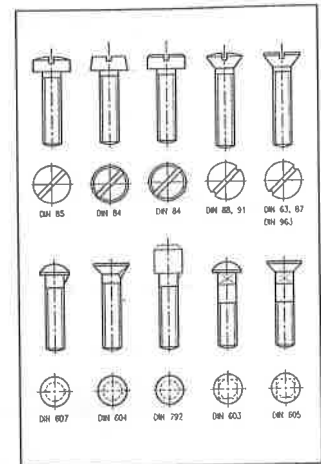


## UNIONES ROSCADAS Y ELEMENTOS ACCESORIOS



Se llama *rosca* al resultado de efectuar una ranura helicoidal sobre un cilindro (o a veces sobre un cono). Normalmente, se dice que un agujero está *terrajado* y que una barra está *roscada*. Al conjunto rosca-cilindro se le llama *tornillo* y al conjunto rosca-agujero se le denomina *tuerca*.

Una superficie helicoidal está generada por una curva que gira alrededor de un eje con velocidad angular uniforme y se desplaza a lo largo de él con velocidad uniforme. La unión roscada siempre implica un giro acompañado de un desplazamiento a lo largo de un eje.

Una unión roscada puede tener dos funciones: unir dos elementos ejerciendo presión entre ellos o transformar un movimiento de giro en uno de traslación.

En el caso de la función de fijación, se debe garantizar que una vez apretada la unión, ésta no se aflojará (función realizada por medio de arandelas elásticas, contratuercas, o por la simple presión del apriete). En el caso de transformación de movimiento, el rozamiento originado en los perfiles helicoidales no debe ser importante, como es el caso típico de los husillos de las máquinas herramientas.

### 12.1. Características de una rosca. Definiciones

**Diámetro nominal ( $D$ ):** se denomina diámetro nominal al diámetro mayor originado por la ranura helicoidal; en un tornillo será el diámetro del vértice del filete, y en una tuerca el diámetro del fondo del filete. Un tornillo que rosca en una tuerca tiene siempre el mismo diámetro nominal que ella (figura 12.1). Antes de tallar la rosca, los diámetros originales del eje ( $D1$ ) y del agujero ( $D2$ ) son distintos.

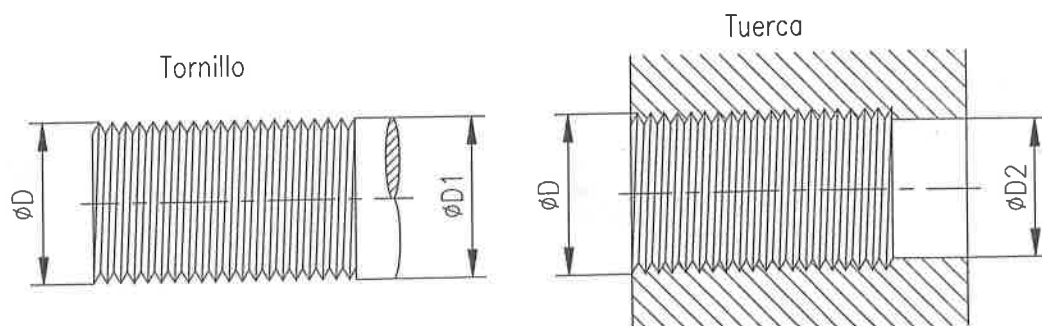


FIGURA 12.1. Definiciones. Diámetro nominal.

**Paso ( $Ph$ ):** es la distancia longitudinal que avanza un tornillo por cada vuelta que gira, o bien es la distancia entre dos puntos de la hélice situados en la misma generatriz. Para un tipo de rosca determinado, a cada diámetro nominal le corresponde una serie de pasos normalizados, que pueden ser el normal o medio (usado en tornillería corriente) (figura 12.2b), un paso fino (figura 12.2a), este último se utiliza excepcionalmente (roscado sobre tubos de paredes delgadas, tuercas de poco grueso, tornillos para aparatos de precisión, etc.), o un paso grueso (figura 12.2c). Normalmente cuanto más fino es un paso, más estrechas son las tolerancias y por lo tanto el coste de fabricación es mucho mayor.

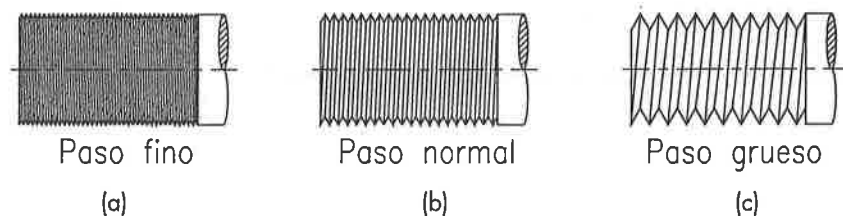


FIGURA 12.2. Definiciones. Paso.

**Número de hilos:** si para un diámetro nominal dado, se desea tener un paso grande y conservar una sección resistente de tornillo suficiente (núcleo del tornillo), se deben intercalar en el intervalo de un paso varias ranuras helicoidales idénticas desfasadas entre sí un ángulo igual a  $360^\circ$  dividido por el número de hélices. Para saber el número de hilos que tiene una rosca basta con contar el número de entradas en el extremo de la rosca. La rosca con varias entradas permite conseguir para una vuelta de tornillo un desplazamiento mayor del mismo. En una rosca de varios hilos, el paso  $Ph$  es el desplazamiento axial del elemento en una revolución completa, y la división  $P$  es la distancia axial entre dos flancos contiguos (pertenecientes a dos hilos de rosca distintos) de igual dirección. El cociente entre el Paso  $Ph$  y la división  $P$  coincide con el número de hilos de la rosca. En la figura 12.3 se muestra un tornillo de dos hilos.

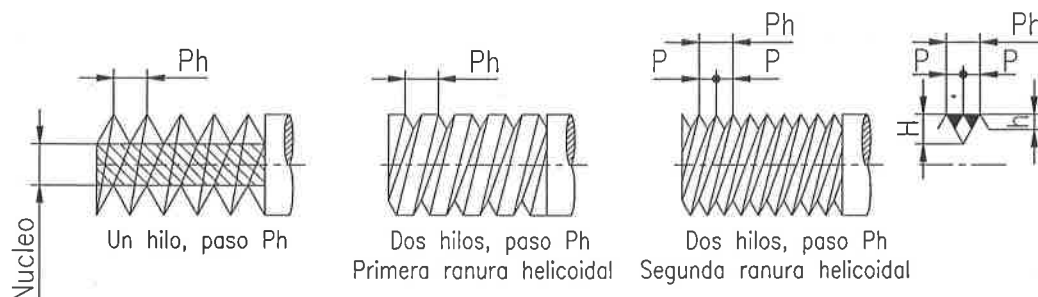


FIGURA 12.3. Definiciones. Roscas de varios hilos.

**Sentido de la hélice:** se dice que un tornillo está roscado “a derechas” cuando penetra en su tuerca inmovilizada girando de izquierda a derecha. Por el contrario, un tornillo está roscado “a izquierdas” cuando penetra en su tuerca inmovilizada girando de derecha a izquierda.

**Perfil de la rosca:** es la sección que se obtiene cortando la rosca por un plano que contiene a la generatriz y al eje del cilindro o del agujero.

## 12.2. Perfiles de rosca. Tipos

Según para lo que se quiera utilizar la rosca, existen distintos tipos de perfiles. El más común y usado es el *perfil métrico ISO*.

### 12.2.1. Rosca métrica ISO

Se usa fundamentalmente en tornillería y para aplicaciones en general de uso común. Las roscas métricas ISO de paso normal se designan anteponiendo la letra *M* al diámetro nominal en milímetros. Por ejemplo, *M 30* corresponderá a una rosca de diámetro nominal 30 y un paso de 3,5 mm (que es el normalizado para la rosca métrica regular o normal).

Las roscas finas se designan anteponiendo la letra *M* al diámetro nominal, al signo "x" y al paso en mm. Por ejemplo, *M 30 x 1,5* corresponderá a una rosca de diámetro nominal 30 y un paso de 1,5 mm.

La figura 12.4 presenta la forma de la rosca métrica ISO. Su forma detallada y dimensiones se especifican en la norma UNE 17-702, equivalente a la DIN 13 e ISO 261.

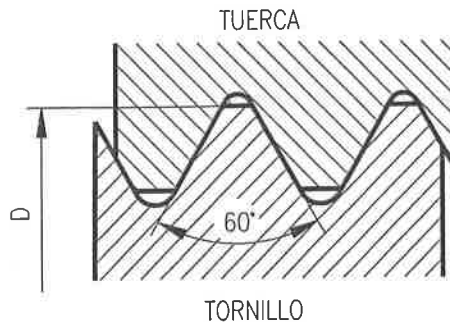


FIGURA 12.4. Características del perfil métrico ISO.

### 12.2.2. Rosca Withworth

Se usa frecuentemente en instalaciones hidráulicas, conducciones y fontanería. La rosca Withworth se designa anteponiendo la letra *W* al diámetro nominal en pulgadas. Por ejemplo, *W 5" 1/4* corresponderá a una rosca de diámetro nominal 5" 1/4 y un paso de 2 5/8 hilos por pulgada (que es el normalizado para la rosca Withworth regular o normal).

La figura 12.5 muestra la rosca Withworth. Su forma detallada y dimensiones aparecen en la norma DIN 11.

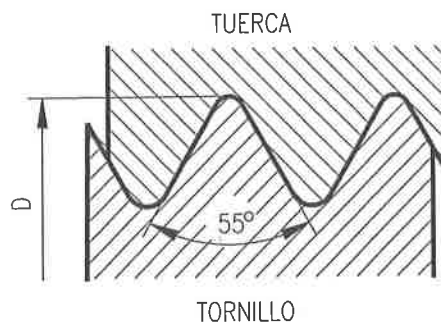


FIGURA 12.5. Características del perfil de rosca Withworth.

Un caso especial de rosca Withworth lo constituye la rosca de tubo Withworth. Este tipo de rosca es muy utilizada en recipientes a presión, tubos y empalmes. Se emplean dos variedades:

- Rosca cilíndrica interior y rosca cilíndrica exterior.
- Rosca cilíndrica interior y rosca cónica exterior.

La rosca cilíndrica interior y rosca cilíndrica exterior se usa para tubos roscados y accesorios con uniones roscadas sin junta entre los elementos roscados. Sus dimensiones detalladas aparecen en la norma DIN 259. Se designa mediante la letra R, seguida del diámetro nominal en pulgadas, por ejemplo  $R 1 \frac{1}{8}$ .

El segundo tipo de rosca (tornillo con rosca cónica) se usa en las válvulas de recipientes a presión donde es necesario garantizar la estanquidad de la unión roscada. Sus dimensiones detalladas aparecen en la norma DIN 2999. Se designa mediante la letra R, seguida del diámetro nominal en pulgadas y la identificación de la norma DIN 2999, por ejemplo  $R 1 \frac{1}{8}$  DIN 2999.

### 12.2.3. Rosca trapezoidal

La rosca trapezoidal se emplea en roscas utilizadas como elementos transformadores de giro en desplazamiento o viceversa, como por ejemplo en husillos. En la figura 12.6 se muestra la forma de la rosca. Sus dimensiones aparecen en la norma DIN 103.

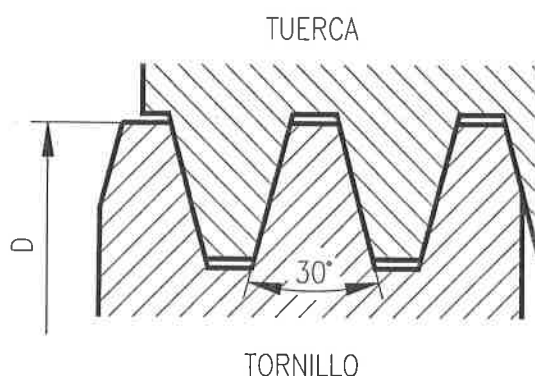


FIGURA 12.6. Rosca trapezoidal.

Este tipo de roscas se designa mediante el símbolo *Tr* seguido del diámetro nominal. Para roscas de un hilo (o de entrada de un solo paso) se coloca después el signo "x" y el paso del perfil. Por ejemplo: *Tr 40 x 3* sería una rosca trapezoidal de un hilo de diámetro nominal 40 y paso 3.

Para roscas trapezoidales de varios hilos, a continuación del símbolo *Tr* y el diámetro nominal se coloca el paso *Ph* de la rosca de varios hilos medido en mm, la letra *P* y la división en mm. Por ejemplo: *Tr 40 x 14 P 7* sería la designación para una rosca trapezoidal de diámetro nominal 40, paso 14 y división 7 (recordemos que el cociente entre el paso de la rosca y la división es el número de hilos de la rosca, 2 en este caso).

### 12.2.4. Rosca redonda

El perfil de rosca redondo (figura 12.7) reduce en gran medida la acumulación de tensiones mecánicas, es muy resistente a esfuerzos importantes y también a los golpes. Sin embargo su utilización es escasa, ya que su fabricación es compleja. Su perfil se obtiene partiendo de la rosca trapezoidal redondeando el fondo y la cresta con dos arcos de circunferencia. Sus dimensiones aparecen especificadas en la norma DIN 405.

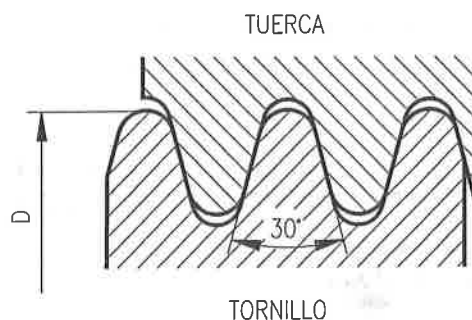


FIGURA 12.7. Perfil de rosca redonda.

La rosca se designa mediante el símbolo *Rd* seguido del diámetro nominal, el signo “x” y el paso. Por ejemplo, *Rd 16 x 3*.

#### 12.2.5. Rosca en dientes de sierra

El perfil asimétrico o en “dientes de sierra” (figura 12.8) se utiliza cuando el componente radial del esfuerzo puede despreciarse y los esfuerzos axiales son relativamente importantes en el sentido del flanco más vertical. Se utilizan en pinzas de torno. Se designa mediante la letra *S* seguida del diámetro nominal, el signo “x” y el paso. Por ejemplo, *S 36 x 3*. Sus dimensiones se ofrecen en la norma DIN 513, 514 y 515.

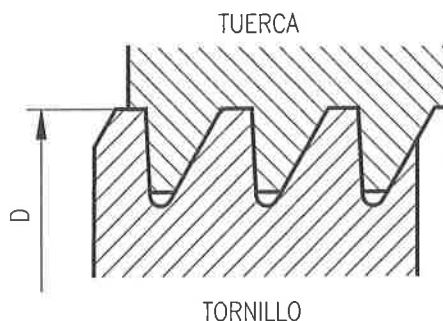


FIGURA 12.8. Perfil de rosca en dientes de sierra.

#### 12.2.6. Designación de las roscas

Las roscas se designan según se ha indicado anteriormente en cada uno de los casos. Si no se indica más que el tipo de rosca, el diámetro nominal y el paso (según los casos), se sobreentiende que la rosca es a derechas. Pero si la rosca es a izquierdas, se indicará mediante la palabra *izquierda* o la abreviatura *izd.*, situada detrás de la designación. Si una pieza tiene roscas a derechas y a izquierdas, se indicarán no solamente las roscas a izquierdas sino también las roscas que son aderechas con la palabra *derecha* o la abreviatura *dcha.* detrás de la designación.

### 12.3. Representación convencional y acotación de las roscas

Las roscas se representarán según lo indicado en la norma UNE 1-108-83. El método indicado es independiente del tipo de rosca utilizado. El tipo de rosca y sus medidas deben especificarse con la ayuda de las designaciones contenidas en las normas apropiadas que tratan sobre las roscas.

Para las roscas vistas, las crestas de los filetes están limitadas mediante una línea llena gruesa. El fondo de los filetes se limita mediante una línea llena fina (figura 12.9a). Se recomienda que, en la medida de lo posible, la distancia del trazo grueso al trazo fino sea igual a la altura de los filetes; en caso de que esto no sea posible, no debe ser inferior al mayor de los dos valores siguientes: dos veces el grosor del trazo grueso o 0,7 mm.

Para las roscas ocultas, las crestas de los filetes y el fondo de los mismos se limitan por líneas de trazos (figuras 12.9c y 12.9d).

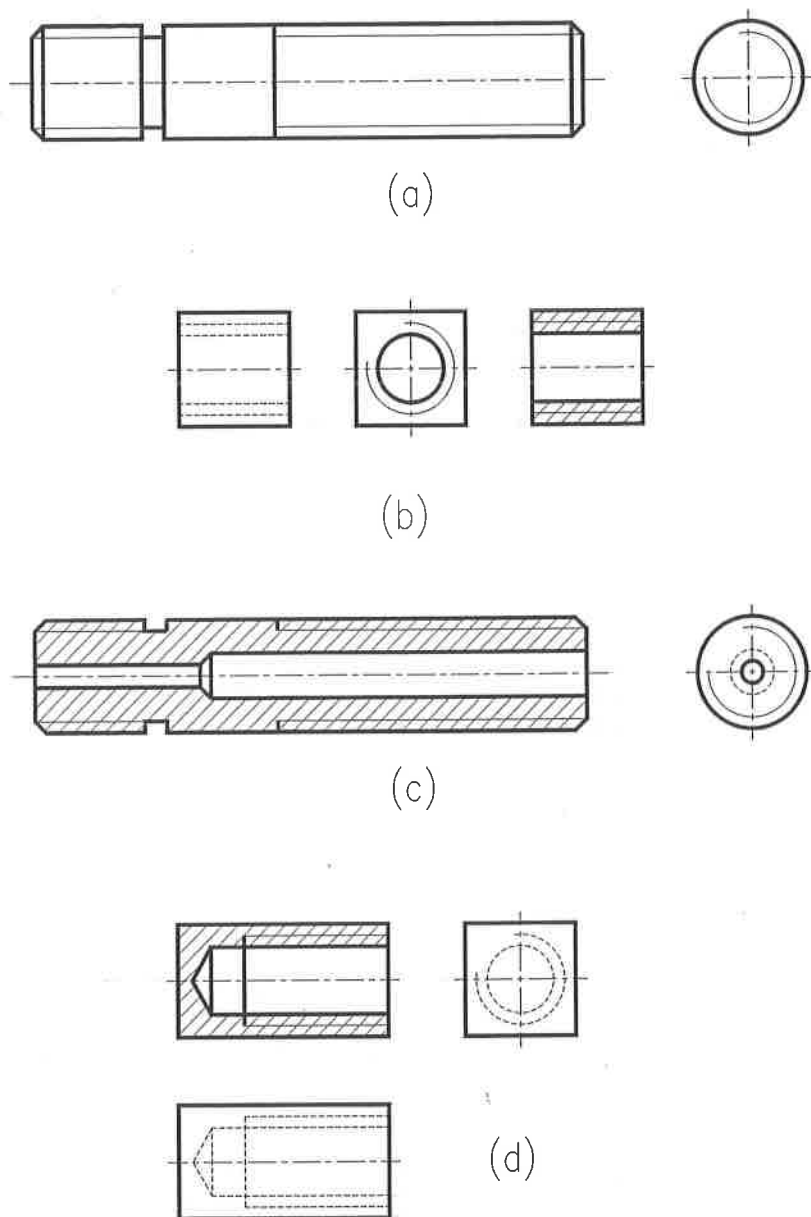


FIGURA 12.9. Representación convencional de las roscas.

Para las piezas roscadas representadas en corte, el rayado se prolonga hasta la línea de las crestas de los filetes (figuras 12.9 b, 12.9c y 12.9d).

En la vista según su eje de una rosca vista, el fondo de los filetes se representa mediante una circunferencia incompleta, aproximadamente igual a las tres cuartas partes de la misma, trazada con línea llena fina (figuras 12.9a, 12.9b y 12.9c).

En la vista según su eje de una rosca oculta, el fondo de los filetes se representa mediante una circunferencia incompleta, aproximadamente igual a las tres cuartas partes de la misma, trazada con una línea de trazos (figura 12.9d).

El límite de la rosca útil se indica mediante una línea gruesa o de trazos, según sea vista u oculta. Esta línea se dibuja hasta el diámetro exterior del roscado (figuras 12.9a, 12.9c y 12.9 d).

Los filetes incompletos o las salidas de rosca no se representan (figura 12.9), aunque deben representarse cuando exista una necesidad funcional para ello (figura 12.10).

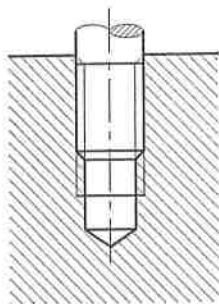


FIGURA 12.10. Representación de salidas de rosca.

Para las uniones de piezas roscadas, se aplican los convenios indicados anteriormente. Además, deberá tenerse en cuenta que las roscas exteriores deben ocultar a las interiores y no deben ser ocultadas por estas últimas (figura 12.11).

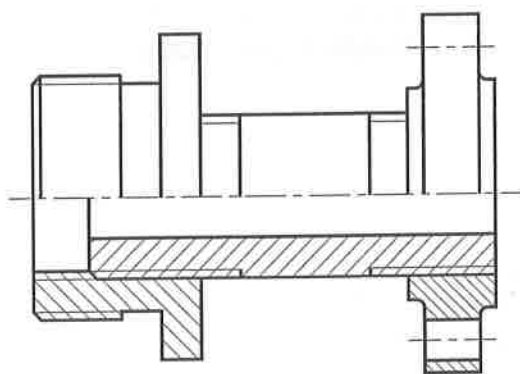


FIGURA 12.11. Representación de piezas roscadas.

Las roscas deben acotarse siempre con una cota diametral correspondiente al diámetro nominal de las mismas (figura 12.12a). Recordemos que el diámetro nominal en una rosca macho (tornillo) corresponde al diámetro exterior de la rosca, representado con línea gruesa, y que el diámetro nominal de una tuerca corresponde también al diámetro exterior de la misma y se representa con líneas finas. Como cifra de cota se debe colocar siempre la designación normalizada de la rosca. La figura 12.12a corresponde a un tornillo con rosca métrica de diámetro nominal 10 y paso normal. La figura 12.12b representa a una tuerca con rosca métrica de diámetro 16 a izquierdas. La figura 12.12c muestra a un tornillo de rosca trapezoidal de diámetro nominal 10 y paso 1. Por último, la figura 12.12d corresponde a una tuerca de rosca trapezoidal de diámetro nominal 10, paso 1 y sentido de rosca a izquierdas.

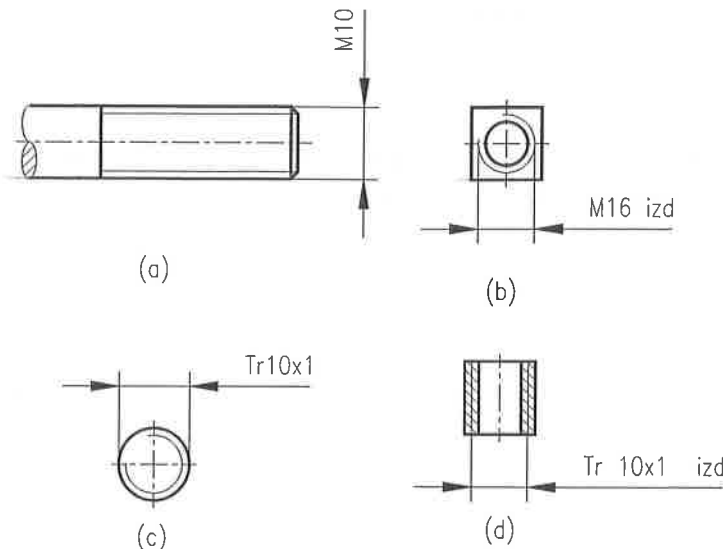


FIGURA 12.12. Acotación de roscas.

## 12.4. Tornillos

Un tornillo es un elemento roscado macho. Puede desempeñar dos funciones: transformador de movimiento lineal en circular o viceversa, y elemento de unión entre varios elementos. Cuando desempeña la función de elemento transformador de movimiento se le llama también husillo.

Los husillos como tales no están normalizados totalmente como lo están los tornillos. Únicamente tienen normalizado el perfil de rosca utilizado. Normalmente se emplea el perfil de rosca trapezoidal.

Cuando desempeña la función de fijación el tornillo tiene en general dos partes: la cabeza y la espiga. La cabeza tiene, según se verá posteriormente, formas variadas según cual vaya a ser la herramienta que se utilizará para su montaje. La espiga es el elemento cilíndrico. Puede estar total o parcialmente roscado. El extremo libre del tornillo, según la función que vaya a desempeñar, tiene también formas variadas.

Cuando el tornillo desempeña la función de elemento de montaje, normalmente se utilizan perfiles de rosca métrica o Withworth.

Los tornillos como elemento de unión se utilizan para sujetar varias piezas por medio de la rosca, que presiona a las piezas unas sobre otras. En este caso, el tornillo puede desempeñar varias funciones (figura 12.13):

- *Tornillo de montaje:* desempeña la función de tornillo de montaje cuando la cabeza del tornillo ejerce la presión que garantiza la unión.
- *Tornillo de presión:* desempeña la función de tornillo de presión cuando la fuerza que garantiza la unión la realiza el extremo de la espiga, empujando y presionando a la pieza.
- *Tornillo de fijación:* el tornillo de fijación, también llamado *prisionero*, realiza la unión interponiéndose entre dos elementos e impidiendo el movimiento relativo entre ambos.
- *Tornillo de guía:* se utiliza la forma especial del extremo de su espiga para permitir un movimiento relativo entre los dos cuerpos que une (rotación o traslación) e impedir el otro (traslación o rotación respectivamente).



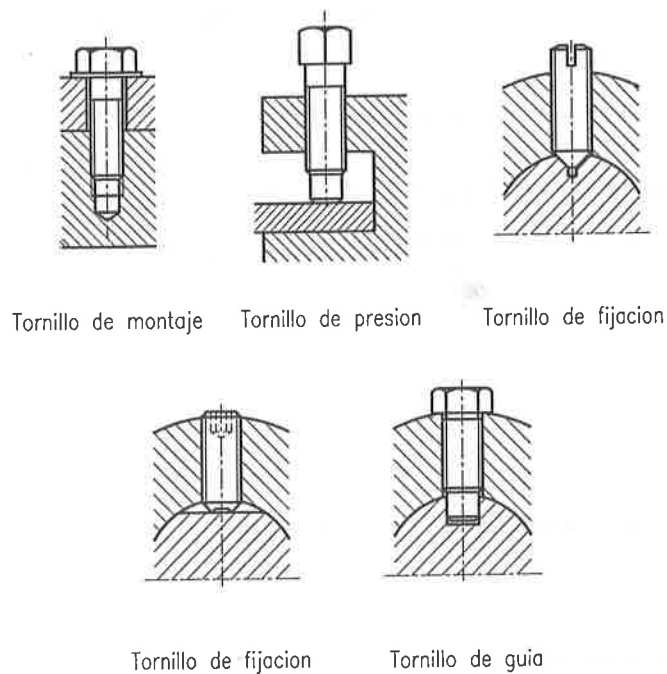


FIGURA 12.13. Tipos de tornillos según su función.

### 12.4.1. Tornillos metálicos

Los tornillos de este tipo presentan distintos tipos de cabezas y también distintos tipos de espigas. En la figura 12.14 se ofrecen los nombres de los distintos tipos de cabezas de los tornillos.

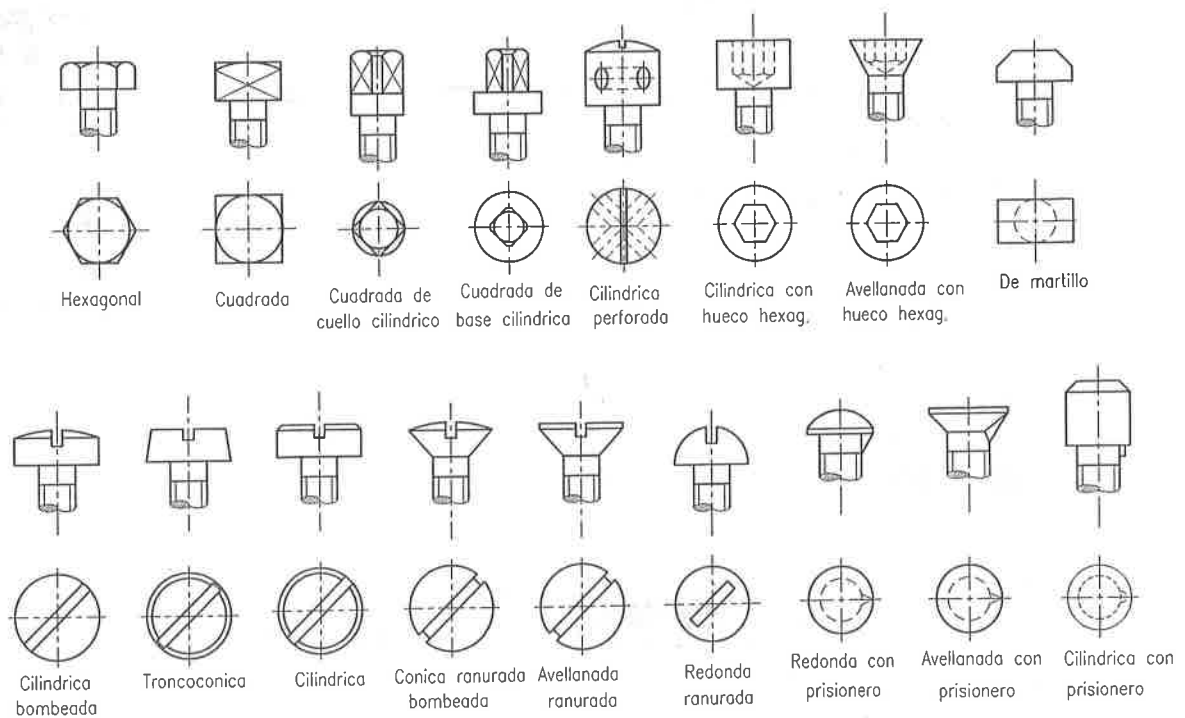


FIGURA 12.14. Tipos de cabezas de tornillos metálicos.

En la figura 12.15 se muestran los nombres de los distintos tipos de extremos de los tornillos, definidos según la norma DIN 78.

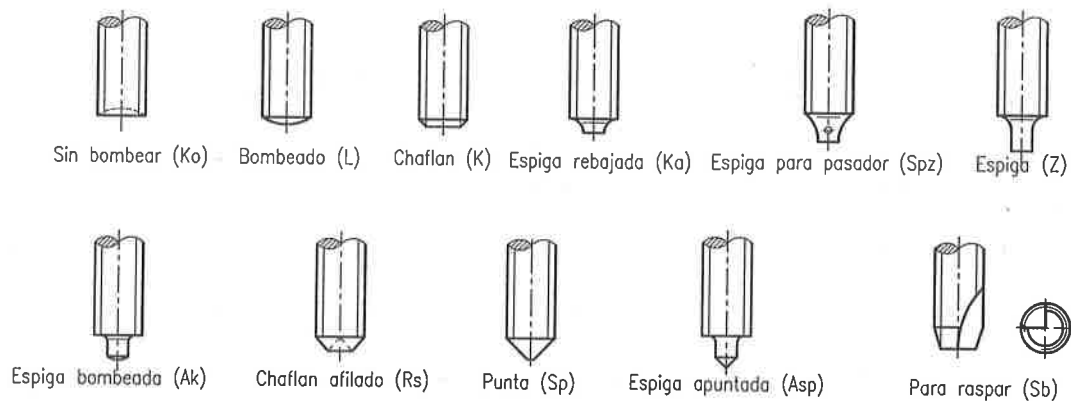


FIGURA 12.15. Tipos de extremos de tornillos metálicos según la norma DIN 78.

El apriete más firme lo ofrecen las cabezas hexagonal y cuadrada, siendo la primera de ellas la de mayor utilización. Si se desea que la cabeza quede oculta sobre la superficie de la pieza, alojándose en un taladro, se debe recurrir a las cabezas cilíndricas con orificio hexagonal, que permiten mecanizar fácilmente su alojamiento en un agujero de poco diámetro. Los tornillos con hueco hexagonal en la cabeza reciben también el nombre de tornillos Allen. Las cabezas con ranura se utilizan menos, ya que el apriete que se puede ejercer es menor. Las cabezas avellanadas o cónicas facilitan el centrado entre las piezas.

Los extremos de tornillo sin bombear, bombeado y con chaflán se emplean generalmente en tornillos de montaje. Los extremos de espiga, chaflán afilado y en punta, con todas sus variantes, se usan en tornillos con funciones de tornillos de presión, de guía o prisioneros.

Por último, el extremo "para raspar" permite el autoterrajado del orificio sin roscar cuando se realiza el montaje del tornillo.

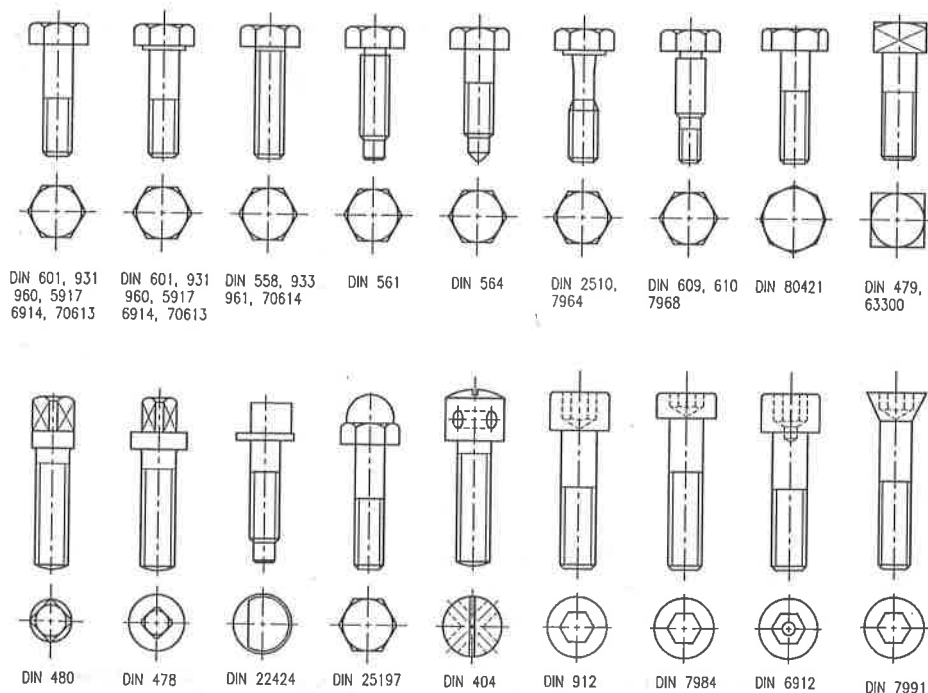


FIGURA 12.16. Tipos de tornillos metálicos.

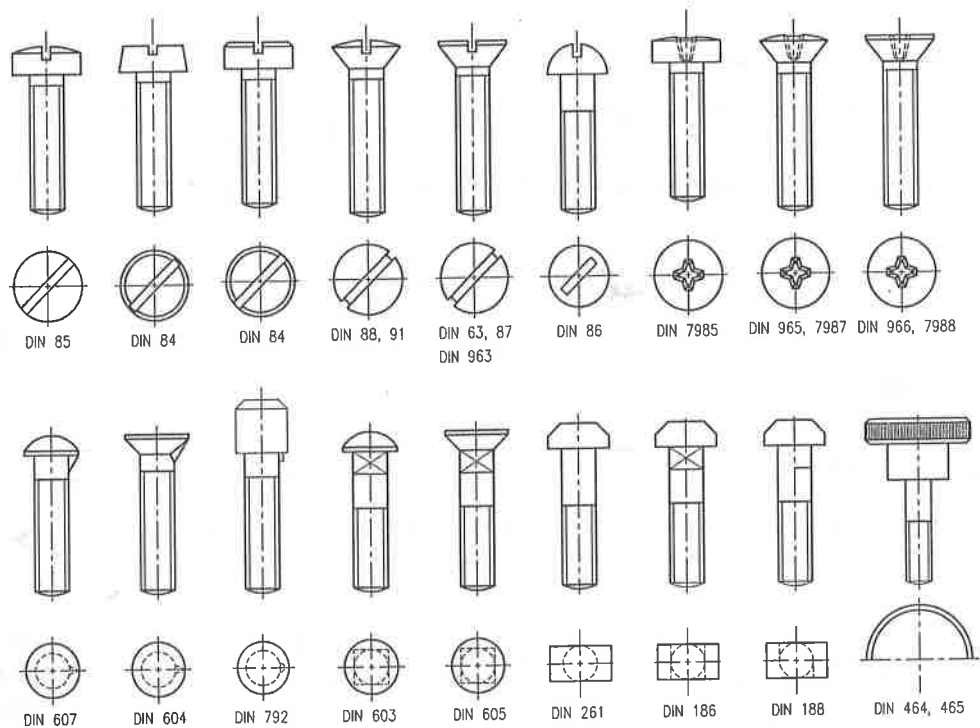


FIGURA 12.16. (continuación) Tipos de tornillos metálicos.

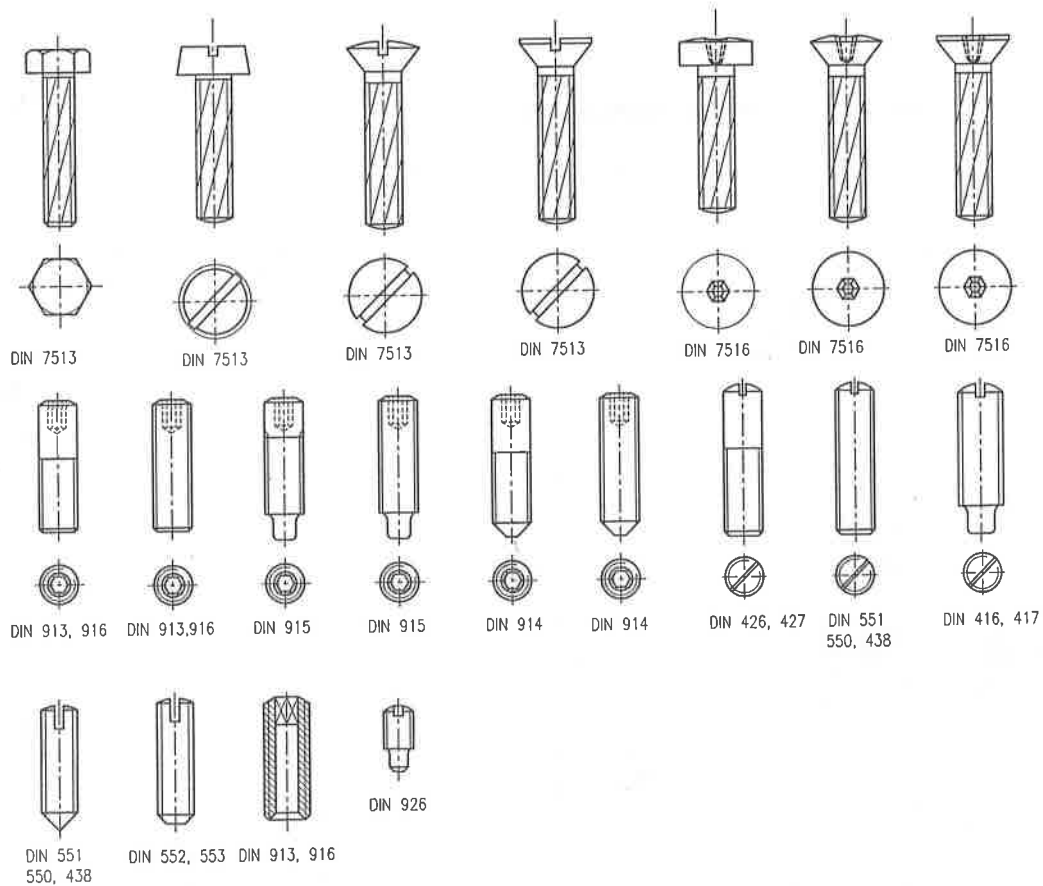


FIGURA 12.16. (continuación) Tipos de tornillos metálicos. Tornillos autoterrajantes, varillas metálicas y prisioneros.

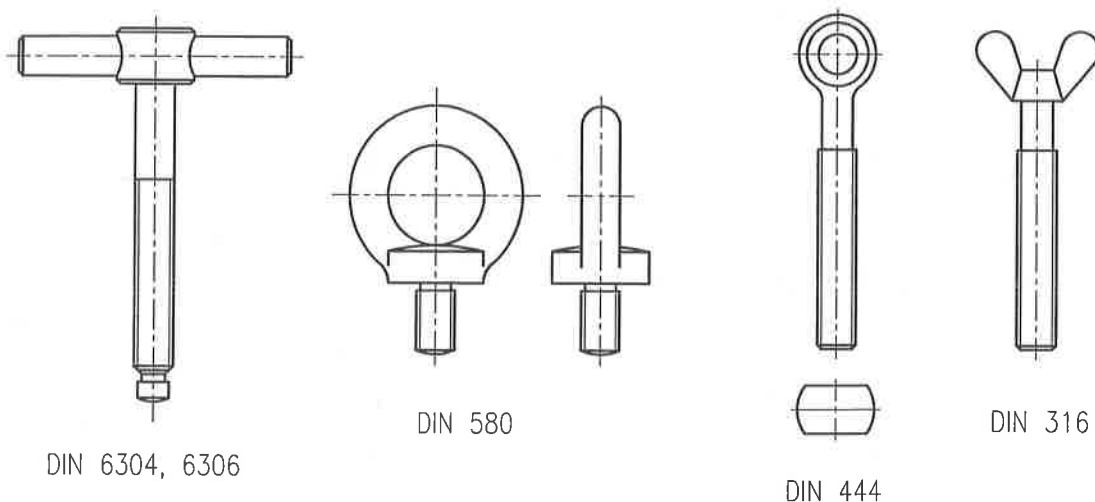


FIGURA 12.16. (continuación) Tipos de tornillos metálicos para aplicaciones especiales.

Las combinaciones de los distintos tipos de cabezas y de extremos permiten una infinidad de tipos de tornillo. La mayoría de estas combinaciones están normalizadas, y existe para cada tipo de tornillo específico (formado como combinación de un tipo de cabeza y un tipo de extremo), una norma que define sus series de dimensiones normalizadas. Las normas DIN son las más completas y las que ofrecen una gama más amplia de tornillos normalizados. Aunque podría decirse que existe un tipo de tornillo para cada aplicación, en la figura 12.16 se recogen los más comunes y la norma DIN que los define.

#### 12.4.2. Tornillos para chapa y autoterraajantes

Este tipo de tornillos (figura 12.17) puede tener dos tipos de punta dependiendo de su aplicación (forma A para extremo plano y forma B para extremo en punta). Para superficies metálicas de poco espesor (normalmente menor de 1,5 mm), se aplican los de punta cónica. Para chapas más gruesas, más blandas y materiales plásticos, se utiliza el tornillo de extremo plano. Pueden tener varios tipos de cabezas. También pueden emplearse los tornillos de punta cónica con un clip de sujeción en el extremo.

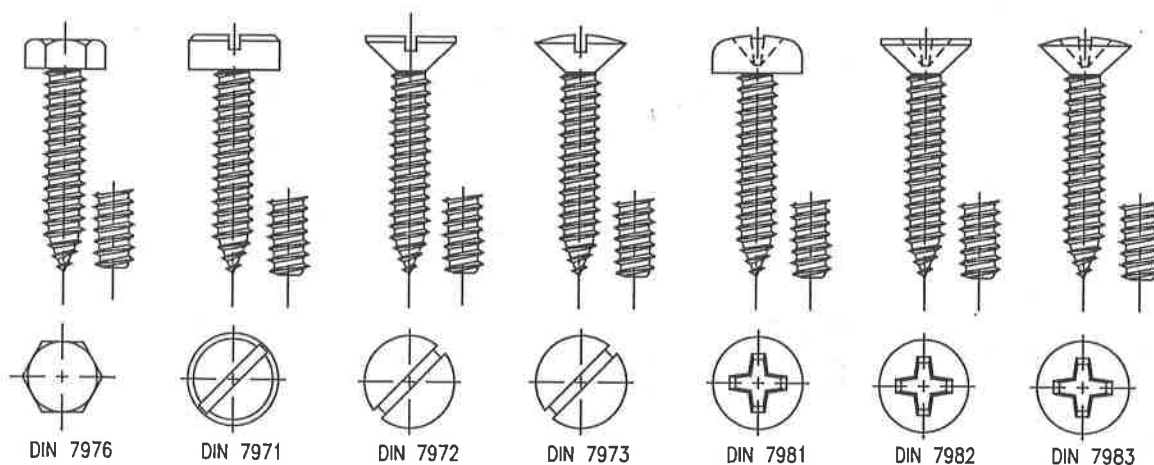


FIGURA 12.17. Tornillos para chapa y autoterraajantes.

### 12.4.3. Tornillos para madera

Los tornillos para madera o tirafondos (figura 12.18a) se fabrican en acero dulce o en latón y van recubiertos de un baño metálico de zinc, cadmio, níquel, etc. El tipo más frecuente es el de cabeza avellanada, aunque también existen de forma redondeada.

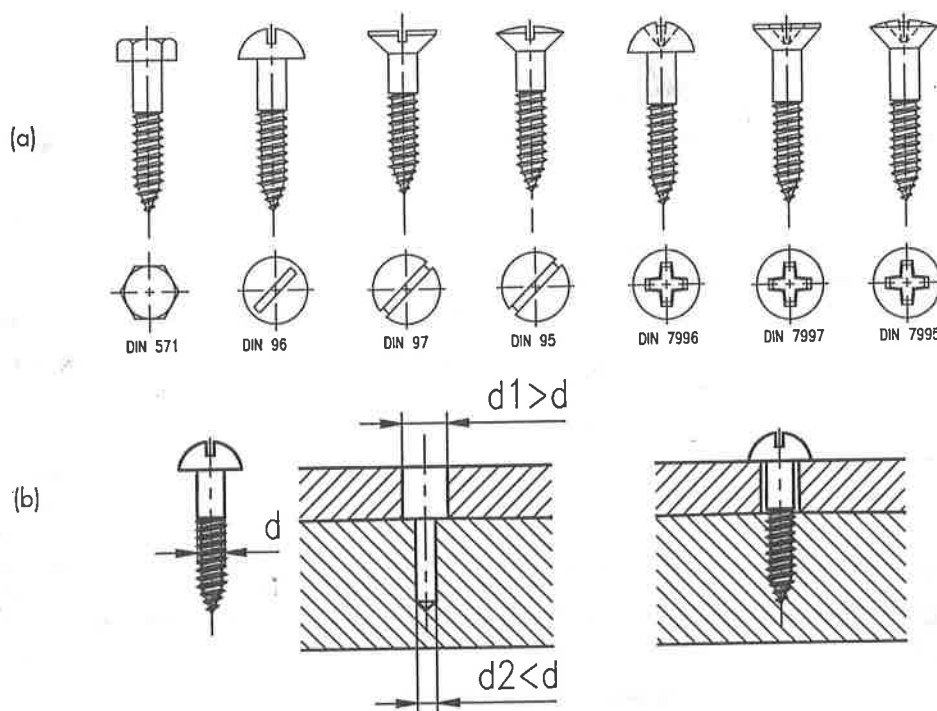


FIGURA 12.18. (a) Tornillos para madera. (b) Montaje de tirafondos.

Para su colocación hay que realizar un taladro pasante ( $d_1 > d$ ) previo en las piezas que se van a unir y otro taladro ( $d_2 < d$ ) en la pieza donde se atornillará (figura 12.18b).

### 12.4.4. Acotación longitudinal de tornillos y espárragos

La norma UNE 17-050, equivalente a la ISO 225, establece un método unificado para definir las dimensiones longitudinales de los tornillos y espárragos, ya que estos son elementos normalizados para los que no es necesario realizar un plano de despiece. Las cotas que aparecen en la figura 12.19 son las que se utilizan para construir el tornillo cuando es necesario y son, asimismo, las que se definen en la norma correspondiente de cada tipo de tornillo y las que intervienen en su designación.

De esta forma, el sentido que tienen es el siguiente:

- Para tornillos de cabeza prismática (hexagonal, cuadrada, etc.), la longitud “l” representada y que se utiliza para la designación, es la longitud total de la espiga del elemento, sin considerar la cabeza del tornillo.
- Para tornillos de cabeza avellanada, la longitud “l” es la longitud total del tornillo, incluyendo la cabeza.
- Para tornillos con extremos en punta o con espiga, la longitud roscada “b” incluye la longitud “c” del extremo en punta o de la espiga.

- Para espárragos, la longitud “l” corresponde a la longitud resultante después de roscar el extremo biselado.

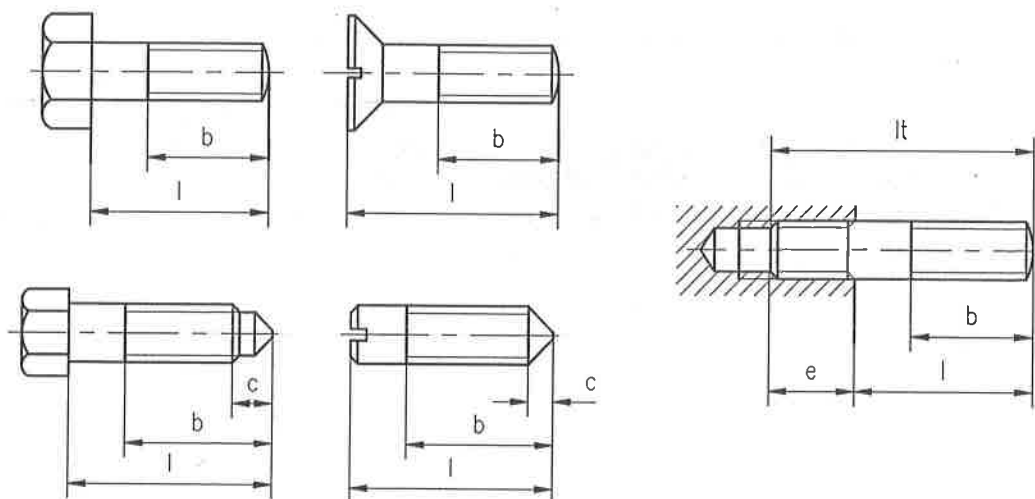


FIGURA 12.19. Dimensiones longitudinales de tornillos y espárragos.

La norma UNE 17-051, equivalente a la ISO 888, establece cuáles son las series de longitudes nominales “l” normalizadas para tornillos y espárragos. Asimismo, contiene las fórmulas para determinar la longitud roscada “b” en función del diámetro nominal “d” y la longitud nominal “l”. En la tabla 12.1 se muestran las longitudes nominales y las fórmulas para obtener las longitudes roscadas.

Longitudes nominales “l” de los tornillos y de los espárragos

2	2,5	3	4	5	6	(7)	8	(9)	10	(11)	12	14	16	(18)
20	(22)	25	(28)	30	(32)	35	(38)	40	45	50	55	60	65	70
75	80	85	90	(95)	100	(105)	110	(115)	120	(125)	130	140	150	160
170	180	190	200	220	240	260	280	380	Deben evitarse los valores entre paréntesis					

Longitudes nominales “l” en mm		Longitud roscada “b”
Mayor de 0	hasta 125	$2 d + 6$
Mayor de 125	hasta 200	$2 d + 12$
Mayor de 200		$2 d + 25$
		d = diámetro nominal rosca

TABLA 12.1. Longitudes nominales y roscadas para tornillos y espárragos.

#### 12.4.5. Designación de los tornillos

Los tornillos se designan mediante la designación completa de la rosca, seguida del símbolo “x”, de la longitud total, de la clase de calidad (ver sección 12.11) y de la norma que lo define. Por ejemplo:

Un tornillo de cabeza cuadrada de cuello cilíndrico de 10 mm de diámetro de paso normal, perfil métrico ISO, longitud 50 y clase de calidad 5,6 se designaría: tornillo M10 × 50, clase 5,6 DIN 480.

Un tornillo de cabeza cilíndrica con hueco hexagonal de 30 mm de diámetro de paso 1,5 mm, perfil métrico ISO, longitud 70 y clase de calidad 5,6 se designaría: tornillo M30 × 1,5 × 70, clase 5,6 DIN 912.

En el caso de que sea necesario y para evitar posibles confusiones, se puede especificar también el tipo de cabeza y el tipo de extremo. Por ejemplo:

Un tornillo de cabeza cuadrada de cuello cilíndrico de 10 mm de diámetro de paso normal, perfil métrico ISO, longitud 50 y clase de calidad 5,6 se designaría: tornillo de cabeza cuadrada y extremo con espiga M10 × 50, clase 5,6.

## 12.5. Tuercas

Una tuerca es un elemento con un orificio roscado y va roscada a un tornillo, espárrago, etc., y realiza una de estas dos funciones:

- Sujetar elementos. Recibe entonces el nombre de tuerca de montaje. Es la función más importante, según se muestra en la figura 12.20.
- Transformar movimientos.

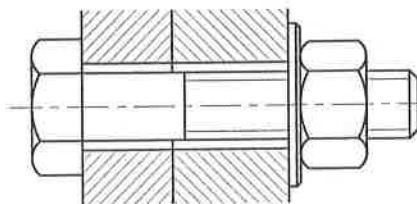


FIGURA 12.20. Tuerca de montaje.

Sólo se estudiarán aquí las tuercas destinadas a montaje. Éstas pueden ser de dos tipos:

- Tuercas apretadas con llave.
- Tuercas apretadas a mano.

### 12.5.1. Tuercas apretadas con llave

Son las tuercas más extendidas y gracias a la llave su apriete es muy eficaz. Los tipos principales, junto con las normas que los definen, aparecen representados en la figura 12.21. Como con los tornillos, existe prácticamente un tipo de tuerca para cada aplicación.

Las *tuercas hexagonales* son las más habituales. Existen varios tipos, aunque la tuerca definida según DIN 934 es la de aplicación más común. La *tuerca rebajada* (DIN 936) se emplea habitualmente como contratuerca (figura 12.22a). La *tuerca hexagonal alta* (DIN 30389) no se utiliza mucho, sólo se emplea cuando la tuerca tiene que ser menos resistente que el tornillo. Para casos especiales, sobre todo en series de pequeños diámetros, pueden usarse las *tuercas hexagonales de extremos planos* (DIN 431 y DIN 439). Estas últimas suelen utilizarse en valvulería y equipos electrónicos.

Las *tuercas con refuerzo* (DIN 6331) evitan el empleo de arandela debido a la mejor superficie de apoyo que presentan.

Por otro lado, las *tuercas ciegas* (DIN 1875) presentan uno de los lados cerrados, impidiendo de este modo que sobresalga el tornillo por ese extremo.

Las *tuercas con asiento esférico* (DIN 6330) se emplean cuando la cara de apoyo es oblicua en relación con el eje del tornillo. Para su utilización se debe mecanizar la pieza con un alojamiento cónico o utilizar una arandela intermedia especial con asiento esférico (figura 12.22c).

En cuanto a las *tuercas almenadas* (DIN 935 y 937) y las *tuercas perforadas* (DIN 35388), se emplean cuando se quiere conseguir la inmovilización de la tuerca. Llevan un taladro o unas almenas por donde se monta un pasador que se dobla para impedir su desalojo (figura 12.22b). Cuando hay que mover la tuerca es necesario cambiar el pasador.

Las *tuercas cuadradas* (DIN 557 y 562) presentan una superficie de apoyo importante y se utilizan sobre todo en construcción. Las aristas de estas tuercas se redondean con menos facilidad que las de las hexagonales al apretarlas o aflojarlas con las llaves, por lo que se utilizan en montajes y desmontajes frecuentes.

Las *tuercas cilíndricas* (DIN 546, 547, 548) y *octogonales* (DIN 431) se aprietan con mayor dificultad que todas las anteriores. Se usan en la industria eléctrica y electrónica y en mecanismos de precisión. Normalmente se necesita una llave especial para su accionamiento.

Por último, existen distintos tipos de tuercas especiales, tales como las *tuercas de seguridad* (DIN 985 y 986, DIN 7967, DIN 929) que tienen formas y constitución especiales, según se verá más adelante, con el fin de evitar que se aflojen las uniones roscadas en que intervienen.

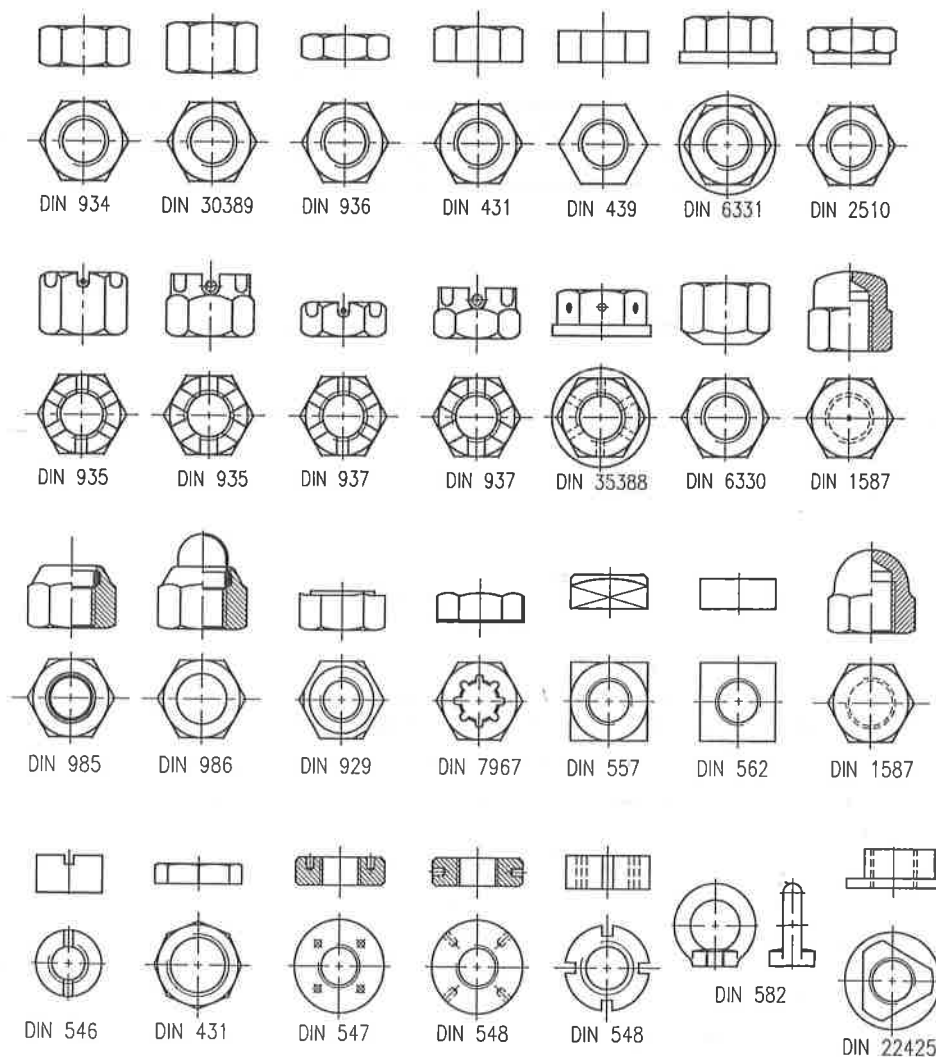


FIGURA 12.21. Tuercas apretadas con llave.



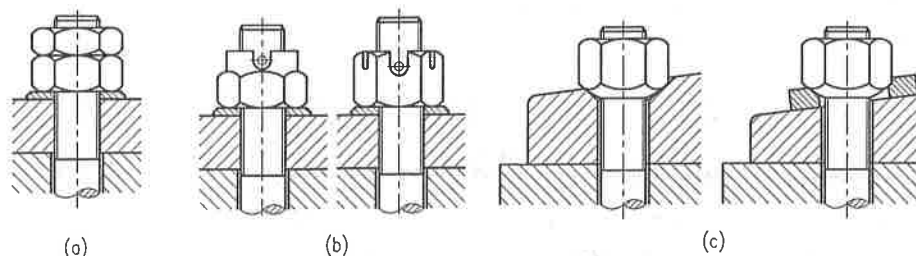


FIGURA 12.22. Uso de tuercas.

### 12.5.2. Tuercas apretadas a mano

Son tuercas cuyo apriete es malo, aunque éste depende de la forma. Su característica más importante es su rapidez de maniobra.

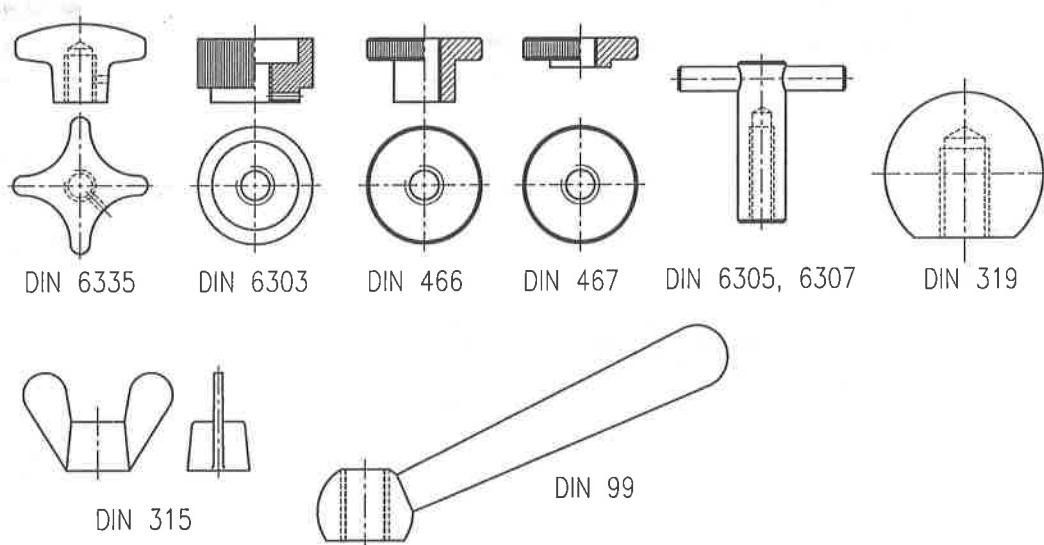


FIGURA 12.23. Tuercas apretadas a mano.

Algunas *tuercas de mariposa* (DIN 315) presentan unas “alas” dependiendo del proceso de fabricación.

Las *tuercas moleteadas* (DIN 6303, 466, 467) tienen la superficie exterior moleteada para que no resbalen al apretarlas con la mano.

Por su parte, las *tuercas con travesaño* (DIN 6335) inmovilizan la unión mediante un prisionero o un pasador que se introduce en un taladro realizado cuando la tuerca y el tornillo están montados.

Por último, existen tuercas especiales como por ejemplo las *esféricas* (DIN 319) y las *de manivela* (DIN 99), cada una con distintas funciones específicas.

### 12.5.3. Designación de las tuercas

Las tuercas se designan mediante la designación completa de la rosca, seguida de la clase de calidad (ver sección 12.11) y de la norma que la define. Por ejemplo:

Una tuerca hexagonal estrecha de M10 y clase de calidad 8 se designaría: *tuerca M10 clase 8 DIN 936*.

## 12.6. Pernos

Un *perno* se compone de un tornillo y una tuerca del mismo diámetro nominal (figura 12.24). Las piezas que se van a ensamblar con un perno deben tener agujeros pasantes (sin roscar). El ensamblaje se produce por la presión de unas piezas con otras debido al apriete ejercido por la unión roscada tuerca-tornillo. Para conseguir un apriete eficaz, los tornillos deben quedar inmovilizados respecto al giro. Por este motivo existen (figura 12.24) tornillos con cuello cuadrado, con prisioneros o con formas de cabezas especiales u otros sistemas de inmovilización de la cabeza del tornillo.

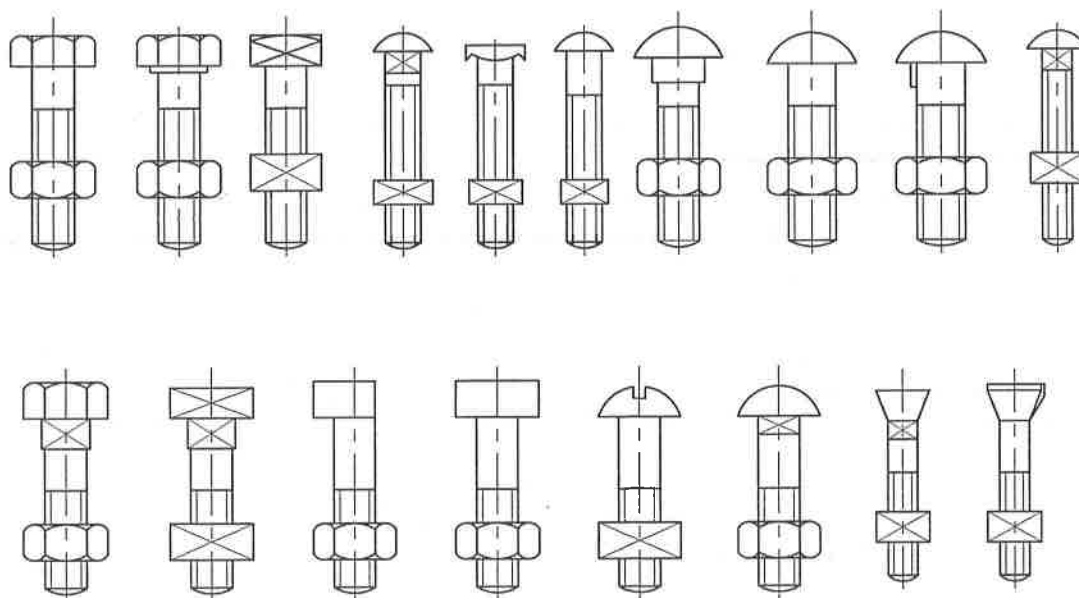


FIGURA 12.24. Pernos.

El perno más habitual es el de tornillo y tuerca hexagonal. Se emplea en los montajes más comunes, ya que permite un apriete muy eficaz. Cuando la tensión a que está sometida la unión que soporta el perno es muy elevada, se usan pernos de alta resistencia, formados por un tornillo reforzado en su cabeza, con un resalte cilíndrico y un radio de acuerdo en la espiga que disminuye las concentraciones de tensiones (figura 12.25).

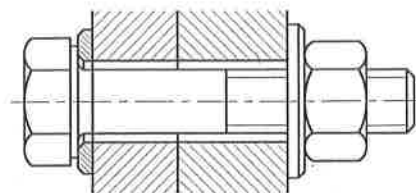


FIGURA 12.25. Perno de alta resistencia.

El perno formado por un tornillo de cabeza cuadrada (figura 12.26) se utiliza como perno con la cabeza embutida, de forma que la cabeza queda embutida en un alojamiento con dos caras planas, consiguiéndose de este modo el bloqueo de giro de la cabeza del tornillo. Se utiliza por ejemplo en las ranuras en T de los platos de las máquinas herramienta.

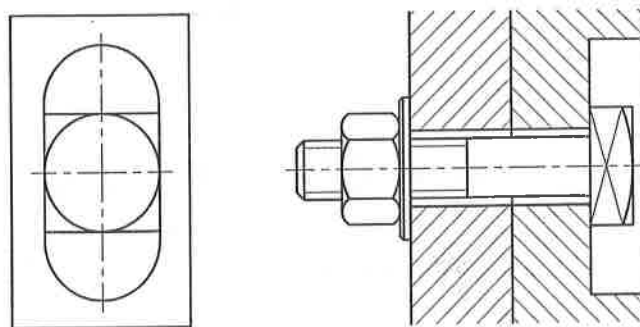


FIGURA 12.26. Perno de tornillo de cabeza cuadrada.

En los pernos de cabeza cilíndrica, de cabeza redonda y de cabeza avellanada (figura 12.27), para inmovilizar la cabeza del tornillo éste tiene un saliente forjado o se coloca un prisionero adicional.

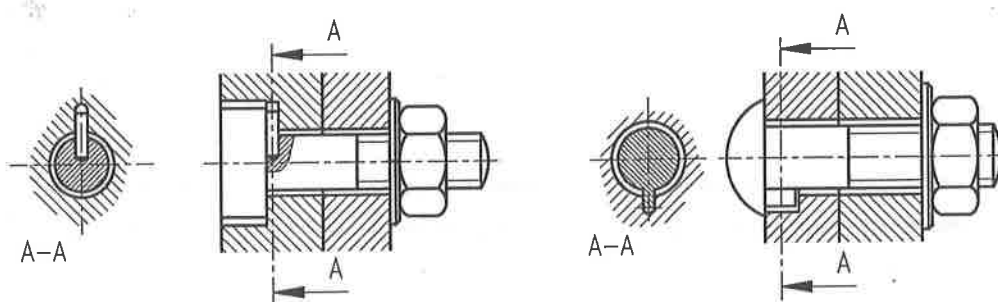


FIGURA 12.27. Pernos con prisionero.

Los pernos se designan como:

*Perno "tipo de tornillo" "designación de la rosca"  $\times$  longitud, "tipo de tuerca".*

Ejemplo:

*Perno tornillo DIN 479, M10  $\times$  50, tuerca DIN 934 es un perno de tornillo de cabeza cuadrada, tuerca hexagonal, rosca métrica ISO, diámetro 10, longitud del tornillo 50.*

## 12.7. Espárragos metálicos

Un espárrago (figura 12.28) está formado por un vástago roscado por sus dos extremos, en uno de los cuales hay una tuerca de igual diámetro nominal. Entre las dos partes roscadas hay siempre una porción lisa sin roscar. En el espárrago, un extremo es plano con chaflán y el otro bombeado. Para evitar errores de montaje, el extremo plano achaflanado es el correspondiente a la parte a atornillar y el extremo bombeado el correspondiente a la parte libre (donde va colocada la tuerca). Los espárragos aparecen normalizados en las normas DIN 938, 939, 835 y 940 y en las normas UNE 17-080-66, 17-081-66, 17-082-66, 17-083-66, 17-084-66, 17-085-66, 17-086-66.

Los espárragos se utilizan en lugar de los tornillos cuando el metal de la pieza es poco resistente o cuando es necesario desmontarlo con frecuencia. También, pueden sustituir a los pernos cuando las piezas a ensamblar tienen mucho espesor.

Se considera como longitud nominal del espárrago "l" (figura 12.28b) la parte que sobresale del material después de atornillado.

Los espárragos se designan como:

*Espárrago "designación de la rosca del extremo empotrado (si es distinta de la del extremo libre)" "designación de la rosca del extremo libre" × "longitud nominal" norma correspondiente.*

Ejemplo:

*Espárrago M20 × 50 UNE 17-084-66*

Se trataría en este caso de un espárrago de diámetro nominal 20, rosca métrica ISO, longitud libre 50 (aparece representado en la figura 12.28c).

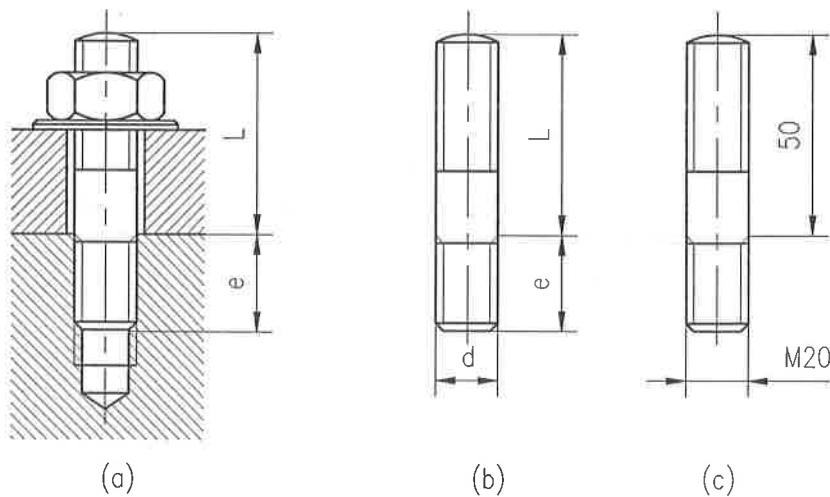


FIGURA 12.28. Espárrago.

## 12.8. Arandelas

Las arandelas son elementos que se colocan entre la tuerca (o la cabeza del tornillo) y la pieza a unir. Su función principal es evitar que la pieza se raye y aumentar al mismo tiempo la superficie de apoyo. Además, algunos tipos de arandelas permiten la inmovilización de los tornillos y tuercas.

Dentro de las arandelas que cumplen únicamente la función de apoyo, existen varios tipos, aunque las más normales son las arandelas planas y las arandelas abiertas.

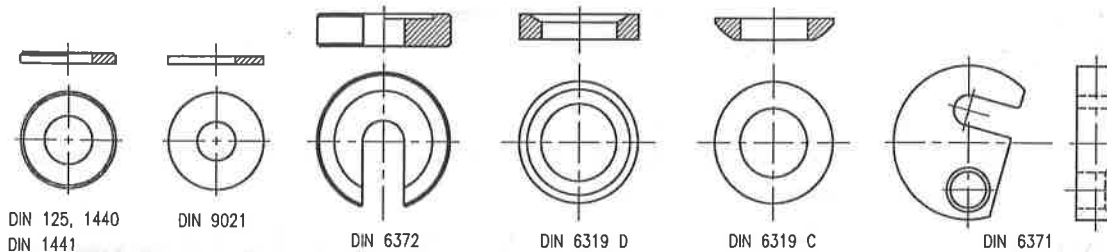


FIGURA 12.29. Arandelas.

Las *arandelas planas* (DIN 125, 1440, 1441) son las más usuales, y se utilizan para aumentar la superficie de apoyo entre la tuerca o la cabeza del tornillo y la pieza sobre la que apoyan.

En cuanto a las *arandelas abiertas* (DIN 6732), permiten el desmontaje de una pieza sin que sea necesario desmontar la tuerca.

Las *arandelas convexas* (DIN 6319 C) y *cóncavas* (DIN 6319 D) se utilizan cuando se usan tuercas con asiento esférico (figura 12.30a) o montajes con tuercas hexagonales normales en las que el eje del tornillo no es perpendicular al de la superficie de apoyo de la arandela (figura 12.30b).

Para el bloqueo de piezas adicionales se utilizan las *arandelas pestillo* (DIN 6371).

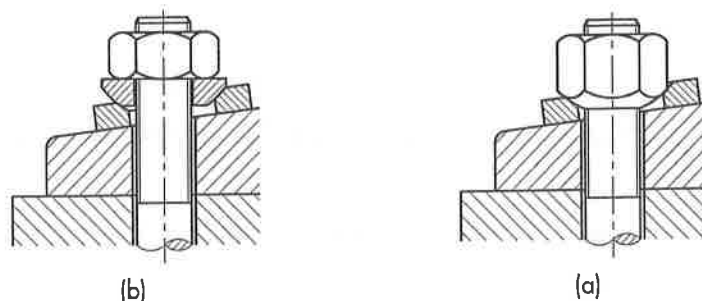


FIGURA 12.30. Empleo de arandelas cóncavas y convexas.

En la figura 12.31 se muestran otro tipo de arandelas. Son las denominadas genéricamente *arandelas elásticas* y se usan como elementos de seguridad para evitar que se aflojen las uniones roscadas. Su empleo se verá con más detalle en secciones posteriores.

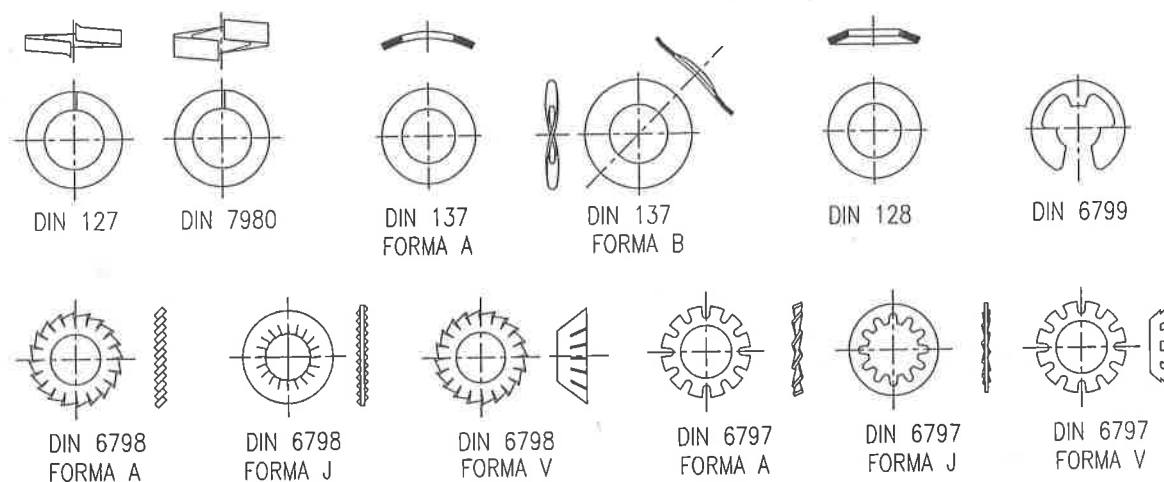


FIGURA 12.31. Arandelas elásticas.

## 12.9. Pasadores

Un pasador es una varilla metálica que sirve para inmovilizar una pieza respecto a otra (pasador de sujeción, figura 12.32a) o para asegurar la posición relativa de dos piezas (pasador de posición, figura 12.32b). En determinadas ocasiones el pasador también puede ejercer la función de elemento de guía o de articulación (figura 12.32c).

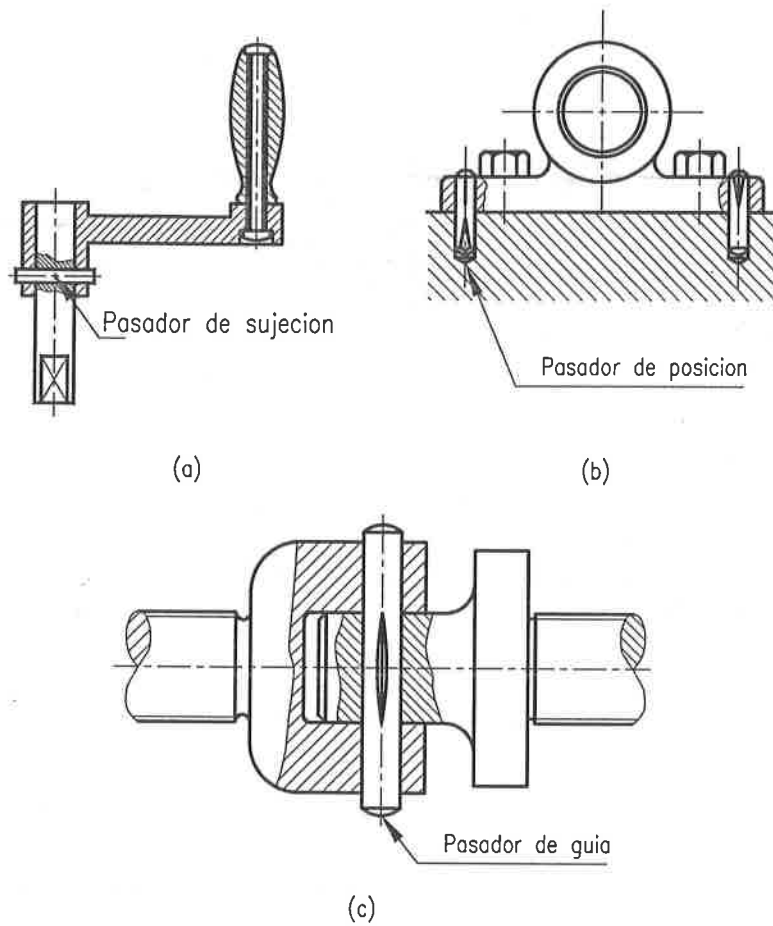


FIGURA 12.32. Función de los pasadores.

Existen distintos tipos de pasadores normalizados, como se puede observar en la figura 12.33.

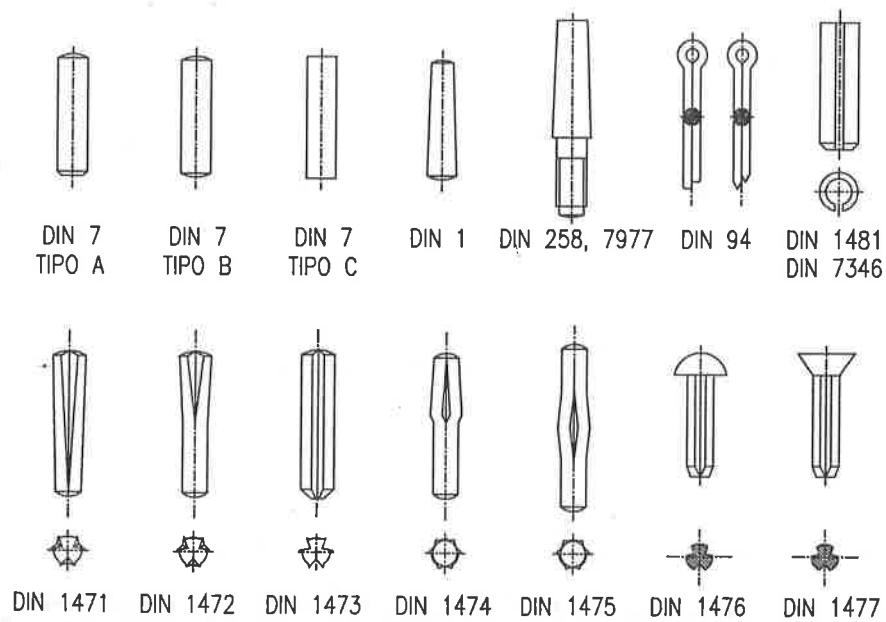


FIGURA 12.33. Pasadores.

Los tipos de pasadores más normales son:

Los *pasadores cónicos* (DIN 1) permiten la inmovilización de casquillos, tuercas, empuñaduras, etc., sobre un eje (figura 12.34a). El alojamiento del pasador se mecaniza cónico (conicidad 1:50) una vez ensambladas las dos piezas.

Los *pasadores de aletas* (figura 12.34b) tienen la forma de una horquilla. Una vez introducidos en su alojamiento se doblan los extremos abiertos impidiendo su desmontaje. Estos pasadores se utilizan fundamentalmente como inmovilizadores de tuercas. Requieren que el taladro donde se van a alojar tenga un posicionamiento bastante preciso. También se utilizan para inmovilizar lateralmente ejes de articulación (figura 12.34c).

Los *pasadores cilíndricos* (figura 12.34d), DIN 7, se emplean tanto como pasadores de inmovilización como de posición. Tienen tres formas específicas (*A*, *B* y *C*). La fijación de estos pasadores se realiza mediante un ajuste con aprieto sobre una de las piezas y con juego sobre la otra. El pasador tipo *A* tiene tolerancia dimensional *m6*, el de forma *B* *h8* y el de forma *C* *h11*. La tolerancia del agujero con juego debe ser *G6* y la del ajuste con aprieto *P6*.

Cuando los pasadores cónicos normales no pueden extraerse una vez colocados se utilizan los *pasadores cónicos con espiga roscada* (DIN 258 y DIN 7977). La espiga añadida hace posible sacarlos por medio de una tuerca. Se utilizan en máquinas como pasadores de posición para asegurar la posición relativa de varias piezas, consiguiéndose una elevada precisión en el centrado de las piezas.

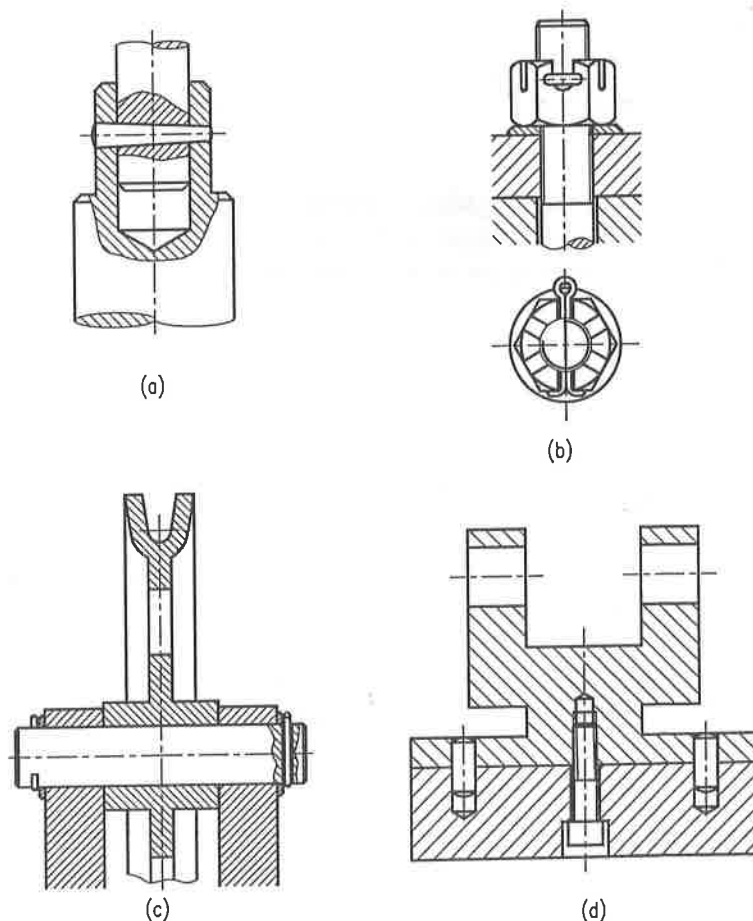


FIGURA 12.34. Aplicaciones de distintos tipos de pasadores.

Los pasadores cilíndricos anteriores requieren ajustes precisos. Para realizar montajes más económicos y suficientemente precisos se utilizan pasadores que sujetan por deforma-

ción elástica. De esta forma, no es necesario fabricar los taladros que sirven de alojamiento a los pasadores de una forma demasiado rigurosa.

Los *pasadores ranurados* (DIN 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477) tienen varias ranuras a lo largo de sus generatrices que admiten una pequeña deformación y ejercen un apriete. En la figura 12.35 se muestran distintas aplicaciones de estos pasadores, usados unas veces como pasadores de posición, otras como pasadores de sujeción y otras como guía.

Por último, los *pasadores elásticos* se obtienen por arrollamiento de un fleje de alta resistencia. Se pueden utilizar como pasadores de inmovilización o como casquillos que preservan a los tornillos de esfuerzos de cortadura.

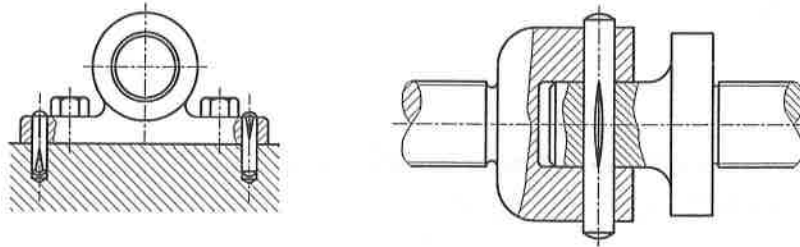


FIGURA 12.35. Aplicaciones de pasadores ranurados.

## 12.10. Inmovilización de tornillos y tuercas

La inmovilización de tuercas y tornillos tiene como objeto evitar que se aflojen las uniones roscadas sometidas a vibraciones, golpes, cambios de temperatura, etc. Para ello, existen distintos tipos de montajes que garantizan en mayor o menor grado esta inmovilización. Las formas más normales de inmovilización de acoplamientos roscados son:

- *Inmovilizaciones de relativa seguridad.* Estos montajes garantizan el contacto entre los flancos de la tuerca y el tornillo, sin embargo no garantizan por completo la imposibilidad de aflojamiento de la unión, ya que depende del rozamiento entre los flancos de las roscas. Se basan en aumentar la presión entre los flancos de las roscas del tornillo y de la tuerca (figura 12.36a).
- *Inmovilizaciones de seguridad absoluta.* Estos montajes garantizan la inmovilización por medio de un obstáculo que se opone al aflojamiento de la tuerca o del tornillo. Si no se retira el obstáculo, no se podrá aflojar la unión.

### 12.10.1. Inmovilización de relativa seguridad

#### A) Inmovilización por encolado

Se utiliza para ello una cola (Loctite, Araldite, etc.) o un barniz especial.

#### B) Contratuerca

Para realizar una inmovilización con una contratuerca se bloquea en primer lugar la tuerca contra la pieza. Seguidamente se atornilla la contratuerca (figura 12.36b) y se bloquea ésta contra la tuerca, de forma que queden las dos tuercas apretadas contra la pieza. Normalmente se utilizan como contratuercas tuercas hexagonales rebajadas (DIN 936).



### C) Arandelas grower

La inmovilización (figura 12.36c) se consigue gracias a la elasticidad de la *arandela grower* (DIN 127). La eficacia de esta inmovilización viene aumentada por la incrustación de los extremos salientes en la tuerca (o en la cabeza del tornillo) y en la pieza.

### D) Arandelas dentadas

Estas arandelas (DIN 6798, 6797) consiguen la inmovilización gracias a la elasticidad de los dientes (figura 12.36d). La eficacia de las mismas se ve incrementada por la incrustación de las aristas en las piezas que se van a inmovilizar.

### E) Arandelas Belleville

La arandela Belleville (DIN 128) presenta una forma troncocónica. Después del apriete queda plana, pero no pierde sus propiedades elásticas y actúa como un potente resorte axial. De esta forma se asegura una gran presión de contacto entre los filetes de la rosca. Se pueden colocar varias arandelas superpuestas, aumentando así el efecto resorte incrementando entonces la presión entre filetes.

Se utilizan sobre todo para inmovilizar tuercas en piezas sometidas a vibraciones y choques. El contacto es permanente en todo momento entre las piezas, y la marca que dejan es mucho menor que la que dejaría cualquier otro tipo de arandela.

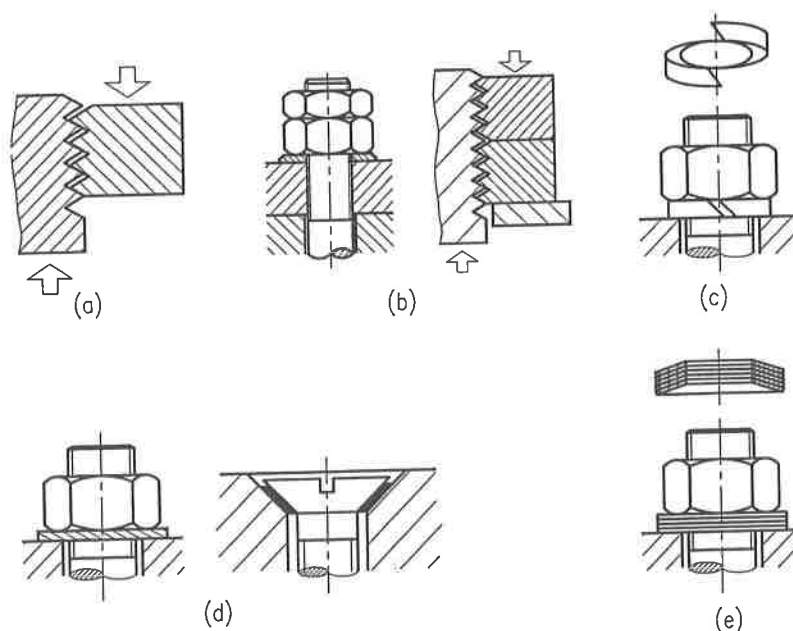


FIGURA 12.36. Inmovilización de uniones roscadas. Contratuercas y arandelas elásticas.

### F) Tuercas de seguridad

Las *tuercas autoblocantes* (DIN 986 y DIN 987) que se observan en la figura 12.37a tienen un anillo de material sintético (nylon, teflón, etc.) en el que penetran los filetes del tornillo al roscar la tuerca.

En cuanto a la *tuerca de seguridad* (DIN 7967), fabricada en chapa, consigue el bloqueo de la unión por el efecto elástico de los dientes roscados de inmovilización (figura 12.37b).

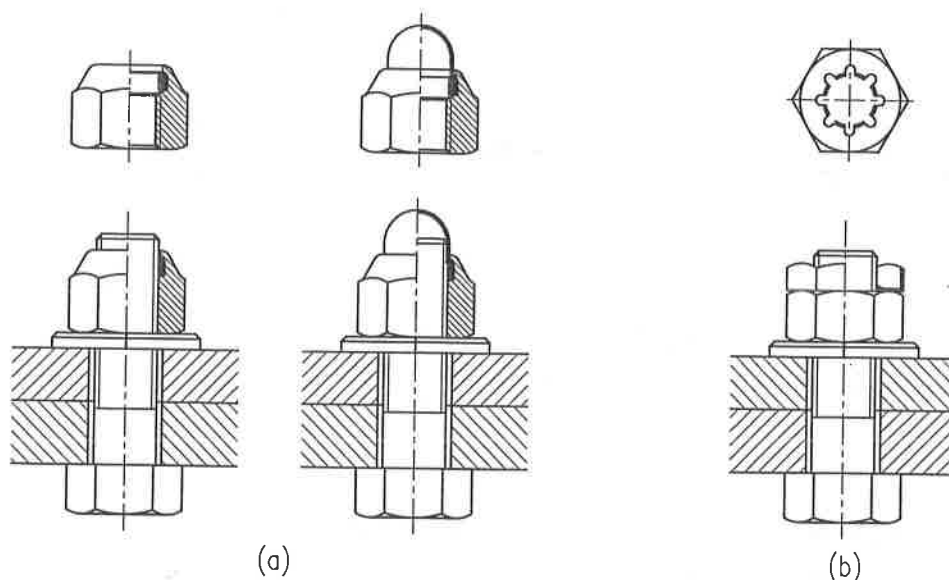


FIGURA 12.37. Inmovilización de uniones roscadas mediante tuercas de seguridad.

### 12.10.2. Inmovilización total de tornillos y tuercas

#### A) Inmovilización por alambre

Si se taladran las cabezas de dos tornillos o de dos tuercas, se pueden inmovilizar mediante un alambre que pase por los agujeros atándolo después. El alambre utilizado suele ser de latón recocido o de acero inoxidable (figura 12.38). Este tipo de inmovilización se usa por ejemplo para colocar *precintos*.

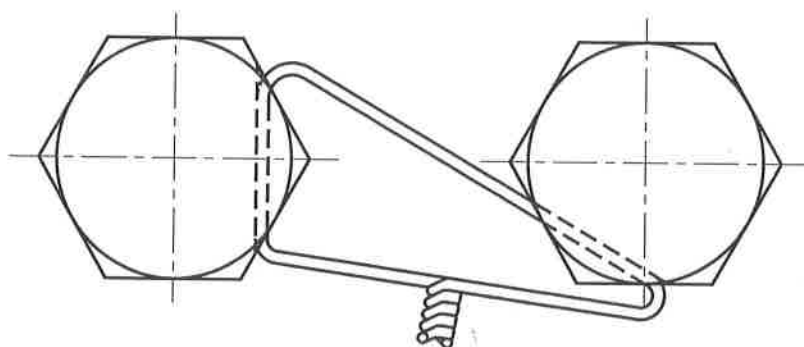


FIGURA 12.38. Inmovilización por alambre.

#### B) Tuercas almenadas y pasadores de aletas

Uno de los sistemas más utilizados es el de *tuercas almenadas* y *pasadores de aletas*. El pasador atraviesa una de las aristas a través de un agujero realizado previamente en el tornillo. Por ahí se introduce el pasador, doblando los extremos hacia afuera. Cada vez que se desee desmontar la tuerca se debe romper el pasador y sustituirlo por uno nuevo en el montaje (figura 12.39a).

### C) Tuercas de fijación y arandelas de retención

La *arandela de retención* tiene varias lengüetas en el exterior y una en el interior. La interior se encaja en una ranura del árbol y una de las exteriores en la entalla de la tuerca. Consiguiendo de este modo una inmovilización total. Se suelen utilizar para bloquear el aro interior de un rodamiento (figura 12.39b).

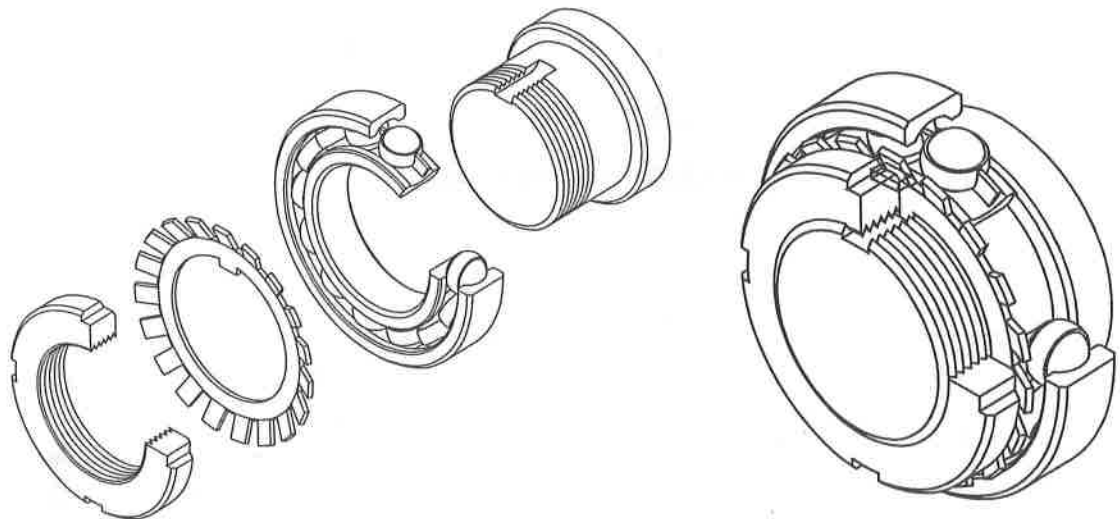
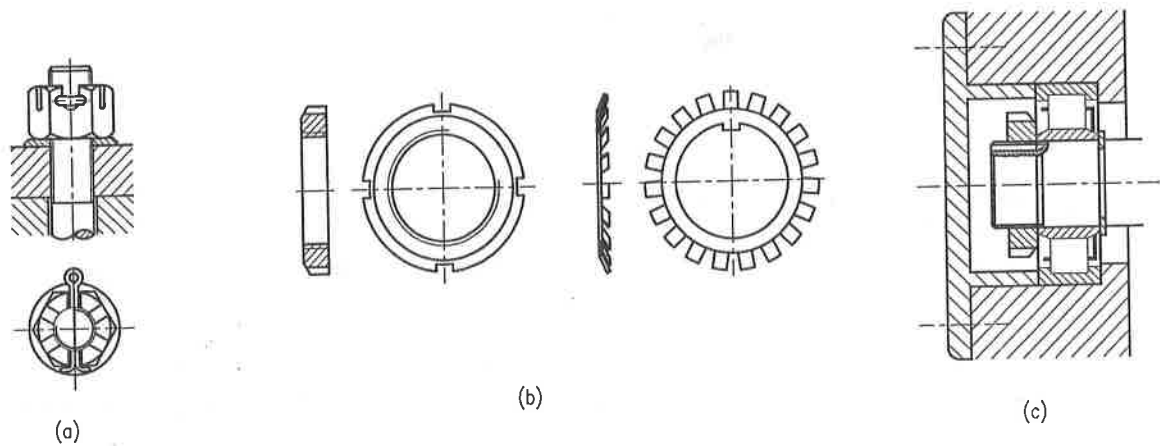


FIGURA 12.39. Fijación mediante tuercas almenadas y tuerca de fijación y arandela de retención.

### D) Inmovilizadores de chapa o plaquitas tope

Este tipo de inmovilizadores son placas con formas variadas (figura 12.40). La inmovilización de la placa se obtiene por medio del doblado de un borde sobre uno de los planos de la pieza y el otro borde sobre el tornillo o la tuerca (figura 12.40). Las cazoletas de seguridad se utilizan para tornillos de cabeza cilíndrica.

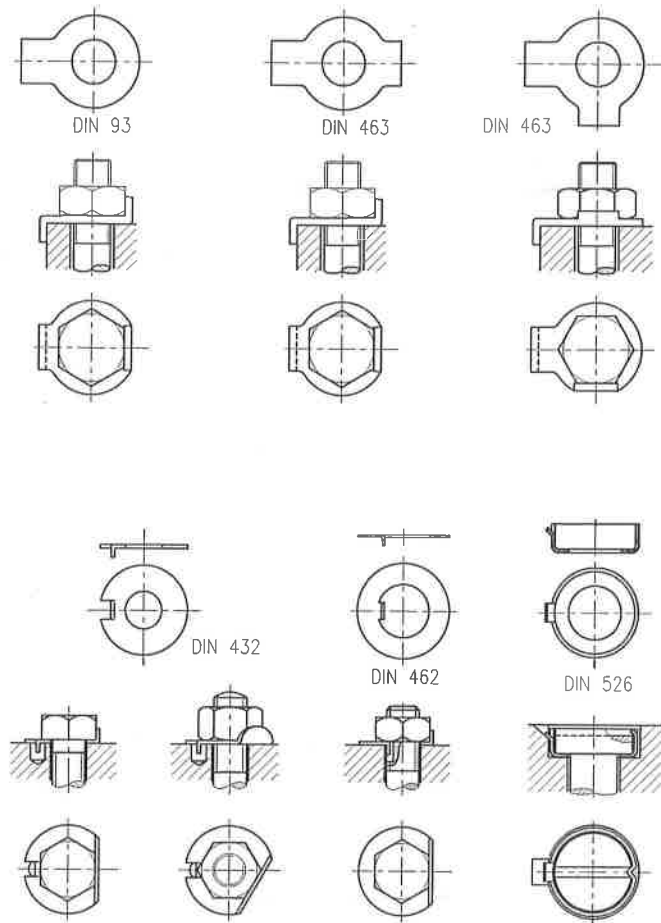


FIGURA 12.40. Inmovilizadores de chapa.

### 12.11. Calidades de los materiales de tornillería

Los niveles de calidad definen los materiales para tornillería de acuerdo con sus características mecánicas. La simbolización se indica con dos números. El primero corresponde aproximadamente a la décima parte de la resistencia mínima a la tracción ( $R_m$ ) expresada en  $\text{kp/mm}^2$ . El segundo multiplicado por el primero da aproximadamente el límite elástico aparente ( $R_e$ ) en  $\text{kp/mm}^2$ .

En la tabla 12.2 se enumeran las distintas calidades utilizadas para tuercas y tornillos.

Clases de calidad para tornillos y espárragos					
3,6	4,6	4,8	5,6	5,8	6,6
6,8	6,9	8,8	10,9	12,9	14,9
Clases de calidad para tuercas					
4	5	6	8	10	12
14					
Una tuerca roscada a un tornillo de la misma calidad (por ejemplo 6 para un tornillo de 6,8) resiste hasta que el tornillo rompe.					

TABLA 12.2. Clases de calidad para tornillos y tuercas.

## 12.12. Llaves para tornillos y tuercas

Existen distintas llaves fijas para apretar tornillos y tuercas. Las más habituales son las llaves fijas representadas en las figuras 12.41a y 12.41b, utilizadas para cabezas hexagonales, y las llaves específicas para tornillos Allen (figura 12.41c).

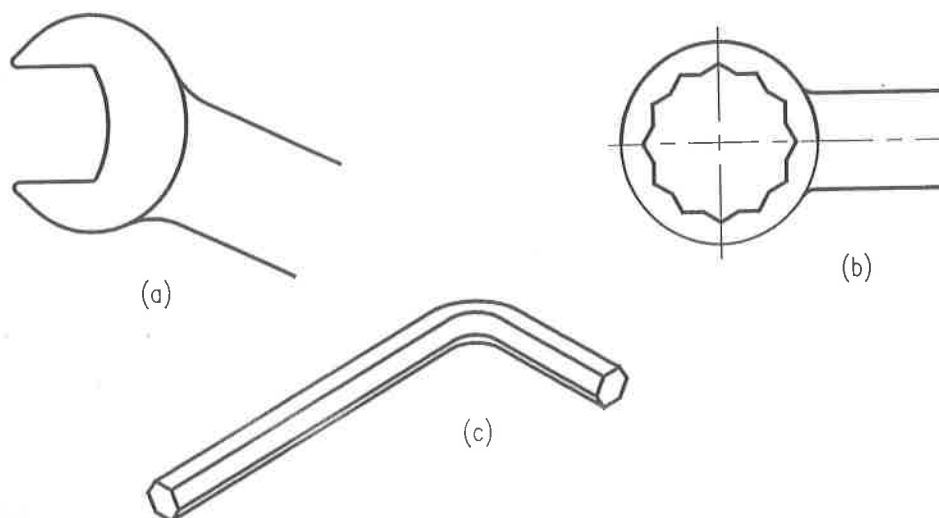


FIGURA 12.41. Llaves fijas.

## 12.13. Normativa

Además de las normas DIN citadas en todo el capítulo, existen distintas normas UNE de aplicación.

Norma	Título
UNE 1 108 83	Representación convencional de roscas.
UNE 17 001 63 2R	Roscas. Definiciones.
UNE 17 006 61 1R	Tornillos con rosca cortante. Denominaciones. Representación gráfica.
UNE 17 008 57	Perfiles de roscas cortantes.
UNE 17 009 57	Tornillos de rosca cortante con cabeza cilíndrica.
UNE 17 010 57	Tornillos de rosca cortante con cabeza bombeada.
UNE 17 011 57	Tornillos de rosca cortante con cabeza semiesférica.
UNE 17 015 57	Tornillos de rosca cortante con cabeza hexagonal exterior.
UNE 17 016 57	Tornillos de rosca cortante con cabeza avellanada.
UNE 17 017 57	Tornillos de rosca cortante con cabeza avellanada y bombeada.
UNE 17 018 57	Tornillos de rosca cortante con cabeza bombeada y ranura en cruz.
UNE 17 019 57	Tornillos de rosca cortante con cabeza avellanada bombeada y ranura en cruz.
UNE 17 020 57	Tornillos de rosca cortante. Diámetro del agujero.