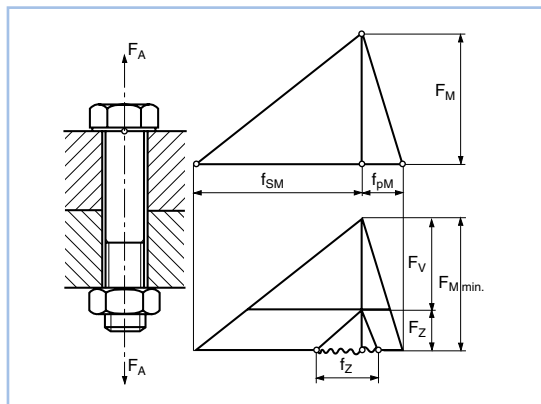


Resumen de las medidas constructivas para uniones seguramente atornilladas

Existen dos razones principales por las cuales las uniones atornilladas deben asegurarse.

Aflojamiento por asentamiento

En el caso de uniones atornilladas con carga axial que se hayan tensado previamente de un modo correcto, se producirá un aflojamiento cuando la fuerza de tensión previa se reduzca de manera constante como consecuencia de fenómenos de asiento o por una dilatación plástica en caso de fuerzas de servicio F_A demasiado altas de la fuerza de tensión previa.



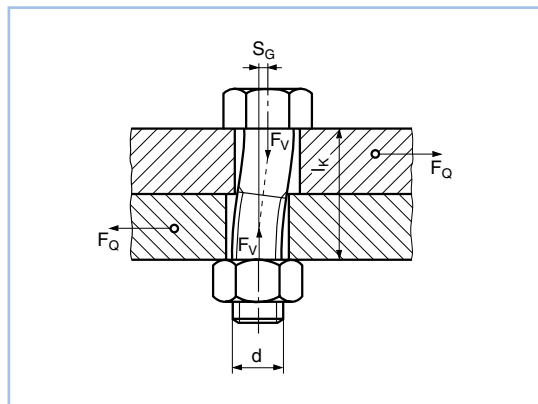
- F_M = carga previa de montaje
- f_{SM} = alargamiento del tornillo por F_M
- f_{PM} = acortamiento de las piezas tensadas por F_M
- F_V = carga previa necesaria
- F_Z = proporción de la carga previa que se pierde por el asiento
- f_z = proporción de asiento que se produce durante el asiento por la deformación plástica
- F_A = fuerza de servicio axial
- $F_{M \min.} = F_V + F_Z$

Se ofrecen las siguientes posibilidades de seguro contra saltado:

Medidas	Efecto logrado
Superficie de separación limpia, lisa Pocas juntas de separación Sin elementos de sujeción plásticos blandos deformables	Reducción de las posibilidades de asiento
Tornillos largos ($l_k \geq 5 \cdot d$) Tornillos con vástago reducido Arandela de presión	Elevada elasticidad Mínima pérdida de carga previa por asiento Mayor durabilidad
Elementos de fijación con brida	Una mayor superficie de colocación impide que se exceda la presión superficial límite admisible. Mayor tolerancia para el Ø del taladro.
Arandelas especiales con dureza de 200 HV	Ventajas iguales a las de arriba. Uso hasta clase de resistencia 8.8

Aflojamiento rotacional

Los tornillos, que se encuentran bajo esfuerzos dinámicos por las fuerzas transversales F_Q en vertical respecto del eje del tornillo, empiezan a soltarse automáticamente cuando una carga previa insuficiente (dimensionado demasiado débil, errores de montaje, aflojado) permite que se produzcan movimientos de deslizamiento. Como consecuencia los tornillos y las tuercas rotarán por la pérdida de fricción, reduciendo la carga previa a cero.



- F_V = carga previa
- F_Q = fuerza transversal
- l_k = longitud de sujeción
- S_G = desplazamiento de las piezas de sujeción
- d = diámetro nominal

Se ofrecen las siguientes posibilidades de seguro contra aflojado:

Medidas	Efecto logrado
Ø superior de tornillos Clases de resistencia superior	Carga previa superior; de este modo se dificultan los movimientos relativos. (cierre de fuerza por fricción)
Tornillos de hombro de ajuste Pasadores cilíndricos o de sujeción	Evitación de los movimientos relativos entre las piezas tensadas (unión geométrica)
Tornillos largos ($l_k \geq 5 \cdot d$) Tornillos con vástago reducido Arandela de presión	Uniones elásticas con obtención de compensación
Tornillo nervado embutido o discos nervados	El efecto rotativo produce la compresión de la superficie empotrando las estrias

Resumen de la efectividad de las soluciones de bloqueo y prevención del aflojado en uniones atornilladas

! Nota
Los siguientes elementos de fijación están diseñados para evitar el aflojado y su consecuente pérdida (separación de tornillo y tuerca). El grado de efectividad indicado en la siguiente tabla respecto al aflojado y/o a la pérdida de elementos de fijación se basa en aplicaciones industriales típicas. Es responsabilidad del usuario comprobar los diferentes elementos y métodos conociendo exactamente el caso específico de uso.

Denominación del elemento de bloqueo	Seguridad frente a											Observaciones
	Aflojado del asiento					Aflojado rotacional					Pérdida	
	va- rios	5.6	8.8	10.9	12.9	va- rios	5.6	8.8	10.9	12.9		
Tornillos y tuercas con arandela estriada (VERBUS RIPP®)				○					●			Par de aflojado elevado gracias a la superficie con estrías
Tornillos y tuercas con dientes de bloqueo (VERBUS TENSILOCK®)								●				La superficie dentada evita el aflojado rotacional
Tornillos con valona dentada (ecosyn®-grip)			○					●				Par de aflojado elevado gracias a la superficie con estrías
Tornillos con arandela elástica cónica (ecosyn®-fix)		●					●					Par de aflojado elevado gracias a la arandela cónica
Precote® Typ 30/80/85, Scotch-Grip® 2353, Loctite®, DELO®, Three Bond®						●	●	●	●	●	●	Los agentes químicos eliminan el juego en la rosca y la sellan
Tornillos con parche de poliamida Tuflok®												● Seguridad antipérdida del tornillo/tuerca – máx. temp. 120 °C
Tornillos autorroscantes para metales DIN 7500 (ecosyn®-IMX)	●					●					●	● Seguridad global gracias al asiento de rosca sin juego
Tornillos autorroscantes para termo-plásticos ecosyn®-plast, PT® y DELTA PT®	●					●					●	● Seguridad global gracias al asiento de rosca sin juego
Tuercas hexagonales combinadas con arandelas imperdibles (ecosyn®-SEF)			●					●			●	● Seguridad gracias al contacto del tornillo con la rosca autoblocante Spiralock®, junto con una arandela cónica elástica y una plana imperdibles
Tuercas autoblocantes – todo metal (ISO 7042, DIN 980, etc.) y con inserto no-metálico (DIN 982, DIN 985, DIN 6924, DIN 6926, etc.)								●			●	● Seguridad antipérdida con inserto de poliamida en temperatura hasta 120 °C. Antipérdida con inserto metálico para aplicaciones más exigentes
Tuerca de obturación de seguridad (Seal-Lok®) etc.											●	● Seguro antipérdida y sellado gracias al inserto de sujeción de poliamida, máx. 120 °C
Tuerca almenada DIN 935 etc.						●	●	●			●	● El pasador impide la pérdida, posibilidad de limitar el aflojado
Tuercas hexagonales con arandela de presión (BN 80175, BN 1365)			●									La arandela cónica elástica compensa el juego en la rosca
Tuercas hexagonales con arandela dentada (BN 1364)								○				Incremento del par de aflojado gracias a la arandela dentada imperdible
Tornillos/tuercas con arandela (EN1661/EN1662/EN1665)			○					○				El gran área de contacto reduce la presión en la superficie de contacto; el aumento del diámetro efectivo reduce el aflojado radial
Arandelas elásticas de presión DIN 127/128/7980 etc.		●					○					Incremento ligero del par de aflojado gracias a su efecto muelle
Arandelas dentadas DIN 6798/6797 etc.							●					Par de aflojado elevado en superficies blandas
Rip-Lock™ Arandelas cónicas estriadas			●	○				●	○			Arandela cónica estriada universal, incrementa el par de aflojado en materiales sin tratar
Arandelas estriadas (estrias a los dos lados)			○					●	○			El efecto muelle de las arandelas estriadas por ambas caras incrementa el par de aflojado en materiales sin tratar
Arandelas estriadas SCHNORR VS									●			
Arandelas cónicas elásticas DIN 6796 etc.			●	●								Arandela elástica con elevada fuerza de muelle

Grado de seguridad: ● muy bien ● bien ○ moderado

Denominación del elemento de bloqueo	Seguridad frente a											Observaciones
	Aflojado del asiento					Aflojado rotacional					Pérdida	
	va- rios	5.6	8.8	10.9	12.9	va- rios	5.6	8.8	10.9	12.9		
Arandelas NORD-LOCK® sistema de seguridad de tornillos								●	●	●		El sistema de seguridad de tornillos NORD-LOCK® utiliza la geometría para bloquear con seguridad la uniones atornilladas en las aplicaciones más críticas. Resiste al aflojamiento causado por la vibración y las cargas dinámicas.

Grado de seguridad: ● muy bien ● bien ○ moderado

Experiencia práctica para tornillos que tienen que fijarse

Longitud de sujeción L_k $\varnothing$ de rosca d	Esfuerzo			
	estático		dinámico	
	en dirección del eje	perpendicular al eje	en dirección del eje	perpendicular al eje
Corto $L_k < 2 d$	Elemento de seguridad no necesario	Acordar seguro	Acordar seguro	Se requiere seguro
Medio $5 d > L_k \geq 2 d$	Elemento de seguridad no necesario	Elemento de seguridad no necesario	Acordar seguro en función de las condiciones marginales	Se requiere seguro
Largo $L_k \geq 5 d$	Elemento de seguridad no necesario	Elemento de seguridad no necesario	Elemento de seguridad no necesario	Acordar seguro en función de las condiciones marginales