

# MECÁNICA

4° AÑO

E.E.T.P N° 485

VICECOMODORO  
MARAMBIO

## **METROLOGÍA**

Es una de las partes fundamentales de la mecánica ya que trata de las medidas y su expresión; gracias a ella todas las piezas que integran un montaje determinado, pueden ser intercambiadas en caso de deterioro. Esta ciencia se vale de dos medios fundamentales como:

- Los instrumentos de medidas.
  
- Las tolerancias.

Toda pieza debe estar plasmada en un dibujo o plano en el cual se indique con todo detalle las medidas e instrucciones especiales para su fabricación. Las dimensiones de los planos vienen normalizadas según especificaciones bien definidas (NORMAS IRAM) y sus medidas representadas en milímetros.

## **INSTRUMENTOS DE VERIFICACIÓN Y CONTROL**

### **CALIBRES FIJOS**

Son instrumentos utilizados para el control, fundamentalmente de piezas producidas en serie. Tienen diversas formas y medidas, ya que son necesarios para realizar un control rápido de las mismas.

Con este tipo de calibres no se puede medir la cota de una pieza, pero si se puede establecer que la cota a controlar esté dentro del campo de tolerancia asignado. Las formas y dimensiones de los calibres deben ser muy precisas, ya que las piezas suelen tener tolerancias muy estrictas.

Estos instrumentos de medición, son simples de usar y con un procedimiento de uso más rápido y efectivo que otros instrumentos, además se evita de esta forma el error de medida.

El inconveniente que tienen estos instrumentos, es que solo sirven para un solo tipo de control y una sola dimensión, es por ello, que se los utilizan para la verificación y control de las piezas producidas en serie.

La forma de estos instrumentos es complementaria a la forma de la pieza, se deben adaptar a la misma.

Los principales tipos son:

- 1 Calibres para ejes.
- 2 Calibres para agujeros.
- 3 Calibres para piezas cónicas.
- 4 Calibres para roscas externas e internas.



## INTRUMENTOS DE MEDICIÓN

- En todo instrumento de medida, existen dos factores fundamentales a tener en cuenta. Uno de ellos es el rango de lectura que posee, el cual es determinado por la diferencia entre la lectura máxima y la mínima que puede apreciarse con el mismo. (Ej: 0-150 mm, en un calibre deslizante). El otro factor fundamental es la precisión, la cual se define como el valor más pequeño que se puede medir con exactitud. (Ej: en un calibre 1/50, su precisión es de 0.02mm)

### CALIBRE DESLIZABLE

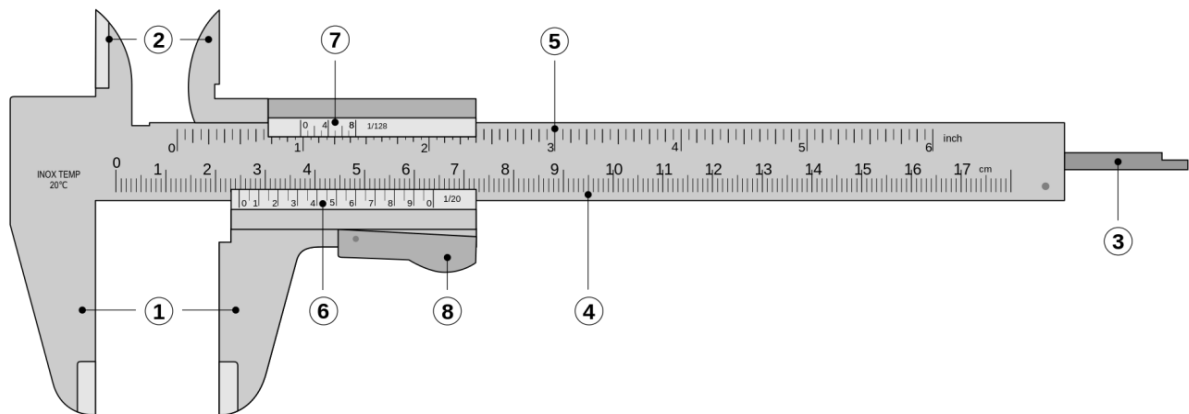
Es un instrumento de medida de precisión, que se utiliza para tomar medidas precisas de hasta 0.02mm. La regla fija (nonio fijo) y la regla móvil (nonio móvil) pueden estar graduadas en ambos lados o en ambos bordes. En la mayor parte de los casos en la primera encontramos la divisiones en milímetros, y en la móvil, las divisiones de las fracciones de mm. y pulgadas.

Pueden tener escalas con una precisión de 1/10 (0.1mm.) – 1/20 (0,50) – 1/50 (0,02mm)

1/10 = 0,1mm (CALIBRE DECIMAL)

1/20 = 0.05mm (CALIBRE VIGESIMAL)

1/50 = 0,02mm (CALIBRE QUINCAGESIMAL)



1. Mordazas para medidas externas.
2. Mordazas para medidas internas.
3. Sonda para medida de profundidades.
4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
7. Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.
8. Botón de deslizamiento y freno.

## **EL MICRÓMETRO**

Es un instrumento de medición de precisión, que tiene un robusto arco de metal, en cuyos extremos se encuentran dos planos de contacto con superficies perfectamente planas y rectificadas.

Uno de los extremos es fijo y el otro es una varilla roscada. En el sentido paralelo a dicha varilla, hay una guía tubular, graduada longitudinalmente en milímetros arriba y medios milímetros abajo.

Sobre la guía tubular milimétrica, hay otra guía circular móvil, dividida en 50 partes. Cada una de estas representa 0,01mm. (una centésima).

Existen micrómetros para medidas externas (A), internas (B) y de profundidad (C), como se muestran a continuación:



A)



B)



C)

## EL GONIÓMETRO

Es un instrumento destinado a la medición de ángulos con aproximaciones inferiores a  $1^\circ$ . La amplitud del ángulo medido por medio del goniómetro con nonio está expresada en grados y minutos.

Los grados están indicados por el número de divisiones del nonio que resultan comprendidas entre cero y la división del nonio que coincide exactamente con cualquier división del disco externo. Cuando el cero del nonio coincide con la división del disco graduado, el valor del grado es entero.



### **EI RELOG COMPARADOR**

El comparador es un instrumento utilizado para el control del error de forma de una pieza y para la medida comparativa (por diferencia) entre la dimensión de la pieza sujeta a examen y la de una pieza patrón.

Al ser un instrumento de comparación es necesario que durante su uso, este sujeto a una base de diferencia. El comparador lleva un palpador retráctil que va unido a un índice móvil, atravesando un mecanismo de amplificación. La rotación del índice sobre el cuadrante es proporcional a la variación vertical del palpador. La desviación del índice sobre el cuadrante indica en centésimas de mm, la diferencia de cota entre la pieza y el patrón.



### **COMPARADOR PARA INTERIORES O ALESOMETRO**

Este instrumento, sirve para el control de agujeros pequeños y profundos. Tienen una aproximación centesimal. Además de comprobar el diámetro de agujero, pueden comprobar el error de circularidad y conicidad del mismo.



## **PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

La cabeza medidora del alexometro está compuesta de un palpador fijo y un palpador móvil. Este último, a través de un mecanismo transmite al árbol y por medio del amplificador al índice del comparador, la variación de la distancia entre los palpadores, que corresponde al diámetro del agujero controlado.

El campo de medida del alexometro se extiende de 30 a 160 mm, gracias a la inter cambiabilidad de la serie de palpadores fijos de longitud variable.

Para una medida precisa del diámetro de un agujero, el palpador debe estar centrado con las partes de agujero. La perpendicularidad entre el eje del palpador y el eje del agujero, se obtienen haciendo oscilar el instrumento de derecha a izquierda, para comprobar cuando señala el índice del comparador la medida mínima. Es muy eficaz sobre todo para comprobar la conicidad y ovalización de los agujeros.

## **TOLERANCIAS**

Es la cantidad de variación permitida en la dimensión o superficies de las piezas. La tolerancia es igual a la diferencia entre los límites máximos y mínimos de cualquier dimensión específica.

Por ejemplo si el límite máx. para el diámetro del agujero es 50 mm y el mínimo 49,99 mm; la tolerancia para este diámetro será 0,01 mm.

La tolerancia también puede definirse como la cantidad de variación de tamaño, que

las piezas pueden tener, a fin de asegurar una exactitud suficiente, sin retoques. Este concepto es particularmente importante cuando se trata de trabajos en serie y se elaboran piezas que han de ser totalmente intercambiables, tanto para montaje de una máquina, como para utilizarlas para recambio, lo cual ocurre especialmente en la fabricación de automóviles.

La fabricación bajo tolerancias es lo que ha permitido el espectacular avance obtenido en la industria, lo que produjo una reducción de costos en los artículos manufacturados.

## **TOLERANCIA UNILATERAL Y BILATERAL**

El término unilateral se refiere a la tolerancia total, cuando una dimensión básica, es en un solo sentido. Ej: Si la dimensión básica fuera 25 mm y la medida figuraría 25,00 -0,002 o 25,00 +0,002 o sea, la tolerancia en una sola dimensión. Por el contrario, si la tolerancia estuviera dividida, es decir, parcialmente más parcialmente menos, la clasificamos como bilateral. Ej: 25,00 +0,001  
-0,001

## **AJUSTE**

Cuando una pieza encaja en otra con una relación previamente definida entre las medidas de las dos, se dice que está ajustada.

### **DIFERENTES TIPOS:**

En la construcción de máquinas y repuestos se usan comúnmente 5 clases de ajuste.

- 1) Ajuste giratorio.
- 2) Ajuste deslizante.
- 3) Ajuste forzado.
- 4) Ajuste prensado.
- 5) Ajuste de contracción

### **Ajuste giratorio**

Como ya lo indica su nombre, se emplea cuando piezas o partes del ajuste deben girar.

### **Ajuste deslizante**

No es suficiente holgado para girar.

Las otras clases de ajuste se refieren al montaje de piezas que deben mantenerse en posición fija. Para determinar la clase de ajuste, tenemos que identificar las partes que lo componen. Una de las de las piezas es la que contiene (ej: un rodamiento) y la otra la contenida (ej: un eje). Si la cota inferior de la pieza que contiene, es igual a la cota exterior de la pieza contenida, sus diámetros nominales serán iguales.

## EJEMPLOS GRAFICOS RELATIVOS AL SISTEMA DE AJUSTE «ISA» Y OTROS



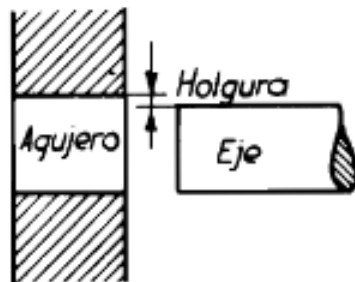
### Tolerancia

Es la inexactitud admisible de fabricación, y la diferencia entre el valor máximo y mínimo concedido para una determinada dimensión.

T = Tolerancia.

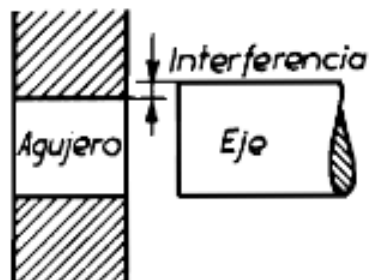
D. MAX. = Diámetro máximo.

D = Diámetro mínimo.



### Holgura

Es la diferencia entre el diámetro efectivo del agujero y el efectivo del eje, cuando el primero es mayor que el segundo.



### Interferencia u Holgura negativa

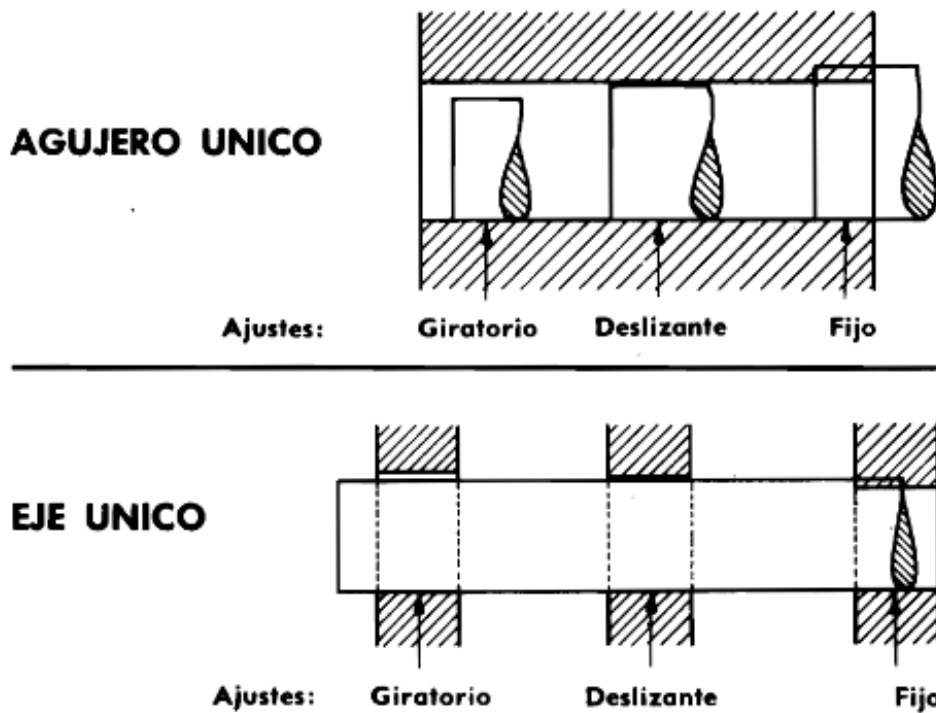
Es la diferencia entre el diámetro efectivo del agujero y el efectivo del eje, cuando al ensamblar dos piezas el diámetro del agujero es menor que el del eje.

## AJUSTE DE AGUJERO UNICO Y EJE

### UNICO

Agujero único: En este tipo de ajustes “los ejes” se tornean mayores o menores que el agujero, para obtener la holgura o apriete deseados.

Eje único: En este caso, “los agujeros” se tornean mayores o menores, para obtener la holgura o apriete deseados.



### TABLA DE TOLERANCIA PARA CALIDADES “ISA”

El sistema de tolerancia ISA establece, para cada grupo de dimensiones, 16 grados de tolerancias (llamados calidad de elaboración) designadas con las letras IT1 a IT16 desde la elaboración más precisa a la elaboración menos precisa. Desde la 5 a la 11 corresponde a trabajos de piezas destinadas a ser acopladas entre ellas. De la 11 a la 16 está destinada a trabajos ordinarios, tales como laminados, estirados, prensados etc. En la práctica la dimensión efectiva difiere de la nominal, tanto por la inevitable inexactitud de la ejecución, como las distintas exigencias de los encajes o elaboraciones.

El sistema de tolerancias I.S.A., ha fijado las posiciones designadas por medio de letras. Las letras mayúsculas son para los agujeros, mientras que las minúsculas designan a los ejes.

La letra h-H representa la línea de cero tanto para el eje como para agujeros. Un campo de tolerancia es definido en posición y tamaño por la letra que caracteriza su posición y por el número que precisa su calidad.

Al indicar un encaje, siempre se designara primero el agujero y luego el eje.

Ejemplo: H7, j6 - P7, h6

La elección de las tolerancias, deberá basarse en las experiencias adquiridas en los talleres, con los controles de fabricación, tablas de juegos etc.

Valor en milésimas de milímetro de la Tolerancia **T** fundamental «**ISA**» para la calidad de trabajo de 1 a 16 para diversos grupos de dimensiones  
**IT = TOLERANCIA DEL «ISA» (Abreviada)**

GRUPO DE DIMENSIONES mm.	CALIDAD															
	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
De 1 a 3	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,007	0,009	0,014	0,025	0,040	0,060	0,090	0,140	0,250	0,400	0,600
De más 3 a 6	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180	0,600	0,480	0,750
» 8 a 10	0,0015	0,002	0,003	0,004	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220	0,360	0,580	0,900
» 10 a 18	0,0015	0,002	0,003	0,005	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270	0,430	0,700	1,100
» 18 a 30	0,015	0,002	0,004	0,006	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330	0,520	0,840	1,300
» 30 a 50	0,002	0,003	0,004	0,007	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390	0,620	1,000	1,600
» 50 a 80	0,002	0,003	0,005	0,008	0,013	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460	0,740	1,200	1,900
» 80 a 120	0,003	0,004	0,006	0,010	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540	0,870	1,400	2,200
» 120 a 180	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,025	0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630	1,000	1,600	2,500
» 180 a 250	0,005	0,007	0,010	0,014	0,020	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,290	0,460	0,720	1,150	1,850	2,900
» 250 a 315	0,006	0,008	0,012	0,016	0,023	0,032	0,052	0,081	0,130	0,210	0,320	0,520	0,810	1,300	2,100	3,200
» 315 a 400	0,007	0,009	0,013	0,018	0,025	0,036	0,057	0,089	0,140	0,230	0,360	0,570	0,890	1,400	2,300	3,600
» 400 a 500	0,008	0,010	0,015	0,020	0,027	0,040	0,063	0,097	0,155	0,250	0,400	0,630	0,970	1,550	2,500	4,000

← EJE →

← AGUJERO →

Para trabajos de calibres.

← AGUJERO →

← EJE →

Para trabajos de piezas destinadas a ser acopladas entre ellas.

Para trabajos ordinarios en piezas aisladas, tales como laminado estirado, prensado, etcétera.

En esta tabla se estiman las tolerancias fundamentales, cuyo ejemplo es el siguiente: Tolerancia en un agujero calidad IT 7 sobre la línea ideal cero, o sea, H 7 y diámetro 200 mm. es = + 0,046 y 0,000.  
 En iguales condiciones el EJE h 6 de 200 mm. diámetro es = - 0,029 y + 0,000.

## “MAQUINAS HERRAMIENTAS”

Definición: Se da el nombre de máquina herramienta a los mecanismos que trabajan en frío los metales u otros materiales y arrancan en forma de virutas las partes sobrantes, con el objetivo de producir piezas con dimensiones establecidas previamente.

Clasificación: En sentido general las maquinas herramientas pueden producir un trabajo por deformación, por separación, por separación de masa, como se puede deducir de siguiente cuadro.

## MAQUINAS HERRAMIENTAS PARA METALES.

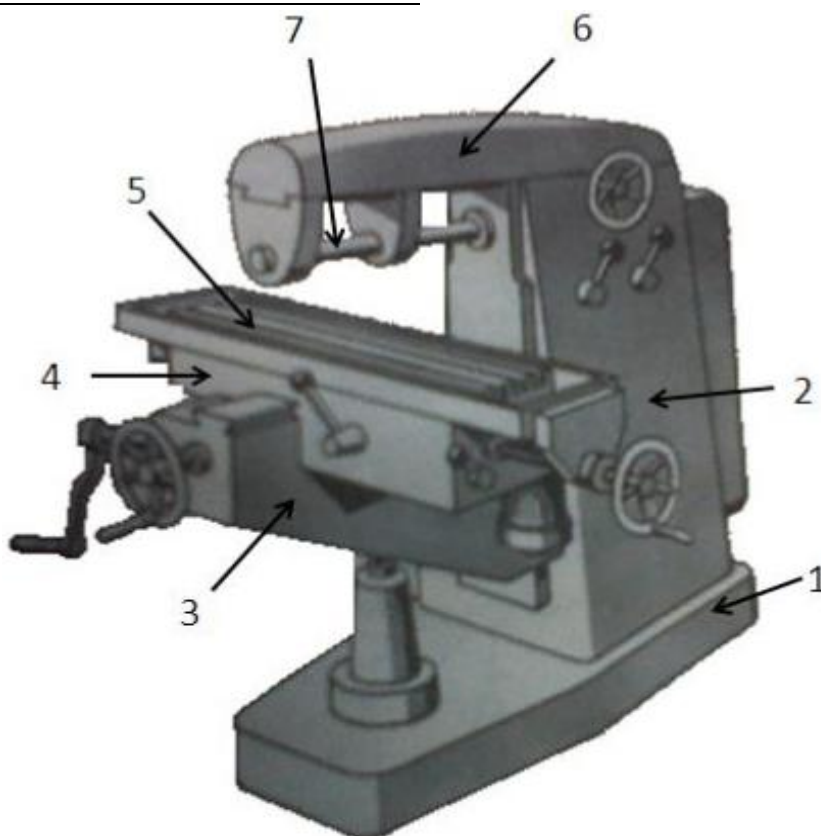
- A) Sin separación de masa: Martinetes, Prensas, Laminadoras, etc.
- B) Con separación de masa   \*en grandes trozos-Cizallas-Tijeras etc.  
                                       \*En viruta ordinaria-Tornos-Fresadora-Mortajadora.  
                                       \*En viruta fina-Amoladora-Rectificadoras.
- C) Con unión de masa: Máquinas de soldar.

## FRESADORA

Una Fresadora es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizado por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. En las fresadoras tradicionales, la herramienta o fresa gira en una posición fija y el desbastado se realiza acercando la pieza a la herramienta.

La fresadora se emplea para realizar trabajos en superficies planas o perfiles irregulares, pudiendo también utilizarse para tallar engranajes y roscas, taladrar y mandrilar agujeros, ranuras chaveteros y graduar con precisión medidas regularmente espaciadas.

## PARTES DE UNA FRESADORA



1) Base 2) Columna 3) Consola 4) Carro Transversal 5) Mesa 6) Puente 7) Eje Portaherramienta

1)-La base permite un apoyo correcto de la fresadora en el suelo.

2)-El cuerpo bastidor tiene forma de columna y se apoya sobre la base o ambas forman parte de la misma pieza. Habitualmente, la base y la columna son de fundición aleada y estabilizada. La columna tiene en la parte frontal unas guías templadas y rectificadas para el movimiento de la consola y unos mandos para el accionamiento y control de la máquina.

3)-La consola se desliza verticalmente sobre las guías del cuerpo y sirve de sujeción para la mesa.

4)-La mesa tiene una superficie ranurada sobre la que se sujeta la pieza a conformar. La mesa se apoya sobre dos carros que permiten el movimiento longitudinal y transversal de la mesa sobre la consola.

5)-El puente es una pieza apoyada en voladizo sobre el bastidor y en él se alojan unas lunetas donde se apoya el eje portaherramientas. En la parte superior del puente suele haber montado uno o varios tornillos de cáncamo para facilitar el transporte de la máquina.

6)-El portaherramientas o porta fresas es el apoyo de la herramienta y le transmite el movimiento de rotación del mecanismo de accionamiento alojado en el interior del bastidor. Este eje suele ser de acero aleado al cromo-vanadio para herramientas.

## **TIPOS DE FRESADORA**

### **Maquina Fresadora Horizontal:**

Esta máquina se presta para toda clase de trabajos. Su característica es el husillo de fresar dispuesto horizontalmente.

### **Máquina de Fresar Vertical:**

Con esta máquina se realizan principalmente trabajos de fresado frontal. El husillo de fresar está dispuesto verticalmente en el cabezal porta fresa. Este cabezal puede girar de tal modo que puede adoptar una posición inclinada. Los mecanismos de accionamiento principal y de avance no se diferencian de la Fresadora Horizontal.

### **Máquina de fresar Universal:**

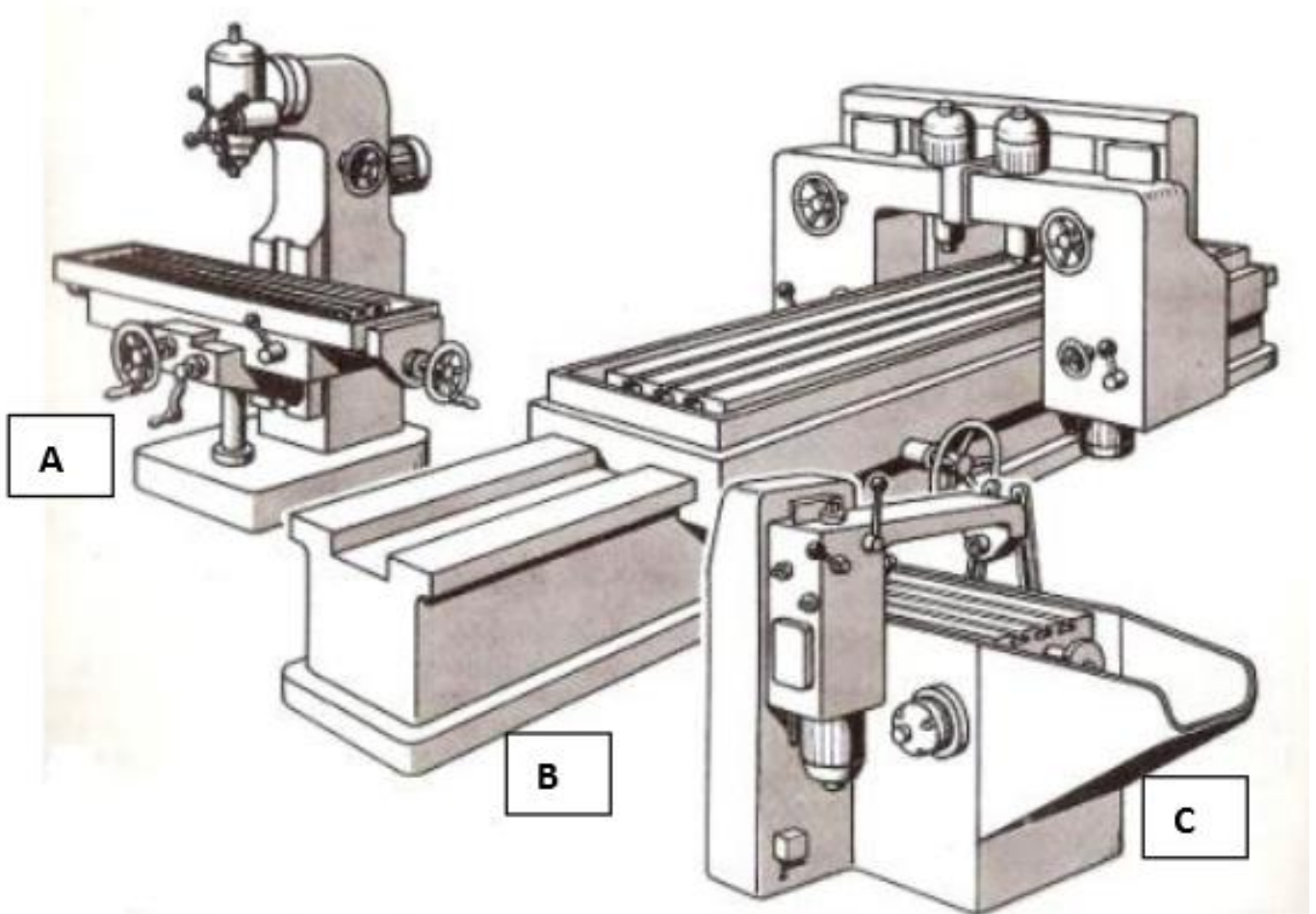
La característica principal de esta máquina es que tiene un husillo principal para el acoplamiento de ejes portaherramientas horizontales y un cabezal que se acopla a dicho

husillo y que convierte la máquina en una fresadora vertical, además, la mesa de fresar puede girar hacia la derecha o hacia la izquierda. Con esto se hace posible la ejecución de muchos más trabajos, como por ejemplo, el fresado de ranuras helicoidales.

### Fresadoras Circulares:

Tienen una amplia mesa circular giratoria, por encima de la cual se desplaza el carro portaherramientas, que puede tener uno o varios cabezales verticales, por ejemplo, uno para operaciones de desbaste y otro para operaciones de acabado.

Además pueden montarse y desmontarse piezas en una parte de la mesa mientras se mecanizan piezas en el otro lado.



Tipos de Fresadoras: A) Fresadora Vertical, B) Fresadora Paralela y C) Fresadora de planear.

### Fresadoras copiadoras:

Disponen de dos mesas: una de trabajo sobre la que se sujeta la pieza a mecanizar y otra auxiliar sobre la que se coloca un modelo. El eje vertical de la herramienta está suspendido

de un mecanismo con forma de pantógrafo que está conectado también a un palpador sobre la mesa auxiliar. Al seguir con el palpador el contorno del modelo, se define el movimiento de la herramienta que mecaniza la pieza.

### **Máquina de Fresar Planeadora:**

Se presta para trabajos en serie. Las Fresadoras de Planear tienen frecuentemente varios husillos de fresar. Otras Máquinas de Fresar son: Fresadora de roscas, la fresadora de ruedas dentadas, las fresadoras de copiar y las Fresadoras CNC.

## **OPERACIONES DE TRABAJO EN UNA FRESADORA**

En las fresadoras universales utilizando los accesorios adecuados o en las fresadoras de control numérico se puede realizar la siguiente relación de fresados:

- 1) **Planeado.** La aplicación más frecuente de fresado es el planeado, que tiene por objetivo conseguir superficies Planas.
- 2) **Fresado en escuadra.** El fresado en escuadra es una variante del planeado que consiste en dejar escalones perpendiculares en la pieza que se mecaniza.
- 3) **Cubicaje.** La operación de cubicaje es muy común en fresadoras verticales u horizontales y consiste en preparar los tarugos de metal u otro material como mármol o granito en las dimensiones cúbicas adecuadas para operaciones posteriores.
- 4) **Corte.** Una de las operaciones iniciales de mecanizado que hay que realizar consiste muchas veces en cortar las piezas a la longitud determinada partiendo de barras y perfiles comerciales de una longitud mayor.
- 5) **Ranurado recto.** Para el fresado de ranuras rectas se utilizan generalmente fresas cilíndricas con la anchura de la ranura.
- 6) **Ranurado de forma.** Se utilizan fresas de la forma adecuada a la ranura, que puede ser en forma de T, de cola de milano, etc.
- 7) **Ranurado de chaveteros.** Consiste en realizar las ranuras longitudinales a ejes en las cuales se alojara la chaveta. Se utilizan fresas cilíndricas con mango, conocidas en el argot como bailarinas, o fresas para ranurar.
- 8) **Fresado de cavidades.** En este tipo de operaciones es recomendable realizar un taladro previo y a partir del mismo y con fresas adecuadas abordar el mecanizado de la cavidad

teniendo en cuenta que los radios de la cavidad deben ser al menos un 15% superior al radio de la fresa

- 9) **Fresado de roscas.** El fresado de roscas requiere una fresadora capaz de realizar interpolación helicoidal simultánea en dos grados de libertad: la rotación de la pieza respecto al eje de la hélice de la rosca y la traslación de la pieza en la dirección de dicho eje.
- 10) **Fresado frontal.** Consiste en el fresado que se realiza con fresas helicoidales cilíndricas que atacan frontalmente la operación de fresado.
- 11) **Fresado de engranajes.** El fresado de engranajes apenas se realiza ya en fresadoras universales mediante el plato divisor, sino que se hacen en máquinas especiales llamadas talladoras de engranajes.
- 12) **Mortajado.** Consiste en mecanizar chaveteros en los agujeros, para lo cual se utilizan brochadoras o bien un accesorio especial que se acopla al cabezal de las fresadoras universales y transforma el movimiento e rotación en un movimiento vertical alternativo
- 13) **Fresado en rampa.** Es un tipo de fresado habitual en el mecanizado de moldes que se realiza con fresadoras.
- 14) **Fresado de piezas Hexagonales.** Las piezas cuya periferia está constituida por caras o por entalladuras repartidas regularmente.

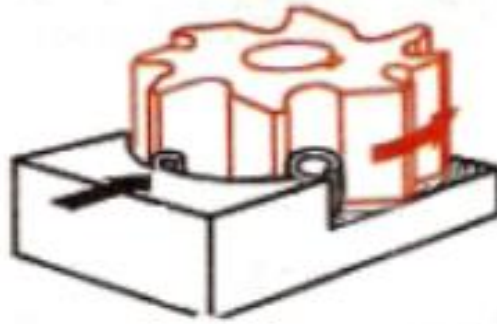
## PROCESO DE FRESADO

El proceso de fresado puede ser:

- a) **Fresado Cilíndrico:** el eje de la fresa se encuentra dispuesta paralelamente a la superficie de trabajo. En el fresado cilíndrico la máquina experimenta una carga irregular en virtud de la forma de coma de la viruta, es difícil evitar un ligero golpeteo en la periferia de la herramienta a cada revolución de la misma.

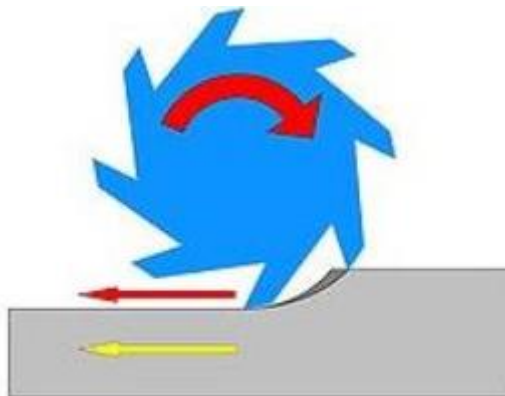


- b) **Fresado Frontal:** el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de trabajo, la fresa corta con los dientes de la periferia y con los dientes frontales. En este fresado cada diente de la herramienta arranca una viruta de espesor uniforme, por esta razón la carga sobre la herramienta es uniforme y se obtiene una superficie más lisa.



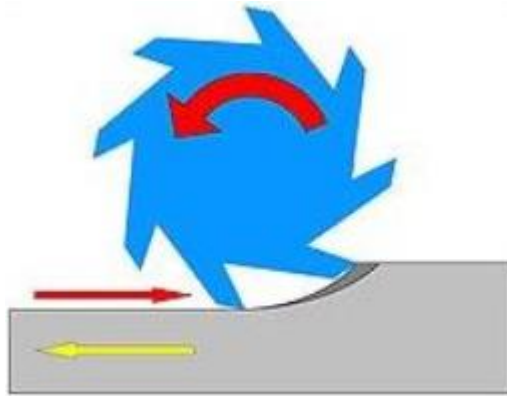
## FRESADO EN CONCORDANCIA Y FRESADO EN OPOSICIÓN

En el fresado en concordancia, la herramienta gira en el mismo sentido en el que avanza la pieza. Este tipo de fresado es también conocido como fresado hacia abajo debido a que, cuando el eje de giro de la fresa es horizontal, la componente vertical de la fuerza de corte está dirigida hacia la abajo.



Fresado en concordancia o hacia abajo

En el fresado en oposición, también conocido como fresado hacia arriba, ocurre lo contrario, es decir, la herramienta gira en sentido contrario al avance de la pieza y la componente vertical de la fuerza de corte se dirige hacia arriba.



Fresado en oposición o hacia arriba

Para obtener una buena calidad en la superficie mecanizada, el fresado en concordancia es el método de fresado más recomendable siempre que la máquina, la herramienta y los utillajes lo permitan.

En el fresado en oposición, el espesor de la viruta y la presión de corte aumentan según avanza la herramienta, por lo que se requiere menos potencia para la máquina. Sin embargo, este método presenta varios inconvenientes. Produce vibraciones en la

máquina y una peor calidad superficial del mecanizado. Hay que tener cuidado con la sujeción de la pieza porque el empuje de la herramienta tenderá a expulsarla del amarre.

En el fresado en concordancia, los dientes de la fresa inician el corte de la pieza con el máximo espesor de viruta, por lo que se necesita mayor esfuerzo de corte que en el fresado en oposición. Cuando la fresa se retira de la pieza, el espesor de la viruta es menor y por tanto la presión de trabajo es menor, produciendo así un mejor acabado de la superficie mecanizada. Este método de fresado requiere máquinas de mayor potencia y rigidez. Este fresado favorece la sujeción de la pieza porque tiende a apretarla hacia abajo.

## TIPOS DE FRESAS



Los labios cortantes de las fresas de acero rápido (HSS) pueden ser rectilíneos o helicoidales, y las fresas que montan plaquitas intercambiables son de carburo metálico como el carburo de tungsteno, conocido como widia, de metal cerámica o, en casos especiales, de nitruro de boro cúbico (CBN) o de diamante policristalino (PDC). En general, los materiales más duros en los filos de corte permiten utilizar mayores velocidades de corte, pero al ser menos tenaces, exigen una velocidad de avance menor. El número de labios o plaquitas de las fresas depende de su diámetro, de la cantidad de viruta que debe arrancar, de la dureza del material y del tipo de fresa.

## SUJECIÓN DE PIEZAS

El sistema de sujeción que se adopte debe permitir que la carga y la descarga de las piezas en la mesa de trabajo sean rápidas y precisas, garantizar la repetitividad de las posiciones de las piezas y su amarre con una rigidez suficiente. Además, el sistema de sujeción empleado debe garantizar que la herramienta de corte pueda realizar los recorridos durante las operaciones de corte sin colisionar con ningún utillaje.



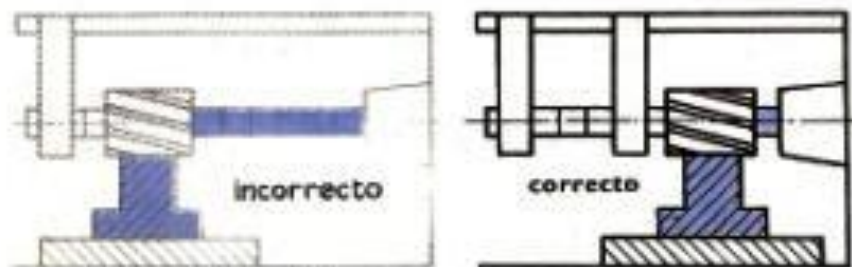
Mordaza para sujetar piezas y Mesa de trabajo giratoria.

Existen dos tipos principales de dispositivos de fijación: las bridas de apriete y las mordazas, siendo estas últimas las más usuales. Las mordazas empleadas pueden ser de base fija o de base giratoria. Las mordazas de base giratoria están montadas sobre un plato circular graduado. Mordazas pueden ser de accionamiento manual o de accionamiento hidráulico.

### **SUJECCIÓN DE LAS FRESAS**

Las fresas deben trabajar sin sacudidas, pues de lo contrario se desgastan rápidamente, por otra parte cuando las fresas giran excéntricamente, cada diente trabaja a distinta profundidad con lo cual produce ondulaciones en la superficie de la pieza que se mecaniza. La sujeción de la fresa es una operación que hay que realizar con sumo cuidado.

Las fresas deben estar sujetas de un modo firme, si se aflojan durante el trabajo, puede resultar en el daño irreparable de la pieza o que la fresa se rompa. Las fresas deben sujetarse próximas al cuerpo o columna de la máquina.



## **PARAMETROS DE CORTE EN EL FRESADO**

Los parámetros tecnológicos fundamentales que hay que considerar en el proceso de fresado son los siguientes:

- Elección del tipo de máquina, accesorios y sistemas de fijación de pieza y herramienta más adecuados.
- Elección del tipo de fresado: frontal, tangencial en concordancia o tangencial en oposición.
- Elección de los parámetros de corte: velocidad de corte ( $V_c$ ), velocidad de giro de la herramienta ( $n$ ), velocidad de avance ( $V_a$ ), profundidad de pasada ( $p$ ), anchura de corte ( $Ac$ ), etc.)

### **VELOCIDAD DE CORTE**

Se define como velocidad de corte la velocidad lineal de la periferia de la fresa u otra herramienta que se utilice en el fresado. La velocidad de corte, que se expresa en metros por minuto (m/min), tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor adecuado depende de muchos factores, especialmente de la calidad y tipo de fresa que se utilice, de la dureza y la maquinabilidad que tenga el material que se mecanice y de la velocidad de avance empleada. Las limitaciones principales de la máquina son su gama de velocidades, la potencia de los motores y de la rigidez de la fijación de la pieza y de la herramienta.

Como cada filo de corte de la fresa trabaja intermitentemente sobre la pieza, cortando únicamente durante una fracción de cada revolución de la herramienta, los filos de corte alcanzan temperaturas inferiores a las que se alcanzan en un torno y, en consecuencia, se utilizan velocidades de corte mayores. No obstante, el trabajo de la fresa en conjunto puede no considerarse intermitente, pues siempre hay un filo de corte en fase de trabajo.

A partir de la determinación de la velocidad de corte se puede determinar las revoluciones por minuto que tendrá el husillo portaherramientas según la siguiente fórmula:

$$V_c \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] = \frac{n \left[ \text{min}^{-1} \right] \times \pi \times D_c [\text{mm}]}{1000 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{m}} \right]}$$

**Donde**

**$V_c$  es la velocidad de corte**

**$n$  es la velocidad de rotación de la herramienta**

**$D_c$  es el diámetro de la herramienta.**

La velocidad de corte es el factor principal que determina la duración de la herramienta. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la herramienta. Los fabricantes de herramientas ofrecen datos orientativos sobre la velocidad de corte adecuada de las herramientas para una vida útil o duración determinada de la herramienta. En ocasiones, es deseable ajustar la velocidad de corte para una duración diferente de la herramienta y optimizar la productividad, para lo cual, los valores de la velocidad de corte se multiplican por un factor de corrección. La relación entre este factor de corrección y la duración de la herramienta en operación de corte no es lineal.

Una velocidad de corte excesiva puede dar lugar a:

- Un desgaste muy rápido del filo de corte de la herramienta,
- Deformación plástica del filo de corte con pérdida de tolerancia del mecanizado
- Una calidad del mecanizado deficiente.

Una velocidad de corte demasiado baja puede dar lugar a:

- La formación de filo de aportación en la herramienta.
- Dificultades en la evacuación de viruta.
- Aumento del tiempo de mecanizado, lo cual se traduce en una baja productividad y un coste elevado del mecanizado.

## VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA HERRAMIENTA

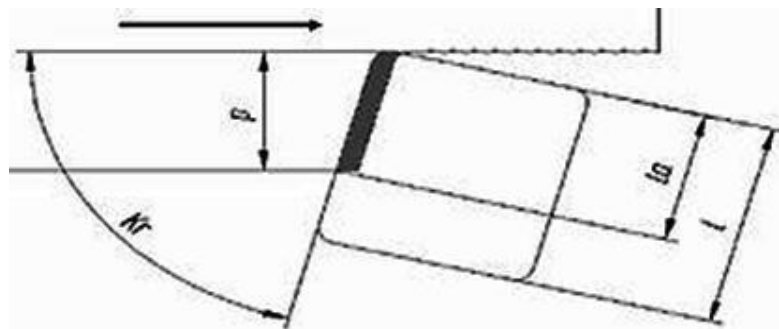
La velocidad de rotación del husillo portaherramientas se expresa habitualmente en revoluciones por minuto (rpm). En las fresadoras convencionales hay una gama limitada de velocidades, que dependen de la velocidad de giro del motor principal y del número de velocidades de la caja de cambios de la máquina. En las fresadoras de control numérico, esta velocidad es controlada con un sistema de realimentación en el que puede seleccionarse una velocidad cualquiera dentro de un rango de velocidades, hasta una velocidad máxima.

La velocidad de rotación de la herramienta es directamente proporcional a la velocidad de corte e inversamente proporcional al diámetro de la herramienta.

$$n [\text{min}^{-1}] = \frac{V_c \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \times 1000 \left[ \frac{\text{mm}}{\text{m}} \right]}{\pi \times D_c [\text{mm}]}$$

## VELOCIDAD DE AVANCE

El avance o velocidad de avance en el fresado es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte. El avance y el radio de la punta de la herramienta de corte son los dos factores más importantes de los cuales depende la rugosidad de la superficie obtenida en el fresado.



### **Diagrama de fresado frontal:**

**p:** profundidad de pasada, **la:** longitud de corte efectiva, **l:** longitud de arista de corte **Kr:** ángulo de posición.

Cada fresa puede cortar adecuadamente en un rango de velocidades de avance por cada revolución de la herramienta, denominado avance por revolución (***Sn***). Este rango depende fundamentalmente de número de dientes de la fresa, del tamaño de cada diente y de la profundidad de corte, además del tipo de material de la pieza y de la calidad y el tipo de plaquita de corte. Este rango de velocidades se determina experimentalmente y se encuentra en los catálogos de los fabricantes de las herramientas y las plaquitas. Además esta velocidad está limitada por las rigideces de las sujeciones de la pieza y de la herramienta y por la potencia del motor de avance de la máquina. El grosor máximo de viruta en mm es el indicador de limitación más importante para una herramienta de fresado. El filo de corte de las herramientas se prueba para que tenga un valor determinado entre un mínimo y un máximo de grosor de la viruta.

El avance por revolución (***Sn***) es el producto del avance por diente (***Fz***) por el número de dientes (***z***) de la herramienta.

$$\mathbf{Sn} \text{ (mm/rev)} = \mathbf{Fz} \text{ (mm/diente)} \times \mathbf{Z} \text{ (diente/rev)}$$

La velocidad de avance (***S***) es el producto del avance por revolución por la velocidad de rotación de la herramienta.

$$\mathbf{S} \text{ (mm/min)} = \mathbf{Sn} \text{ (mm/rev)} \times \mathbf{n} \text{ (rev/min)}$$

Al igual que con la velocidad de rotación de la herramienta, en las fresadoras convencionales la velocidad de avance se selecciona de una gama de velocidades disponibles en una caja de cambios, mientras que las fresadoras de control numérico pueden trabajar con cualquier velocidad de avance hasta la máxima velocidad de avance de la máquina.

La velocidad de avance es decisiva para:

- La formación de viruta,
- El consumo de potencia,
- La rugosidad superficial obtenida,
- Las tensiones mecánicas,
- La temperatura en la zona de corte
- La productividad.

Una elevada velocidad de avance da lugar a:

- Un buen control de viruta
- Una mayor duración de la herramienta por unidad de superficie mecanizada,
- Una elevada rugosidad superficial
- Un mayor riesgo de deterioro de la herramienta por roturas o por temperaturas excesivas.

Una velocidad de avance baja da lugar a:

- La formación de virutas más largas que pueden formar bucles
- Un incremento del tiempo de mecanizado, lo cual hace que la duración de la herramienta por unidad de superficie sea menor y que la producción sea más costosa.

### **PROFUNDIDAD DE CORTE O DE PASADA**

La profundidad de corte o profundidad de pasada ( $p$ ) es la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta.

Habitualmente se expresa en milímetros (mm). La anchura de corte ( $s$ ), expresado en mm, es la anchura de la parte de la pieza implicada en el corte.

Estos parámetros hay que tenerlos en cuenta por la influencia que tiene en el cálculo de la sección de viruta y consecuentemente en la fuerza de corte necesaria para poder realizar el mecanizado.

La profundidad de pasada se establece a priori y depende principalmente de las creces de material a mecanizar, del grado de precisión dimensional a conseguir, de la potencia de la máquina y de la relación con respecto al avance seleccionado y de parámetros propios de la plaquita de corte como su tamaño, el radio de la punta y su perfil. Al realizar mecanizados de desbaste se utilizan filos con mayor longitud de arista de corte que permiten realizar mecanizados con mayores profundidades de pasada y velocidades de avance. Sin embargo, para las operaciones de acabado, se requiere una profundidad de corte menor.

La longitud de corte efectiva ( $la$ ), cuyo valor máximo está directamente relacionado con la longitud de la arista del filo de corte, depende de la profundidad de pasada ( $p$ ) y del ángulo de posición ( $\kappa r$ )

$$l_a = p \times \cos(\kappa_r)$$

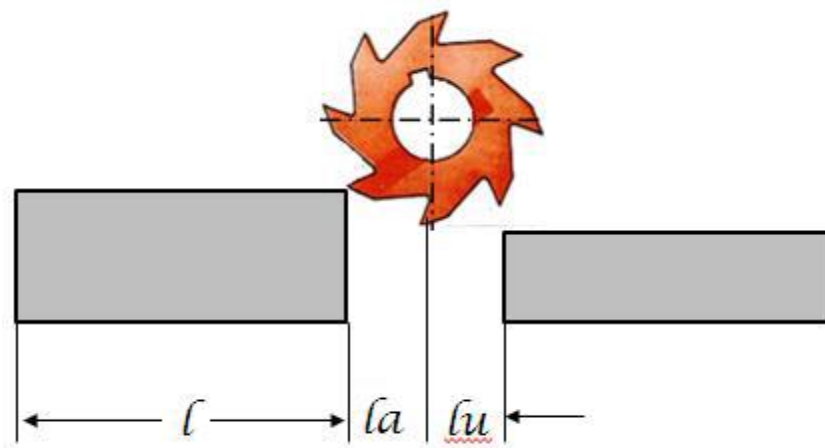
### TIEMPO DE MECANIZADO

Para poder calcular el tiempo de mecanizado en una fresadora hay que tener en cuenta la longitud de aproximación y salida de la fresa de la pieza que se mecaniza. Esta longitud depende del tipo de fresado. Por ejemplo, en el planeado la longitud de aproximación coincide con la mitad del diámetro de la herramienta; en el fresado de ranuras es diferente y depende la profundidad de la ranura y del diámetro de la fresa; y en el fresado por contorneado interior o exterior las longitudes de mecanizado dependen del diámetro de la fresa y de la geometría de la superficie contorneada.

El tiempo de mecanizado puede calcularse a partir de la siguiente ecuación.

$$T_m \text{ [min]} = \frac{\text{Longitud de aproximación [mm]} + \text{Longitud pieza [mm]}}{S \text{ [mm/min]}}$$

Donde  $T_m$  es el tiempo de mecanizado y  $S$  es la velocidad de avance.



$$\text{Longitud de aproximación} = l_a + l_u$$

**VELOCIDADES DE CORTE EN METROS MINUTO PARA TRABAJAR DIVERSOS MATERIALES EN LAS MAQUINAS - HERRAMIENTAS • VALORES MEDIOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE ACERO RAPIDO 18-20 % W**

MATERIAL A TRABAJAR	CLASE DE TRABAJO							
	Tornear	Taladrar	Fresar	Acepillar **	Roscar o Torno *	Escariar	Brochar	Fresado de Esquinas
Acero 40-50..... Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 28 A 40	24	D 20 A 30	18	16	14	10	D 18 A 26
Acero 50-60..... Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 22 A 30	20	D 18 A 24	16	12	10	9	D 16 A 22
Acero 60-85..... Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 18 A 24	16	D 16 A 22	14	9	8	8	D 14 A 20
Acero 85-110..... Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 16 A 18	14	D 14 A 16	12	7	6	7	D 12 A 14
Acero 110-140..... Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 10 A 12	8	D 8 A 10	6	5	4	—	D 6 A 8
Acero 140-180..... Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 8 A 10	6	D 6 A 8	4	3	2	—	D 5 A 7
Acero Maldeado 38. Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 20 A 24	18	D 16 A 20	14	12	10	10	D 15 A 18
Acero Maldeado 45. Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 18 A 20	16	D 14 A 16	12	10	8	9	D 13 A 15
Acero Maldeado 52. Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 14 A 16	12	D 12 A 14	10	8	7	8	D 11 A 13
Acero al Manganeseo 12 %.....	D 3 A 4	3	—	2	—	—	—	—
Acero INOXIDABLE.....	D 8 A 14	6	D 6 A 10	6	5	4	3	D 5 A 9
METAL MONEL.....	D 15 A 18	12	D 12 A 14	10	8	7	4	—

D = Desbaste. A = Afinado. \* Con cuchilla o macho. \*\* En limadoras y acepilladoras.

**VELOCIDADES DE CORTE EN METROS MINUTO PARA TRABAJAR DIVERSOS MATERIALES EN LAS MAQUINAS - HERRAMIENTAS • VALORES MEDIOS UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE ACERO RAPIDO 18-20 % W**

MATERIAL A TRABAJAR	CLASE DE TRABAJO							
	Tornear	Taladrar	Fresar	Acepillar **	Roscar o Torno *	Escariar	Brochar	Fresado de Esquinas
Aluminio Magnesio. Latón dulce.....	D 140 A 170	125	D 114 A 160	100	—	70	Máximo de la máquina	—
Aleaciones de Aluminio. Latón duro..	D 90 A 120	80	D 70 A 98	60	—	44	Máximo de la máquina	—
Cupro-Aluminio....	D 20 A 24	18	D 16 A 22	14	12	10	4	—
Cobre para Colectores.....	D 36 A 46	32	D 28 A 40	26	—	—	—	—
Carbón de Electrodo.....	D 10 A 12	9	—	6	—	—	—	—
Materiales Plásticos.	D 30 A 50	26	D 24 A 30	26	16	20	—	D 2 A 3
Bronce Corriente...	D 42 A 56	38	D 34 A 46	32	26	20	10	D 3 A 4
Bronce Fosforoso...	D 18 A 30	16	D 14 A 20	12	10	10	8	D 1 A 1
Hierro fundido 15 Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 22 A 26	20	D 18 A 24	16	12	12	4	D 1 A 2
Hierro fundido 18 Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 20 A 24	18	D 16 A 22	15	12	10	4	D 1 A 2
Hierro fundido 22 Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 16 A 20	14	D 14 A 20	12	9	9	4	D 1 A 1
Hierro fundido 26 Kg/mm <sup>2</sup> .....	D 12 A 14	11	D 10 A 14	9	7	8	3	D 1 A 1

D = Desbaste. A = Afinado. \* Con cuchilla o macho. \*\* En limadoras y acepilladoras.