

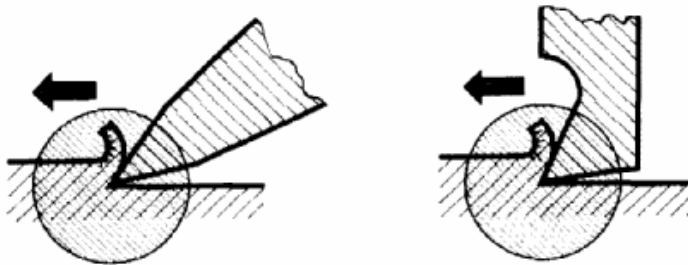
1. PRINCIPIOS DE TRABAJO DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS.

Se denominan máquinas-herramientas aquel/as que, mediante una o varias herramientas, sirven para el trabajo de los materiales sólidos, generalmente los metales y las maderas. Así, una taladradora, cuya herramienta es la broca, es una máquina-herramienta.

Existen muchos tipos de máquinas herramientas, pero en este curso sólo se van a estudiar algunas de las que sirven para el mecanizado de los metales.

1.1. Principio del mecanizado.

Observando el trabajo del cincel vemos que su penetración en el material se logra por los golpes del martillo, que hacen que esta herramienta se “clave” en el metal abriéndolo, debido a la cuña que forma su filo, más duro que la pieza trabajada.



De esta observación y de otras, también conocidas, como el aserrado se puede llegar a la conclusión de que para conseguir la separación del material sobrante en el mecanizado de las piezas, son necesarios:

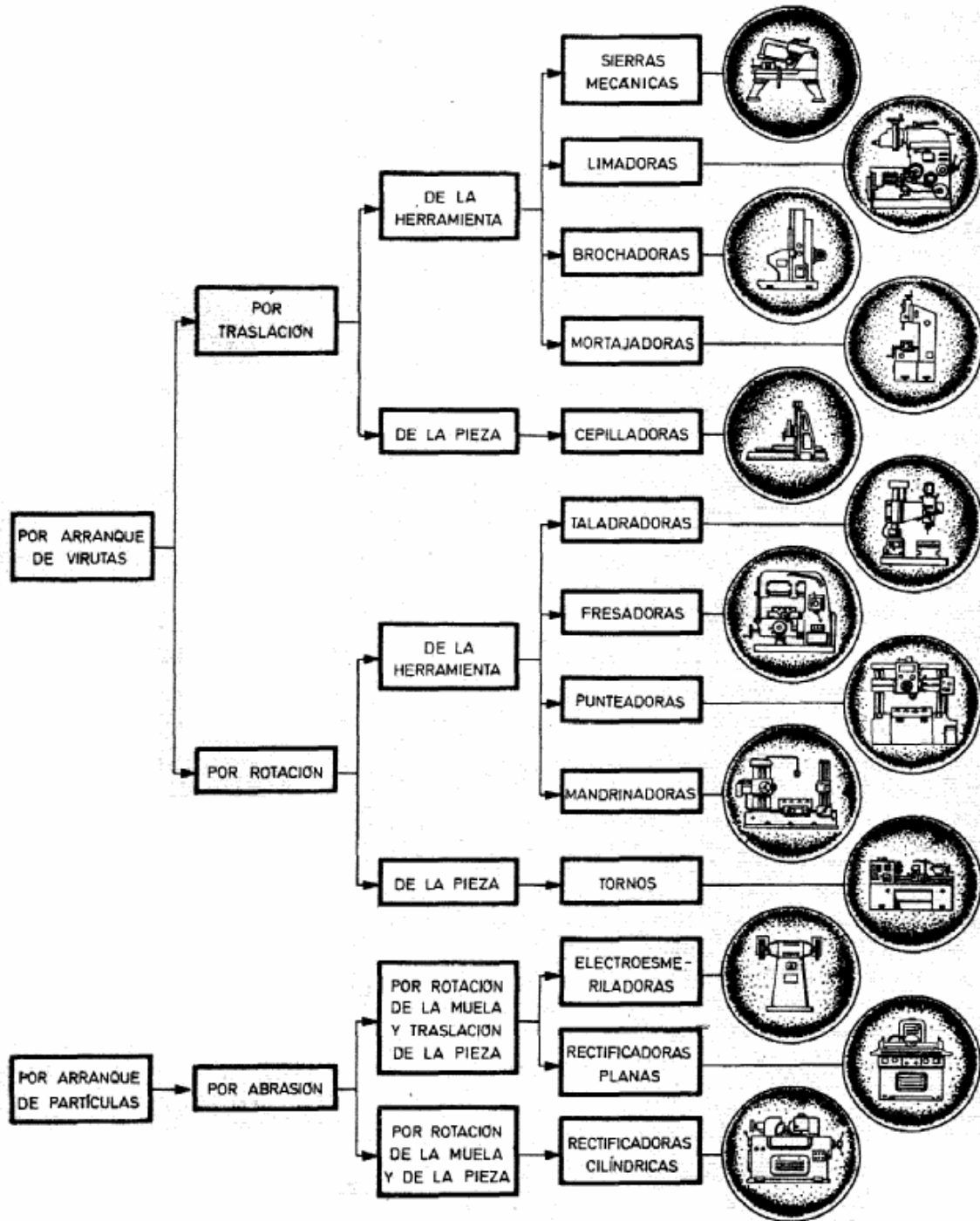
- Una **herramienta** en forma de cuña más o menos aguda y de material más duro que el de la pieza.
- Unos **movimientos** relativos entre la herramienta y la pieza que se trabaja, es decir, que la herramienta se mueva respecto a la pieza inmóvil, que ésta se mueva con respecto a la herramienta o que se muevan ambas a velocidades diferentes.

Se comprende fácilmente que estos movimientos actúan con una fuerza capaz de vencer la resistencia que opone el material a ser cortado.

De modo semejante a como trabaja un cincel, lo hacen las máquinas-herramientas de mecanizado, con la diferencia de que, en vez de penetrar la cuña de la herramienta de manera intermitente e irregular por los golpes del martillo, en las máquinas, la penetración se consigue de modo continuo y regular.

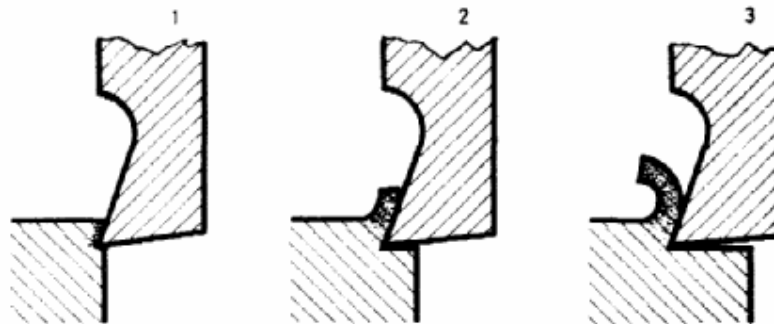
Clasificación de las máquinas-herramientas.

Atendiendo al movimiento relativo entre la herramienta y la pieza, las máquinas se pueden clasificar como se indica en el cuadro. En él se ofrece una panorámica general de las máquinas más empleadas para el mecanizado de los metales. Existen otras máquinas, como las talladoras, las de electroerosión y ultrasonidos.



Formación de la viruta.

La herramienta, al penetrar con su filo en el material, provoca la separación de una capa del mismo, que constituye la viruta. Esto se realiza de la siguiente manera:



- El filo en forma de cuña abre el material.
- El material separado se recalca (aumenta su grueso) por efecto de la fuerza aplicada con la cara anterior de la herramienta.
- La partícula de metal se curva y se desvía de la superficie de trabajo.
- Cada partícula siguiente hace el mismo proceso, para continuar unida a la anterior, formando una viruta más o menos continua, o separarse y dar origen a una viruta fragmentada.

Dependiendo de la naturaleza del material y de la forma de la herramienta, la viruta será diferente, es decir, una misma herramienta produce virutas diferentes en distintos materiales.

Los materiales dúctiles, como el cobre, el plomo, los aceros suaves, dan unas virutas largas más o menos rizadas; por el contrario, la fundición, el bronce, el latón con mucho cinc y, en general, los materiales quebradizos, originan virutas cortas.

| MATERIALES | VIRUTAS |
|------------------------|---------|
| ACEROS SUAVES | |
| ACEROS SEMIDUROS | |
| ACEROS EXTRADUROS | |
| FUNDICIÓN BRONCE | |
| ALEACIONES DE ALUMINIO | |

1.2. Herramientas.

Una máquina debe trabajar con la máxima economía, para que las piezas se fabriquen con el mínimo consumo de potencia y de tiempo y, por consiguiente, con el menor costo.

Pero no debe aumentarse la potencia caprichosamente, ni se puede reducir el tiempo de mecanizado al gusto del operario. Ambos factores dependen de la herramienta y de la máquina. Esta última no se puede variar fácilmente; la herramienta, sí.

De todo esto se deduce que el operario debe cuidar con meticulosidad todo lo que afecte a la elección, preparación y condiciones de trabajo de las herramientas.

Para poder llevar a cabo esto, es necesario conocer varios aspectos de las mismas, que constituyen sus características, como son:

- La clase de herramienta;
- La forma de la misma;
- El material de que está constituida;
- Los ángulos característicos de afilado.

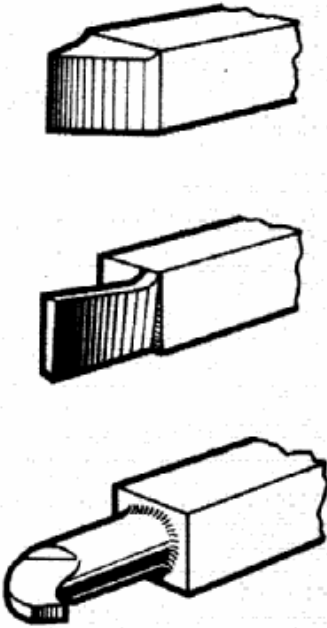
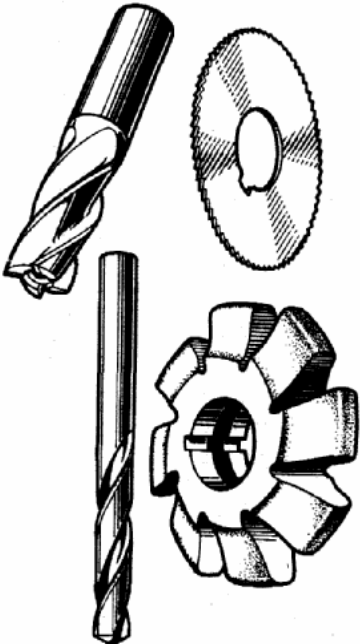
1.2.1. Clases de herramientas.

La primera división que se puede hacer de las herramientas de máquina, es:

- Herramientas de corte de viruta.
- Herramientas de arranque de partículas por abrasión (muelas).

Las herramientas de corte se clasifican, a su vez, en tantos tipos como clases de máquinas-herramientas hay. Así, se dice una fresa, una cuchilla de torno, una cuchilla de limadora, una broca, etc. Con ellas se pueden formar dos grupos:

- herramientas de un solo filo, como las cuchillas del torno y de las limadoras.
- herramientas de varios filos, como las fresas y las brocas.

| Herramientas de un solo filo (Torno, limadora...) | Herramientas de varios filos (Brocas, herramientas de fresadora...) |
|---|--|
|  |  |

1.2.2. Forma de las herramientas.

Las formas de las herramientas son muy variadas, dependiendo de la operación que se haya de realizar en las máquinas. Así, por ejemplo, entre otras muchas, existen:

Para el torneado: cuchillas de cilindrar exteriores, de tronzar, de roscar interiores...

Para el fresado: fresa frontal, de ranurar, de tallar engranajes...

Para el taladrado: brocas helicoidales, avellanadores.

En muchas ocasiones, con una sola herramienta se pueden realizar operaciones distintas, lo cual se justifica si acaso para el trabajo unitario, con el objeto de no invertir tiempo en el cambio. Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que con la herramienta apropiada para cada operación se consigue mejor calidad y mayor rendimiento en el trabajo, ya que ha sido estudiada y experimentada con este fin.

1.2.3. Material de las herramientas.

Los materiales empleados para fabricar herramientas deben tener unas cualidades para el corte, que permitan el máximo rendimiento con el mínimo desgaste.

Al elegir una herramienta, siempre habrá que pensar en la dureza del material que se va a trabajar, para seleccionar la que pueda cortarlo en las mejores condiciones.

En orden de menor a mayor dureza, los materiales más frecuentemente empleados para fabricar herramientas son:

- Aceros al carbono.
- Aceros rápidos y extrarrápidos.
- Aceros aleados al cobalto.
- Carburos metálicos.

Herramientas de acero al carbono

Poseen de un 0,6 al 2% de carbono, con pequeñas cantidades de otros elementos, como manganeso, silicio, cromo, vanadio, etc., que mejoran sus cualidades de dureza y resistencia al desgaste.

Conservan el filo en buenas condiciones por debajo de los 250°C. Cuando sobrepasan esta temperatura, pierden dureza y se desgastan rápidamente.

El acero al carbono se aplica para la fabricación de todo tipo de herramientas, pero cada vez menos, al ser sustituido por otros aceros de mayor rendimiento.

Herramientas de acero rápido (HS). Y (HSS)

Su verdadero nombre es el de herramientas de corte rápido, porque su composición eleva su capacidad de corte, sin perder su dureza, hasta una temperatura de unos 600° C, permitiendo una velocidad de corte más elevada que para las de acero al carbono.

La principal diferencia con éstas, en cuanto a su composición, es que el contenido de carbono es menor (de 0,65 a 1,30%), pero, sobre todo, por haber añadido, como principal elemento de aleación, el tungsteno en una proporción que oscila entre el 13 y el 23%.

Herramientas de acero al cobalto.

Su composición es semejante a la de los aceros rápidos, pero con la adición de cobalto en la proporción del 4 al 16%. Este elemento aún eleva más la temperatura de trabajo, sin perder su capacidad de corte.

Presentan grandes dificultades para forjar- las, por lo que, al tratarse de cuchillas de torno, de limadora, etc., la forma y el afilado deberán obtenerse por amolado en la electroesmeriladora, a partir de las barritas que se expenden en el comercio. Si se necesitan cuchillas de forma complicada, es recomendable acudir a las de acero rápido, que es forjable, a portaherramientas apropiados o a cuchillas de forma normalizadas.

Herramientas de carburos metálicos

Son aglomerados de varios metales refractarios, cuyo punto de fusión es muy elevado, como el tungsteno, 3 400 °C; el tántalo, 2850 °C; el molibdeno, 2600 °C; etc. Como aglomerante se emplea el cobalto.

Su fabricación se realiza por fritado, que consiste en triturar los metales en polvo finísimo, someterlos a una temperatura de 1 500 °C aproximadamente, para pulverizarlos de nuevo y someterlos seguidamente a una presión de 4000 a 5000 kg por centímetro cuadrado. Luego se trocea el producto en pastillas y se cuecen otra vez a unos 1 500 °C.

Es tal la dureza de este material que se conoce con el nombre de Widia, abreviatura de dos palabras alemanas que significan “como diamante”, aunque esto sea exagerado.

Las pastillas de metal duro, que también así se llaman, se sueldan como las a un mango de acero al carbono, pero por medio de latón.

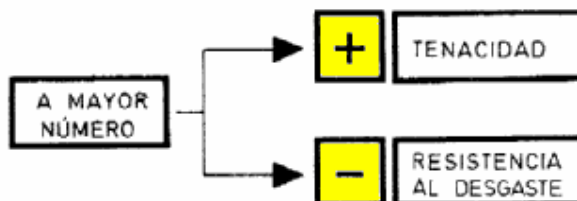
La proporción de los elementos que entran en su composición varía de unos a otros, para obtener distintas clases de carburos metálicos, aplicables a los diversos trabajos y materiales de las piezas que se van a mecanizar.

Esto es debido a que su gran dureza va acompañada de considerable fragilidad y debe ser reducida la primera para disminuir la segunda, según las aplicaciones.

Las clases de Widia están normalizadas por letras, para los diferentes materiales y trabajos.

| LETRA | GRUPO DE MATERIALES (Según la viruta) | MATERIALES | COLOR |
|-------|--|--|----------|
| P | MATERIALES FÉRREOS DE VIRUTA LARGA | ACERO ACERO MOLDEADO FUNDICIÓN MALEABLE | AZUL |
| M | MATERIALES FÉRREOS DE: VIRUTA LARGA VIRUTA CORTA | ACERO ACERO MOLDEADO ACERO AL MANGANESO FUNDICIÓN GRIS | AMARILLO |
| K | MATERIALES FÉRREOS DE VIRUTA CORTA MATERIALES NO FÉRREOS MATERIALES NO METÁLICOS | ACERO TEMPLADO FUNDICIÓN GRIS DURA COBRE Y ALEACIONES ALUMINIO Y ALEACIONES MATERIALES SINTÉTICOS VIDRIO, PORCELANA, ROCA | ROJO |

Dentro de cada letra, se clasifican por números de modo que:



Las plaquitas de carburos metálicos, de formas normalizadas también se pueden fijar al mango por medios mecánicos. Este tipo de plaquitas pueden estar recubiertas de elementos que refuerzan su resistencia al desgaste y a las altas temperaturas como son el Oxido de Aluminio y Carburo de Titanio.

Existen otros materiales para herramientas que se emplean para trabajos especiales y en obras muy concretas, entre los que cabe destacar:

- Cerámicas de corte.
- Diamante.

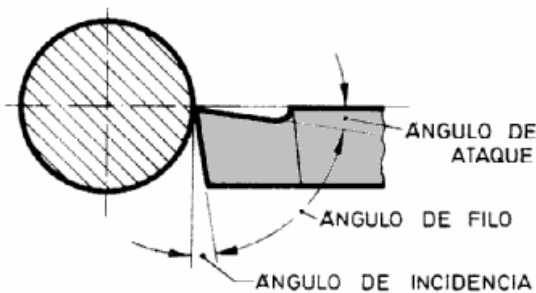
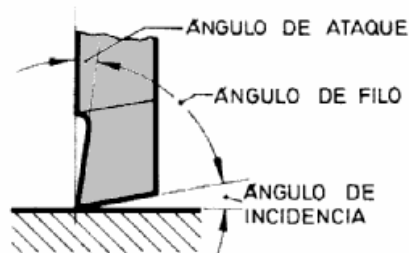
1.2.4 Ángulos característicos.

Ya es sabido que toda herramienta, para poder penetrar en el material, necesita una forma de cuña más o menos aguda en función de la naturaleza del material que se trabaja, principalmente.

Los ángulos característicos, que determinan la llamada "forma geométrica" de la herramienta, son los mismos que para las herramientas de mano, sierra, lima, cincel, etc. Tales ángulos son:

- Ángulo de incidencia;
- Ángulo de filo;
- Ángulo de ataque, de desprendimiento o de salida de viruta;
- Ángulo de corte.

El valor de estos ángulos tiene la máxima importancia para la correcta y económica ejecución del mecanizado. Un cincel, por ejemplo, si es muy agudo, penetra mejor en el material, pero su filo se rompe o se deteriora antes; si se inclina mucho respecto de la perpendicular a la superficie de trabajo, tiende a salirse de la pieza y, si la inclinación es pequeña, tiende a clavarse.



duros, fundición y aceros duros.

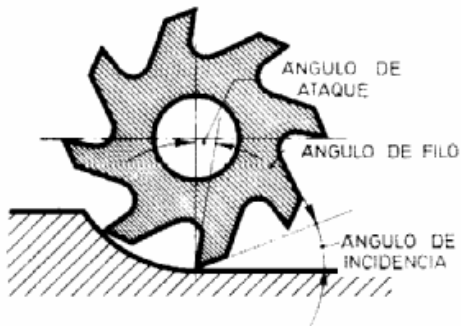
Ángulo de incidencia

Este ángulo evita el rozamiento del dorso del filo contra la superficie de trabajo y, como consecuencia, disminuye la resistencia al movimiento y el calor producido por el roce.

Su valor oscila:

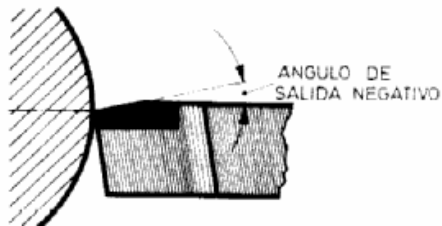
- De 80 a 100 para materiales blandos en los que el rozamiento es mayor, como aluminio, cobre, latón y acero suave;
- De 3° a 6° para materiales

Ángulo de filo.



Está formado por las dos caras de la cuña de la herramienta, determinando la facilidad de penetración en el material, al mismo tiempo que la duración del filo, como se decía del cincel. Su valor suele oscilar entre los siguientes, según el material que se trabaja:

40° para aleaciones ligeras, como el duraluminio; de 85° para materiales duros, como los aceros de gran dureza.



2.4.3. Ángulo de ataque o de salida

Es el comprendido entre la cara de ataque y un plano perpendicular a la superficie de trabajo.

El roce que produce la viruta sobre la cara de ataque influye mucho en el rendimiento de la cuchilla, por el rozamiento y el calor que produce, dificultando al mismo tiempo la evacuación de las mismas. Su valor suele ser:

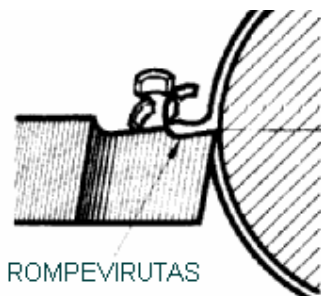
- De 0° A 20°, Para Materiales Duros, Como La Fundición Y Los Aceros, dependiendo de la clase de la herramienta;
- De unos 50°, para materiales blandos.

En general, se puede aplicar la siguiente regla: **El ángulo de salida debe ser tanto mayor cuanto más “pastoso” sea el material que se trabaja**, es decir, cuanto más se adhiera a la cara de ataque de la herramienta. Esto sucede con los metales más maleables y dúctiles, como el cobre, el plomo, etc.

Por el contrario, el ángulo deberá ser menor para los materiales quebradizos, como la fundición, el bronce, los aceros duros.

Angulo de salida negativo. Es una nueva forma del filo de la herramienta, que en vez de arrancar la viruta por corte, más bien lo hace por cizallamiento. Se aplica, sobre todo, a las herramientas de carburo metálico, contrarrestando así su gran fragilidad, al hacer más resistente el filo.

Rompevirutas. Es una muesca o escalón que se hace en la cara de ataque de las herramientas, para evitar la formación de virutas largas, principalmente en el torneado, cuyo enrollamiento dificulta la salida de la propia viruta, impide ver el trabajo y puede ser causa de accidentes.



Con el rompevirutas, la viruta larga va rompiéndose en pequeños trocitos a medida que se produce.

En otras herramientas, como se verá en las brocas, el rompevirutas impide la formación de virutas anchas.

Ángulo de corte

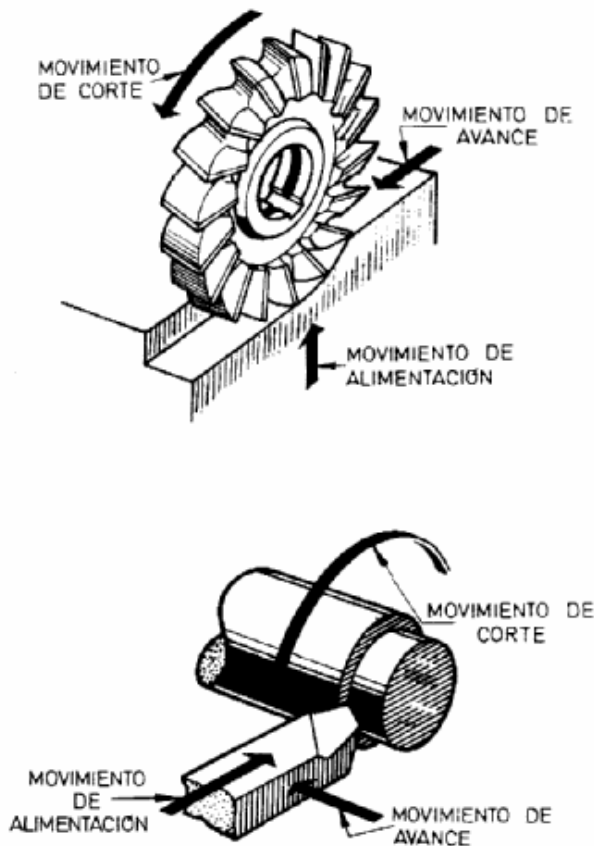
Es el ángulo suma de los de filo y de incidencia y determina la inclinación de la cuña de la herramienta respecto a la pieza.

La capacidad de penetración de la cuchilla en el material será tanto mayor, cuanto menor sea el ángulo de corte, ya que disminuye la fuerza necesaria para deformar la viruta.

Como quiera que el valor de estos ángulos varía en función de la clase de la herramienta: fresa, cuchilla de torno, etc.; de la naturaleza de la herramienta y del material que se va a trabajar, al estudiar cada una de las máquinas, se indican los valores más adecuados a cada circunstancia.

1.3. Movimientos relativos entre la herramienta y la pieza

Los tres más importantes son:



- **Movimiento de corte.** Es el movimiento principal por el cual la herramienta penetra en el material separando las virutas.

- Se puede obtener dando movimiento a la herramienta, a la pieza o las dos a la vez. Este movimiento puede ser rectilíneo o de traslación, o circular o de rotación.

- **Movimiento de avance.** Es el que hace que se desplace el punto de aplicación de la herramienta sobre la superficie de trabajo de la pieza. Puede ser también aplicado a la herramienta o a la pieza.

- **Movimiento de penetración o alimentación.** Con él se consigue la profundidad de pasada. Este movimiento se obtiene por desplazamiento a mano de la pieza o de la herramienta. En el caso de las brocas, el movimiento de penetración viene determinado por el diámetro de aquéllas.

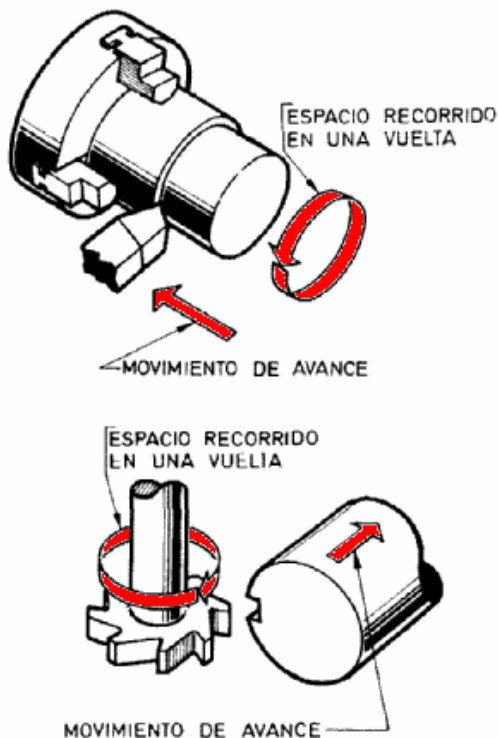
2. CONDICIONES DE TRABAJO DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS.

El rendimiento de una herramienta de corte depende de varios factores. De ellos, hay algunos que el operario no puede modificar a su capricho, como la potencia de la máquina, el material de la herramienta, el material de la pieza, etc. Sin embargo, hay otros que pueden ser variados, como:

- La velocidad de corte;
- La velocidad de avance;
- La profundidad de pasada;
- La lubricación y refrigeración.

Más adelante se estudia cómo influyen estos factores en el rendimiento de las herramientas.

2.1. Velocidad de corte (V_c)



Es la velocidad del movimiento de corte o, dicho de otro modo, la velocidad relativa entre la herramienta y la pieza en el punto de máximo recorrido en que se separa la viruta.

Se expresa en metros por minuto (m/min.), excepto para las muelas abrasivas que se hace en metros por segundo.

$$V_c = \frac{\text{Espacio recorrido (en metros)}}{\text{Tiempo empleado (en minutos)}}$$

Al estudiar la velocidad de corte, ha de tenerse en cuenta si el movimiento de corte es circular o rectilíneo.

2.1.1. Máquinas de movimiento circular.

En estas máquinas, la velocidad de corte es igual a la longitud de la circunferencia mayor de la herramienta o de la pieza, por el número de vueltas que giran en la unidad de tiempo. Por tanto, en las máquinas-herramientas como el torno, la taladradora, la fresadora y otras, la velocidad de corte viene dada por la siguiente fórmula:

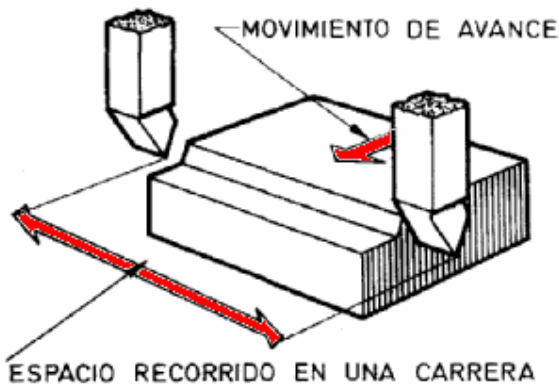
$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

V_c = Velocidad de corte (m/min)

D = Diámetro de las piezas o herramienta (mm)

n = velocidad del giro (r.p.m.)

2.1.2. Máquinas de movimiento rectilíneo alternativo.



La velocidad de corte de las máquinas que trabajan con movimiento alternativo, como las limadoras y las cepilladuras resulta algo más difícil de calcular, ya que el movimiento no es uniforme en todas las máquinas, ni entre las dos carreras, ni en toda la longitud de cada una de ellas independientemente consideradas.

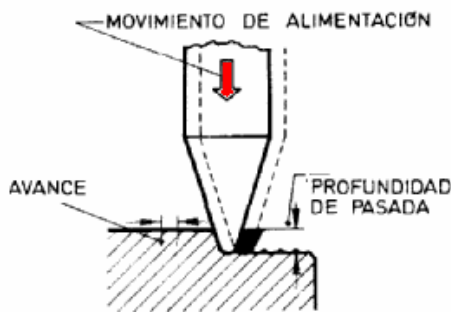
Sin embargo, aunque la velocidad de la carrera de trabajo sea más lenta que la de retroceso, para la práctica del taller es perfectamente válido el considerar la velocidad de corte, como la velocidad media de las dos carreras, con lo cual la fórmula se simplifica notablemente.

$$V_c = \frac{2 \cdot L \cdot N}{1000}$$

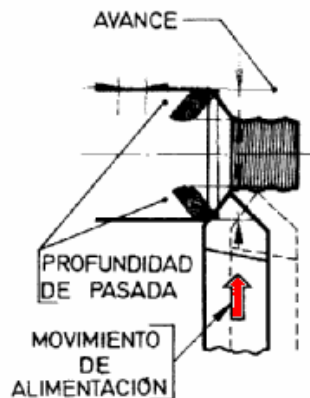
Por tanto, aceptando esto, se puede decir que la velocidad de corte es igual al doble de la longitud de una carrera, multiplicado por el número de carreras útiles de las herramientas o de la pieza en la unidad de tiempo.

2.2. Velocidad de avance (a)

Más conocida simplemente como avance, es la velocidad del movimiento de avance o, también, la velocidad con que se desplaza el punto de aplicación de la herramienta respecto a la pieza.



Se expresa en milímetros por vuelta para unas máquinas, en milímetros por minuto para otras y, en las de movimiento rectilíneo alternativo, suele hacerse en milímetros por minuto o en milímetros por carrera útil.



2.3. Profundidad de pasada (p)

Es el desplazamiento dado a la herramienta o a la pieza, en el movimiento de penetración.

Se le llama también profundidad de corte, pasada simplemente y carga.

Se expresa en milímetros de desplazamiento de la herramienta o de la pieza, el cual se obtiene siempre a mano.

2.3.1. Sección de viruta (Sv)

Es la superficie de la sección transversal de la viruta. Se expresa en mm y se calcula por la fórmula:

$$S_v = a \cdot p$$

a = avance.

p = profundidad de pasada.

2.4. Desgaste de las herramientas

La separación de la viruta en el mecanizado provoca un fuerte rozamiento de la herramienta contra la pieza, transformándose parte de la energía en calor.

Tanto el rozamiento como el calor son causas inmediatas del desgaste de las herramientas, actuando de la siguiente forma:

- El **rozamiento** desafila la herramienta porque el material de la pieza “erosiona” la cara de incidencia, la de ataque y el filo, disminuyendo su capacidad de corte. Al perder sus ángulos de afilado, el rozamiento es mayor y el desgaste aumenta, y así sucesivamente.
- El **calor** a determinadas temperaturas, según el material de las herramientas, reblandece el filo, acelerando el desgaste por rozamiento. Pero, además, a mayor rozamiento mayor temperatura.

El desgaste de las herramientas en el transcurso del mecanizado obliga a detener el trabajo para reafilarlas, causando una disminución de la producción, por el tiempo invertido en desmontarlas, afilarlas, montar las de nuevo y regular su posición.

2.5. Rendimiento de una herramienta.

Se llama así a la cantidad de viruta, expresada en dm^3 o, también, en kg, que una herramienta puede cortar entre dos afilados consecutivos. Ya se ha dicho al principio de esta unidad de trabajo que el rendimiento depende de varios factores, cuya influencia se estudia a continuación.

2.5.1. Factores que influyen en el rendimiento de una herramienta.

Influencia del material de la herramienta y de la pieza:

El desgaste de las herramientas es causado directamente por el rozamiento y por la elevación de la temperatura. De ello se deduce que la duración del afilado depende:

- De la dureza de la herramienta y de la temperatura hasta la que conserva dicha dureza.
- De la dureza, entre otros factores, del material que se trabaja. En general, cuanto más duro es un material mayor resistencia opone a ser cortado, y, por tanto, el rozamiento de la herramienta contra la pieza aumenta y, con él, la temperatura.

2.5.2. Influencia de la velocidad de corte

Experiencias realizadas con una determinada herramienta, trabajando el mismo material y sin modificar el avance y la profundidad de pasada, han demostrado que:

- Para bajas velocidades de corte el rendimiento es pequeño;
- Aumentando la velocidad, aumenta el rendimiento.
- A partir de una velocidad de corte más elevada, el rendimiento de la herramienta disminuye notablemente, por el aumento de temperatura, que reblandece el filo.

Por tanto, a la hora de elegir la velocidad de corte, conviene distinguir:

- **La velocidad de menor desgaste (Vo).** Con ella la herramienta da la máxima producción de viruta entre dos afilados, por lo que también se la llama velocidad óptima.
- **La velocidad económica (Ve).** Su relación con la velocidad de menor desgaste es:

$$Ve = Vo + 1/3 Vo = 4/3 Vo$$

Aumentando la velocidad de menor desgaste en 1/3, la herramienta se desgasta más y, en consecuencia, requiere afilarla dos veces más frecuentemente; pero el tiempo empleado en ellos queda compensado con un considerable aumento de la producción.

- **La velocidad límite o antieconómica (Vi).** Con ella el desgaste de la herramienta es tan grande que exige afilarla con mucha frecuencia. Esto supone una pérdida de tiempo que da lugar a que la producción disminuya.

$$Vi = Vo + 2/3 Vo = 5/3 Vo$$

2.5.3. Influencia del avance y de la profundidad de pasada.

Cuando se aumenta la sección de la viruta, debe disminuirse la velocidad de corte, para que la duración del afilado de la herramienta sea la misma. Sin embargo, tal reducción no es proporcional ni con el avance, ni con la profundidad de pasada. Así, por ejemplo, en las experiencias hechas por Taylor para la misma duración del afilado, aumentando el avance en el 50%, sólo es necesario reducir la velocidad de corte en un 20%, incluso con mayor producción de viruta. Otro tanto sucede si se aumenta la profundidad de pasada en un 50%, con una disminución del 10% de la velocidad de corte.

No obstante lo dicho, el avance viene determinado principalmente por:

- La fase del trabajo, desbaste o acabado, o el grado de acabado que se desee en una pieza o parte de ella;

- La robustez de la máquina;
- La robustez de la herramienta.

Asimismo, la profundidad de pasada de pende, además, del grueso de material que debe eliminarse.

2.5.4. Influencia de la lubricación y refrigeración.

Cuando se trabaja en seco, es decir, sin líquido refrigerante o lubricante, el operario puede observar perfectamente el trabajo, la máquina no se ensucia ni se moja y no se producen salpicaduras. Pero, por el contrario, los inconvenientes son considerables, derivados principalmente del calor producido por el corte:

- La herramienta, si la temperatura es alta, pierde dureza y corta en malas condiciones, con mayor rozamiento y aumento consiguiente del calor.
- Al filo de la herramienta, por la cara de ataque, se le adhieren pequeñas partículas de metal caliente, dificultando el corte y dejando unas superficies defectuosas en las piezas.
- La pieza se dilata pudiendo originar falsas mediciones, y, por tanto, errores en las cotas.
- En el montaje de las piezas entre puntos, por ejemplo en el torneado, el calor puede producir un agarrotamiento y deterioro de la pieza y del contrapunto.
- Las virutas muy calientes pueden ser peligrosas para el operario.

Todos estos inconvenientes se reducen en gran manera por medio de la lubricación o de la refrigeración.

La refrigeración es imprescindible en a fase de desbaste con gran profundidad de pasada, avance importante y alta velocidad de corte, por el enorme calor producido.

La refrigeración permite un considerable aumento de lo velocidad de corte, del orden de hasta el 50% de a velocidad de menor desgaste, según los casos.

La lubricación tiene por objeto suavizar el rozamiento más que enfriar, aunque esto se consigue también, ya que al disminuir el roce, el calentamiento es menor.

Líquidos refrigerantes y lubricantes.

Estos líquidos deben tener las siguientes propiedades:

- Que sean lubricantes, es decir, viscosos y untuosos.
- Que sean refrigerantes, o sea, que conduzcan bien el calor.
- Que mojen bien la pieza y la herramienta.
- Que sean anticorrosivos y antioxidantes.

Los aceites de corte, que también así se llaman, considerados como más importantes, constituyen dos grupos:

- Aceites solubles o emulsionables;
- Aceites puros o preparados con aditivos.

Los aceites solubles se emplean para trabajos de desbaste, que producen gran temperatura, emulsionándolos con agua, lo que da un líquido de color blanco lechoso generalmente, conocido con el nombre de **taladrina**.

La proporción de estos componentes depende de la temperatura del mecanizado, que, a su vez, está en función del material que se trabaja.

Los aceites puros son apropiados para los trabajos de acabado, en los que se pretende buena calidad superficial. En estos casos interesa más la lubricación que la refrigeración, como ya se ha dicho antes. Son, generalmente, aceites minera/es, aunque también se pueden usar vegetales y grasas de animales. Estas últimas pueden producir afecciones de la piel, por lo que hay que evitar tocarlos.

2.6. Elección de las condiciones de corte:

De lo dicho hasta aquí se deduce que, en cada trabajo que se realiza en una máquina del taller, se presenta un problema: determinar la velocidad de corte, el avance y la profundidad de pasada, para obtener el máximo rendimiento. Esto es debido a los muchos factores que influyen a la hora de tomar una decisión. Tales son, resumidos, los que se indican seguidamente:

A) Relativos a la herramienta

- El material.
- La forma y robustez.

B) Relativos a la pieza

- El material.
- La forma y sujeción.

C) Relativos a la máquina

- La potencia.
- La robustez.
- El estado de conservación (desajustes).

D) Relativos al trabajo de la herramienta

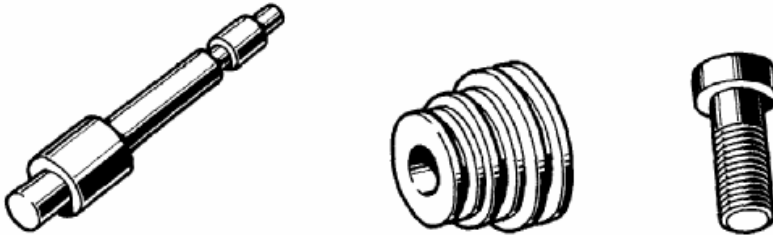
- La fase de mecanizado: desbaste o acabado.
- La continuidad del corte. Cuando la herramienta corta el material con interrupciones que provocan choques la velocidad de corte, avance y profundidad de pasada deben ser menores.

- La refrigeración o lubricación.

Por todo esto, las velocidades que los fabricantes establecen para sus herramientas en unas condiciones de trabajo bien determinadas, no pueden considerarse más que como velocidades medias, que sirven de orientación aproximada.

3. TORNEADO.

El torneado permite la construcción de gran variedad de piezas de forma de cuerpos de revolución y de sus múltiples combinaciones.



El torneado consiste en el arranque del material sobrante, imprimiendo a la pieza un movimiento de rotación, mientras la herramienta permanece a altura constante, desplazándose horizontalmente. Esto se consigue en la máquina-herramienta llamada torno.

El torno es uno de los instrumentos de trabajo más antiguos. Ya los egipcios emplearon el torno de alfarero antes de Jesucristo. Básicamente igual, se sigue usando en modestos talleres de alfarería en la actualidad. Como máquina de tallar roscas en la madera, parece que los más antiguos datan del siglo XVI.

Hacia finales del siglo XIX fue cuando apareció el primer torno semejante, desde el punto de vista técnico, aunque más imperfecto, a los actuales paralelos.

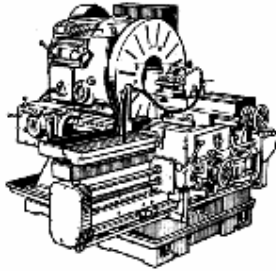
El torno, tal como hoy se le conoce, es una de las máquinas-herramientas fundamentales e imprescindibles en cualquier taller mecánico, sin la que difícilmente se hubiera logrado el actual desarrollo industrial.

3.1. Clasificación de los tornos

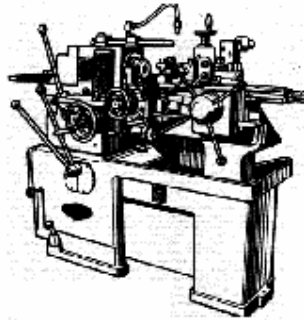
Igual que sucede con otras máquinas-herramientas, el torno ha ido perfeccionándose y adaptándose a la gran variedad de trabajos que se presentan en la industria, con el fin de posibilitar el torneado de ciertas piezas, en unos casos, y obtener el máximo rendimiento de la máquina, en otros. De ahí que existan varias clases de tornos, entre los que destacan los siguientes:

- **Torno paralelo** que es el más universal y conocido; se estudia a continuación.
- **Torno al aire** para tornear piezas de gran diámetro y poca longitud.
- **Torno vertical** destinado a tornear piezas voluminosas y pesadas, difíciles de manejar y sujetar en los tornos paralelos.
- **Torno revólver o semiautomático** que se caracteriza por su empleo para el trabajo en series pequeñas y medianas de piezas tomadas de una barra casi siempre, mediante una torreta revólver en la que se disponen las herramientas en un orden preestablecido, según las sucesivas operaciones del proceso.

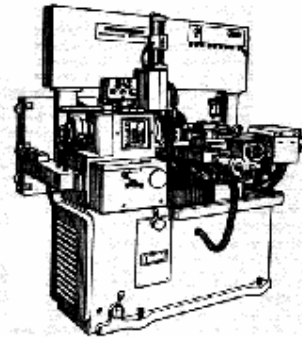
- **Torno automático** en el que las piezas se construyen, dotando, tanto a las herramientas como a la alimentación de la barra, de unos movimientos auto máticos, generalmente por medio de le vas. Se emplea para el torneado de gran des series de piezas.



TORNO AL AIRE



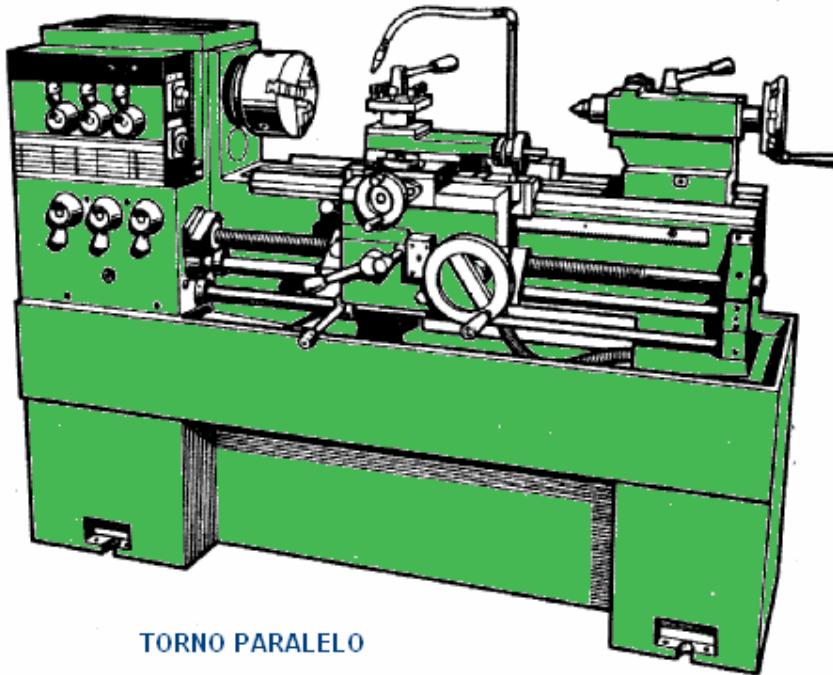
TORNO REVOLVER



TORNO AUTOMÁTICO

3.2. El torno paralelo.

Se e llama también torno cilíndrico o torno horizontal. Su nombre se justifica porque el movimiento principal de avance de la herramienta se realiza siempre paralelamente al eje horizontal de giro de las piezas, según la generatriz de un cilindro.



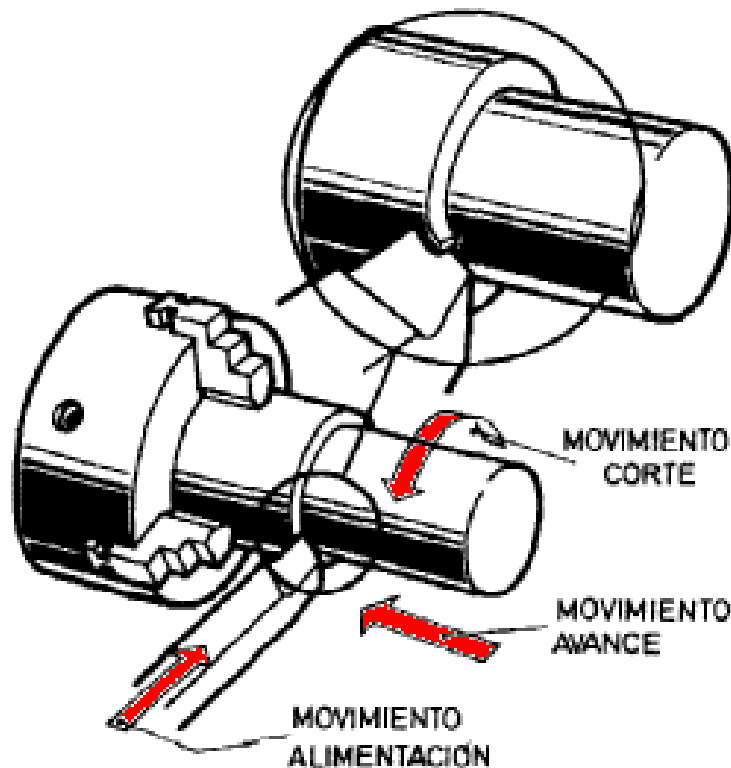
TORNO PARALELO

Constituye el fundamento de todos los de más tornos. En él se pueden construir piezas de revolución de cualquier forma, siempre que su tamaño sea apropiado al de la máquina. Esto le da un carácter de universal, que no lo hace apropiado para el trabajo en serie, a no ser de reducido número de piezas iguales, por lo que se emplea habitualmente para piezas sueltas en trabajos de reparación, mantenimiento o en la construcción de utillajes y prototipos.

3.3. Principio de trabajo.

El arranque de la viruta en el torneado se realiza dotando a la pieza de un movimiento de rotación, mientras la herramienta, generalmente de un solo filo, cuchilla, se desplaza horizontalmente en un movimiento de traslación.

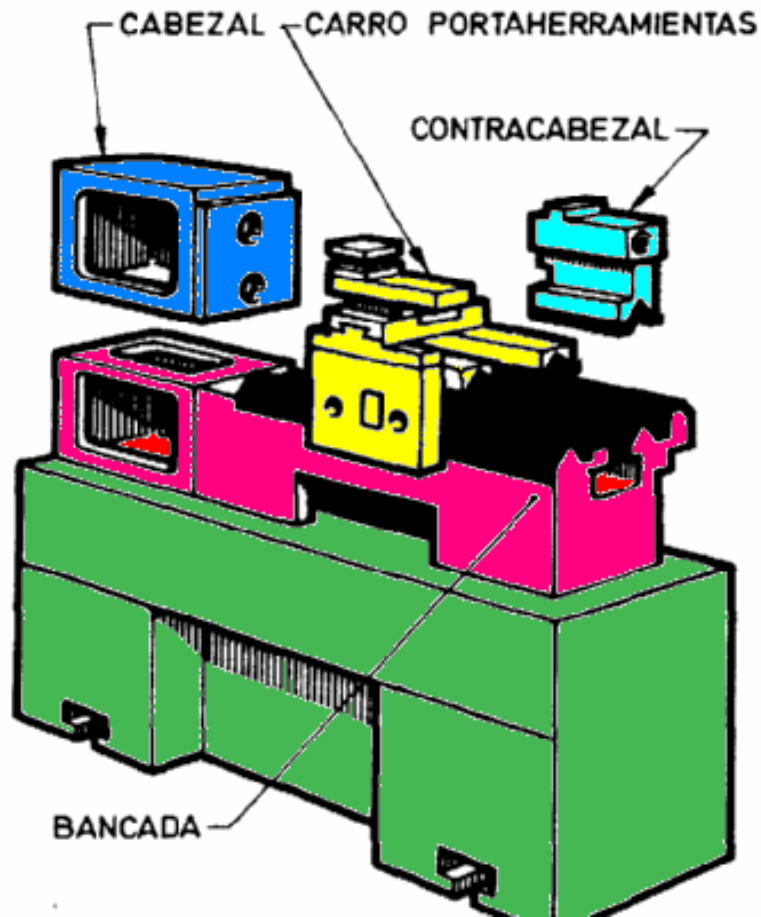
En el torno paralelo, esto se consigue con los tres movimientos siguientes:



- **Movimiento de corte**, movimiento principal o de rotación de la pieza.
- **Movimiento de avance**, por el cual la cuchilla se desplaza en una trayectoria rectilínea horizontal para arrancar siempre nuevo material de la pieza.
- **Movimiento de penetración o alimentación**. Es el desplazamiento a mano de la cuchilla con el que se logra su penetración o profundidad de pasada.

Tanto el movimiento de avance como el de penetración se realizan siempre según un plano horizontal, pero pueden tener distintas direcciones, dependiendo de la forma que hay que dar a la pieza.

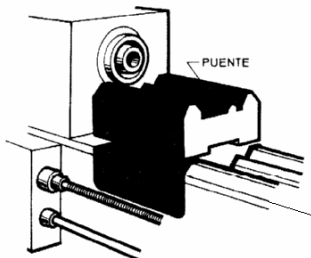
3.4. Descripción



El torno está constituido por los siguientes órganos principales:

- Bancada.
- Cabezal.
- Caja de velocidades.
- Carro portaherramientas.
- Mecanismo de movimiento automático de la herramienta.
- Contracabezal.

3.4.1. Bancada.



Es de fundición, tiene gran rigidez y sobre ella van acoplados los órganos de la máquina.

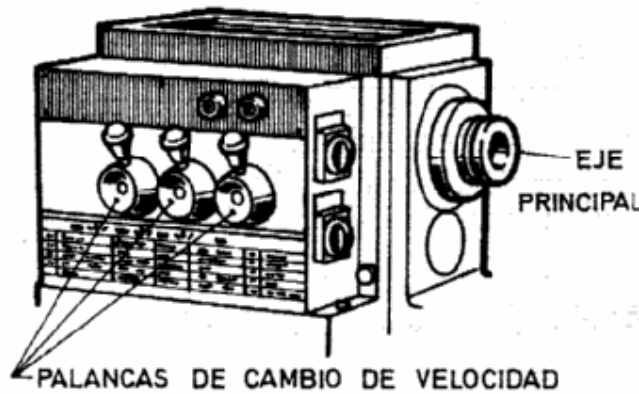
En su parte superior lleva unas guías prismáticas longitudinales que sirven de carriles para el desplazamiento del carro y del contracabezal.

En su lado de trabajo se acoplan el eje de cilindrar y el husillo de roscar.

Algunas bancadas tienen un hueco o escote, que se cubre con un puente, para poder torneear piezas de mayor diámetro.

3.4.2. Cabezal.

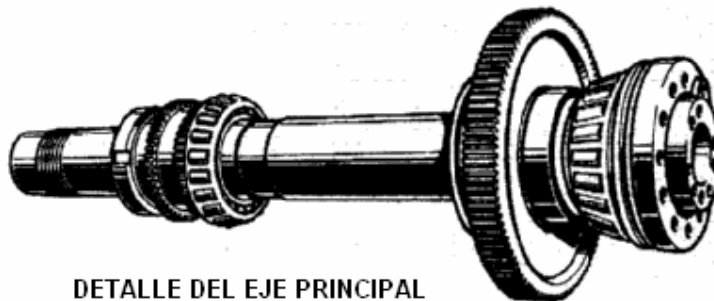
Va acoplado sobre la bancada y fijado a la misma por medio de tornillos.



Es el órgano que proporciona las distintas velocidades al eje principal, en el cual se montan las piezas por diferentes procedimientos.

El eje principal se fabrica de acero al cromo-níquel y gira sobre cojinetes de rodillos cónicos que son ajustables.

El motor proporciona el movimiento a la caja de velocidades y desde ésta se transmite, a través de la caja de avances, a los ejes de cilindrar y de roscar para el desplazamiento de los carros.



DETALLE DEL EJE PRINCIPAL

3.4.3. Caja de velocidades.

Está constituida por el propio cabezal, en cuyo interior van alojados dos o tres ejes, uno de los cuales es el eje principal, que recibe el movimiento desde los otros, por los engranajes que van montados sobre ellos.



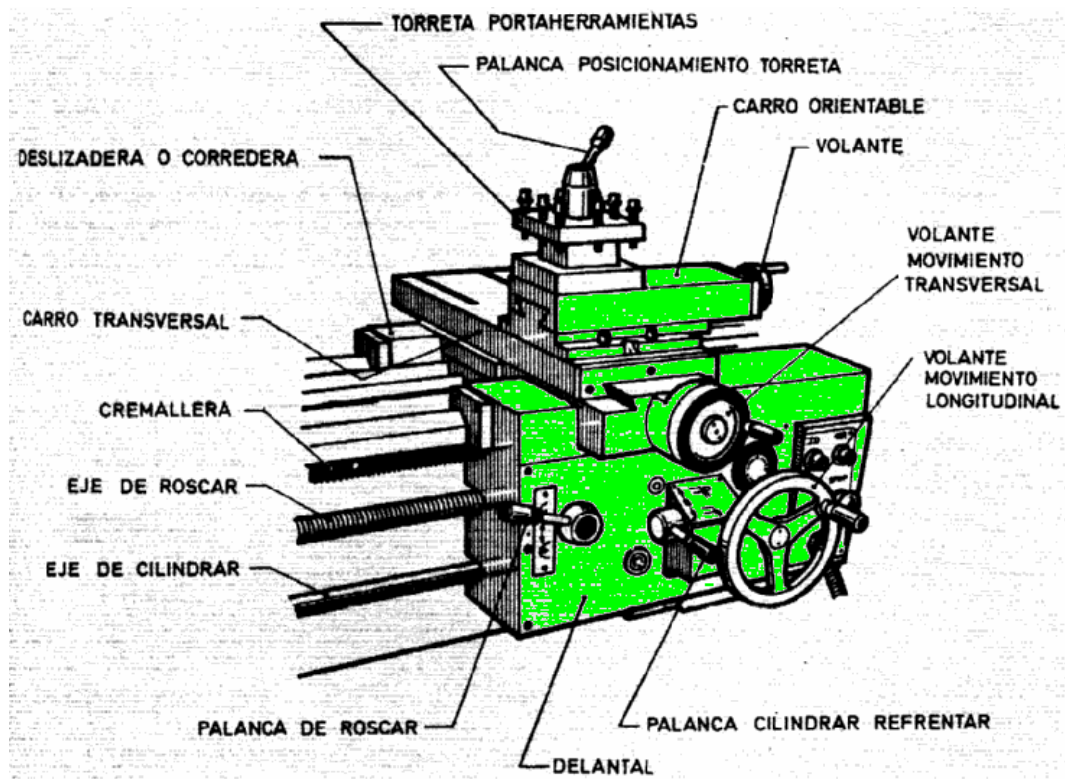
Los engranajes son de acero al cromo-níquel y están templados y rectificadas, para dar les mayor resistencia y lograr una marcha silenciosa a grandes velocidades.

Igual que en todas las cajas de velocidades de las otras máquinas, las diferentes relaciones de giro se obtienen al accionar las palancas exteriores, que desplazan los engranes sobre estrías longitudinales de los ejes, haciendo que acoplen con unos u otros.

Para facilitar la maniobra de selección de velocidades, en el exterior del cabezal llevan los tornos unas placas metálicas donde se indican las r.p.m. del eje principal y las posiciones correspondientes de las palancas.

3.4.4. Carro portaherramientas.

En realidad, es un conjunto formado por tres carros, el principal, el transversal y el orientable, que sirven de soporte a las herramientas, manteniéndolas en posición de trabajo, y para darles los movimientos de avance y de penetración.



Carro principal

Es el que soporta a los otros dos carros, deslizándose longitudinalmente, perfecta mente ajustado a las guías de la bancada.

Consta de la deslizadera o corredera, que es la parte horizontal, y del delantal o parte vertical donde van situados los mandos del carro.

Su principal función es desplazar la cuchilla paralelamente al eje de las piezas, para cilindrar y roscar.

Puede accionarse a mano o automática mente. El accionamiento a mano se logra por medio de un volante situado en el delantal, que por medio de un engranaje de reducción, hace girar un piñón, que rueda bajo una cremallera fija a lo largo de la parte delantera de la bancada, arrastrando el carro.

Carro transversal

Se desliza sobre unas guías en cola de milano que tiene la corredera del carro principal en dirección perpendicular a las de la bancada. Con ello se consigue mecanizar caras planas: **refrentar**.

El movimiento de este carro se obtiene por medio de un husillo y tuerca, y puede darse a mano o ser automático. Para el accionamiento a mano el husillo está provisto de un volante o manivela y de un tambor dividido para medir el desplazamiento.

Carro orientable

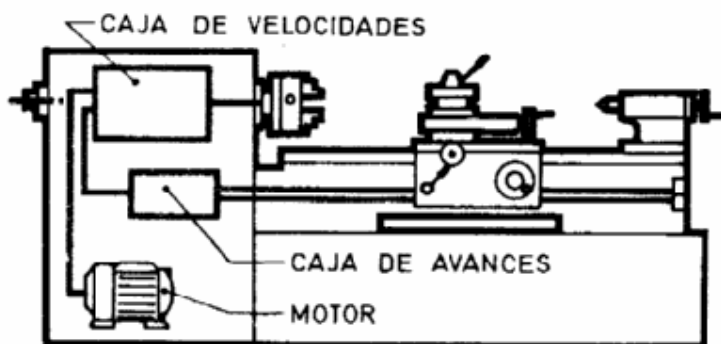
Sobre él va acoplada la torreta portaherramientas en la que se montan las cuchillas.

Está provisto en su base de un limbo graduado, pudiendo girar en los dos sentidos, según un eje vertical, sobre la parte superior del carro transversal. Así pueden mecanizarse piezas cónicas.

El desplazamiento sólo se hace a mano, por medio de un volante con tambor dividido que hace girar el husillo correspondiente.

Tanto el carro transversal como el orientable están dotados en sus guías en cola de milano de unas regletas y sus correspondientes tornillos de reglaje, para eliminar las holguras producidas por el desgaste.

3. 4.5. Mecanismo del movimiento automático de la herramienta.

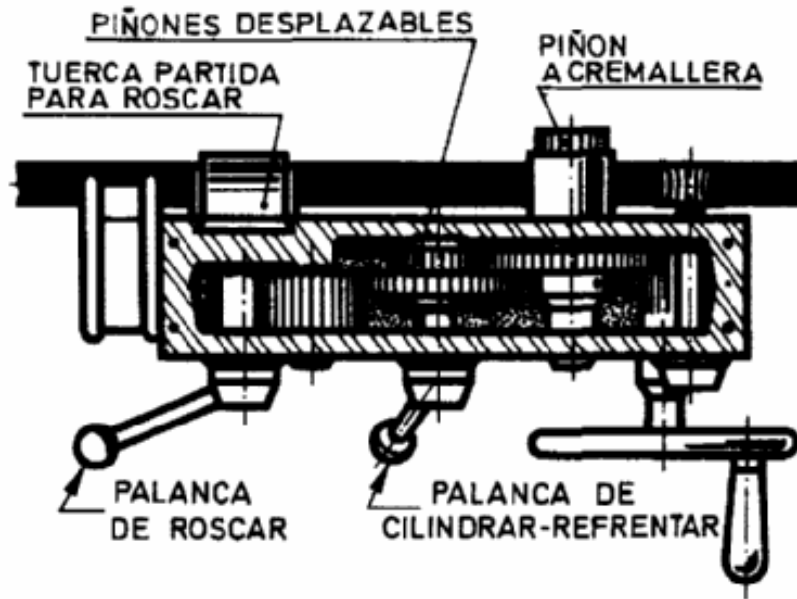


Los movimientos automáticos de la cuchilla se obtienen a través de los ejes de cilindrar y de roscar, que lo reciben del eje principal del cabezal:

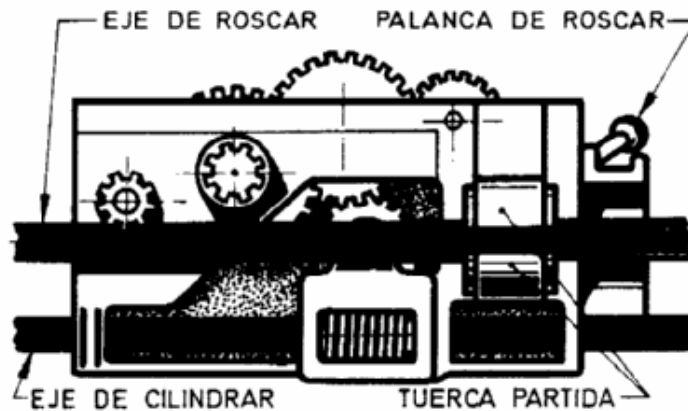
- Con el eje de cilindrar se da movimiento al carro principal, para cilindrar, o al carro transversal, para refrentar, independientemente.

Para seleccionar estos dos movimientos, en el delantal del carro hay una palanca, con tres posiciones: una para cilindrar, otra para refrentar y la tercera de punto muerto.

- Con el eje de roscar solamente se transmite el movimiento al carro principal, cuando se trata de construir roscas.



Otra palanca, situada también en el delantal, manda una tuerca partida, que en una posición se cierra alrededor del eje de roscar o husillo patrón y en otra se abre dejándolo libre.



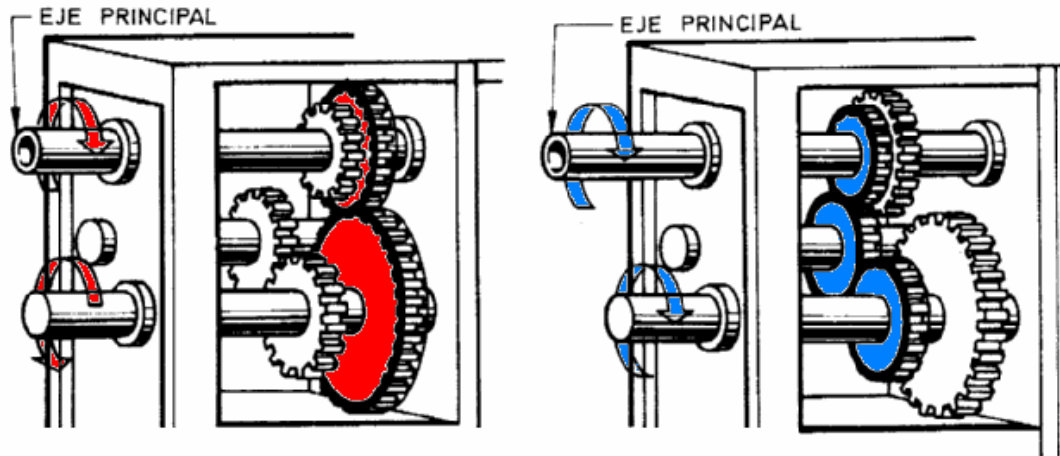
La transmisión del movimiento desde el eje principal a los ejes de cilindrar y roscar se efectúa por medio de los siguientes elementos:

Inversor de marcha

Este permite embragar en dos posiciones cambiando el sentido de rotación de los ejes de cilindrar y roscar para el mismo sentido de giro del eje principal. Con ello se invierte el sentido del desplazamiento de los carros, dando así mayores posibilidades de trabajo. En la tercera posición, el sistema queda desembragado.

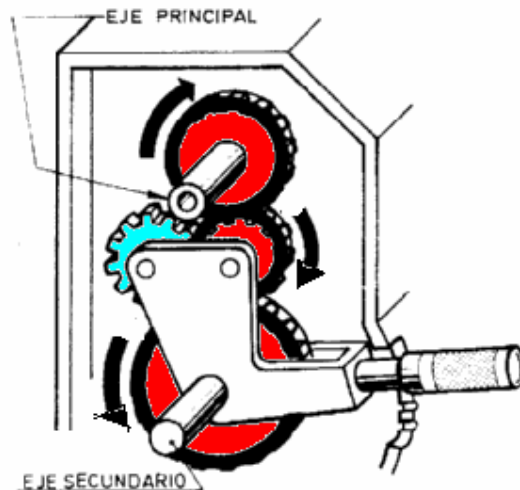
Los tipos de inversores más utilizados son:

- El de tren deslizante, que es el más empleado actualmente. Una palanca exterior acciona el tren desplazable de engranajes.



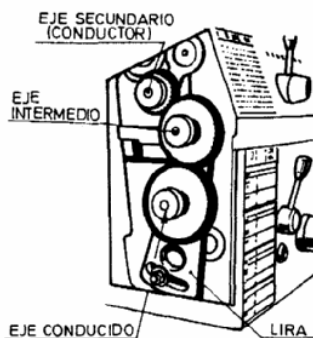
INVERSOR DE TREN DESLIZANTE

- El basculante que consiste en una pieza oscilante alrededor de un eje, que soporta tres piñones, los cuales pueden adoptar tres posiciones, como en el caso anterior.



INVERSOR BASCULANTE

Tren de ruedas intercambiables.



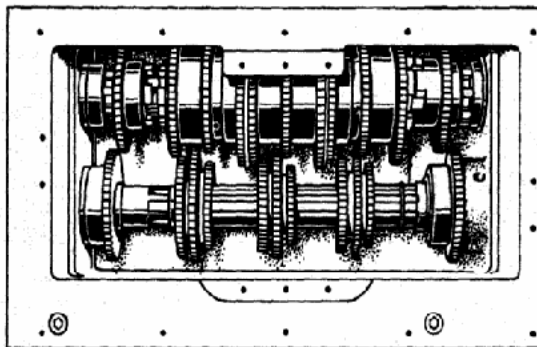
Estando el inversor embragado, el movimiento de giro se transmite al eje secundario (conductor), en el que se fija una rueda dentada que engrana con otras intermedias que se montan en la guitarra o lira y dan el movimiento a los ejes de cilindrar y roscar, generalmente a través de una caja de cambios para avances y pasos de rosca.

Para lograr los distintos avances y pasos, es necesario cambiar las ruedas por otras apropiadas. Esto es posible debido a que la lira bascula sobre

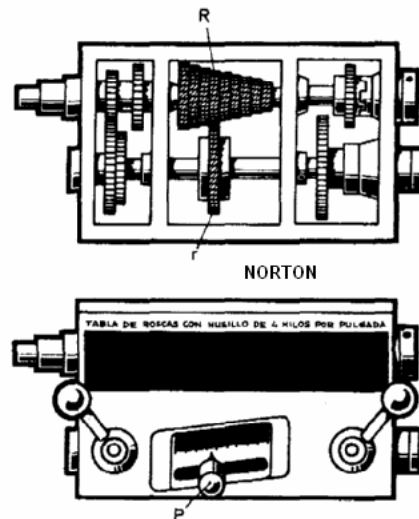
uno de los ejes extremos y tiene, además, unas ranuras donde se fijan los ejes de las ruedas intermedias a la distancia adecuada.

Caja de cambios para avances

Para evitar, en lo posible, el cambio de ruedas para cada paso de rosca y de avance, los tornos vienen provistos de una serie de engranes, calculados de tal modo, que por medio de un tren móvil se pueden lograr varios pasos con las mismas ruedas.



DE PIÑONES DESPLAZABLES



Las cajas de avance de los tornos suelen ser:

- De **piñones desplazables** que funciona como una caja de velocidades corriente, es decir, en ella las distintas relaciones se consiguen por simple desplazamiento de uno, dos o más piñones, accionando las correspondientes palancas exteriores.

Igual que en el cabezal, estas cajas llevan indicados los pasos y avances y las posiciones de las palancas.

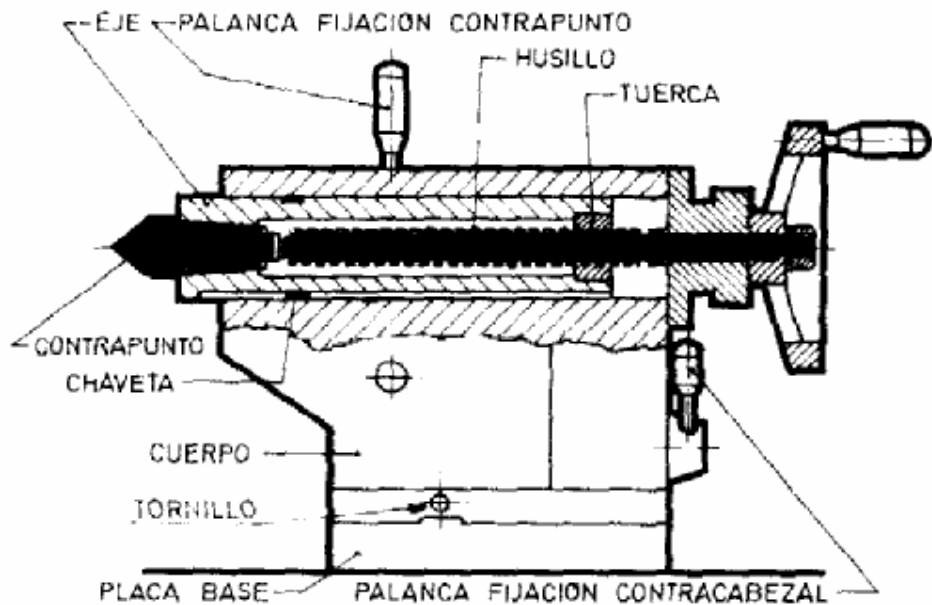
- Del **tipo Norton**, en las que se logran los diferentes avances y pasos, por medio de la palanca oscilante y desplazable P, que engrana el piñón r con cualquiera de las ruedas R del otro eje.

La palanca se inmoviliza en cada posición mediante una espiga que se introduce en el agujero correspondiente.

Desde la caja de cambios el movimiento se transmite a los ejes de cilindrar y de roscar, generalmente a través de otro pequeño tren desplazable, que, mediante una palanca selectora, engrana el eje de cilindrar o el de roscar independientemente, o los deja inmóviles cuando no se emplean.

3.4.6. Contracabezal.

Conocido también con los nombres de contrapunto y cabezal móvil, sirve de segundo soporte para las piezas y para sujetar brocas, machos de roscar, etc.



Se compone de:

- **Placa base**, que se apoya sobre la bancada y puede desplazarse sobre ella.
- **Cuerpo de fundición**, que descansa sobre la placa base y constituye el armazón del contracabezal. Puede desplazarse transversalmente sobre la placa base, para poner en línea los puntos del cabezal y del contrapunto, mediante unos tornillos laterales.
- Husillo, giratorio, pero no desplazable, que accionándolo con un volante, hace avanzar o retroceder el eje del contracabezal.
- Eje en forma de tubo, con una tuerca en el extremo interior y un alojamiento cónico Morse en el otro extremo para alojar el contrapunto. Este eje se desliza, axial-mente, ajustado en el cuerpo, pero una chaveta le impide el giro.

3.5. Características técnicas.

De todos los datos técnicos, el que caracteriza de una manera más determinante a los tornos paralelos, es la distancia entre puntos, ya que este dato sirve para definir el tamaño del torno, y, en consecuencia, ayuda a conocer algunas de sus posibilidades de trabajo.

Además existen otras características, que completan el conocimiento de la máquina, como:

- Altura de puntos.
- Diámetro máximo a tornear sobre la bancada.

- Diámetro máximo a tornear sobre el carro.
- Número de velocidades.
- Gama de velocidades.
- Número de pasos de rosca.
- Conos del eje principal y del contracabezal.
- Potencia del motor.
- Peso y dimensiones máximos.