

1º.- Un movimiento relativo de la herramienta respecto a la pieza, **movimiento de corte (Mc)**, definido en dirección, sentido y manera de desplazamiento por el vector velocidad de corte V_c (generalmente expresada en m/min).

2º.- Una penetración de la herramienta en la pieza que permita obtener una viruta de espesor más o menos grande: para esto es necesario poder modificar la posición relativa de la herramienta con relación a la pieza gracias a un segundo movimiento relativo herramienta-pieza, **desplazamiento de penetración o profundidad (Dp)** (fig. 3a).

La penetración de la herramienta en la pieza, define la profundidad de pasada **p**.

La anchura de la viruta depende de la forma de la parte activa de la herramienta (figuras 3a y 3b). Cuando la anchura de la superficie a mecanizar es inferior o igual a la anchura de la parte activa de la herramienta, el movimiento de corte y el desplazamiento en profundidad bastan para realizar el mecanizado. La herramienta en este caso se suele llamar "de pala" (figura 3a). Por distintas razones, el empleo de las herramientas "de pala" o "de forma" es excepcional.

Cuando la anchura de la superficie es mayor, es necesario fraccionar cada pasada principal en varias pasadas elementales (figura 3b) sin modificar la profundidad y para esto se requiere un tercer movimiento relativo herramienta-pieza, **movimiento de avance (Ma)** (figuras 3b y 4).

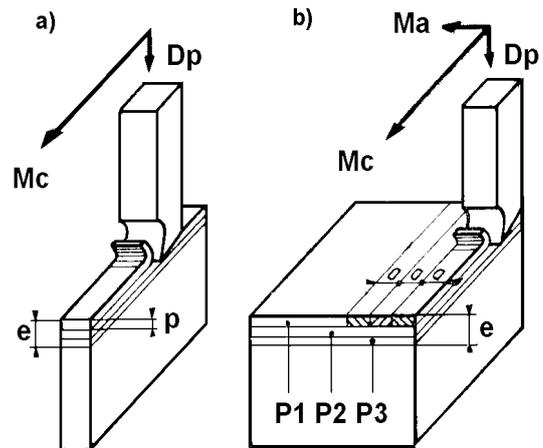


Figura 3

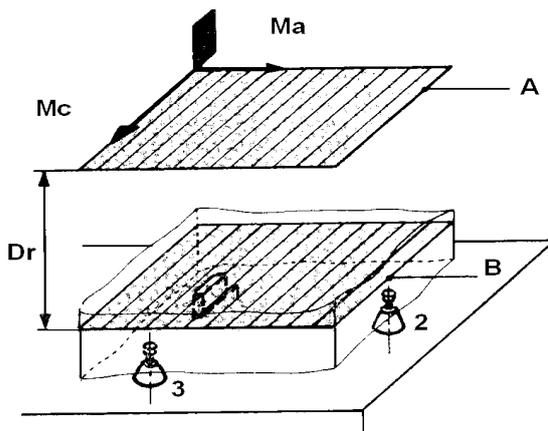


Figura 4

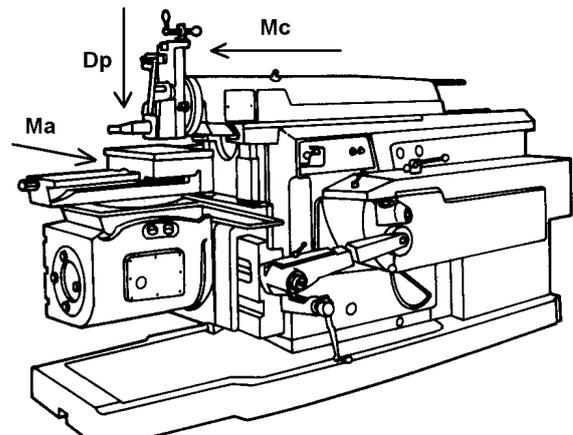


Figura 5

La superficie engendrada por la herramienta depende del desplazamiento de la herramienta con relación a la pieza. Este desplazamiento resulta de la composición de los movimientos de corte y de avance (figura 4).

El desplazamiento en profundidad no influye sobre la forma de la superficie engendrada por la herramienta. Este determina solamente la penetración de la herramienta modificando la posición relativa pieza-superficie engendrada por la herramienta. La amplitud de este desplazamiento es siempre limitada, de manera que no someta al conjunto porta-herramientas a una carga exagerada.

Para que la superficie engendrada por la herramienta se confunda con la superficie a mecanizar referida sobre la pieza en bruto, es generalmente necesario disponer de un cuarto desplazamiento relativo herramienta-pieza, **desplazamiento de reglaje (Dr)** (figura 4a y 4b). Los desplazamientos de profundidad y de reglaje siguen habitualmente la misma trayectoria (figuras 3b y 4).

Se obtienen estos cuatro desplazamientos relativos herramienta-pieza en la mayoría de las máquinas-herramientas. A título de ejemplo son referidos en la figura 5, para una máquina limadora.

1. b) Aspecto dinámico

Hasta aquí solo se ha considerado el aspecto geométrico de la generación de superficies. Ahora será considerado el aspecto dinámico y se analizarán brevemente las reglas que se relacionan con la concepción de las máquinas-herramientas.

La fuerza F_C necesaria para arrancar la viruta (**fuerza de corte**) es función de la sección S de viruta y de la resistencia al corte R del material que se mecaniza.

$$F_c = C \cdot R \cdot S$$

que en general se expresan en las siguientes unidades: F_C [kg], R [kg/mm²] y S [mm²]. Siendo C una constante de conversión de unidades.

La fuerza F_C sólo existe en la medida que los órganos que soportan la pieza y la herramienta sean capaces de resistir. Por lo tanto, un circuito cerrado de fuerzas debe existir entre la herramienta y la pieza. La figura 6 muestra esquemáticamente el circuito de fuerzas en una limadora.

Con el fin de conservar las posiciones relativas pieza-herramienta en todo momento, condición necesaria para engendrar superficies geométricamente correctas, es necesario que este circuito de fuerza sea lo más corto y más rígido posible.

Los juegos funcionales inherentes a toda discontinuidad existente en el circuito de fuerza son perjudiciales para la corrección macrogeométrica de las superficies engendradas. Pero la necesidad de los movimientos relativos herramienta-pieza (corte, avance, reglaje) introducen una solución de continuidad en el circuito de fuerza (fig. 6, puntos de ruptura A,B,C). Los inconvenientes que resultan de ello, pueden ser reducidos mediante los dispositivos siguientes:

- Guías robustas que aseguren, sin mecanismos inútiles, un mínimo de movimientos falsos.
- Dispositivos de reglaje del juego en las guías de desplazamiento relativo durante el trabajo.
- Blocajes que supriman la libertad y minimicen los juegos de los mecanismos de reglaje una vez situados en su posición de trabajo.
- Colocación de soportes, de tirantes, refuerzos, etc.

La energía consumida por el trabajo de corte es suministrada por una fuente de energía, generalmente un motor eléctrico alimentado por una red de distribución.

Una cadena cinemática de órganos transmite la energía del motor a la pieza o a la herramienta, modificando eventualmente la naturaleza, el sentido y la velocidad de movimiento; la disposición de la cadena cinemática varía según el tipo de máquina-herramienta, pero se encuentran mecanismos comunes, tales como: embragues, variadores de velocidad, etc.

2) Las herramientas de corte. Formas de actuación.

La superficie engendrada por una herramienta de corte es la superficie-desarrollo de las sucesivas posiciones ocupadas por esta herramienta. La forma de dicha superficie viene dada en función:

- **Del perfil de corte de la herramienta** utilizada.

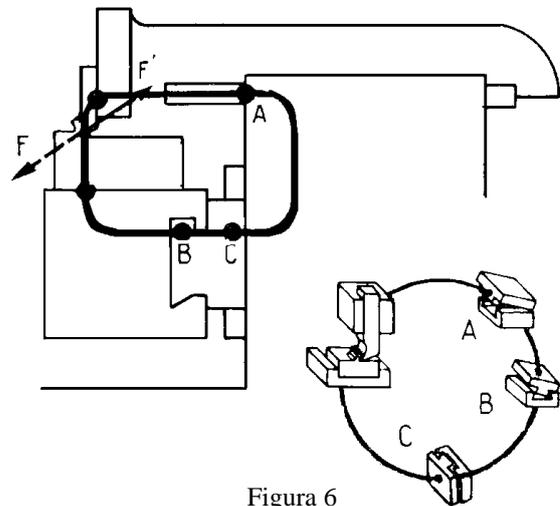


Figura 6

- **Del movimiento de la herramienta con relación a la pieza**, o sea, el movimiento resultante de los movimientos de corte (M_c) y de avance (M_a). Una herramienta elemental, como las empleadas en operaciones de torneado, cepillado, alesado, etc. se esquematiza en la figura 7a .

Bajo la acción de la herramienta, el metal es comprimido y luego cortado por cizallamiento. Se desliza luego sobre la cara de ataque de la herramienta formando así una viruta (figura 8). Los metales dúctiles presentan en general virutas continuas, mientras que los frágiles o quebradizos presentan virutas segmentadas (figs. 8a y 8b). Las compresiones y cizallamientos sucesivos, modifican periódicamente el esfuerzo soportado por la herramienta, engendrando vibraciones que pueden tener efectos nocivos, como se verá mas adelante.

La cara de ataque de la herramienta (fig. 7a) está inclinada según el ángulo α , llamado **ángulo de ataque** (medido en el plano π_0 ,

normal a la proyección del filo sobre la base). La experiencia ha demostrado que el valor óptimo de α es función, principalmente, del material a cortar y del material de la herramienta, pero será objeto de mayor análisis mas adelante.

Para evitar que la herramienta “talone” (cuando la cara de incidencia o alivio D roza con la superficie que se mecaniza) es necesario inclinar la cara D un ángulo γ llamado **ángulo de incidencia**. La experiencia ha demostrado que con un valor de 6 a 8° para este ángulo se evita el “talonado” sin que desmejore la resistencia de la herramienta.

Cualquiera que sea el tipo y la forma de la herramienta empleada es deseable que la sección normal π_0 de su parte activa, en cualquier punto de su filo cortante, reproduzca los ángulos característicos α y γ anteriormente definidos.

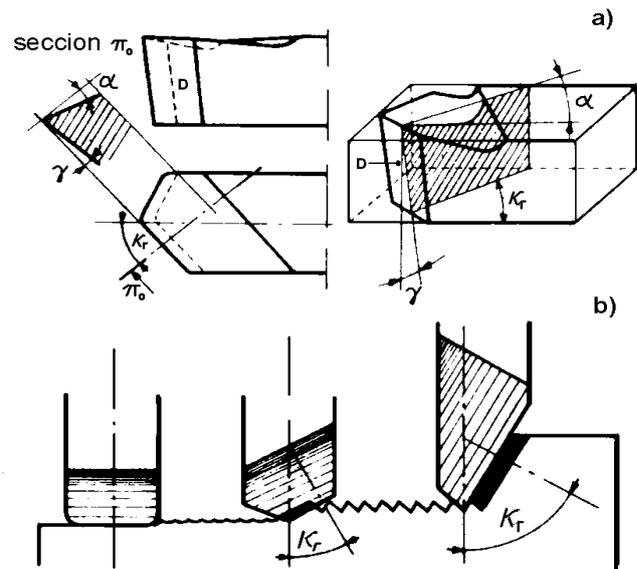


Figura 7

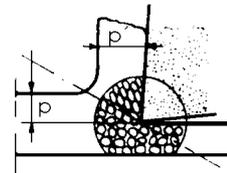
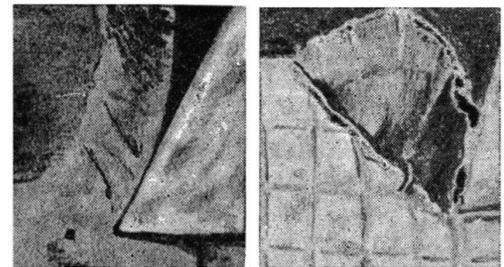


Figura 8 a

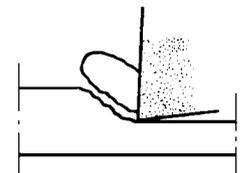


Figura 8 b

3) Clasificación de las herramientas según geometría, movimiento y tipo de operación

Las herramientas pueden clasificarse teniendo en cuenta distintos aspectos:

- **Cantidad de filos cortantes:** “monocortantes” (o simples) y “policortantes”. Entre otras, son monocortantes las de torneado, alesado, cepillado, mortajado y son policortantes las brocas, brochas, escariadores, fresas, muelas.
- **Movimiento durante el corte:** “rectilíneo” o “giratorio”. Este aspecto no es privativo de cada herramienta, puesto que hay casos de herramientas que pueden tener indistintamente uno u otro de esos movimientos, según la máquina en la que trabajen. Ejemplos: la broca gira en la taladradora, no así en el torno. La herramienta simple de la fig. 7a es giratoria en una operación de alesado, mientras que en el torneado o en el cepillado tiene movimiento rectilíneo.
- **Forma de los filos:** recta, curva, u otra. La variedad de formas de filo está generalmente vinculada con la operación de mecanizado a realizar, y otros aspectos que serán abordados en adelante.
- **Relación de dependencia entre la forma del filo y el perfil de la superficie engendrada:** “de generación” o “de forma”.

Nota: estos aspectos ayudan a visualizar a grandes rasgos las diferencias que presentan entre sí la gran variedad de herramientas que existen. Sin embargo, es poco útil y didácticamente complejo hacer una clasificación rigurosa de las herramientas en base a los aspectos citados. Por ello se irán definiendo las principales herramientas teniendo en cuenta solo parcialmente los 4 aspectos recién descriptos:

3. a) Herramientas monocortantes

3. a. 1) Herramienta simple de forma (figura 9a): el trazo de la arista cortante (filo principal) está concebido de manera que pueda engendrar una superficie de perfil dado (sección transversal de una pieza prismática; o sección axial de una pieza de revolución). El movimiento de corte (M_c) es suficiente para engendrar la superficie, por lo cual no se necesita (M_a).

3. a. 2) Herramienta simple de generación: la forma de la superficie mecanizada no está directamente ligada al trazo de la arista cortante (figura 7a); la generación de la superficie exige un movimiento de corte y un movimiento de avance.

La proyección del plano π_0 sobre el plano de base de la herramienta, forma con el eje de la misma un ángulo agudo llamado ángulo de posición κ_r (fig. 7a).

El valor conveniente del ángulo de posición varía con la profundidad de pasada. Conviene que sea mayor para un trabajo de desbaste que para un trabajo de acabado (fig. 7b). En la figura se aprecia que la forma general de la superficie engendrada es independiente de la forma de la arista cortante, pero vale destacar que el aspecto microgeométrico (rugosidad) de esta superficie depende del valor del avance, del ángulo de posición κ_r y de la forma de la punta de la herramienta que hace contacto con la superficie mecanizada (acabado o desbaste). Esta no será teóricamente correcta, a menos que la arista cortante posea un perfil donde el trazo se confunda con la generatriz en una longitud superior al avance.

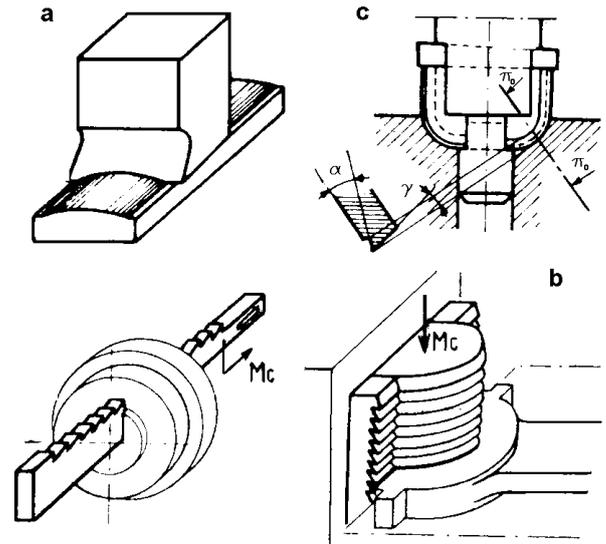


Figura 9

3. b) Herramientas policortantes

3. b. 1) Brocha: consta de varias herramientas dispuestas una detrás de otra, y cada una quita una pasada. Sólo las últimas determinan la forma final de la superficie engendrada (figura 9b).

3. b. 2) Lama o herramienta de lamar: consta de dos herramientas simples de forma fijadas en un útil porta-lama, animado de un movimiento de rotación alrededor de un eje. La extremidad del porta-lama en forma de bulón (piloto), va guiada por el agujero a lamar (fig. 9c).

La lama engendra una superficie de revolución cuya meridiana reproduce el perfil de la arista cortante.

3. b.3) Broca (fig. 10a): puede ser considerada como formada por la asociación de dos herramientas simples de generación inclinadas con un ángulo de posición de 30° . La broca está animada de un movimiento de rotación alrededor de su eje y de un movimiento de avance en esa misma dirección

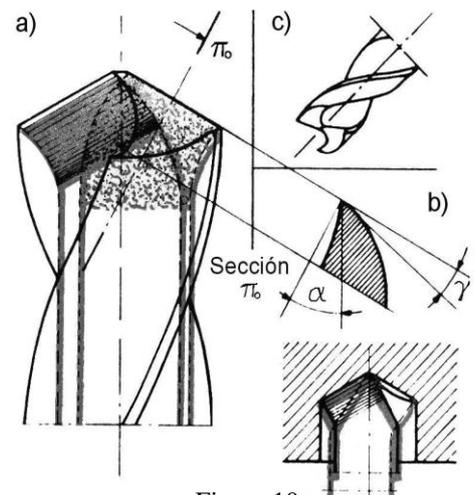


Figura 10

(salvo cuando es utilizada en el torno, donde solamente avanza, pero no gira). En la figura 10b se muestra la analogía entre cada filo de la broca y una herramienta simple, y en 10c una vista desde el extremo.

3. b. 4) Fresa: puede considerarse como formada por la asociación de varias herramientas simples (fig. 11a).

La superficie engendrada por fresado es la resultante de la acción sucesiva de las herramientas simples que la componen. La fresa está animada de un movimiento de rotación (M_c) alrededor de su eje. Puede trabajar tangencialmente (fresado tangencial) o frontalmente (fresado frontal).

La superficie engendrada por fresado tangencial es función de la sección meridiana de la superficie aristas cortantes de las *Herramientas simples de forma* que constituyen la fresa. Una fresa trabajando tangencialmente es una herramienta de forma (fig. 11b).

Por el contrario, la superficie engendrada por fresado frontal no está directamente ligada al trazo de la generatriz de las *Herramientas simples de generación* que la componen. El aspecto microgeométrico dependerá del avance y del trazo de la extremidad de la arista cortante, en contacto con la superficie mecanizada. Una fresa trabajando frontalmente es una herramienta de generación (fig. 11c y 11d).

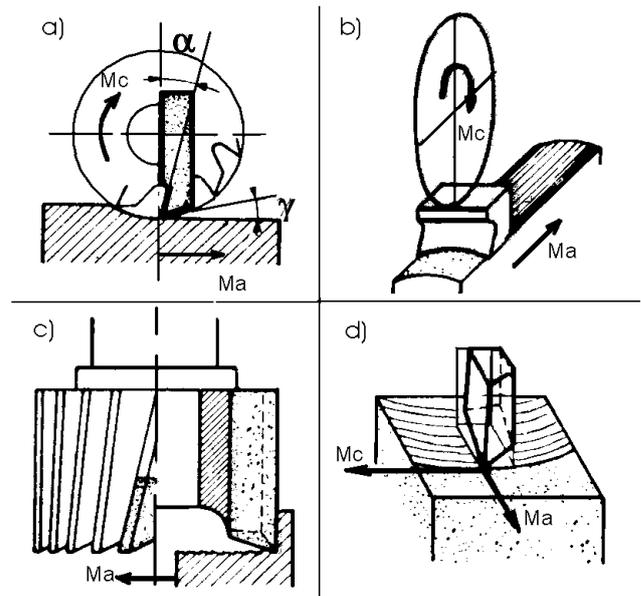


Figura 11

3. b. 5) Muela: es una herramienta giratoria a gran velocidad, constituida por partículas abrasivas de grosor variable y elevada dureza (alúmina, carburo de silicio, diamante, ligadas por un "aglomerante").

Una muela podría ser comparada a una fresa que tuviera millares de dientes (granos abrasivos). Trabaja como una fresa, bien tangencialmente (como herramienta de forma), o bien frontalmente (como herramienta de generación). En la fig. 2b se muestra una muela trabajando tangencialmente.

3. b. 6) Machos (fig. 12a) y terrajas (fig. 12c): están constituidas por un agrupamiento de herramientas simples de forma dispuestas en hélice, como se muestra en la fig. 12b para el caso de un macho de roscar. Cada herramienta corta una pasada y sólo él o los últimos dientes determinan la forma de la superficie engendrada (ver analogía con una brocha). El movimiento de corte es helicoidal.

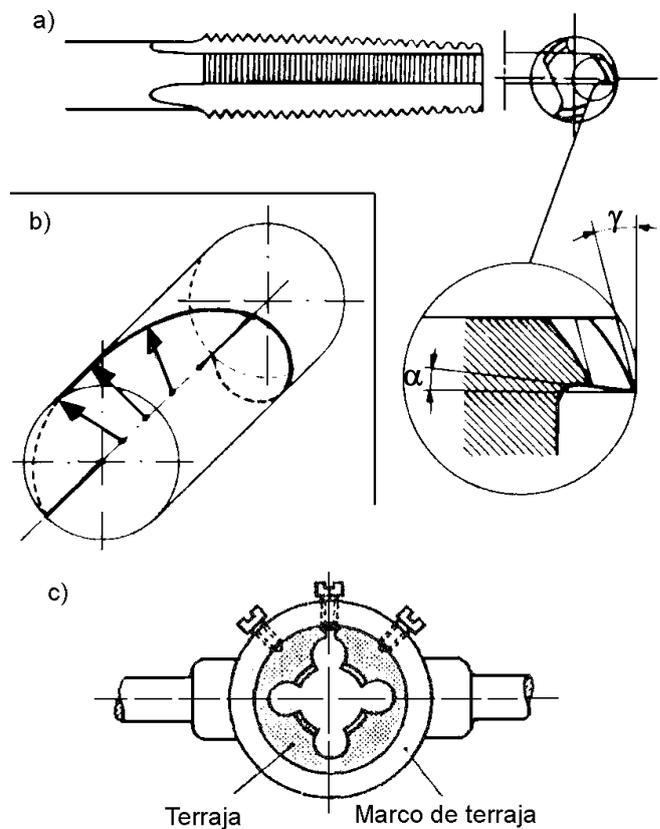


Figura 12

Herramientas. Resumen: En base a lo visto, desde el punto de vista de la relación de dependencia entre la forma de la arista cortante y el perfil obtenido en la superficie mecanizada, las herramientas presentadas pueden pertenecer a uno o ambos de los dos grandes grupos siguientes:

Herramientas de forma: fresa y muela trabajando tangencialmente, escariador, brocha, machos y terrajas. Herramienta simple de forma trabajando con movimiento de corte (Mc) y de avance en penetración (Map).

Herramientas de generación: broca, fresa y muela trabajando frontalmente. Herramientas simples de generación y de forma trabajando con movimiento de corte (Mc) y avance longitudinal (Mal). Vale resaltar que las herramientas de forma se construyen con herramientas de generación, y tanto desde el punto de vista de fabricación, como desde el punto de vista geométrico, se puede considerar a la herramienta simple de generación como la herramienta elemental de donde derivan todas las otras.

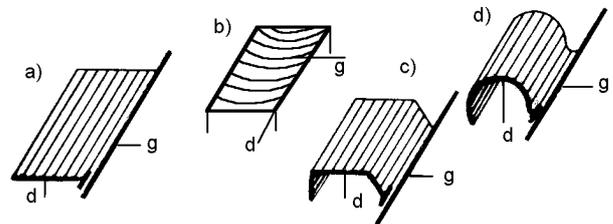
4) GENERACIÓN DE SUPERFICIES PRISMÁTICAS

Definición: Una superficie prismática puede considerarse como engendrada por una línea plana “g”(generatriz) que se desplaza paralelamente a sí misma, apoyada sobre una segunda línea plana “d”(directriz) (figs. 13a, b, c, d).

Línea “g”	Superficie engendada
Recta (fig. 13 a)	Plano
Circunferencia (fig. 13 b)	Plano
Quebrada (fig.13 c)	Superficie lateral de un prisma
Línea cualquiera (fig.13 d)	Superficie lateral de un prisma de base mixtilínea

4. a) Generación por mecanizado

4.a.1) Mecanizado con herramientas de generación: herramienta simple de generación (figs. 13a, c, d, e; fresa o muela trabajando frontalmente (fig. 13b).



4. a. 2) Mecanizado con herramienta de forma, no giratoria: herramienta simple de forma, y brocha (figs. 13f y 9b). Las dos líneas son:

- Directriz:** trayectoria del movto. de corte (Mc).
- Generatriz:** proyección de la arista de corte sobre un plano perpendicular al Mc (fig. 13h). El movimiento de corte es suficiente para engendrar la superficie

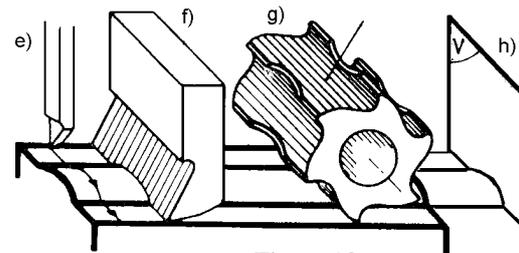


Figura 13

4. a. 3) Mecanizado con herramienta giratoria de forma: (fresa o muela trabajando tangencialmente) (fig. 13 g).

Las dos líneas son:

- **Directriz:** trayectoria del movto. de avance longitudinal (Mal), generalmente realizado por la pieza.
- **Generatriz:** proyección sobre un plano perpendicular al Mal, del perfil de la sección meridiana de la superficie envolvente de las aristas cortantes (fig. 13 h).

4. b) Máquinas-herramientas para el mecanizado de superficies prismáticas

En esta sección, solamente se citan las partes esenciales de cada máquina, su organización general y sus movimientos para generar superficies. En otros capítulos se hace un tratamiento mas completo, se muestran otras configuraciones, las características del proceso de mecanizado, accionamientos, tipos de herramientas, montajes, accesorios, campo de aplicación, precisión, etc..

4. b. 1) Máquinas con movimiento rectilíneo alternativo. Organización general.

Cinemática.

4. b. 1. 1) Limadora. (fig. 14)

Pieza (1): montada sobre la mesa (2) solidaria al carro transversal portapiezas(7).

Herramienta (3) (simple, de generación o de forma): va montada en un carro portaherramientas (4) fijado a la parte delantera del carnero o corredera (5).

Movimiento de corte (Mc): rectilíneo alternativo del carnero.

Movimiento de avance transversal (Mat): desplazamiento intermitente del carro portapiezas (7) en dirección horizontal o vertical (para generar, respectivamente, planos horizontales o verticales).

Desplazamiento en profundidad (Dp): movto. del carro vertical (6) o del horizontal (7).

Movimiento de avance curvilíneo: se obtiene desvinculando el carro vertical de su accionamiento, guiando el movimiento transversal (Mat) con una plantilla.

Reglajes.-

Pieza: desplazamientos manuales de los carros vertical y horizontal.

Herramienta: Reglajes del movimiento (vertical u oblicuo) del portaherramientas, amplitud y posición de la carrera del carnero.

Las limadoras son particularmente indicadas para mecanizar superficies planas de dimensiones medias y pequeñas.

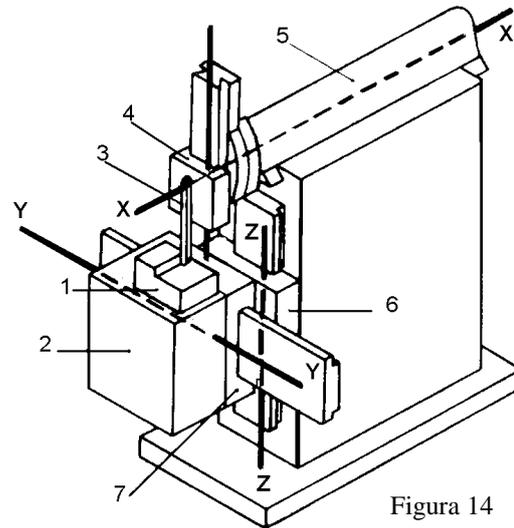


Figura 14

4. b. 1. 2) Cepilladora (fig. 15)

Pieza (1): montada sobre la mesa (2) desplazable sobre las guías de la bancada (9).

Herramienta (3) (simple, de generación o de forma): va montada en el portaherramientas (4) solidario al carro transversal (5), guiado horizontalmente sobre el travesaño (6).

Movimiento de corte (Mc): rectilíneo alternativo de la pieza fijada sobre la mesa.

Movimiento de avance transversal (Mat): desplazamiento intermitente del carro portaherramienta (4) en dirección horizontal o vertical guiado sobre el travesaño (6) o las columnas o montantes (7) (para generar, respectivamente, planos horizontales o verticales). La traviesa (8) cierra el puente.

Desplazamiento en profundidad (Dp): movimiento del travesaño (6) o del carro transversal (5).

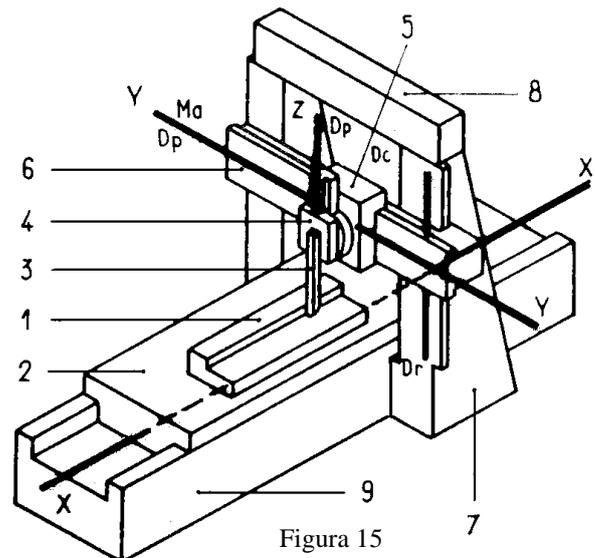


Figura 15

Movimiento de avance curvilíneo: se obtiene desvinculando el travesaño de su accionamiento, guiando el movimiento transversal con plantilla.

Reglajes de la herramienta:

De aproximación: desplazamiento del travesaño sobre las columnas

En profundidad: desplazamiento (vertical u oblicuo) del portaherramientas.

Las cepilladoras son particularmente indicadas para mecanizar superficies planas de gran longitud.

4. b. 1. 3) Mortajadora (fig. 16).

Pieza (2): fijada sobre una mesa circular (3) desplazable, montada sobre los carros cruzados (4) y (5) que corren sobre guías de la bancada

Herramienta (1) (simple, de generación o de forma): va montada en el carro portaherramientas (7) que se desplaza sobre guías verticales del bastidor (8).

Movimiento de corte (Mc): rectilíneo alternativo de la herramienta montada en el portaherramientas.

Movimiento de avance transversal (Mat): desplazamiento intermitente de la mesa portapiezas (3) en direcciones cruzadas horizontales (genera planos verticales perpendiculares a los movimientos de avance de los carros (4) y (5).

Desplazamientos en profundidad (Dp): carros (4) o (5) desplazando la pieza en dirección perpendicular a la de avance.

Reglajes.-

Pieza: desplazamientos de los carros cruzados horizontales y giro de la mesa circular portapieza.

Herramienta: Reglajes de la carrera del portaherramientas en amplitud y posición respecto a la pieza.

Las mortajadoras son particularmente indicadas para realizar chaveteros y ranuras, como así también contorneados interiores y exteriores dada la facilidad con que el operario puede seguir un trazado previamente efectuado sobre la pieza. Pueden mecanizar piezas pequeñas o medianas.

4. b. 2) Fresadoras horizontales simples (fig. 17)

Pieza (1): montada sobre la mesa portapiezas solidaria al carro longitudinal (2).

Herramienta (5) (fresa): va montada directamente sobre la nariz del árbol principal (husillo), sobre un mandril, o bien sobre un árbol portafresa.

Movimiento de corte (Mc): giratorio de la

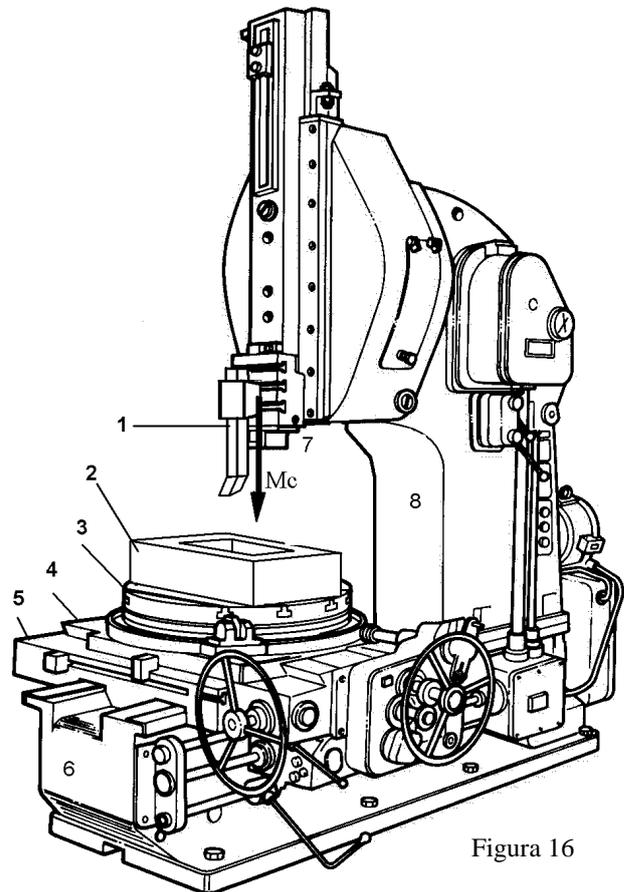


Figura 16

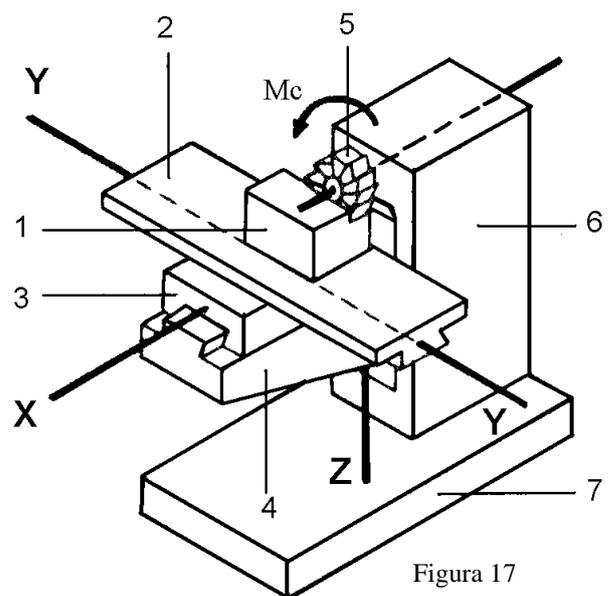


Figura 17

herramienta.

Movimiento de avance longitudinal (Mal): continuo, del carro longitudinal (2) en dirección ortogonal al eje del husillo.

Movimiento de avance transversal (Mat): intermitente, del carro transversal (3) en dirección paralela al eje del husillo.

Desplazamiento en profundidad (Dp): de la consola o carro vertical (4) sobre guías del bastidor (6) solidario a la base (7).

Reglajes de aproximación (pieza): desplazamientos de los carros (2), (3) y (4).

Las fresadoras son particularmente indicadas para mecanizar formas prismáticas, exteriores e interiores, aunque también pueden realizar trabajos de mandrinado, punteado y tallado de engranajes de dientes rectos. En las fresadoras universales (mesa inclinable de 0 a 45° alrededor de un eje vertical) pueden tallarse engranajes cilíndricos de dientes helicoidales.

4. b. 3) Rectificadoras planas tangenciales (fig. 18)

Las rectificadoras están concebidas para obtener superficies de buena corrección geométrica, excelente acabado superficial y dimensiones precisas (posibilidad de arrancar material con seguridad y rapidez, de sobreesesores inferiores al corte mínimo de viruta de las otras herramientas). Todo ello se logra en base a la estabilidad rigurosa del eje de la muela, mínimas vibraciones, y la suavidad y precisión de los movimientos de traslación y cambio de marcha. El rectificado permite mecanizar metales endurecidos por tratamiento térmico, inatacables con herramientas de corte no abrasivas.

Herramienta (4)(muela): giratoria, montada sobre husillo horizontal en posición fija (en altura) durante el trabajo.

Pieza (1): fijada sobre una mesa solidaria al carro longitudinal (2).

Movimiento de corte (Mc): giratorio de la muela.

Movimiento de avance longitudinal (Mal): continuo alternativo (Y-Y), de la mesa portapieza solidaria al carro longitudinal (2), en dirección ortogonal al eje del husillo.

Movimiento de avance transversal (Mat): intermitente (X-X), del carro transversal (3) en dirección paralela al eje del husillo.

Desplazamiento en profundidad (Dp): del carro portamuela vertical (5) sobre la columna (6) solidaria a la bancada (7).

Reglaje de aproximación: desplazamiento del carro transversal (3) y del carro portamuela (5). Reglaje de amplitud de la carrera del carro longitudinal (2).

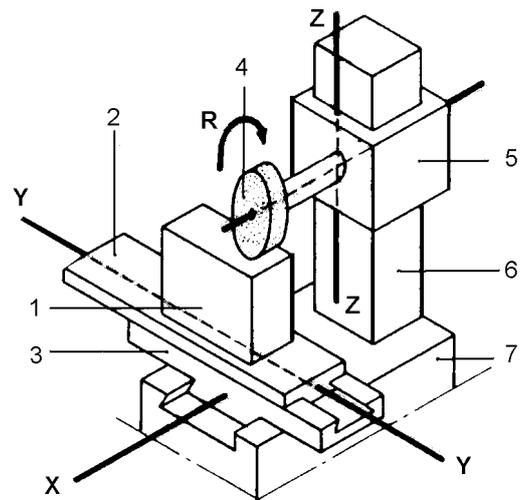


Figura 18

4. b. 4) Brochadoras (figs. 19 y 20, horizontal y vertical)

El mecanizado se realiza en una sola pasada de una herramienta policortante (brocha) con filos dispuestos uno tras otro, generando superficies prismáticas interiores o exteriores.

Pieza (1): montada sobre una mesa (2), permanece inmóvil.

Herramienta (3)(brocha): montada en un carro o en un dispositivo de arrastre (4), desplazable sobre guías (5), a velocidad de corte relativamente baja (1 a 7 m/min).

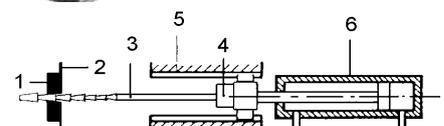
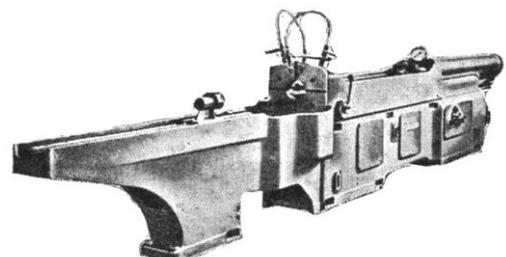


Figura 19

Movimiento de corte (Mc): traslación de la brocha a velocidad uniforme, impulsada hidráulicamente.

Avance y profundidad: siendo la brocha una herramienta de forma, no se requiere movimiento de avance, y como cada filo respecto al precedente arranca una nueva viruta cambiando la forma y dimensión del perfil que genera, tampoco se necesita desplazamiento en profundidad. En general con una pasada completa de la brocha queda terminado el trabajo.

De acuerdo al modo de acción de la herramienta, existen 2 tipos de brochado:

- **Brochado interior** (fig. 21 b): a partir de una abertura previa, permite el calibrado de superficies interiores a condición de que la brocha pueda pasar a través de la pieza (necesidad de un agujero de partida despejado). Durante la operación, la brocha es rodeada en todo el perímetro, o solo parcialmente. Las superficies brochadas interiormente pueden tener generatrices rectas paralelas, o helicoidales. En la brocha interior de la fig. 21a para obtener un agujero cuadrado, se muestra como varía el perfil de los dientes a lo largo de la brocha.

- **Brochado exterior:** permite obtener superficies planas o perfiladas con una doble condición: generatrices paralelas al eje de la brocha, y pieza que permita su pasaje. Durante la operación, la parte no activa de la brocha permanece exterior a la pieza.

En el brochado interior, la herramienta se traslada bajo un esfuerzo de tracción (generalmente) o compresión, sin otra guía que el agujero preliminar. En el brochado exterior, la brocha está rígidamente apoyada en toda su longitud.

En el brochado interior, la pieza está inmóvil, simplemente apoyada sobre una cara perpendicular a la traslación de la herramienta. En el brochado exterior, la pieza es sólidamente fijada en el montaje.

Cuando la brocha tiene sus dientes dispuestos helicoidalmente (brochado interior de ranuras helicoidales) la pieza va soportada de modo que pueda girar libremente (mesa de apoyo contenida por rodamientos axiales). En ese caso, la traslación rectilínea de la brocha, combinada con la disposición helicoidal del dentado, produce la rotación de la pieza resultando un Mc helicoidal.

Las brochadoras pueden emplearse para mecanizar agujeros cilíndricos y no cilíndricos (rectangulares, hexagonales, etc.), ranuras, estriados, perfiles, chaveteros y formas perfiladas sin limitación de forma, tanto interiores como exteriores de excelente acabado y muy buena precisión. Siendo la brocha una herramienta de alto costo, se justifica para grandes cantidades de piezas.

Movimientos relativos pieza-herramienta. Comparaciones: En la figura 22 se esquematizan los movimientos relativos pieza-herramienta que tienen lugar en las operaciones de planeado en limadora (22a), planeado en fresadora (22b), cilindrado en torno (22c) y brochado (22d). Se aprecian las características de cada proceso en cuanto a los movimientos de corte (Mc) y de avance (Ma) necesarios para generar las superficies, y puede así realizarse una comparación con los demás. Estos ejemplos

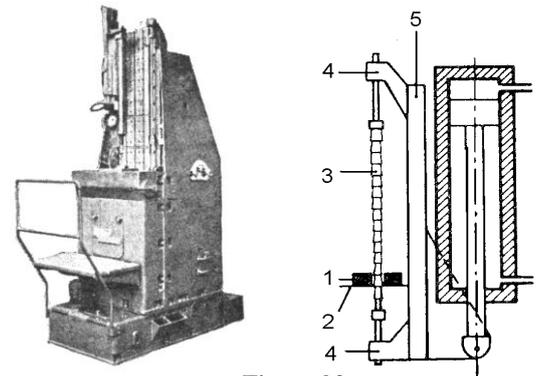
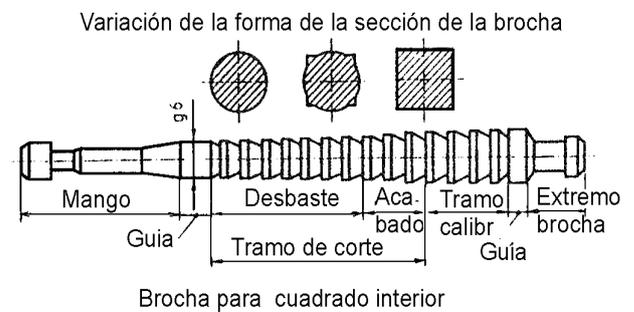


Figura 20



Brocha para cuadrado interior

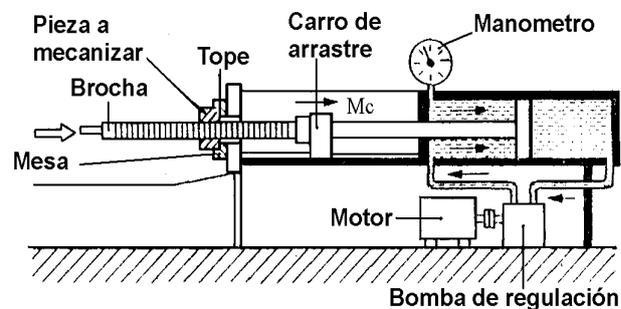


Figura 21

muestran solo algunas alternativas entre la gran cantidad de opciones que ofrece la tecnología de las máquinas-herramientas para generar superficies de distinto tipo.

Los movimientos de la pieza y de la herramienta pueden ser rectilíneos o rotatorios, continuos o intermitentes. Las herramientas pueden ser monocortantes, policortantes, o progresivas, con su nutrida variedad de geometrías, pudiendo trabajar tangencial o frontalmente. La velocidad de corte, el avance y la profundidad pueden fluctuar dentro de un amplio rango de valores.

Concluyendo, muchos factores y variables se conjugan en la elección del método de mecanizado, y más aun cuando la producción debe ser optimizada. Debe quedar claro entonces, que la fabricación de piezas mediante procesos por arranque de viruta requiere en principio, poseer sólidos conocimientos sobre máquinas-herramientas y herramientas de corte en todos sus aspectos, y criterio ingenieril para aplicarlos eficientemente. La base necesaria para resolver correctamente los problemas que plantea la fabricación de una pieza por mecanizado, se completa teniendo en cuenta otros aspectos importantes todavía no enunciados, que serán mas adelante discutidos.

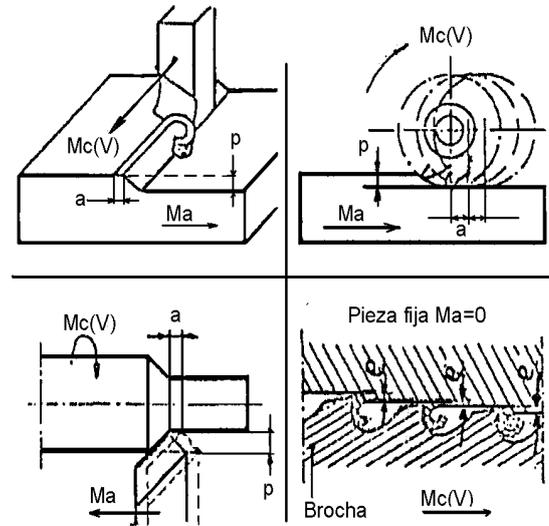


Figura 22

5) GENERACIÓN DE SUPERFICIES DE REVOLUCION

Definición: Una superficie de revolución puede considerarse engendrada por una línea plana “g”(generatriz) girando alrededor de un eje situado en el mismo plano (figs. 23a, b, c, d).

<i>Línea “g”</i>	<i>Superficie engendrada</i>
Recta paralela al eje de rotación (fig. 23 a)	Cilindro
Recta secante al eje de rotación (fig. 23 b)	Superficie cónica
Arco de circunferencia (fig.13 c)	Superficie esférica
Línea cualquiera (fig.13 d)	Superficie de revolución

5. a) Mecanizado con herramientas de forma

5. a. 1) Torneado con herramienta simple de forma (figs. 23e): la pieza está animada de un movimiento de rotación (Mc). La herramienta se desplaza con un movimiento perpendicular al eje de rotación, movimiento de avance en profundidad (Map); su arista cortante (perfil) está situada en un plano que contiene al eje de rotación de la pieza y reproduce la línea “g”.

5. a. 2) Lamado (fig. 23 h): la pieza permanece inmóvil. La herramienta gira con el Mc y se desplaza axialmente con el movimiento de avance Ma; el perfil de la lama es la generatriz, y la trayectoria del movimiento de corte es la directriz.

5. a. 3) Fresado o rectificado tangencial de un perfil (fig. 23 f): fresa o muela trabajando tangencialmente. La herramienta gira con el Mc. La pieza también tiene un movimiento de rotación que corresponde al avance

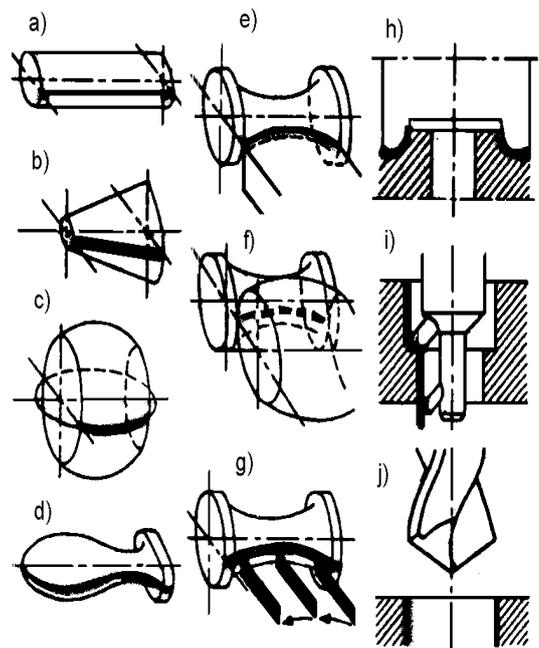


Figura 23

circular (**Mac**). La herramienta o la pieza tienen el **Map**; los ejes de rotación son paralelos. La línea “g” está materializada por la sección meridiana de la envolvente de las aristas cortantes de la fresa o por el perfil de la muela. En el caso del rectificado cilíndrico, la pieza tiene además, un desplazamiento paralelo a su eje (**Mal**).

5. b) Mecanizado con herramientas de generación

5. b. 1) Cilindrado en el torno: la pieza tiene el movimiento de rotación **Mc** mientras la herramienta se desplaza con el **Mal** siguiendo la trayectoria de la línea “g” (fig. 23 a).

5. b. 2) Cilindrado en alesadora (mandrinadora) (fig. 23 i): la pieza está fija. La herramienta, montada en la barra de alesar, gira con el **Mc** y se desplaza axialmente con el **Mal** (línea g). En algunas alesadoras, el movimiento de avance **Mal** corresponde a la pieza.

5. b. 3) Taladrado en taladradora (fig. 23 j): La pieza está inmóvil. La herramienta tiene un movimiento combinado de rotación (**Mc**), y de traslación axial (**Mal**, línea g).

5. b. 4) Taladrado en torno: la pieza gira con el **Mc**, y la herramienta se desplaza con el **Mal** (línea g).

5. b. 5) Torneado de forma mediante dispositivos especiales (fig. 23 g): La pieza gira con el **Mc**. La herramienta se desplaza con **Mal** (línea g) cuya trayectoria está impuesta por mecanismos especiales. Por este método es común el torneado esférico.

5. b. 6) Torneado de forma por copiado: La pieza gira con el **Mc**, mientras que la herramienta se desplaza con **Mal** siguiendo una trayectoria impuesta por una plantilla o un modelo (fig. 23d).

5. c) Máquinas-herramientas para el mecanizado de superficies de revolución

En esta sección, al igual que en (4.b) para superficies prismáticas, solamente se citan las partes esenciales de cada máquina, su organización general y sus movimientos para generar superficies. En otros capítulos se hace un tratamiento más completo, se muestran otras configuraciones, las características del proceso de mecanizado, accionamientos, tipos de herramientas, montajes, accesorios, campo de aplicación, precisión, etc..

5. c. 1) Torno Paralelo (fig. 24)

Pieza: está animada de un movimiento de rotación. Puede ir montada en un porta-piezas (plato de mordazas, mandril, pinza, etc.) o entre puntos (un punto colocado en el cabezal fijo y otro en el cabezal móvil o contrapunta).

Herramienta (simple, de generación o de forma): va montada en una torreta portaherramientas ubicada sobre un sistema de carros horizontales (transversal y longitudinal) superpuestos. Sobre ellos casi siempre hay un carro superior (charriot).

Movimiento de corte (Mc): rotación de la pieza alrededor del eje del husillo principal del cabezal fijo.

Movimientos de avance: de la herramienta, en las siguientes direcciones:

Paralelo al eje del cabezal: carro longitudinal (**Mal**).

Perpendicular al eje del cabezal: carro transversal (**Mat**).

Paralelo u oblicuo al eje del cabezal: carro superior (charriot) montado sobre guías orientables.

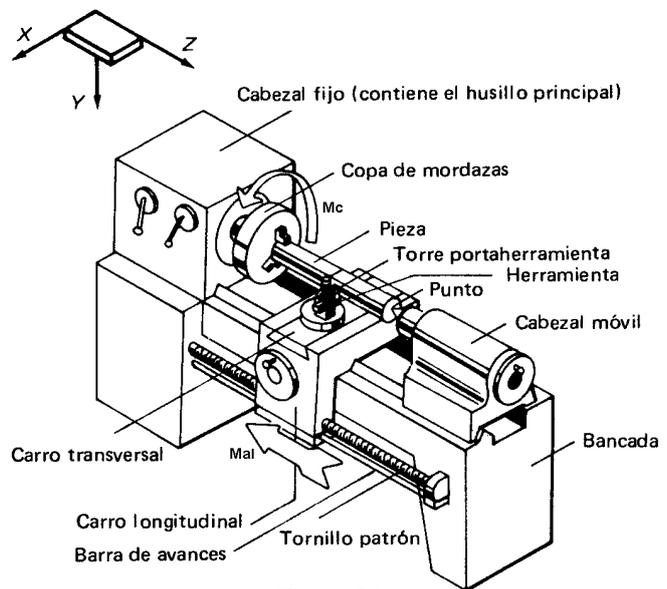


Figura 24

Desplazamiento en profundidad (Dp): movimiento del carro transversal para el torneado cilíndrico, y del carro longitudinal o del charriot para el refrentado (superficies planas ortogonales al eje de rotación).

Movimiento de avance curvilíneo: mediante mecanismos especiales, o guiado por plantilla.

Reglajes:

De la herramienta: de aproximación, desplazando los carros. De orientación del charriot, para el torneado cónico manual.

De la pieza: Desplazamiento transversal de la contrapunta (cabezal móvil), para torneado cónico entre puntos.

Los tornos se emplean particularmente para la ejecución de superficies de revolución exteriores e interiores y superficies planas (superficie límite de una superficie cónica). También se emplean para el taladrado y el roscado.

5. c. 2) Taladradora de Columna (fig. 25)

Herramienta (5)(broca): montada en el portabroca o mandril (solidario al husillo 6) tiene movimiento de rotación.

Pieza (1): montada en la mesa portapieza ubicada sobre un sistema de carros cruzados (2) y (3). Puede permanecer inmóvil durante el taladrado o desplazarse en la dirección del eje de la broca.

Movimiento de corte (Mc): rotación de la herramienta alrededor del eje del husillo.

Movimiento de avance en profundidad: de la herramienta en dirección paralela a su eje en sentido hacia la pieza (desplazamiento del portabroca o del cabezal sobre el bastidor o columna 7), o de la pieza en la misma dirección pero en sentido opuesto (ascenso del carro vertical o ménsula 4, sobre las guías del bastidor).

Reglajes:

De la herramienta: posicionamiento en altura por desplazamiento axial del portabroca sobre la columna.

De la pieza: Desplazamiento de la mesa o del carro transversal para ubicar la pieza en la posición a taladrar. Desplazamiento del carro vertical para ubicar la pieza en altura de trabajo.

Las taladradoras en general se utilizan para ejecutar agujeros cilíndricos con broca helicoidal. En las mas robustas se puede también utilizar herramientas de mandrinado, escariado y porta-lamas.

Las taladradoras de columna, en particular, se emplean para piezas pequeñas y medianas, limitadas por la distancia entre columna y portabroca. El peso de las piezas está limitado por la posición y la forma de soportado de la mesa.

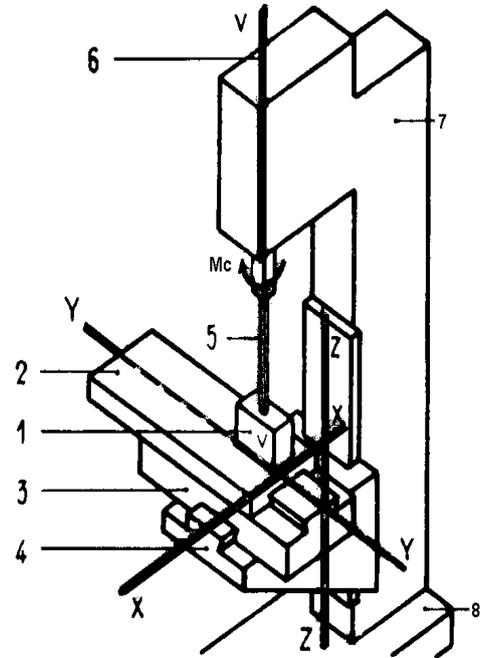


Figura 25

5. c. 3) Taladradora Radial (fig. 26)

Herramienta (broca): ídem taladradora de columna.

Pieza (6): montada en la plataforma portapieza (5) directamente apoyada en el piso.

Movimiento de corte (M_c): rotación de la herramienta alrededor del eje del husillo.

Movimiento de avance en profundidad: de la herramienta en dirección paralela a su eje en sentido hacia la pieza, por desplazamiento del portabroca o mandril (4).

Reglajes de la herramienta:

- **Rotación** del brazo (2) alrededor de la columna (1).
- **Desplazamiento vertical** del brazo sobre la columna
- **Traslación radial** del carro porta-herramienta o cabezal (3), sobre el brazo.
- **Desplazamiento vertical** del portabroca.

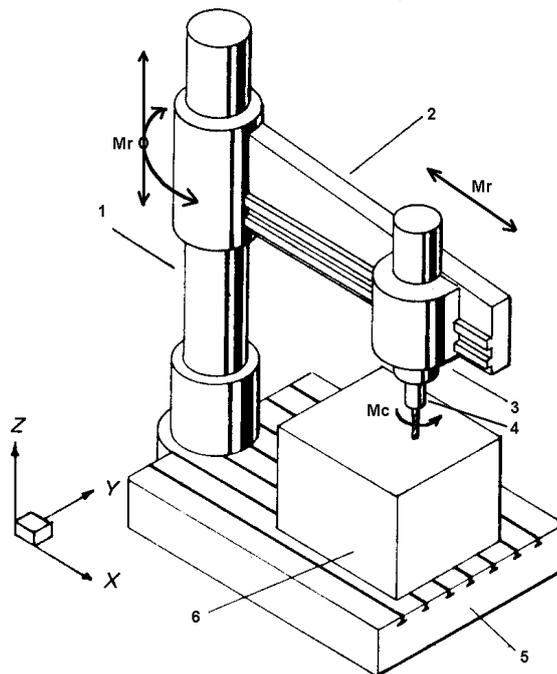


Figura 26

La taladradora radial es particularmente apta para mecanizado de piezas grandes y pesadas (de difícil manejo). En efecto, una vez fijada la pieza, se lleva la herramienta a cualquier posición. La robustez de estas máquinas les permite realizar también trabajos de escariado, mandrinado, roscado y fresado frontal.

5. c. 4) Alesadora Universal (Mandrinadora-Fresadora) (fig. 27).

Herramienta (o el portaherramientas): solidarios a un eje, pueden estar animados de los siguientes movimientos:

- **Rotación simple** (M_c).
- **Rotación mas traslación axial** (M_{al}) (movimiento helicoidal).
- **Rotación mas traslación radial** (M_{ar}) del carro portaherramienta de refrentar (8) sobre guía radial del plato (5): (movimiento espiral plano). Solo para herramientas simples.
- **Rotación mas traslación vertical** (M_{av}) del carro portaeje cabezal (3) guiado sobre el montante principal o columna (1).

El montante auxiliar (2) guía al soporte o luneta (7) de la barra de alesar (4) que cumple la función de portaherramienta en el mecanizado interior de agujeros largos.

Pieza (9): está fijada sobre la mesa portapieza (10) ubicada sobre dos carros cruzados, uno transversal (11) y otro longitudinal (6). Puede tener los siguientes movimientos:

- **Avance longitudinal** (M_{al}): por traslación del carro longitudinal (6) cuando la herramienta tiene movimiento de rotación simple (cilindrado interior, taladrado).
- **Avance transversal** (M_{at}): por desplazamiento del carro transversal (11). Ejemplo: fresado frontal.
- **Permanece inmóvil durante:** alesado interior con desplazamiento longitudinal de la herramienta, refrentado de superficies, ejecución de gargantas interiores.

Reglajes:

De la herramienta: posicionamientos verticales del carro portaeje cabezal y del soporte o luneta, y radial del carro portaherramienta de refrentar sobre el plato.

De la pieza: posicionamiento de los carros longitudinal, transversal, y de la mesa portapieza sobre la mesa circular (12), orientable en cualquier posición girada respecto a la dirección vertical.

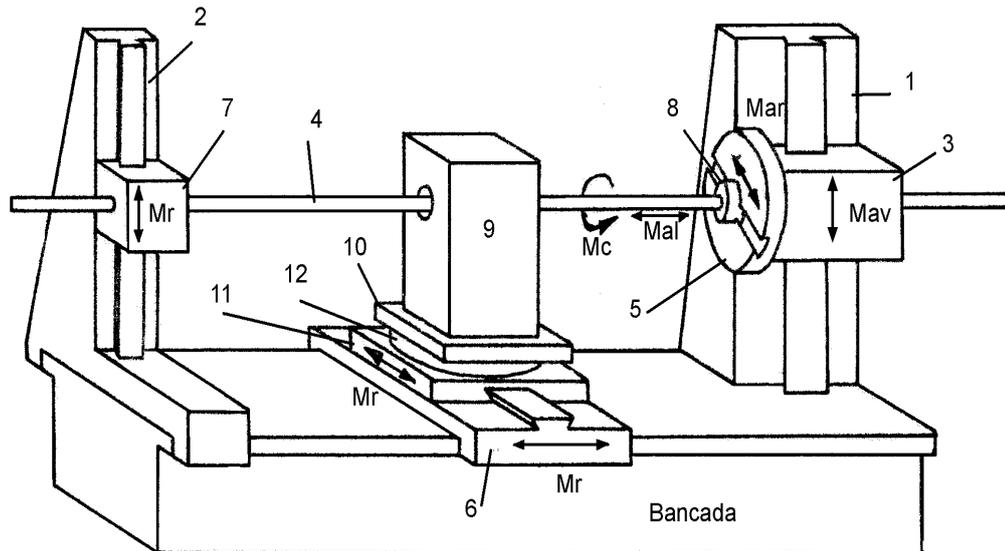


Figura 27

Las mandrinadoras-fresadoras permiten todos los trabajos de mandrinado (terminación de agujeros desbastados) y son igualmente usadas como taladradoras, roscadoras y fresadoras universales. Las de gran tamaño, son especialmente indicadas para el mecanizado sobre diferentes caras de piezas de grandes dimensiones.

Bibliografía

G.Boothroyd, "Fundamentos del corte de los metales y de las máquinas-herramientas", McGraw-Hill.

M.Rossi, "Máquinas-Herramientas Modernas", Ed. Científico Médica.

Metals Handbook, "Machining", Vol. 16 – Ninth Edition, American Society for Metals.

Burghardt-Axelrod-Anderson, "Manejo de las Máquinas-Herramientas", McGraw-Hill.

Joly-Pasquet-Vacker, "Estudio Funcional de las Máquinas-Herramientas", Ed.TEA.

SME, "Tool and manufacturing engineers Handbook". Volume V, Fourth Ed., Desk Edition.

P.Pezzano, "Tecnología Mecánica".

García Mateos, "Máquinas-Herramientas para Ingenieros". Ed. Urmo.

Appold-Feiler-Reinhard-Schmidt, "Tecnología de los metales para profesiones técnico-mecánicas. Ed.Reverté.