ello del método de fabricación y las dimensiones. La cifra de la clase de calidad indica, en N/mm²., un 1/10 de la resistencia a la tracción; ejemplo: una clase 80 tiene una resistencia a la tracción de: 80 x 10 = 800 N/mm².

3.2.2 Materiales. Clasificación.

50 Es la clase más débil, usada para elementos de fijación fabricados por decoletaje o forjados en caliente. Esta clase raramente se utiliza para los elementos de fijación comerciales.

70 Es la clase de calidad más utilizada comúnmente, y es la aplicada para la fabricación de elementos de fijación estampados en frío. Este tipo de clase es la considerada "clase estándar" y es la entregada, por defecto, si en el pedido no se especifica calidad alguna.

80 Es la clase de calidad con la resistencia a la tracción más elevada. Se obtiene por una deformación en frío muy fuerte, hasta conseguir una calidad, más o menos, equivalente a la 8.8, de los tornillos tratados térmicamente, por lo que se refiere a su resistencia a la tracción. La sustitución de un tornillo de calidad 8.8, por uno de inoxidable clase 80, no requiere ningún tipo de recálculo o adaptación de la construcción existente.

3.2.3 Características del acero inoxidable austenítico.
Para dimensiones por encima de M5

Acero inoxidable		Clase de calidad	Gama de ϕ d	Bulones y tornillos			Tuercas
Grupo de composic.	Tipo de aleación			Resisten. a la tracción Rm ³⁾ N/mm ² , min.	Límite conv. de elasticid. al 0,2% Rp _{0,2} ³⁾ N/mm ² , min.	Alargam. A ⁴⁾ en mm, min.	Resisten. a la carga de prueba Sp N/mm ²
Austenítico.	A1, A2 y A4	50	≤M39	500	210	0,6d	500
		70 1)	≤M20	700	450	0,4d	700
			>M20≤M30	500	250	0,4d	500
80 2)	≤M20	800	600	0,3d	800		

- Estos valores se aplican solo, a las longitudes máximas de 8 x d. La clase 70 es la más corriente a las aleaciones A2 y A4.
- Todo programa total, de nuestro stock de clase 80, posee estas características.
- Todos los valores están calculados y experimentados en función de la sección resistente, nominal, del roscado.
- Las medidas de alojamiento están determinadas sobre la longitud real del tornillo o del bulón con una longitud ³ 3 x d y no sobre una probeta preparada en la que la longitud de control sea de 5d.

Pares de rotura para diámetros hasta M5 inclusive

Diámetros nominales de rosca	Par de rotura mínimo en Nm		
	Clase de calidad 50	Clase de calidad 70	Clase de calidad 80
M 1,6	0,15	0,2	0,24
M 2	0,3	0,4	0,48
M 2,5	0,6	0,9	0,96
M 3	1,1	1,6	1,76
M 4	2,7	3,8	4,32
M 5	5,5	7,8	8,8

Límite convencional de elasticidad R_p 0,2 y límite inferior de fluencia R_{el} a temperaturas muy elevadas en % de los valores de la temperatura ambiente. Ver apartado 3.2.3

Aleación de acero	+ 100°C	+ 200°C	+ 300°C	+ 400°C
A2, A4 ²⁾	85 ¹⁾	80 ¹⁾	75 ¹⁾	70 ¹⁾

- Estos valores solo se aplican a elementos de fijación de clase 70. Para la clase 50 es necesario considerar los normalizados en DIN 17440
- La aleación A1, generalmente no es utilizada a temperaturas elevadas.

3.2.4 Características de los aceros inoxidable ferríticos y martensíticos.
Aceros ferríticos.

Los aceros ferríticos son esencialmente aleaciones hierro-cromo-carbono. La ausencia de puntos de transformación tiene como consecuencia, la imposibilidad práctica de mejorar sus características mecánicas mediante tratamientos térmicos. Tales características se pueden potenciar, practicando en estos aceros trabajos de deformación en frío, como: el trefilado, la laminación, etc., capaces de producir acritud.

Los aceros inoxidable ferríticos son magnéticos en todas las condiciones.

Con estos tipos de acero se construyen tornillos y pernos que tengan que trabajar sometidos a temperaturas muy altas como por ejemplo: calderas de vapor, intercambiadores de calor, reactores, quemadores de hornos, etc., o en ambientes de temperatura alta juntamente con gases oxidantes o corrosivos.

3.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Aceros martensíticos.

Los aceros martensíticos son esencialmente aceros al cromo. Los aceros martensíticos pueden elevar sus características mecánicas de resistencia y dureza, mediante un tratamiento térmico de temple. Las diferentes aleaciones existentes de estos tipos de aceros permiten llegar, tras un tratamiento térmico, a durezas muy diferentes entre sí.

La permeabilidad magnética de los aceros inoxidables martensíticos los clasifica entre los materiales ferromagnéticos.

Son aceros que tienen buena resistencia en caliente hasta temperaturas de 650°C.

Con aceros inoxidables martensíticos se construyen tornillos autorroscantes, tornillos y pernos prisioneros de alta resistencia, etc.

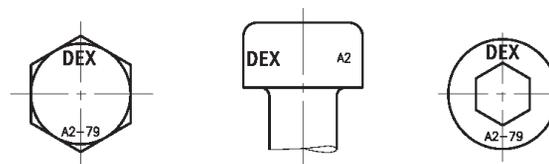
3.2.5 Marcado.

Los tornillos y bulones de cabeza hexagonal, las tuercas, y los tornillos de cabeza con hexágono interior tipo "Allen", en acero inoxidable y que sean de diámetro de rosca igual o superior a M5 deberán ir marcados, al igual que los embalajes que los contengan.

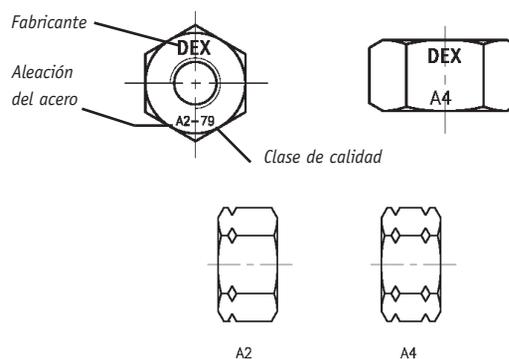
El marcado contará de: la marca de identificación del fabricante, y la aleación seguida por las dos cifras indicativas de la clase de calidad. En el caso de las tuercas de decoletaje se admite una variante en el marcado tal como se indica en la figura.

El marcado de los espárragos y otros tipos de piezas se realizará de mutuo acuerdo entre el utilizador y el fabricante.

Bulón y tornillo de cabeza hexagonal, tornillo de hexágono interior



Tuerca hexagonal



3.3 DIRECTRICES PARA EL MONTAJE. GENERALIDADES

NORMA
DIN: --
ISO: --
NF: --

Acero Inoxidable. Directrices para el montaje. Generalidades.

En la mayoría de los casos, la corrosión, sigue siendo aun el único criterio para la aplicación o uso de elementos de fijación en acero inoxidable. Sin embargo, cada vez más, los elementos de fijación en inoxidable están siendo utilizados como elementos de unión en montajes mecánicos, teniendo que satisfacer las exigencias de seguridad de funcionamiento de un montaje atornillado. Por ello, es necesario conocer un poco el comportamiento que tiene un acero inoxidable durante el ensamblado, sobretodo por lo que respecta a los factores de precarga y par de apriete.

3.3.1 Valor de presión máximo admisible.

El valor de presión máximo admisible, es de una importancia primordial para una unión correcta, y no debe de ser sobrepasado después de la precarga, bajo los esfuerzos de las superficies de apoyo de la cabeza del bulón o tornillo, la tuerca y el material del montaje. De lo contrario la precarga se reduciría con el consecuente peligro de aflojamiento de la unión.

Valores indicativos de carga de presión de los materiales atornillados, en N/mm²

acero inoxid. austenítico	aleación de aluminio	acero St 37	acero St 50	fundición
400*	200	260	420	700

* Este valor es válido para el estado recocido. Puede llegar hasta 700 N/mm², dependiendo del grado de deformación en frío del acero.

Superficie de contacto en mm²

diámetro nominal entretecas en mm.	M3 5,5	M4 7	M5 8	M6 10	M8 13	M10 16*	M10 17	M12 18*	M12 19
Tornillos hexag. DIN 931/933 Tuercas hexag. DIN 934	7,54	11,4	13,6	28,0	42,0	72,3	96,1	73,2	94,6
Tornillos de hexágono interior DIN 912	11,1	17,6	26,9	34,9	55,8	89,5	-	90,0	-

Superficie de contacto en mm²

diámetro nominal entretecas en mm.	M14 21*	M14 22	M16 24	M18 27	M20 30	M22 32	M22 34*	M24 36	M27 41	M30 46
Tornillos hexag. DIN 931/933 Tuercas hexag. DIN 934	113	141	157	188	244	254	337	356	427	576
Tornillos de hexágono inter. DIN 912	131	-	181	211	274	342	-	421	464	638

Las superficies pueden ser aumentadas por aplicación de una arandela sobre las caras de apoyo.

* Nuevas entretecas ISO.

3.3.2 Coeficientes de rozamiento del acero inoxidable.

La ductilidad elevada del acero inoxidable implica que los coeficientes de rozamiento u_G , en los filetes de rosca, y u_K , debajo la cabeza, no sean solamente más altos, si no que también presenten una dispersión más grande respecto de los de los aceros normales. Esto significa que, con el mismo par de apriete, la precarga generada en el interior del tornillo es menor. Un lubricante adecuado puede disminuir la fricción, pero no así la dispersión, que permanecerá invariable.

A causa de los numerosos factores variables que intervienen, se recomienda hacer ensayos para cada aplicación con un instrumento que mida la relación precarga / par de apriete.

Valores indicativos de los coeficientes de fricción u_G y u_K

Material de contrucc. de	Bulón o tornillo en	Tuerca en	lubricante		elasticid. de la unión	coeficiente de fricción	
			en la rosca	debajo de la cabeza		en la rosca u_G	debajo de la cabeza u_K
A2	A2	A2	sin	sin	muy grande	0,26-0,50	0,35-0,50
			lubricante esp. Molykote grasa anti-corrosiva			0,12-0,23	0,08-0,12
		sin	sin	pequeña	0,23-0,35	0,12-0,16	
		lubricante esp. Molykote			0,10-0,16	0,08-0,12	
Al Mg Si		sin		muy grande	0,32-0,43	0,08-0,11	
			lubricante esp. Molykote		0,28-0,35	0,08-0,11	

3.3.3 Evaluación de la dimensión del bulón o tornillo.

Para dimensionar un bulón o tornillo, se puede hacer una comparación aproximada entre con los aceros normales en base al límite de elasticidad.

- Clase de calidad 50, situada un 10% por debajo respecto a la clase 4.6. La sustitución, es pues, imposible en todos los casos.
- La clase 70 en las dimensiones hasta M20, inclusive, puede reemplazar la clase de calidad 8.8, si para el acero inoxidable tomamos un diámetro normalizado más grande; por ejemplo: M10 A2-70 en lugar de M8 8.8. Un esfuerzo hasta un 30% más elevado puede ser aceptado.
- La clase 80 es un 7% mas baja que la clase de calidad 8.8. generalmente la sustitución será posible sin problemas. En determinados casos críticos de debe de tener en cuenta esta diferencia y, particularmente, se debe de verificar la carga de presión.

3.3.4 El "gripado" del acero inoxidable.

La ductilidad del acero inoxidable hace también, que éste tenga una tendencia muy grande a griparse respecto de los aceros normales. Sin embargo la experiencia práctica de muchos años nos muestra que este riesgo raramente aparece con los tornillos y los bulones, que hoy en día están fabricados, mayormente, por estampación en frío, lo que les da una superficie más dura y una rosca laminada más lisa. También la tolerancia positiva de la rosca ISO ejerce un efecto favorable contra el gripado. Sin embargo de requieren unas condiciones óptimas para el montaje: material limpio, sin golpes ni melladuras, sin rebabas, arena, etc..al igual que un bloqueo de un solo lado provocado por un filete o montaje inclinado.

3.3 DIRECTRICES PARA EL ENSAMBLADO. GENERALIDADES

Los montajes rígidos se comportan mejor que los montajes elásticos.

Se recomienda enrosacar de manera continua y con un número de vueltas reducido, no usar atornilladoras automáticas de impacto. Hace falta remarcar que para obtener una precarga específica, no solamente los coeficientes de rozamiento, sino también la precisión del método de apriete (coeficiente de apriete) es de importancia esencial.

La combinación de dos aleaciones diferentes de acero inoxidable como por ejemplo: A2 y A4 no ofrece ninguna ventaja contra el gripado. En estas circunstancias particulares y para satisfacer ciertas exigencias, se debe de utilizar un lubricante particular, como por ejemplo: cloruro de parafina, Molykote antiadhesivo, aceite de alta precisión, grasa anticorrosiva, etc...

3.3.5 Precargas y pares de apriete.

Los valores son validos para los tornillos hexagonales DIN 931 /933 y para las tuercas DIN 934 en acero inoxidable austenítico.

Los pares de apriete son valores calculados dependiendo del coeficiente de rozamiento seleccionado, y basados sobre una precarga, utilizando el90% del limite convencional de elasticidad durante el apriete.

Las cifras son solo orientativas, por lo que declinamos cualquier responsabilidad del uso que se pudiera hacer de esta tabla **(ver tabla inferior)**.

		Par de apriete M_A en Nm							
Coeficiente de fricción		0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,30	0,40
Ø nominal	Clase								
M4	50	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
	70	1,7	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6	3,0	3,3
	80	2,3	2,6	2,9	3,1	3,3	3,5	4,1	4,4
M5	50	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,8	3,2
	70	3,4	3,8	4,2	4,6	4,9	5,1	6,1	6,6
	80	4,6	5,1	5,6	6,1	6,5	6,9	8,0	8,8
M6	50	2,8	3,1	3,5	3,7	4,0	4,1	4,8	5,3
	70	5,9	6,7	7,4	7,9	8,4	8,8	10,4	11,3
	80	8,0	9,1	9,9	10,5	11,2	11,8	13,9	15,0
M8	50	6,8	7,6	8,4	9,0	9,6	10,1	11,9	12,9
	70	14,5	16,3	17,8	19,3	20,4	21,5	25,5	27,6
	80	19,3	21,7	23,8	25,7	27,3	28,7	33,9	36,8
M10	50	13,7	15,4	16,7	18,1	19,3	20,3	24,0	26,2
	70	30	33	36	39	41	44	51	56
	80	39,4	44	47,8	51,6	55,3	58	69	75
M12	50	23,3	26,0	28,9	30,8	32,8	34,8	41,0	44,6
	70	50	56	62	66	70	74	88	96
	80	67	74	82	88	94	100	117	128
M14	50	37,1	41,7	45,6	49	52	56	66	71
	70	79	89	98	105	112	119	141	152
	80	106	119	131	140	150	159	188	204
M16	50	56	63	70	75	81	86	102	110
	70	121	136	150	162	173	183	218	237
	80	161	181	198	217	231	245	291	316
M18	50	81	91	100	108	115	122	144	156
	70	174	196	213	232	246	260	308	334
	80	232	261	285	310	329	346	411	447
M20	50	114	128	142	153	164	173	205	223
	70	244	274	303	328	351	370	439	479
	80	325	366	404	438	467	494	586	639
M22	50	154	174	191	208	222	234	279	303
	70	182	206	227	247	263	279	332	361
	80	437	494	545	593	613	670	797	866
M24	50	197	222	243	264	282	298	354	385
	70	234	264	290	314	336	355	421	458
	80	561	634	696	754	806	852	1010	1099
M27	50	275	311	344	377	399	421	503	548
	70	328	371	410	444	475	502	599	652
M30	50	374	423	467	506	540	571	680	740
	70	445	503	556	602	643	680	809	881
M33	50	506	573	634	688	763	779	929	1013
M36	50	651	737	814	882	944	998	1189	1296
M39	50	842	955	1057	1147	1228	1300	1553	1694