



Introducción

El automóvil está formado por un elevado número de piezas y conjuntos que deben interactuar entre ellos manteniendo sus posiciones relativas, se necesita mantener una unión entre ellos, y puesto que cada parte realiza una función determinada, también requiere un tipo de unión diferente.

Los diferentes sistemas de unión o ensamblaje son uno de los factores que más decisivamente influyen en el desarrollo de los procesos de reparación y, más específicamente, en los tiempos de intervención.

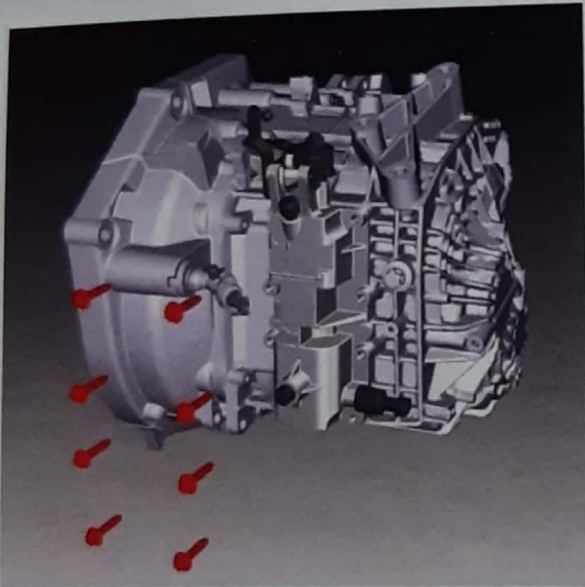


Figura 10.1. Ensamblaje realizado mediante tornillos.

A la hora de establecer el sistema de unión más idóneo, es necesario realizar una serie de consideraciones previas. Entre ellas, cabe destacar:

- El grado de accesibilidad de la pieza.
- La frecuencia de sustitución.
- Su contribución en materia de resistencia estructural.
- Las características de los materiales que se van a unir o ensamblar.

A nivel general, los diferentes sistemas de unión podrían clasificarse en dos grandes grupos que, básicamente, se diferencian en la facilidad para desmontar o eliminar la unión. Estos grupos son:

- Uniones fijas.
- Uniones amovibles o desmontables.

Por uniones desmontables se entienden aquellas que se pueden desmontar y montar sin dañar las piezas.

Entre los tipos más importantes de uniones amovibles se encuentran:

- Uniones atornilladas.
- Uniones remachadas.
- Uniones pegadas (no estructurales).
- Uniones articuladas.
- Uniones realizadas con otros elementos de sujeción.

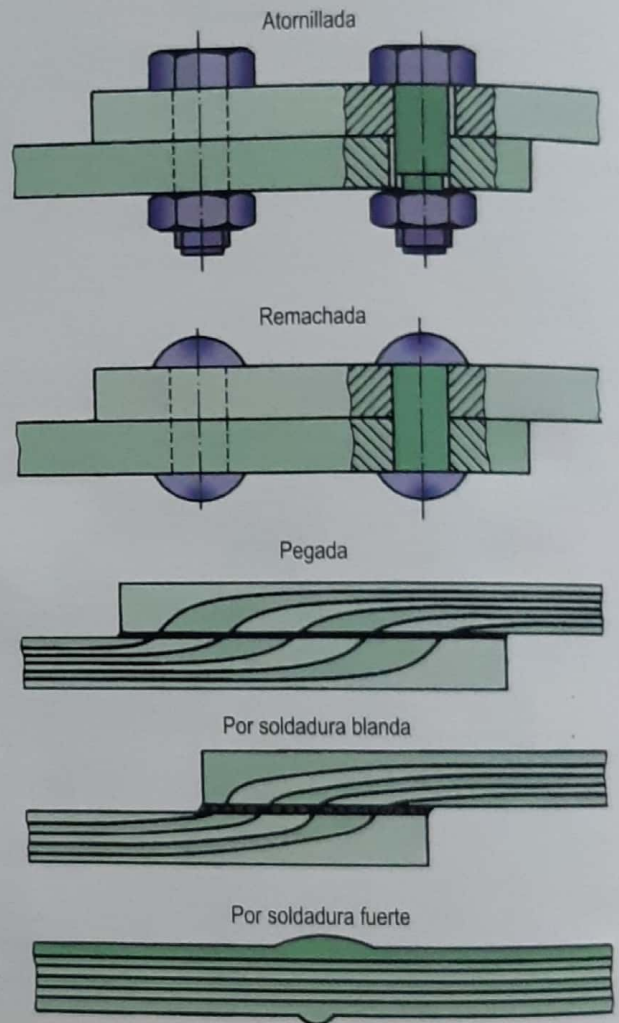


Figura 10.2. Diferentes tipos de uniones.

10.1. Uniones atornilladas

Aunque existen distintos tipos de uniones atornilladas, todas tienen en común la sujeción de las piezas utilizando una barra cilíndrica, con cabeza o sin ella, a la que se le ha tallado una rosca, cuyos filetes al penetrar en los de la otra pieza impiden el desplazamiento relativo. Al intentar separarlas, tirando de ambas en sentido opuesto, los filetes «encastrados» unos en otros soportan en uno de sus flancos el esfuerzo aplicado impidiendo su salida.

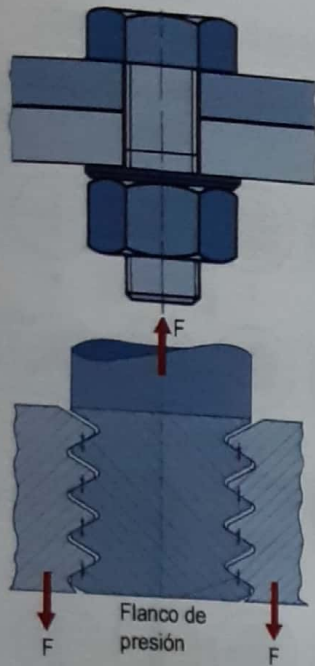


Figura 10.3. Uniones atornilladas.

Las uniones atornilladas presentan las siguientes características:

- Fácil desmontaje.
- Altas concentraciones de tensiones.
- Aspecto de la unión con discontinuidades.
- Ejecución de la unión relativamente lenta.
- Posibilidad de unir cualquier tipo de material.
- Alta resistencia a la temperatura.
- Ausencia de preparación previa de los materiales que se van a unir.
- Equipamiento prácticamente inexistente o de muy bajo coste.
- Portabilidad inmediata de la unión.

Con la utilización de elementos atornillados se pretenden conseguir uniones entre diferentes piezas, en las que se trata de impedir su separación en la dirección de los ejes de los tornillos. Los esfuerzos de compresión se consiguen mediante un óptimo cerramiento de la unión atornillada.

Entre las uniones atornilladas más usuales se pueden encontrar:

- **Tornillos con cabeza y tuerca.** Estos dos elementos producen el cerramiento por compresión que impide la separación de las piezas.
- **Tornillos con cabeza pero sin tuerca.** Una de las piezas posee un agujero (ciego o no) roscado para realizar la función de cerramiento que cumplía la tuerca en el caso anterior.

- **Mediante tornillos sin cabeza** (varillas roscadas o espárragos). El cerramiento se produce entre una de las piezas y una tuerca, de tal manera, que al apretar la tuerca, el esfuerzo de torsión se transmite también al espárrago, que de esta forma se fija aún más sobre la pieza.

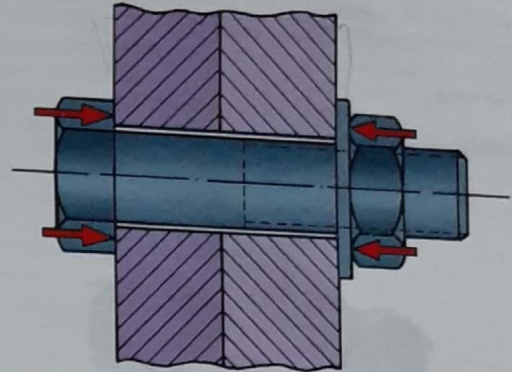


Figura 10.4. Ensamblaje atornillado mediante tornillo con cabeza y tuerca.

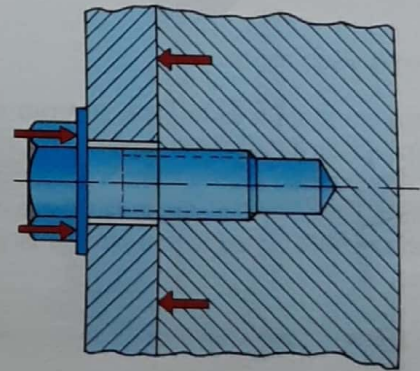


Figura 10.5. Ensamblaje atornillado mediante tornillo con cabeza y la pieza.

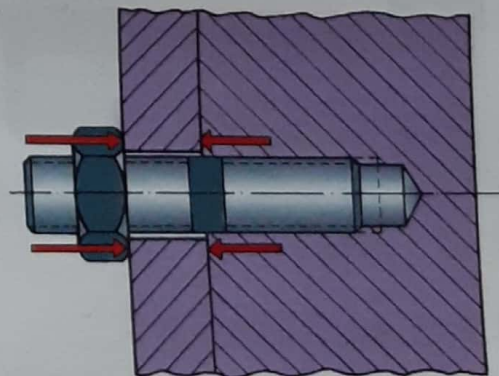


Figura 10.6. Ensamblaje atornillado mediante tornillo sin cabeza, tuerca y la pieza.

Los elementos más importantes que intervienen en este tipo de unión son:

- Tornillos, espárragos, varillas roscadas, etc.
- Tuercas y arandelas.
- Elementos de seguridad.

10.1.1. Tornillos

Son los elementos más importantes de las uniones desmontables. Se utilizan en los ensamblajes que no requieren una resistencia estructural importante y en aquellas uniones con una alta frecuencia de intervenciones. A nivel de constitución, están formados por:

- Cabeza.
- Vástago: espiga y rosca.



Figura 10.7. Tornillo, tuerca y arandela.

La cabeza del tornillo es la parte superior del mismo y se usa para aplicar la fuerza de apriete. En ella suele ir marcado el dato relativo a la resistencia del tornillo (lo que da idea de su calidad). El tamaño de la cabeza del tornillo es la distancia medida de un lado a otro de la parte plana de la misma.

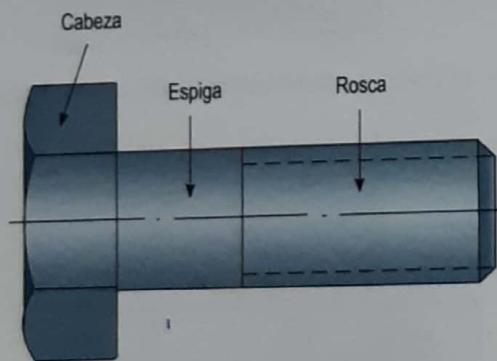


Figura 10.8. Partes de un tornillo.

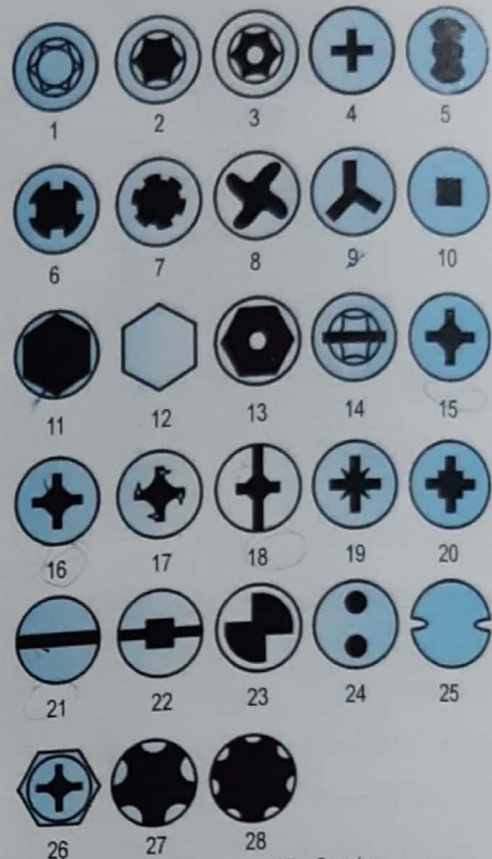
Clasificación de los tornillos

A la hora de clasificar los tornillos que más habitualmente se pueden encontrar en los diferentes ensamblajes de piezas del automóvil, se pueden establecer varias agrupaciones atendiendo a diferentes criterios de utilización. Estos son, entre otros:

- Según la forma interior de la cabeza.
- Según su forma exterior.
- Según su función.

» Formas interiores de la cabeza del tornillo

Las formas interiores de la cabeza más comúnmente empleadas son las que aparecen en la Figura 10.9.



- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Torx externa | 15. Quadex |
| 2. Torx interna | 16. Phillips |
| 3. Torx inviolable | 17. Phillips II |
| 4. BNAE | 18. Phillips ranurada |
| 5. De aletas | 19. Pozi Drive |
| 6. Acanalada (4 ranuras) | 20. Phillips cuadrada |
| 7. Acanalada (6 ranuras) Bristol | 21. Ranurada |
| 8. MorTorq | 22. Cuadrada con ranura |
| 9. Tri-Wing | 23. Ranurada inviolable |
| 10. Cuadrada | 24. Perforada inviolable |
| 11. Allen | 25. Con ranuras inviolable |
| 12. Exagonal externa | 26. Phillips de cabeza exagonal |
| 13. Exagonal interna inviolable | 27. SDS-Plus (5 estrias) |
| 14. Ranurada de 6 lóbulos | 28. SDS-Plus (7 estrias) |

Figura 10.9. Diferentes configuraciones de la cabeza de los tornillos.

» Forma exterior del tornillo

Según su forma exterior, entre los tornillos más frecuentemente utilizados se encuentran los de la Figura 10.10.

» Función de los tornillos

Según su función, se pueden distinguir los siguientes tipos:

- **Tornillos para metales (métricos).** Suelen llevar rosca (métrica) en toda su extensión. Presentan configuraciones variadas y pueden emplearse con una tuerca.

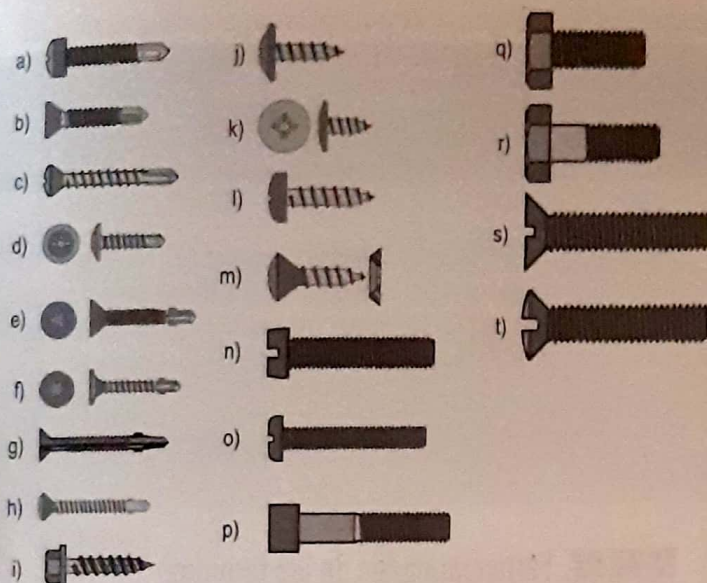


Figura 10.10. Tipos más comunes de tornillos.

- **Tornillos de rosca-chapa.** Como su mismo nombre indica, se utilizan para la sujeción de chapas que no estén sometidas a grandes esfuerzos, sin necesidad de tuerca o por medio de una pieza denominada «grapa».



Figura 10.11. Tornillos autoperforantes y de rosca chapa.

- **Tornillos autoperforantes.** Tienen la punta afilada (en forma de broca) para perforar su propio orificio, quedando perfectamente ajustados. Pueden disponer de estrías en la cabeza, para fresar la superficie de asiento.
- **Tornillos de moldura.** Tienen una cabeza ancha en forma de arandela, que además de mejorar su aspecto, evita que la moldura se desplace.
- **Tornillos de cabeza soldable.** Normalmente son tornillos métricos de pequeño diámetro, cuya cabeza se suelda a la chapa de la carrocería mediante equipos de soldadura por resistencia (multifunción). Se utilizan para fijar accesorios, molduras, etc.

Características de los tornillos de rosca chapa

Este tipo de tornillos tienen la punta afilada o cónica y disponen de un paso de rosca muy ancho para poder adaptarse al perfil de la anchura de las chapas.

- a) Tornillo autoperforante con cabeza «gota de sebo».
- b) Tornillo autoperforante con cabeza avellanada.
- c) Tornillo autoperforante con cabeza avellanada «gota de sebo».
- d) Tornillo autoperforante con arandela incorporada.
- e) Tornillo de aletas con estrías fresadoras.
- f) Tornillo de aletas sin estrías fresadoras.
- g) Tornillo cabeza avellanadora con aletas de estrías fresadoras.
- h) Tornillo cabeza avellanadora «gota de sebo» con aletas de estrías fresadoras.
- i) Tornillo para chapa con cabeza hexagonal y arandela imperdible.
- j) Tornillo para chapa con cabeza plana y ala ancha.
- k) Tornillo para chapa con cabeza plana y ala ancha.
- l) Tornillo para chapa de cabeza cilíndrica y ranura Phillips.
- m) Tornillo para chapa de cabeza «gota de sebo», ranura Phillips y ovalillo.
- n) Tornillo métrico cilíndrico.
- o) Tornillo métrico de cabeza plana con ranura.
- p) Tornillo métrico allen de cabeza cilíndrica.
- q) Tornillo métrico hexagonal con cabeza roscada.
- r) Tornillo métrico hexagonal con vástago.
- s) Tornillo métrico avellanado con ranura.
- t) Tornillo métrico «gota de sebo» con ranura.

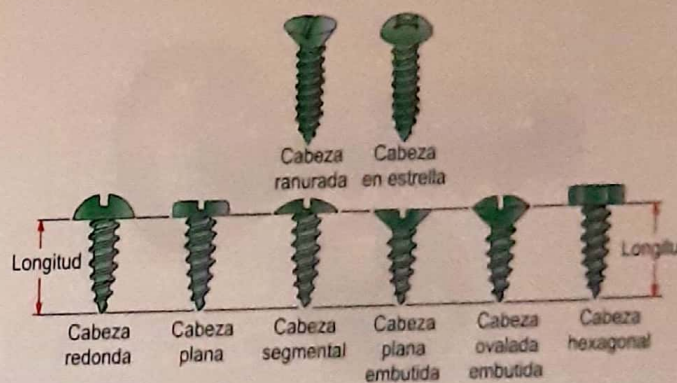


Figura 10.12. Tornillos rosca chapa más comunes.

Algunas de las características constructivas más significativas de este tipo de tornillos son:

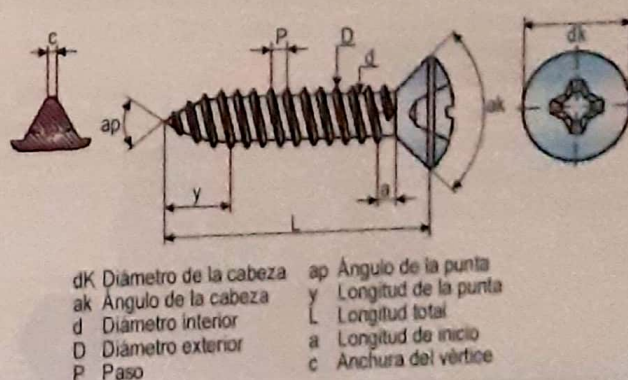


Figura 10.13. Características de los tornillos de rosca chapa.

En la instalación de tornillos rosca chapa es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- Medir el diámetro interior, para determinar el diámetro de la broca con la que se han de taladrar las chapas.

Tabla 10.1. Diámetros de los taladros para insertar tornillos rosca chapa.

Rosca	Chapa de acero o latón Espesores (mm)				Chapa de aluminio Espesores (mm)				
	0,4-0,6	0,6-1,5	1,5-2,5	2,5-4,0	0,4-0,6	0,6-1,0	1,0-1,5	1,5-2,5	2,5-4,0
ST 2,9	2,25	2,40	2,50	-	2,20	2,20	2,25	2,40	-
ST 3,5	2,70	2,80	2,90	3,00	2,70	2,70	2,80	2,80	-
ST 3,9	-	3,10	3,20	3,30	-	3,00	3,00	3,10	3,10
ST 4,2	-	3,30	3,40	3,50	-	3,20	3,20	3,30	3,30
ST 4,8	-	3,80	3,90	4,00	-	3,70	3,70	3,80	3,80
ST 5,5	-	4,40	4,50	4,60	-	4,30	4,30	4,40	4,40
ST 6,3	-	5,10	5,20	5,30	-	5,00	5,00	5,10	5,10

- En función del espesor de las chapas que se van a unir, se determinará el paso del tornillo (en este tipo de tornillo, se entiende por *paso*, la distancia que recorre el tornillo al dar una vuelta completa).

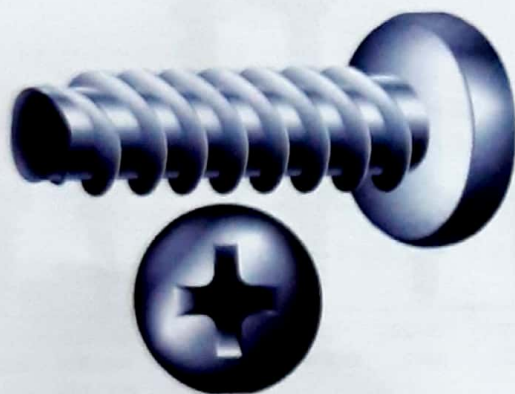


Figura 10.14. Detalle de la configuración de un tornillo de rosca chapa.

En la Tabla 10.1 se detallan los diámetros adecuados de los taladros previos para la correcta instalación de los tornillos rosca chapa, en función del material base y el espesor de las chapas a fijar (norma UNE 17020):

Un taladro demasiado grande puede provocar que el material base *se pase de rosca*, o que la fijación quede floja. En cambio, un taladro demasiado pequeño puede provocar la imposibilidad de roscar el tornillo, romperlo o deformar el material a fijar.

Particularidades de los tornillos

A la hora de trabajar con los tornillos se deben conocer y tener en cuenta una serie de particularidades como son: la resistencia del tornillo, el par de apriete y sus aplicaciones más habituales.

» Resistencia del tornillo

La resistencia del tornillo indica la magnitud de la fuerza de torsión que hay que aplicar para apretar la tuerca. Los tornillos se fabrican con diferentes materiales y distintos grados de dureza. El grado de resistencia de los tornillos, tal y como ya se ha referido, se indica mediante líneas o números marcados en la parte superior de la cabeza, y también da idea, de la fuerza de torsión. En el sistema métrico, la resistencia de los tornillos está indicada por números; cuanto mayor es el número más fuerte es el tornillo.

El marcaje de la cabeza del tornillo consta de dos números separados por un punto.

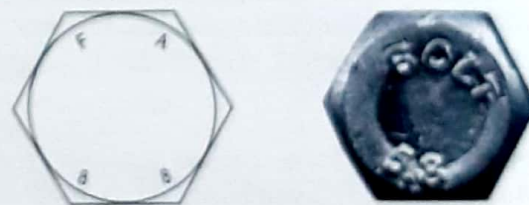


Figura 10.15. Marcaje de la cabeza de un tornillo.

Definición	Sin líneas. Calidad indeterminada	3 líneas. Calidad estándar.	4 líneas. Calidad intermedia.	5 líneas. Calidad mejorada.	6 líneas. Calidad óptima.
Resistencia a la tracción	30 Kp/mm ²	50 Kp/mm ²	70 Kp/mm ²	70 Kp/mm ²	90 Kp/mm ²

Figura 10.16. Marcaje de la cabeza de un tornillo Whitworth.

El primer número representa una centésima de la carga nominal unitaria de rotura por tracción en N/mm^2 .

Resistencia mecánica a la tracción

100

El segundo número expresa la relación, multiplicada por diez, entre la carga unitaria de deformación elástica y carga nominal unitaria de rotura por tracción.

Límite elástico

$\times 10$

Resistencia mecánica a la tracción

Ejemplo

Tornillo con el marcaje 8.8

Indica los siguientes datos:

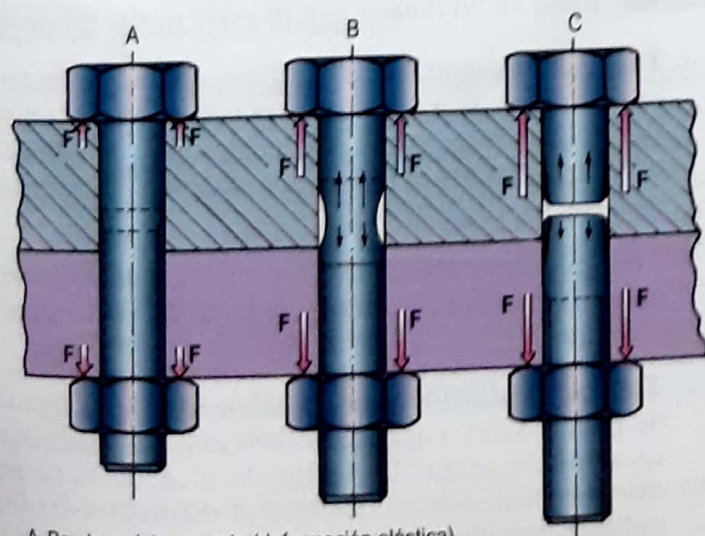
- Carga de rotura: 800 N/mm^2 (8×100)
- Carga de deformación elástica: 640 N/mm^2 ($800 \times 8/10$)

En el sistema inglés (Whithworth), el número de líneas está directamente relacionado con la fuerza de torsión que hay que aplicar.

La resistencia a la tracción es la presión en Kp/mm^2 que el tornillo es capaz de resistir antes de romperse cuando se tira de él. Cuanto más fuerte sea este, mayor será su resistencia a la tracción.

Par de apriete de los tornillos

El par de apriete de los tornillos es la magnitud de la fuerza de giro que hay que aplicar a la hora de apretarlo. Si se



- A Par de apriete correcto (deformación elástica).
B Par de apriete excesivo (deformación permanente).
C Par de apriete muy elevado (rotura).

Figura 10.17. Situaciones que pueden darse en el apriete de un tornillo.

sobrepasa esta fuerza, se supera el límite elástico del tornillo, produciéndose un alargamiento del mismo (sin aumentar ya la fuerza de apriete). Si se continúa aplicando fuerza sobre el tornillo, este se estira algo más, llegando a partirse.

Cuando el apriete es excesivo, también puede ocurrir que se deshagan los filetes de la rosca (se «pasaría de rosca»).

Por el contrario, si no se aprieta lo suficiente, podría aflojarse y soltarse, desapareciendo el efecto de sujeción.

El par de apriete aplicado con una llave viene determinado por la expresión de la Figura 10.18.

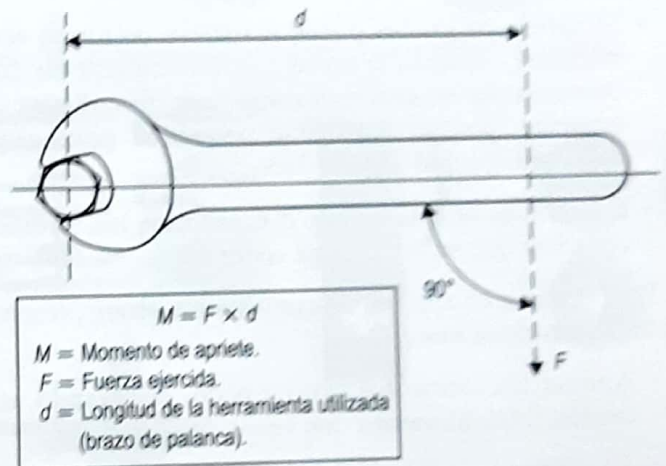


Figura 10.18. Cálculo del par de apriete.

En la actualidad, todos los fabricantes de vehículos tienden a indicar el par de apriete final de los tornillos en grados, especialmente en las uniones más precisas. Ello es debido a que los aprietes con llaves dinamométricas acostumbran a ser poco precisos a causa de la imprecisión generada por una gran cantidad de variables como la temperatura, la posición de la mano, la velocidad del apriete, el rozamiento existente en la unión, etc.

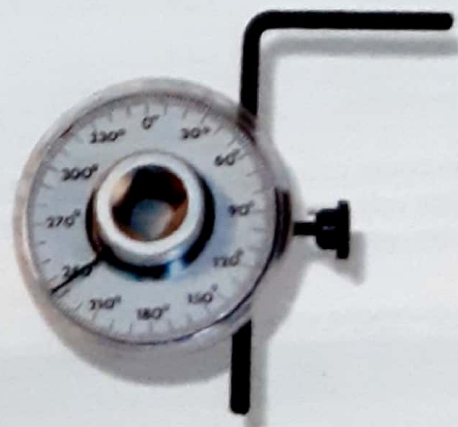


Figura 10.19. Coniómetro medidor del ángulo de apriete.

Cuando se realiza un apriete angular, lo que se mide es el giro que realiza el tornillo, cuya medida en grados se realiza mediante un goniómetro o angulímetro. El proceso

de apriete se realiza con un preapriete en unidades de fuerza seguido de un giro angular. Es importante señalar que no existe equivalencia entre grados y unidades de fuerza. Como prueba de ello baste el ejemplo siguiente: si apretamos dos tornillos que presentan diferente dificultad de roscado, si aplicamos las mismas unidades de fuerza, uno habrá roscado más que otro. Por el contrario, si apretamos ambos tornillos a 45°, los dos habrán roscado por igual aunque cueste más esfuerzo en uno que en otro caso.

En este tipo de apriete conviene tener presente dos recomendaciones:

- El apriete en grados puede realizarse de forma acumulativa, es decir, si no se puede conseguir un giro determinado en una sola etapa (por dificultades de espacio), podrán realizarse pequeños giros cuya suma sea igual al ángulo dado.
- En aprietes angulares hay que sustituir los tornillos cada vez que se intervenga sobre ellos.

Para realizar el apriete, es conveniente tener presente algunas consideraciones:

- Apretar los elementos poco a poco, efectuando una torsión total, al menos dos veces.
- Al utilizar herramientas neumáticas para realizar el apriete, pueden estirarse los tornillos o incluso romperse (el tornillo o la rosca).

Por lo que respecta al apriete mediante unidades de fuerza, conviene recordar cuáles son las más habituales y su correspondencia.

Tabla 10.2. Unidades de fuerza.

Sistema de medida	Unidad de medida
Métrico	Kpm (kilopondio por metro)
Inglés	Lb ft (libras por pie)
Internacional	Nm (newton por metro)

Tomando como referencia el apriete en Kpm, los cálculos prácticos más frecuentes para determinar su equivalencia en otros sistemas pueden resumirse en:

Tabla 10.3. Equivalencias entre unidades.

Para pasar de	Operación a realizar
Newton a kilos	En la práctica dividir por 10
Kilos a newton	En la práctica multiplicar por 10
Libras a kilos	Dividir por 7,23
Kilos a libras	Multiplicar por 7,23

10.1.2. Tuercas

Las tuercas son cilindros muy cortos normalmente abiertos por los extremos, su diámetro exterior tiene forma de hexágono y su diámetro interior va roscado.

Su función se debe a que cuando se la hace girar sobre la rosca de un tornillo o de un espárrago, se genera una importante fuerza de empuje que comprime la unión y mantiene unidos a los componentes del ensamblaje.

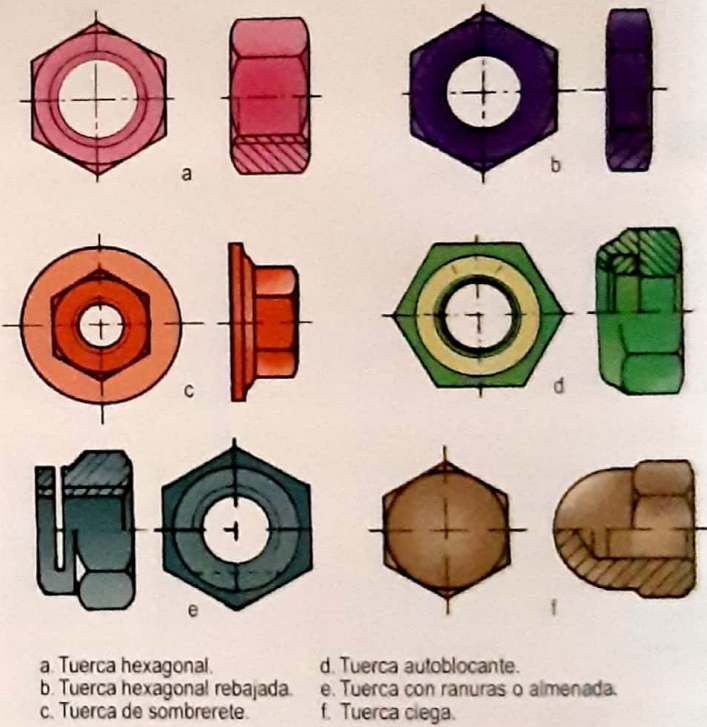


Figura 10.20. Diferentes tipos de tuercas.

Tipos de tuercas

- **Tuercas hexagonales.** Se utilizan como contratuercas o tuercas de inmovilización para mantener en su sitio a otras tuercas convencionales. La contratuercas se aprieta contra la tuerca convencional para evitar que esta se salga.
- **Tuercas de sombrerete.** Se emplean para distribuir mejor la fuerza de apriete con el fin de evitar deformaciones.
- **Tuercas autoblocantes.** Suelen tener un engaste de plástico cuyo ajuste forzado evita que la tuerca se afloje o salga. El anillo de plástico tiene un diámetro interior menor que el diámetro exterior del tornillo. Durante el proceso de apriete, y una vez que el tornillo entra en contacto con el anillo, el avance queda frenado debido a la diferencia de diámetros, de tal manera que al introducirse

el tornillo en el citado anillo, al frenado mecánico producido por el contacto de los hilos de las roscas, se le une la fuerza de fricción del plástico sobre dichos hilos, ya que este material, al ser muy elástico, se adapta perfectamente al perfil de las roscas. Estas tuercas deben desecharse una vez extraídas.

- **Tuercas almenadas o con ranuras.** Como su mismo nombre indica, tienen unas ranuras o cortes en la parte superior, en las que se introduce una horquilla de seguridad u otro sistema de bloqueo para inmovilizarlas junto al tornillo. La tuerca almenada consiste en una tuerca hexagonal a la cual se le han practicado ranuras que coinciden con el eje de sus caras. A su vez en el tornillo o espárrago se le realiza un taladro, perpendicular al eje longitudinal. Una vez apretada la tuerca se introduce un pasador a través de las ranuras de la misma y el agujero del tornillo; a este pasador se le separan las puntas, siendo prácticamente imposible que la tuerca pueda aflojarse.

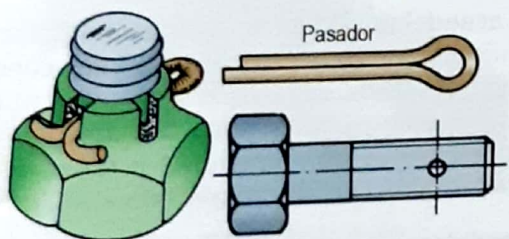


Figura 10.21. Tuerca almenada y su aplicación.

- **Tuercas ciegas.** Están cerradas en uno de sus extremos, y se utilizan tanto por cuestiones estéticas como para mantener limpias y secas las roscas.

■ ■ Otros tipos de tuercas

- **Tuercas enjauladas.** La característica principal de este tipo de tuercas, es que están encerradas en una especie de jaula (de ahí su nombre). Se emplean en aquellas uniones en que es difícil tener acceso a la tuerca para su inmovilización durante el apriete/aflojado. También, y debido a la movilidad de la tuerca a lo largo y ancho de su alojamiento, compensan tolerancias de acabado en el montaje. Estas jaulas normalmente se introducen a presión en alojamientos que las piezas tienen a tal fin, o llevan un soporte autoadhesivo.

Tuercas para chapa (grapas). Consisten en unas pequeñas chapas elásticas (dobles o simples) que suelen ir montadas a presión, y que sirven para fijar tornillos (normalmente roscachapa) en paneles, guardanidos, tapicerías, molduras, etc.

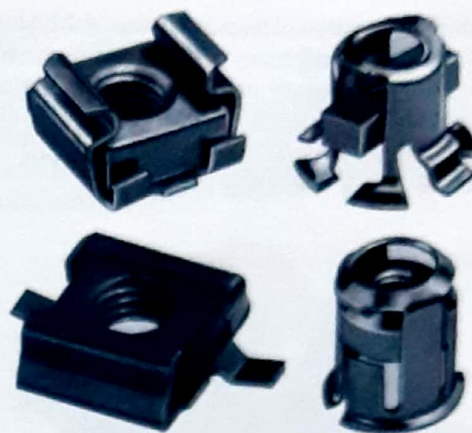


Figura 10.22. Tuercas enjauladas de aplicación en zonas de difícil acceso.

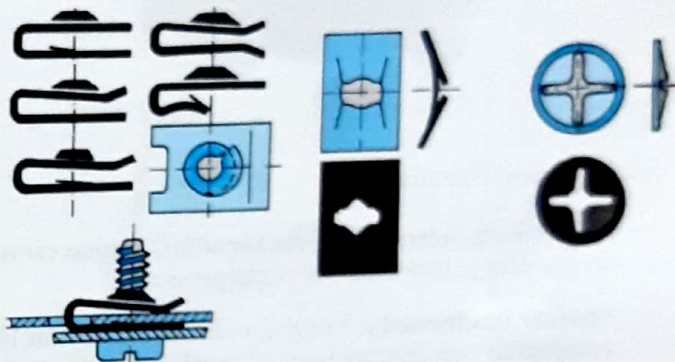


Figura 10.23. Tuercas (grapas) para unir chapas o materiales delgados.

■ ■ 10.1.3. Elementos complementarios en las uniones atornilladas

Existen una serie de elementos que se utilizan en los ensamblajes con tornillos/tuercas, cuya función es tratar de impedir que la unión se debilite o falle.

Las causas principales por las que un montaje roscado puede fallar, son:

- **La relajación de la tensión aplicada (carga).** Un montaje roscado se «relaja» cuando se produce un cambio permanente en la longitud axial del tornillo o cuando cambia la temperatura. Esto reduce la tensión del tornillo y, consecuentemente, la fuerza de sujeción. Los cambios de longitud permanentes pueden producirse por:
 - » **Asentamiento.** Las caras rugosas de ciertos elementos del ensamblaje (arandelas, tuercas, etc.) se «aplanan» bajo la presión ejercida por el tornillo.
 - » **Disminución del espesor de las piezas ensambladas.** Este efecto aparece cuando la presión superficial de la cara de apoyo del tornillo o tuerca, sobrepasa el límite de resistencia a la compresión de los materiales de las piezas ensambladas.