

Acotación múltiple: en serie y paralelo.

Las líneas de referencia de dos cotas pueden coincidir, lo cual hace que cuando tengamos un número considerable de cotas estas puedan presentar una ordenación en serie: la línea de referencia «izquierda» de una de las cotas coincide con la línea de referencia de «derecha» de la anterior; o pueden presentar una ordenación en paralelo: todas las cotas tienen una línea de referencia en común. El que una pieza se acote de una u otra forma depende de cuáles sean las cotas funcionales y cómo afecten las tolerancias al funcionamiento de la pieza.

La situación de las líneas de cota en el caso de una ordenación en serie, puede hacerse de forma que coincidan. Se muestra un ejemplo en la figura 16. En la ordenación en paralelo, dado que todas tienen una línea de referencia en común, en principio no se podría utilizar la misma línea de cota. En la figura 17 se muestra un ejemplo de acotación en paralelo. Nótese cómo agrupamos por encima del alzado las cotas cuya línea de referencia común es la derecha y por debajo aquellas cuya línea de referencia común es la izquierda. Que sean unas u otras las que se sitúen por encima o por debajo se deja a libre elección.

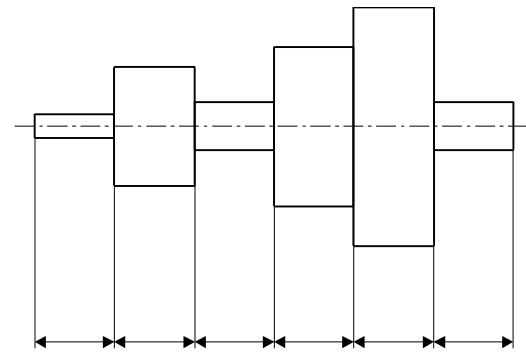


Figura 16

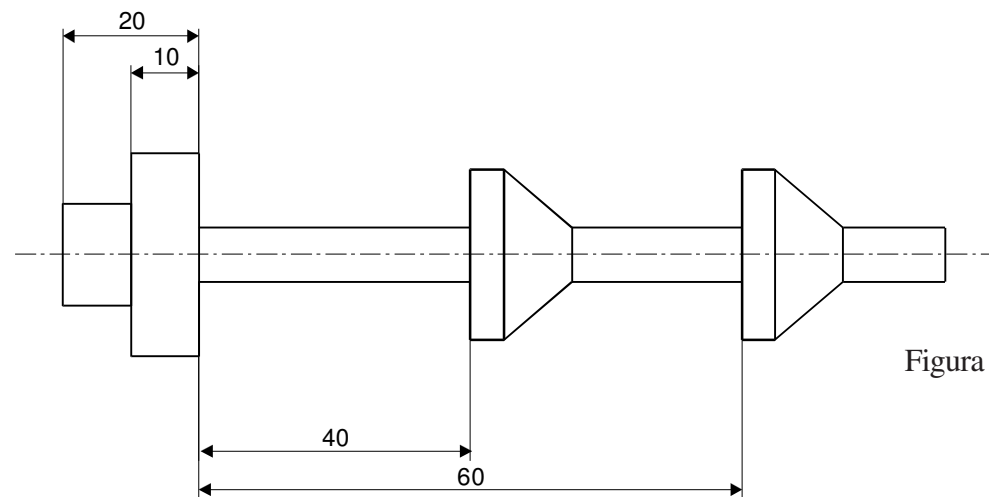


Figura 17

Se puede, no obstante, simplificar la representación de cotas en paralelo, empleando una sola línea de cota, señalando con un punto la línea de referencia común y conservando únicamente la flecha en la línea de referencia no común de cada cota. Se indica la cota con un número junto a la flecha orientado perpendicularmente a la línea de cota según se muestra en el ejemplo de la figura 18.

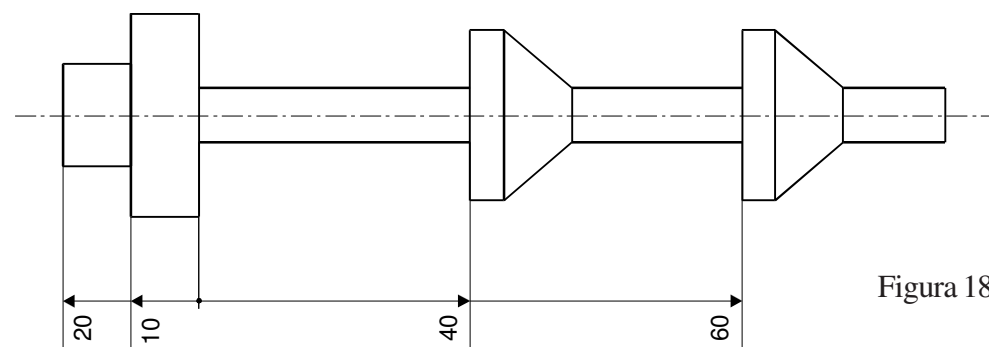


Figura 18

Acotación de forma.

En las piezas industriales suelen repetirse un número reducido de formas, al indicar las cuales mediante su símbolo correspondiente, permiten ahorrar en el número de vistas necesarias para la definición de la pieza.

Esfera

En el caso de una esfera se indica anteponiendo a la cota radial o diametral la palabra «esfera». En la figura 19 podemos observar un ejemplo. Nótese que con el alzado queda perfectamente definida la pieza gracias a la información aportada por la acotación de forma.

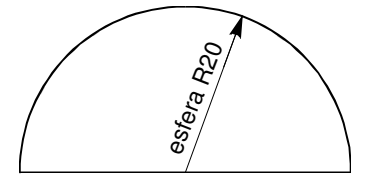


Figura 19

Cono

Un cono se indica acotando sobre el eje la *conicidad* o relación entre la diferencia de diámetros de las bases y la altura, expresada en forma de fracción. Se muestra un ejemplo en la figura 20, en la cual el diámetro mayor, no acotado, puede deducirse que es de 25 mm, dado que la conicidad es 1:3, la altura 30 mm y el diámetro menor es de 15 mm. También puede indicarse mediante una línea de referencia acabada en flecha o punto sobre la generatriz del cono, con el símbolo de cono (triángulo isósceles), en la orientación oportuna y con la conicidad después. Véase el ejemplo de la figura 21.

Figura 20

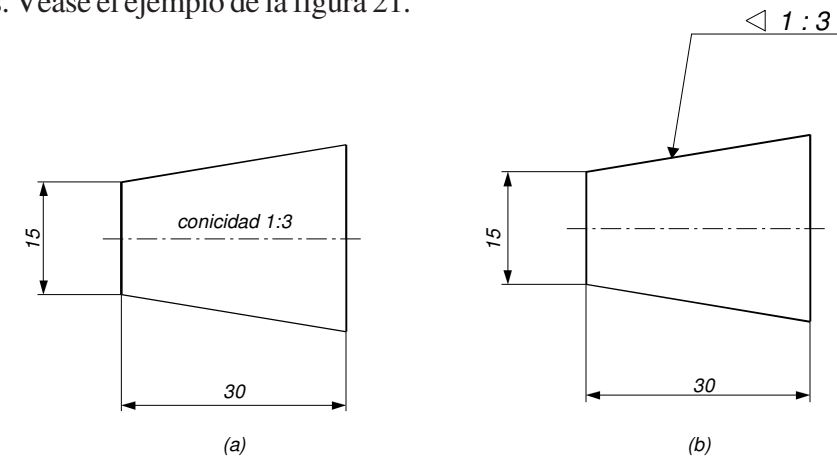
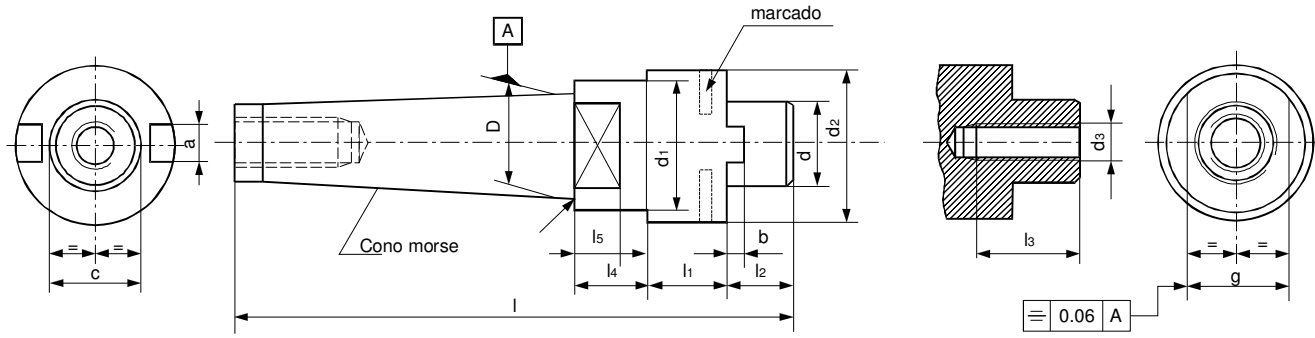


Figura 21

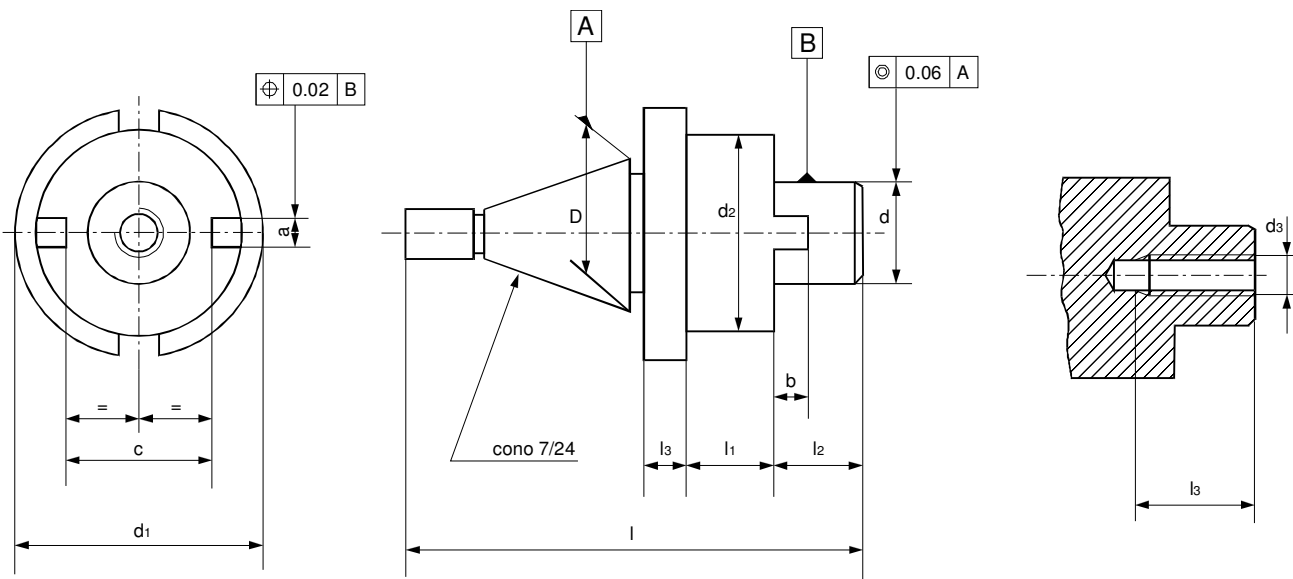
La forma cónica es empleada comúnmente para facilitar el montaje de herramientas giratorias en husillos de máquina-herramienta. Esto ha llevado a normalizar las conicidades y los diámetros en series. Basta pues en el caso de estas piezas indicar el tipo de cono para que quede perfectamente acotado.

El diámetro de referencia en los conos Morse es el de la base mayor. Las conicidades de los diferentes conos Morse son cercanas al 5% como puede comprobarse en la tabla 1.

| Cono Morse | Diámetro de referencia (mm) | Conicidad (%) |
|------------|-----------------------------|---------------|
| 0 | 9.040 | 5.20 |
| 1 | 12.065 | 4.98 |
| 2 | 17.780 | 4.99 |
| 3 | 23.825 | 5.02 |
| 4 | 31.267 | 5.19 |
| 5 | 44.399 | 5.26 |
| 6 | 63.348 | 5.21 |



Eje porta-fresas de arrastre por tetones con mango cono Morse



Eje porta-fresas de arrastre por tetones con mango cónico 7/24

Tabla 2.

Los conos ISO tienen todos conicidad 7/24.

| Cono ISO | Diámetro de referencia (mm) | Conicidad |
|----------|-----------------------------|-----------|
| 30 | 31.750 | 7/24 |
| 40 | 44.345 | 7/24 |
| 45 | 57.315 | 7/24 |
| 50 | 59.850 | 7/24 |
| 55 | 88.900 | 7/24 |
| 60 | 107.950 | 7/24 |
| 65 | 133.350 | 7/24 |
| 70 | 165.100 | 7/24 |
| 75 | 203.200 | 7/24 |
| 80 | 254.000 | 7/24 |

Tabla 3.

En el caso de brocas se emplean los conos Jacobs.

| Cono Jacobs | Diámetro de referencia (mm) | Conicidad (%) |
|-------------|-----------------------------|---------------|
| 0 | 6.350 | 4.929 |
| 1 | 8.469 | 7.709 |
| 2 corto | 13.940 | 8.155 |
| 2 | 14.199 | 8.155 |
| 33 | 15.850 | 6.350 |
| 6 | 17.170 | 5.191 |
| 3 | 20.599 | 5.325 |
| (4) | 28.550 | 5.240 |
| (5) | 35.890 | 5.183 |

Inclinación

La inclinación de una superficie se indica de forma similar, mediante un triángulo rectángulo y la relación entre las diferencias de alturas máxima y mínima y la distancia horizontal. En el ejemplo de la figura 22 podemos deducir que la altura a la izquierda es de 20 mm, dado que a la derecha es 30 mm y la longitud horizontal es 40 mm y la inclinación es tal que la altura crece una unidad cada cuatro recorridas.

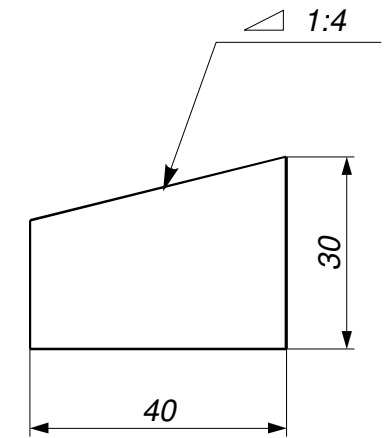


Figura 22

Taladro

Un taladro es una forma ubícua en las piezas industriales y se acota determinando la posición del centro y el diámetro. Nótese que estos dos datos son los que necesita el operario para realizarlo: debe conocer el diámetro para saber qué broca emplear y debe conocer la posición del centro para saber dónde taladrar. En el caso de taladros ciegos, se debe acotar también la profundidad, entendiéndose como profundidad aquella hasta la cual conserva su diámetro y por tanto exceptuando la parte cónica que depende de la forma de la herramienta empleada. De igual forma, si es roscado, se acota sólo la profundidad de la rosca y no el resto taladrado, salvo si tuviese otra misión como taladro ciego. El diámetro en ese caso no se acota como tal sino que se indica la métrica de la rosca.

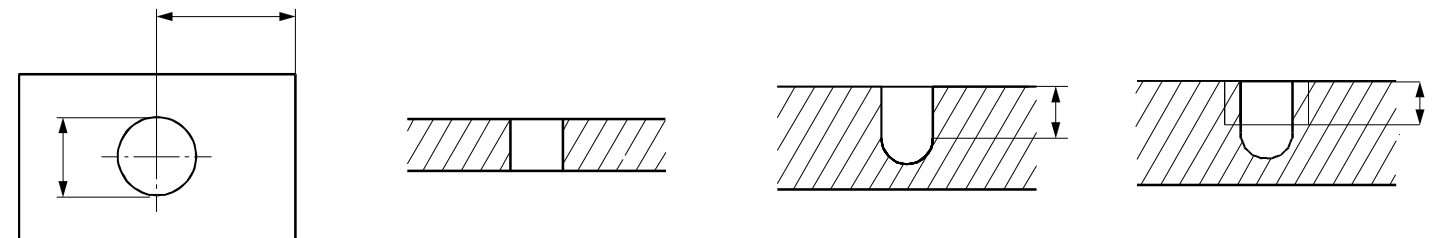


Figura 23

Achaflanado

Un achaflanado en los extremos de una pieza cilíndrica consiste en un tronco de cono con base en la del cilindro y por tanto, para acotarlos bastan dos valores: ángulo que forma la generatriz del tronco de cono con la generatriz del cilindro y altura del tronco de cono. Estos valores se pueden indicar independientemente según las normas antes expuestas como se muestra en la figura 24(a) o bien condensarlas en la cota de la altura añadiéndole al valor de la altura el símbolo «x» y el valor del ángulo a continuación como se muestra en el ejemplo de la figura 24(b).

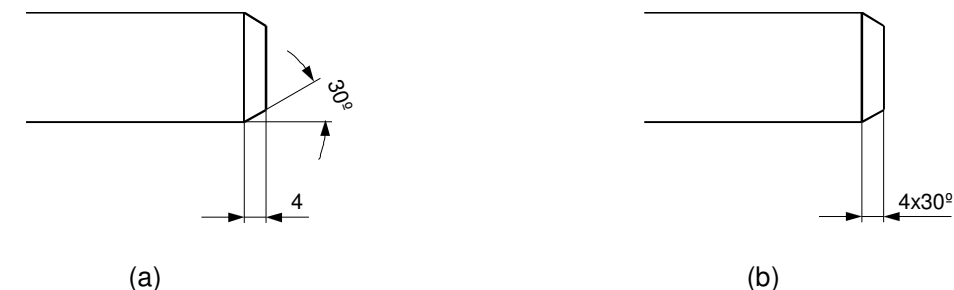
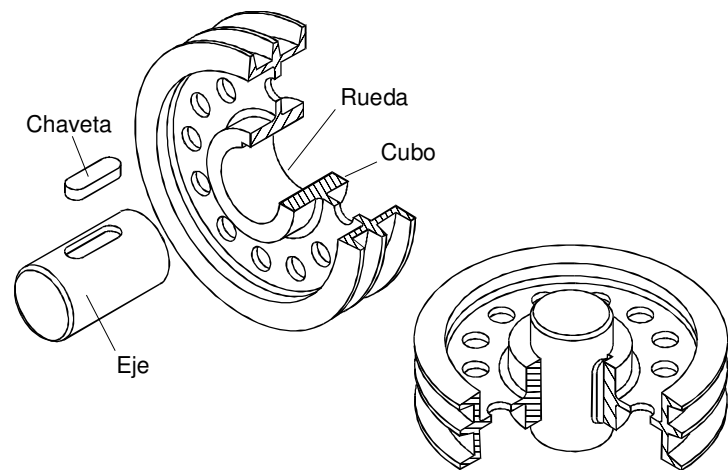


Figura 24

Chavetas y entalladuras

Otras formas muy comunes son entalladuras y chavetas. Sus tamaños y formas están normalizados en series para facilitar la intercambiabilidad y su fabricación. Esto permite que su acotación consista en su identificación según la norma.

En el caso de chavetas paralelas de sección cuadrada o rectangular la norma aplicada es la UNE 17-102-67 equivalente a la ISO 1-084-67. Según dicha norma hay dos tipos posibles de extremos de la chaveta: tipo A (recto) o tipo B (en semicircunferencia). Cuando tiene un extremo de una forma y otro de otra se dice que es tipo AB. En la figura 25 se muestran chavetas de los tres tipos con sus dimensiones características *l* o longitud, *h* o altura y *b* o anchura. Se nombra entonces la chaveta: «Chaveta paralela» después la letra del tipo, y después *b* x *h* x *l* seguido de «UNE 17-102». Así, por ejemplo, una chaveta de tipo AB de ancho 20 mm, altura 12 mm y longitud 150 mm se designará: «Chaveta paralela AB 20x12x150 UNE 17-102». Sólo hay unas determinadas secciones normalizadas.



El chavetero es el lugar de un eje en que queda alojada la chaveta y permite así la transmisión de un par de fuerzas. Los chaveteros, dado que se van a verificar mediante un pie de rey se acotan mediante su anchura y la distancia del fondo del chavetero al punto del eje diametralmente opuesto -esto es la diferencia entre el diámetro del eje y la profundidad del chavetero. En la figura 26 se muestra un ejemplo de acotación de un chavetero en un eje y en un cubo.

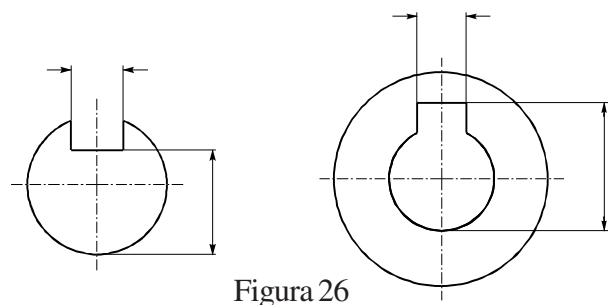
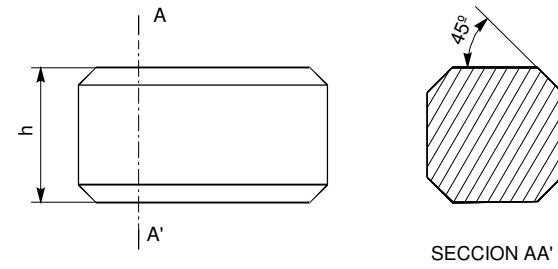
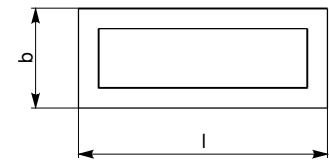


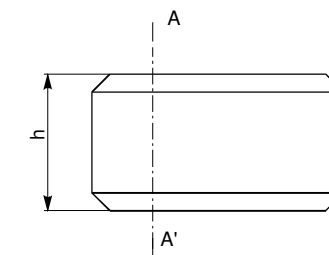
Figura 26



TIPO A



TIPO B



TIPO AB

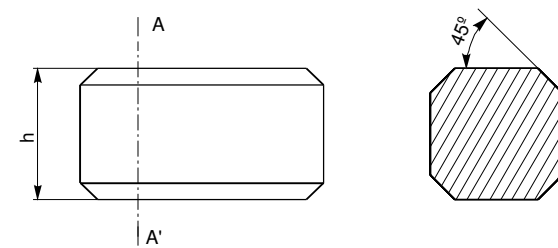


Figura 25

Secuencias

En la acotación de una pieza pueden darse situaciones en las que por repetirse un determinado elemento habría que repetir una acotación varias veces. Para evitar esto se han establecido algunos convenios que simplifican el proceso aportando la misma información. Así, cuando hay elementos equidistantes repetidos, en vez de acotar una por una las distancias, se puede acotar la distancia entre el primer elemento y el último e indicar como texto de cota el número de distancias por (*x*) la distancia entre dos elementos consecutivos, seguidos del signo de igualdad (=) y la distancia total. Nótese que es el número de distancias el que se especifica y no el de elementos. Se muestra un ejemplo en la figura 27.

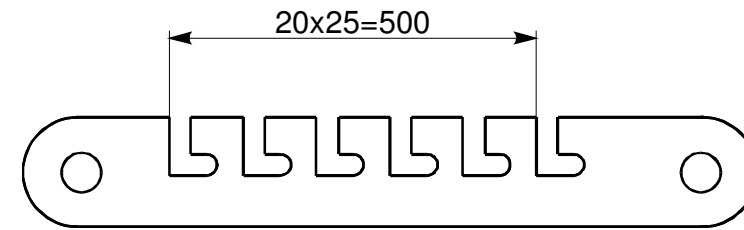


Figura 27

Si es necesario, por claridad, se puede acotar también la distancia entre dos de los elementos consecutivos, de esta forma se aclara cuál de los dos números que aparecen en el producto es el número de repeticiones y cuál la distancia entre dos consecutivos. En la figura 28 se muestra como ejemplo la acotación del reparto de taladros en una barra que, por ser muy larga, se ha representado parcialmente.

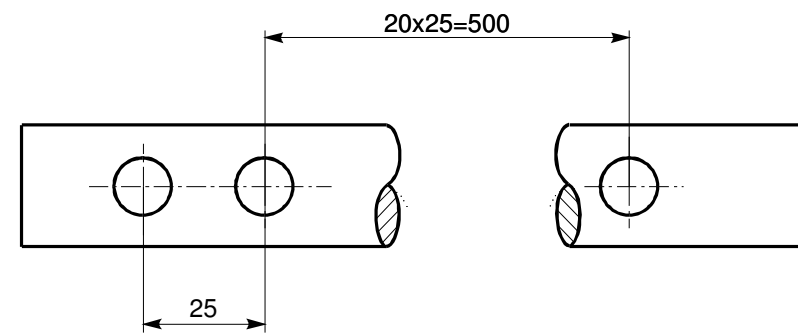


Figura 28

Esta notación de número de repeticiones por cota repetida puede emplearse en otros casos, como por ejemplo para cotas que no sean distancias, como en el ejemplo de la figura 29; o para indicar el tamaño de elementos que, siendo iguales, no es evidente su igualdad por su posición, como se muestra en la figura 30. En el ejemplo de esta figura, la acotación de las posiciones de los centros de los cuadrados implica dos cotas (una horizontal y una vertical) para cada cuadrado que podrían indicarse como cotas en paralelo con referencia común en la esquina inferior izquierda de la pieza -supuestas que estas son las cotas funcionales. En la propia figura 30 se han acotado de esta forma los centros de los cuadrados.

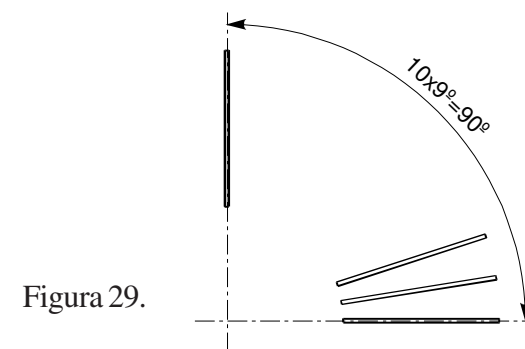


Figura 29.

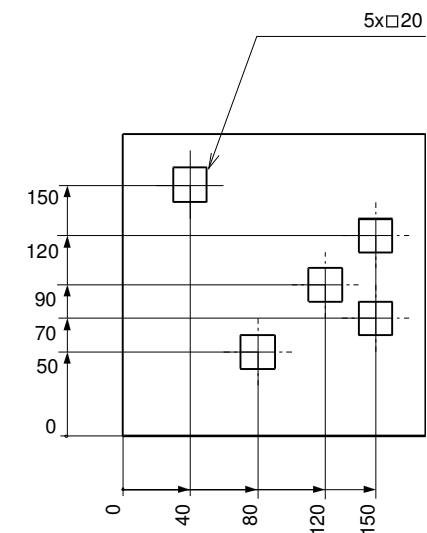


Figura 30.

Se puede, además, agrupar las coordenadas en una tabla, identificando cada elemento mediante un número. Esto nos permite incluir en la tabla información adicional, como en el caso de la figura 31 en el que cada cuadrado tiene un tamaño diferente que se indica en la tabla.

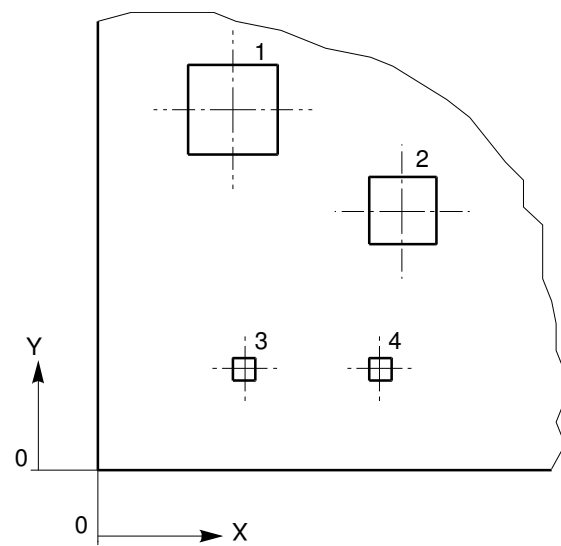


Figura 31

| | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|----|----|----|----|
| X | 30 | 70 | 40 | 70 |
| Y | 80 | 60 | 30 | 30 |
| □ | 20 | 15 | 5 | 5 |

El empleo de una referencia puede en cualquier caso evitarnos repetir una determina cota varias veces. Por ejemplo, en la figura 32 se emplean referencias con las letras X e Y para indicar qué taladros tienen diámetro de 20 y de 15 mm.

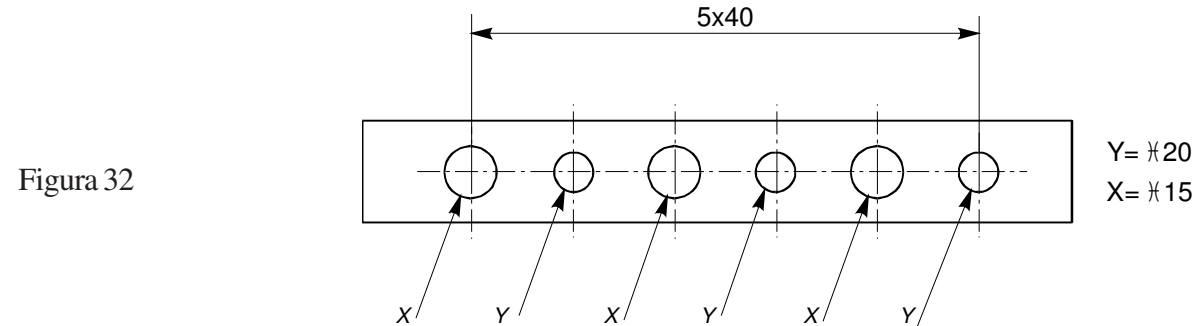


Figura 32

Finalmente, notemos que la funcionalidad de una pieza puede fundarse en la igualdad de cotas o en posicionar determinados elementos en divisiones de una cota. Se indica que dos cotas en serie son iguales empleando en cada una de ellas como texto solamente el signo «=». Por ejemplo, en la figura 33 se emplea esta notación para indicar que el taladro se encuentra en el centro del rectángulo. Nótese que, acotando de esta forma su posición, si cambiásemos durante el proceso de diseño las cotas que definen el ancho y el largo de la placa rectangular, automáticamente cambiaría el valor numérico de las cotas que definen la posición del taladro respecto de los bordes, pero estará en el punto que ahora sea el centro de la placa.

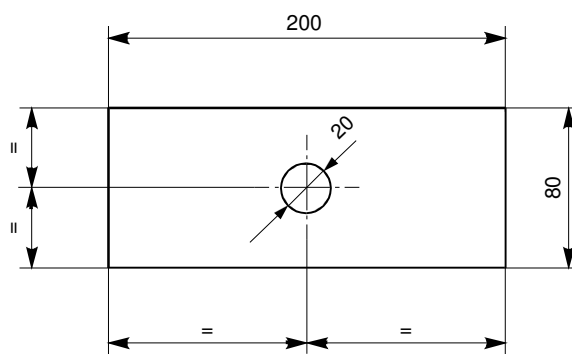


Figura 33

Relación entre acotación y fabricación

Un plano de taller de una pieza debe contener las indicaciones precisas para que las personas encargadas de fabricarla (o de programar las máquinas que lo hagan) tengan perfectamente claro el proceso a seguir, el material de partida, la herramienta empleada y cualquier otro parámetro que deba seleccionar. Estos datos dependerán lógicamente del proceso seguido. Por ejemplo, en el caso de una pieza de chapa, el primer dato que necesita el fabricante es el tamaño de la chapa de partida, por lo que deberán acotarse el largo y ancho de la pieza rectangular de chapa de partida. El segundo proceso será el conformado de la forma. Si esta se hace empleando una plegadora, los datos necesarios serán las distancias de los bordes a los que plegar y el ángulo de plegado, pero si el proceso de fabricación fuese mediante forja en prensa, los datos más interesantes serían el ángulo de plegado central y la altura del troquel empleado. En este momento se realizarán los taladros. En el caso de forja en prensa el orden es fundamental, puesto que si hubiéramos realizado los taladros antes de formar la lambda, estos podrían haberse deformado. En una pieza de este tipo las distancia entre taladros y su diámetro y forma probablemente sean cotas funcionales por ello es mejor realizarlas al final, cuando ya no son previsibles nuevas deformaciones en la pieza. Como se ve en el ejemplo, son en primer lugar la lógica y el conocimiento de los procesos de fabricación los que deben regir los criterios de acotación.

Los puntos que hay que analizar son pues el orden del proceso de fabricación, qué cotas o parámetros necesita conocer el fabricante para realizar el proceso y cómo afectan unos procesos a las cotas anteriores. Es el conocimiento de los procesos de fabricación el que nos permitirá decidir qué acotación es útil y lógica.

El estudio de los procesos de fabricación es tema de otras asignaturas por lo que aquí simplemente nos limitaremos a mostrar una tabla resumen de los diferentes procesos que se pueden realizar en el torno.

Acabados superficiales

Una parte importante del proceso de fabricación de una pieza, normalmente la final, es acabar o repasar la superficie, permitiendo una cierta rugosidad o forma. Es fácil distinguir mediante el tacto el diferente acabado superficial de una superficie basta de una pulida. Si observamos al microscopio ambas superficies podremos además comprobar que la superficie pulida es mucho más plana (a escala microscópica).

En la figura 34 se muestra un esquema de cómo puede ser a escala microscópica el perfil de una superficie nominalmente plana y horizontal cuando recorremos una línea recta de longitud L sobre ella. Si trazamos una recta paralela al trazado teórico de la superficie, definirá junto al perfil real unas áreas A_i por encima y B_i por debajo. Llamamos *línea media* en un recorrido de *longitud básica* L a aquella línea paralela al trazado teórico de la superficie tal que la suma de áreas A_i por encima es igual a la de áreas B_i por debajo.

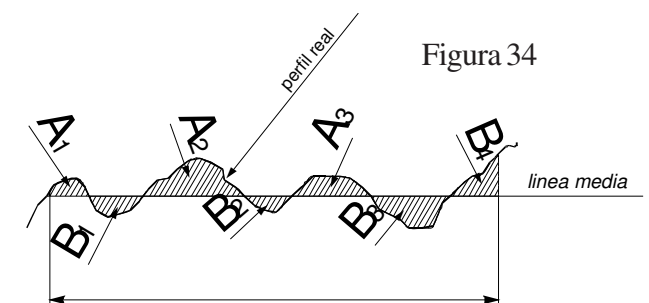


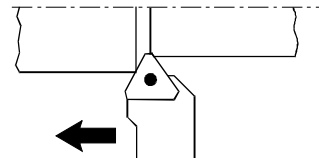
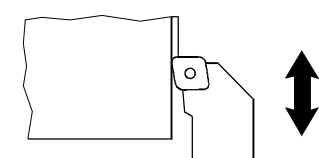
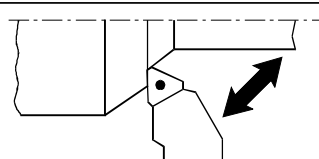
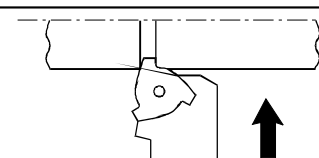
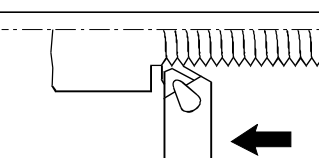
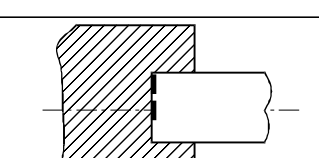
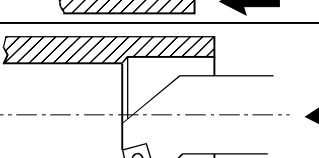
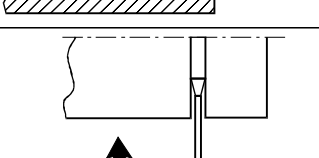
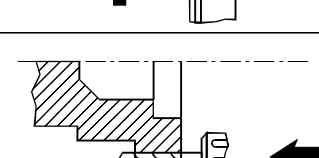
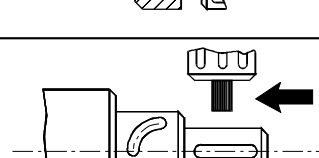
Figura 34

Se define la *rugosidad media aritmética* R_a como el cociente de la suma de áreas tanto por encima como por debajo de la línea media con la longitud L recorrida. Es decir:

$$R_a = \frac{3 A_i + 3 B_i}{L}$$

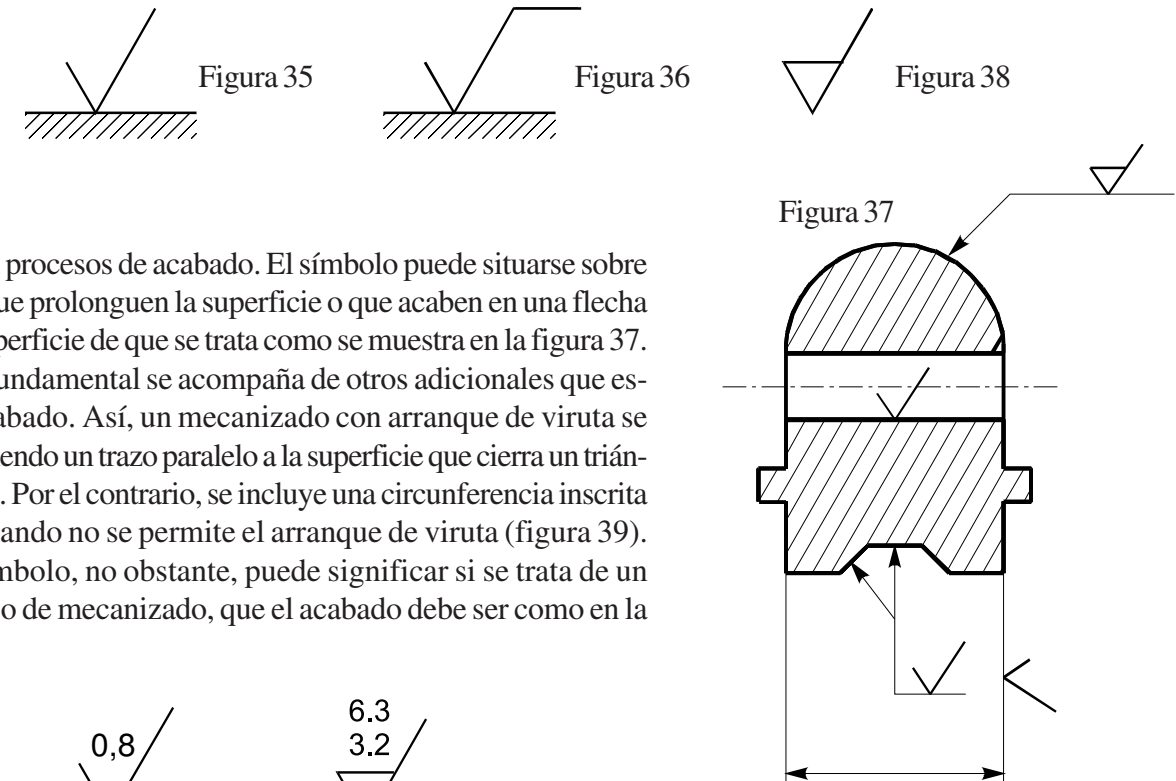
Esta magnitud tiene dimensiones de longitud y se expresa en μm. Se mide mediante aparatos llamados *rugosímetros*, los cuales disponen de un palpador que explora la superficie.

Tabla 4. Operaciones de fabricación en torno.

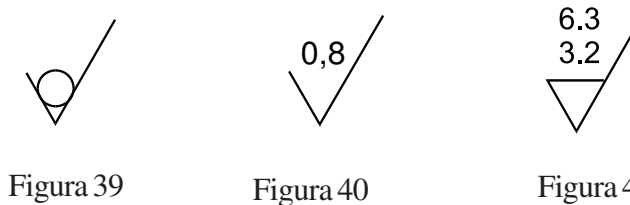
| | |
|---|---|
|  | Torneado longitudinal o cilindrado. Es la operación de torneado más común en la que la herramienta se mueve a lo largo del eje de la pieza a trabajar reduciendo el diámetro |
|  | Refrentado. Esta también es una operación común en la que la herramienta tornea una cara perpendicular al eje de la pieza, bien hacia fuera del centro o hacia el centro. |
|  | Copiado. Este se puede realizar hacia fuera o hacia dentro y con ángulos penetrantes que imponen exigencias sobre la accesibilidad que puede obtenerse con la herramienta. |
|  | Cortes perfilados. Se realizan con herramientas a las que se les ha dado la forma específica que ha de cortarse. Los más comunes son diferentes tipos de ranuras, rebajes y chaflanes. |
|  | Roscado. Se realiza cuando la pieza requiere una parte roscada, interior o exterior. Esta operación también se puede hacer sobre un plano inclinado o en la cara frontal de la pieza. |
|  | Taladrado. Consiste en realizar un agujero centrado en el eje en aquellas piezas que tienen una forma interior determinada. Se posibilita de esta manera la posterior entrada de otras herramientas. |
|  | Mandrinado o maquinado interno. Se realiza sobre una pieza en la que ya se ha taladrado un agujero. La mayoría de las operaciones externas antes mencionadas se realizan también internamente con las herramientas adecuadas. |
|  | Tronzado. Se realiza esta operación cuando ya está maquinada la pieza por lo menos en un extremo. Es un método de separar la pieza de una barra sin quitar ésta de la máquina |
|  | Taladrado complementario. Se realiza esta operación en aquellas máquinas que tienen herramientas con giro propio. Sirve perfectamente para completar el trabajo en piezas sencillas y puede realizarse tanto axial como radialmente. |
|  | Maquinado diverso. Al igual que la operación anterior, también es adecuado para complementarse con otros maquinados. Esta operación puede ser radial o axial y también puede tener cualquier dirección con el eje (levas, ranuras de guiado, etc.). |

La rugosidad superficial depende principalmente de los procesos de fabricación y acabado superficial. Entre los procesos que pueden emplearse para tratar una superficie, aparte de fresado y torneado, están rectificado, bruñido y pulido como procesos mecánicos, y pavonado, niquelado, cromado o simplemente pintado como procesos con adición de material.

El acabado superficial se indica mediante dos trazos desiguales que forman un ángulo de aproximadamente 60° justo sobre la superficie de la cual se indica su acabado (figura 35). El trazo más largo puede prolongarse con otro paralelo a la superficie acotada si es necesario escribir algún texto (figura 36). Típicamente en el



texto se indican procesos de acabado. El símbolo puede situarse sobre líneas de cota que prolonguen la superficie o que acaben en una flecha indicando la superficie de que se trata como se muestra en la figura 37. Este símbolo fundamental se acompaña de otros adicionales que especifican el acabado. Así, un mecanizado con arranque de viruta se especifica añadiendo un trazo paralelo a la superficie que cierra un triángulo (figura 38). Por el contrario, se incluye una circunferencia inscrita en el ángulo cuando no se permite el arranque de viruta (figura 39). Este mismo símbolo, no obstante, puede significar si se trata de un pieza en proceso de mecanizado, que el acabado debe ser como en la fase anterior.



El valor de la rugosidad, bien su máximo (figura 40), bien el intervalo admitido con valores máximo y mínimo (figura 41), se indican sobre el ángulo del símbolo fundamental y los añadidos que tenga. Así, en la figura 40 se está indicando que la rugosidad superficial puede tener un valor máximo de 0.8 micrómetros (μm) y puede ser obtenida por cualquier método de fabricación, mientras que en la figura 41 se está indicando que la rugosidad superficial debe estar entre 6.3 y 3.2 micrómetros y debe necesariamente obtenerse por un proceso de mecanizado (con arranque de viruta). Dado que en planos que siguen el sistema de medida británico se emplean micropulgadas, es preferible señalar la clase de rugosidad normalizado según se indica en la tabla 5. Así, en la figura 42 se muestran las indicaciones similares a las de las 30 y 31 pero con esta notación.

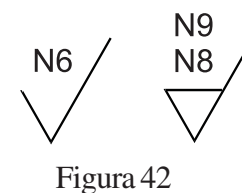


Tabla 5.

| Valor de la rugosidad en Ra | | Clase de rugosidad |
|-----------------------------|----------------|--------------------|
| μm | μin | |
| 50 | 2000 | N 12 |
| 25 | 1000 | N 11 |
| 12.5 | 500 | N 10 |
| 3.6 | 250 | N 9 |
| 3.2 | 125 | N 8 |
| 1.6 | 63 | N 7 |
| 0.8 | 32 | N 6 |
| 0.4 | 16 | N 5 |
| 0.2 | 8 | N 4 |
| 0.1 | 4 | N 3 |
| 0.05 | 2 | N 2 |
| 0.025 | 1 | N 1 |