

TEMA 9

ASPECTOS TECNOLÓGICOS DEL FRESADO**Fresadoras.**

La máquina-herramienta específicamente concebida para la realización de procesos de fresado es la fresadora; caracterizada por el hecho de que el movimiento principal es giratorio y lo materializa la herramienta o *fresa*. Sin embargo existen máquinas tales como las *mandrinadoras* que son una familia específica de taladradoras de husillo horizontal y que inicialmente fueron diseñadas para el mandrinado (cilindrado interior con herramienta monofilo) de piezas grandes -tales como los cilindros de las máquinas de vapor- con una asignación de movimientos contraria a la existente en el mandrinado en torno; esto es: el movimiento principal giratorio lo posee la herramienta y los avances longitudinal y transversal los efectúa la pieza. Ahora bien, estas máquinas mandrinadoras poseen otros dos grados de libertad, al menos, que son el desplazamiento hacia arriba y abajo del husillo, paralelamente a sí mismo y el desplazamiento del husillo a lo largo de su eje sin perder el accionamiento, al igual que se tiene en las taladradoras convencionales.

Las fresadoras actuales datan de los prototipos desarrollados en Gran Bretaña durante la primera mitad del siglo XIX. En 1861 el americano Joseph Brown construyó el primer prototipo de fresadora universal, cuya fisonomía ha variado muy poco hasta nuestros días.

Los principales tipos de fresadoras son los siguientes:

- Fresadora horizontal.
- Fresadora universal.
- Fresadora vertical.
- Fresadora de bancada fija o de planear
- Fresadora pórtico de bancada fija.
- Fresadora copiadora.
- Fresadora programable (por topes o por matrices).
- Fresadora de control numérico (centro de mecanizado).

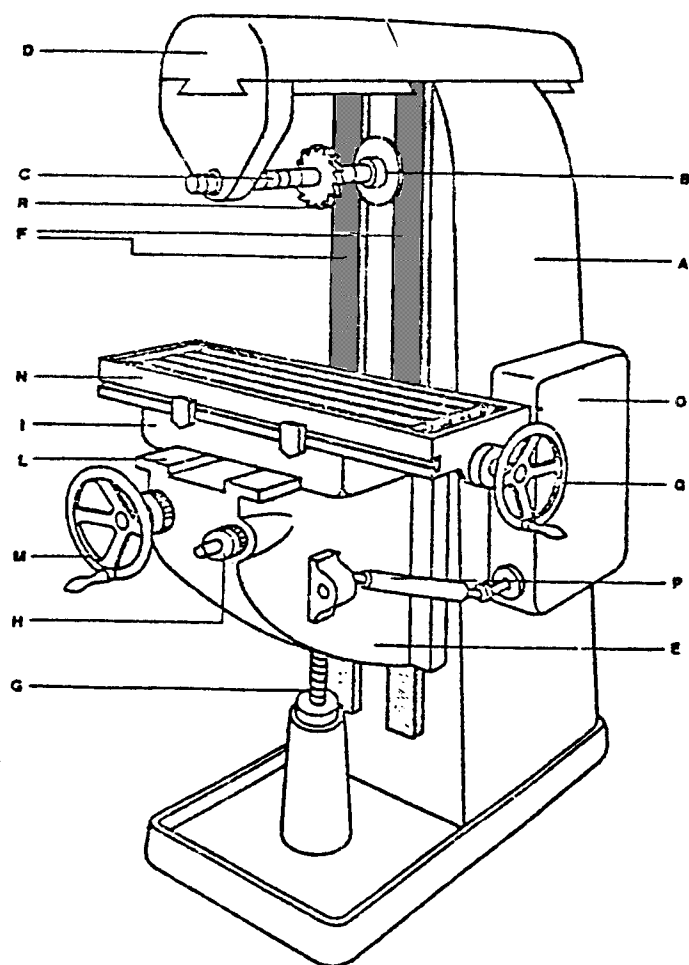
A continuación pasaremos a exponer los principales elementos constituyentes de los dos primeros tipos de fresadoras recogidos en la anterior clasificación:

Fresadora horizontal: También recibe el nombre de paralela, su principal característica es la disposición paralela del husillo respecto a la mesa portapiezas. La herramienta más empleada en este tipo de máquina es la fresa cilíndrica.

En la fresadora horizontal, mediante desplazamiento de la mesa, puede moverse la pieza

según tres direcciones perpendiculares entre sí.

Los elementos principales de una fresadora horizontal son los señalados en la figura y que a continuación se detallan.



Fresadora horizontal

A) Cuerpo de la fresadora que soporta al husillo de fresar, dispuesto horizontalmente, el motor y los mecanismos de los movimientos principal y de avance.

B) Husillo de fresar.

C) Árbol portafresas que recibe el movimiento del husillo.

D) Brazo superior, que da rigidez al árbol portafresas.

E) Mesa de consola que puede deslizar verticalmente a lo largo de la guía (f).

F) Guía.

G) Tornillo para el movimiento vertical de la mesa.

H) Árbol con tambor graduado para, mediante el tornillo (g), mover la menzula verticalmente.

I) Carro transversal.

L) Guías de carro transversal.

M) Volante con tambor graduado para los desplazamientos del carro transversal.

N) Mesa portapiezas.

O) Caja del cambio de velocidades para el movimiento automático de avance de la mesa de fresar.

P) Árbol telescópico con doble articulación Cardan.

Q) Volante para el mando normal del movimiento de avance.

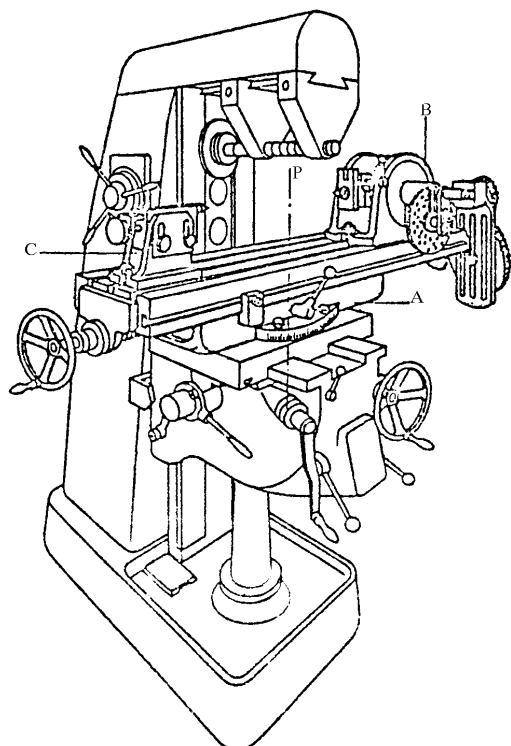
R) Fresa.

Fresadora universal. Esta máquina se diferencia de la fresadora horizontal, en que la mesa de fresar (a), puede girar dentro de su plano horizontal alrededor del eje vertical (p), con lo que la pieza puede tomar posiciones angulares con respecto del eje del husillo de fresar lo que posibilita la ejecución de trabajos más diversos que con la fresadora horizontal, como por ejemplo, el fresado de ranuras helicoidales en cuerpos cilíndricos.

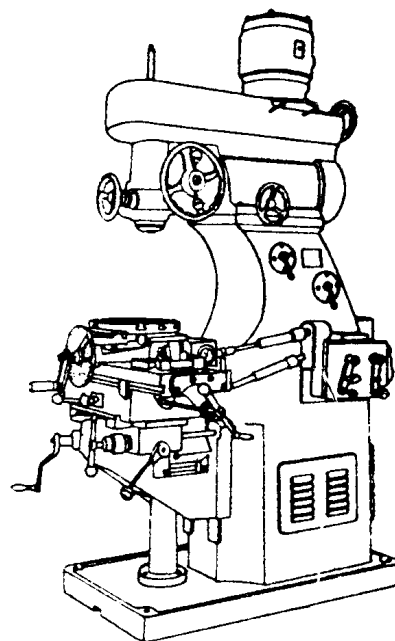
Las fresadoras universales suelen estar equipadas con los siguientes accesorios.

- Plato divisor (B) que permite realizar movimientos rotativos de la pieza con gran exactitud.
- Soporte (C) con contrapunto, análogo al empleado en el torno y que sirve para fijar piezas entre puntos
- Posibilidad de sustitución del árbol portafresas horizontal por un cabezal con el árbol

portafresas vertical e inclinable en un plano perpendicular al eje del husillo.



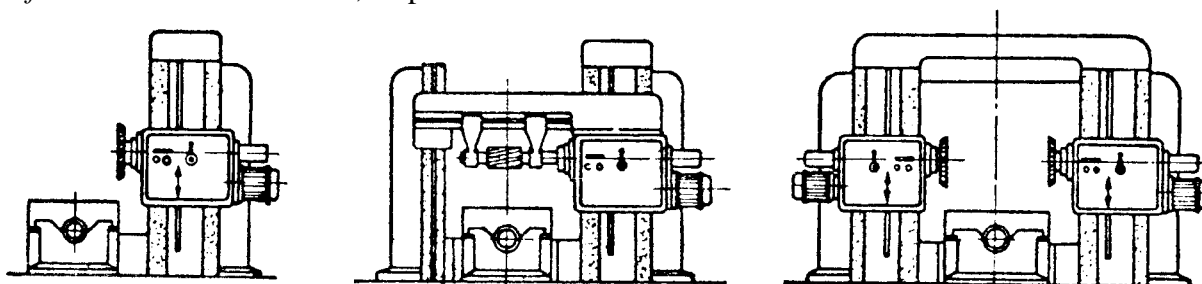
Fresadora universal



Fresadora vertical

Fresadora vertical. Es similar a la horizontal salvo en la disposición del husillo (perpendicular a la mesa portapiezas). Las fresadoras universales suelen disponer de cabezales desmontables que acopladas a la nariz del husillo posibilitan el fresado con eje vertical.

Los restantes tipos de fresadoras indicados a continuación son máquinas-herramienta de producción (gran capacidad de arranque), reproduciéndose seguidamente los croquis de la *fresadora horizontal de bancada fija con un montante para fresado frontal*, la *fresadora de pórtico de dos montantes para fresado tangencial* y de la *fresadora de pórtico para el fresado frontal con dos cabezales*, respectivamente:



Las fresadoras copiadoras, programables y de control numérico se analizarán en un próximo capítulo.

Fresas.

Las *fresas* son herramientas de corte provistas de varios filos, que operan con movimiento giratorio. A continuación se van a exponer las principales características de las fresas y la clasificación de las mismas, tal como se contemplan en la norma UNE 16224 *Terminología de*

las fresas. Las fresas constan de *cuerpo* y de *sistema de fijación y arrastre*; según su construcción, el *cuerpo* puede ser:

Enterizo.

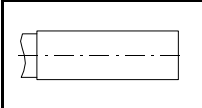
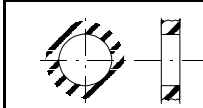
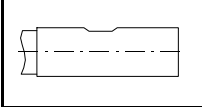
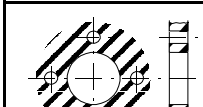
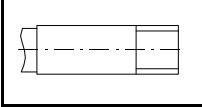
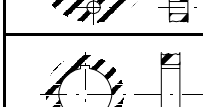
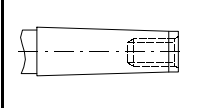
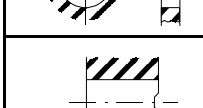
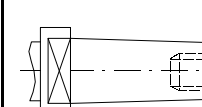
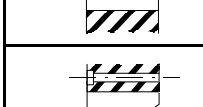
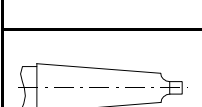
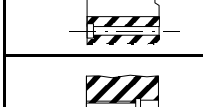
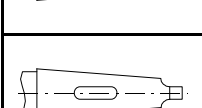
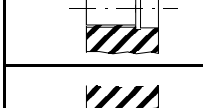
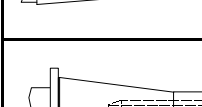
Con plaquitas soldadas.

Con plaquitas intercambiables de fijación mecánica.

Con cuchillas enterizas intercambiables.

Con cuchillas intercambiables de plaquita soldada.

Por su parte el *sistema de fijación y arrastre* puede basarse en la existencia de *mango* o de *agujero*, teniéndose para ambos casos las siguientes variantes:

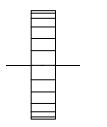
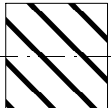
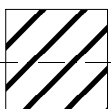
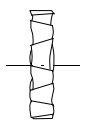
<i>Con mango</i>		<i>Con agujero</i>	
	Cilindro liso		Agujero liso
	Cilindro con plano de arrastre		Agujero con agujeros para arrastre
	Cilindro con rosca		Agujero con chavetero
	Cono Morse con agujero roscado		Agujero con ranura transversal
	Cono Morse con agujero roscado y plano de arrastre		Agujero para montaje directo sobre nariz de husillo
	Cono Morse con lengüeta de arrastre		Agujero para centrar con rosca
	Cono Morse con lengüeta de arrastre y ranura para chaveta		Agujero cónico
	Cono 7/24 con agujero roscado		

En el *cuerpo* de las fresas caben considerar las siguientes características:

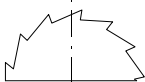




- Tipos de dentado.
- Forma de los dientes.
- Forma de las aristas de corte.
- Paso del dentado.
- Sentido de corte.

A continuación se indican las posibilidades que, para cada una de estas características, recoge la normativa considerada.




Tipo de dentado

	Dentado recto
	Dentado helicoidal hélice a derecha
	Dentado helicoidal hélice a izquierda
	Dentado helicoidal alterno

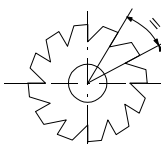
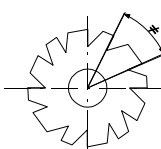
Forma de los dientes

	Diente triangular
	Diente en arco
	Diente en arco con bi- sel
	Diente fresado y afile- do
	Diente de perfil cons- tante

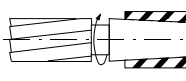
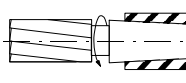
Forma de las aristas de corte

	Arista lisa
	Arista interrumpida
	Arista ondulada

Paso del dentado

	Paso del dentado con división regular o uniforme
	Paso del dentado con división irregular

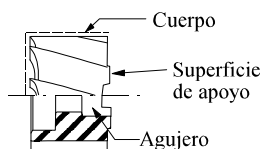
Sentido de corte

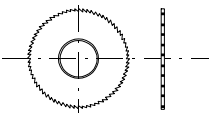
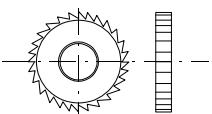
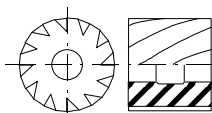
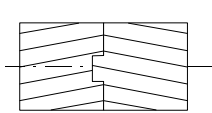
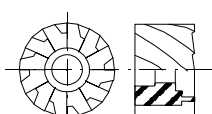
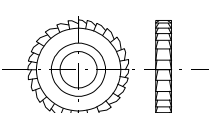
	Corte a derecha (movimiento de corte en el sentido de las agujas del reloj para un observador situado en el lado de arrastre)*
	Corte a izquierda (movimiento de corte en el sentido contrario al de las agujas del reloj para un observador situado en el lado de arrastre)*

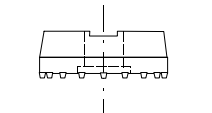
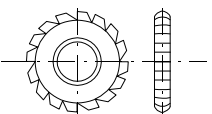
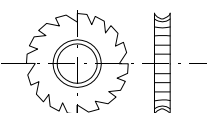
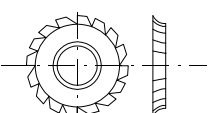
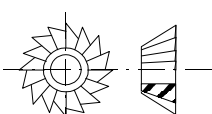
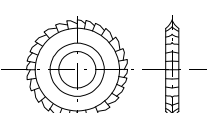
*Se considerará como *lado de arrastre* el lado de la superficie de apoyo.

Una vez analizadas las distintas partes constituyentes de las fresas se van a clasificar sus configuraciones más usuales como sigue:

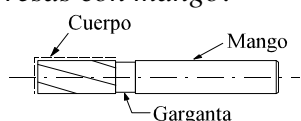
- Fresas con agujero:

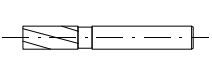
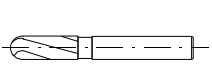

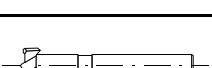


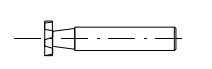
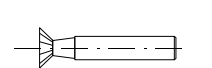
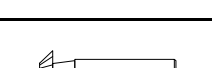
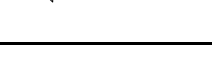
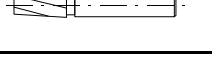
	Sierra circular
	Fresa de disco
	Fresa cilíndrica para planear
	Fresas cilíndricas acopladas para planear
	Fresa cilíndrico-frontal de dos cortes
	Fresa cilíndrica de tres cortes

	Plato de cuchillas
	Fresa semicircular convexa
	Fresa semicircular cóncava
	Fresa semicóncava (cuarto de círculo)
	Fresa cónica frontal
	Fresa bicónica

- Fresas con mango:



	Fresa de dos cortes
	Fresa cilíndrica de dos cortes con puntas redonda
	Fresa para ranurar
	Fresa para ranuras en T

	Fresa para chavetas de disco
	Fresa cónica con cono inverso (diámetro menor del lado del mango)
	Fresa cónica con cono directo (diámetro mayor del lado del mango)
	Fresa para matrices cónica
	Fresa para matrices cónica con punta redonda

A continuación se reproduce un extracto de la norma UNE 16003 *Diámetros exteriores de las fresas* que recomienda los diámetros nominales a tener en aquellas herramientas en que el valor de dicho diámetro exterior no venga impuesto por las características del mecanizado a efectuar, como por ejemplo las fresas para ranurar en *T* y las que se utilizan para chaveteros semicirculares.

Los diámetros que se especifican en el cuadro siguiente, han sido agrupados en dos series, principal y secundaria. Se han utilizado los números normales, según la escala R 10 para la serie

principal y la R 20 para el grupo completo, comprendidos los valores de la serie secundaria.

Serie		Serie		Serie	
Principal	Secundaria	Principal	Secundaria	Principal	Secundaria
-	-	10.0	11.2 *	100	112
-	-	12.5 *	14.0	125	140
1.60	-	16.0	18.0	160	180
2.00	1.80	20.0	22.4 *	200	224
2.50	2.24 *	25.0	28.0	250	280
3.15 *	2.80	31.5 *	35.5 *	315	355
4.00	3.55	40.0	45.0	400	450
5.00	4.50	50.0	56.0	500	560
6.30*	5.60 *	63.0	71.0	630	-
8.00	7.10 *	80.0	90.0	-	-
	9.00				

* Estas medidas podrán reemplazarse por los valores que se indican a continuación:

Serie principal: 3 - 6- 12 - 32

Serie secundaria: 2,2 - 3,5 - 5,5 - 7 - 11 - 22 - 36

Utillajes de fresado:

A continuación se van a considerar dos tipos de utillajes de empleo en operaciones de fresado, a saber: los aparatos divisores y los casos de acoplamiento herramienta/máquina-herramienta.

Aparatos divisores.

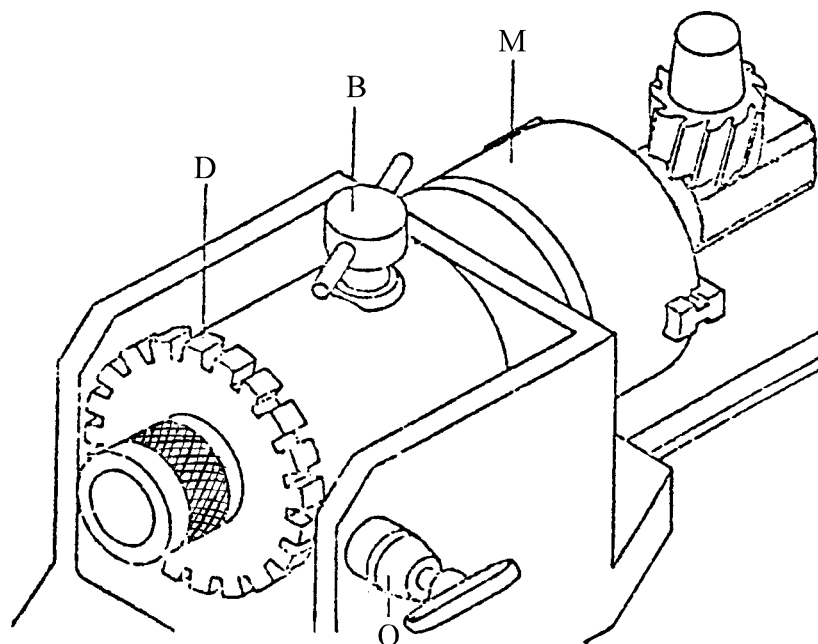
Los aparatos divisores constituyen uno de los principales accesorios de las fresadoras ya que, en muchas operaciones de fresado, interesa que después de haberse mecanizado una cara de una pieza, ésta puede ser girada una cierta fracción de vuelta con el fin de que pueda fresarse a continuación una nueva cara de la pieza.

Según el mecanismo que imprime la rotación a la pieza se clasifican los aparatos divisores en:

- Aparatos de división directa.
- Aparatos de división indirecta.
- Aparatos de división diferencial.

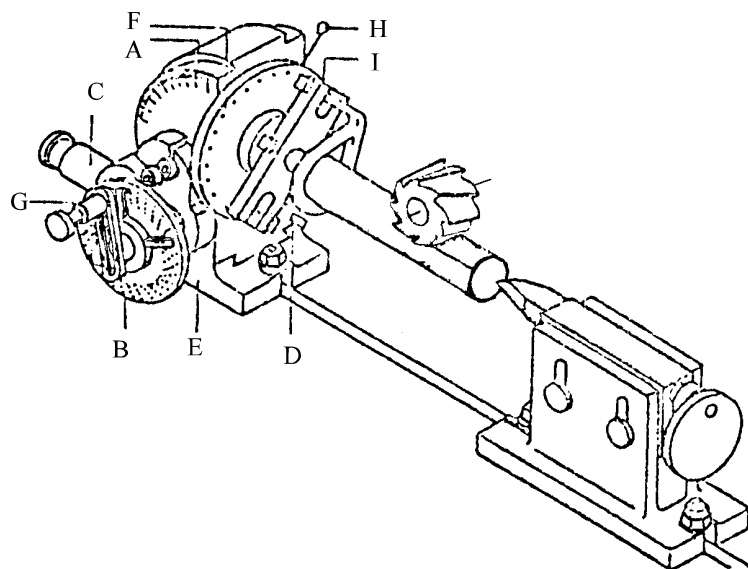
Aparatos de división directa. Estos mecanismos son también llamados *cabezales divisores* y constan de un disco *D*, provisto de una serie de entallas en su periferia, que gira solidario con la pieza. Las entallas son equidistantes y normalmente el disco tiene 24, ya que así es posible la división según las siguientes fracciones de vuelta: 24, 12, 8, 6, 4, 3 y 2, con lo que se cubren las posibilidades más usuales. Además, el disco es desmontable y se puede intercambiar con otros que posean en cada caso el número de entallas deseado.

El disco está unido al plato autocentrante *M* en el que se monta la pieza. Un dispositivo de enclavamiento *O*, formado por una clavija empujada por un muelle, penetra en las entallas del disco divisor y fija el plato en la posición deseada. Una vez en este punto, mediante el tornillo de presión *B*, se frena el plato y con él, la pieza a mecanizar, pudiéndose ya proceder al fresado.



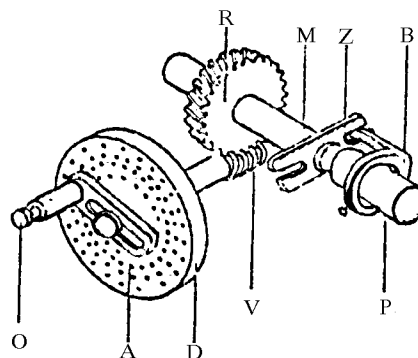
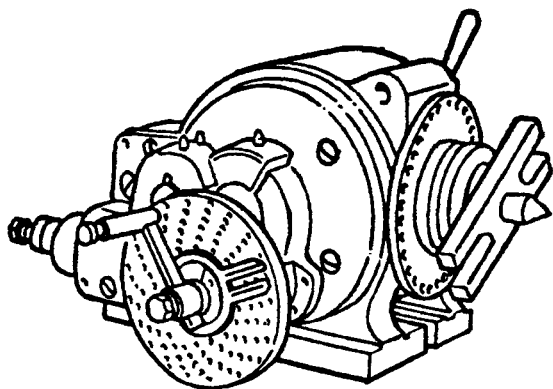
En lugar de discos con entallas periféricas, también se emplean discos con circunferencias concéntricas de agujeros, en los que cada circunferencia tiene un número de agujeros diferente del de las otras circunferencias, con lo que, sin cambiar de disco, tenemos tantas posibilidades como las dadas por cada una de las circunferencias.

Aparatos de división indirecta. El aparato para la división indirecta recibe también los nombres de *cabezal divisor* o *plato divisor*. Consta de los siguientes elementos:



- A: Cabezal inclinable con guía circular.
- B: Plato divisor unido al cabezal.
- C: Árbol para el accionamiento automático.
- D: Husillo del divisor.
- E: Base sobre la que se monta el cabezal.
- F: Disco para división directa.
- G: Manivela para accionamiento del tornillo sinfín.
- H: Palanca para enclavar el husillo.
- I: Plato de arrastre.

Su funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la relación de reducción entre la rotación de la manivela y la de la pieza, con el fin de conseguir un número de subdivisiones mucho mayor que el que se obtendría con la división directa. El mecanismo consta de un tornillo sinfín *V*, solidario a la manivela *A* del plato divisor *D* (dicho plato está fijado a la carcasa), que se acopla a una rueda helicoidal *R* calada en el husillo del aparato divisor *M*.



La pieza P está unida al husillo M y gira solidaria con él, gracias al plato Z con perro de arrastre B . La clavija O fija la manivela A en el agujero predeterminado del disco D .

La relación de reducción entre manivela y husillo es tal que la pieza da una vuelta completa cuando la manivela ha efectuado 40 giros.

Cada aparato divisor suele tener una dotación de tres discos divisores intercambiables con los círculos de agujeros siguientes:

Disco I:	15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20
Disco II:	21 - 23 - 27 - 29 - 31 - 33
Disco III:	37 - 39 - 41 - 43 - 47 - 49

La utilización del plato divisor es como se indica a continuación, pero previamente vamos a distinguir cuatro casos:

Caso 1: Efectuar un número de subdivisiones $n < 40$, tales que 40 sea múltiplo de n .

En este caso se realiza la operación $40/n$ y como n es un submúltiplo de 40 dará el cociente un valor entero que indicará el número de vueltas completas que habrá que dar a la manivela para obtener una subdivisión en la pieza.

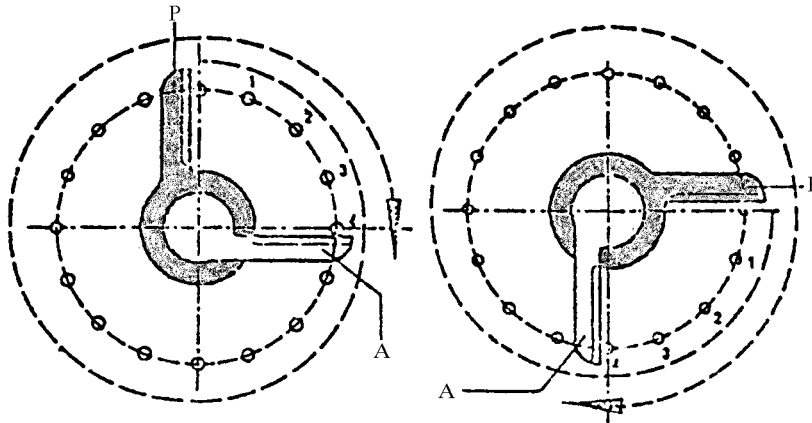
Caso 2: Efectuar un número de subdivisiones $n > 40$, tales que n no sea un número primo.

En este caso la relación $40/n$ da directamente la fracción de vuelta que debe realizar la manivela. Por ejemplo, si nos piden obtener 78 subdivisiones de vuelta, será: $40/n = 40/78$ y como no se dispone de circunferencia de 78 agujeros, se reduce la fracción hasta obtener un denominador coincidente con uno de los números de agujeros de una circunferencia, esto es, $40/78 = 20/39$. Luego sobre la circunferencia de 39 agujeros habremos de hacer saltar a la manivela 20 agujeros para que la pieza gire $1/78$ de vuelta.

Caso 3: Efectuar un número de subdivisiones $n < 40$, tales que 40 no sea múltiplo de n .

En este caso la fracción de $40/n$ es igual a la suma de un número entero, que indica el número de vueltas completas que deben darse con la manivela, y de una fracción propia que indica la fracción de vuelta que debe darse con la manivela para totalizar una subdivisión. Por ejemplo, si queremos efectuar 25 subdivisiones en la pieza será: $40/n = 40/25 = 1 + 15/25$, por

lo que deberá darse una vuelta completa a la manivela seguida de $15/25$ de vuelta. Como no se dispone de disco con 25 agujeros, es necesario operar con la fracción hasta encontrar otra equivalente cuyo denominador coincida con un número de agujeros disponible. Esto es, $15/25 = 3/5 = 12/20$. Luego para dar cada una de las 25 subdivisiones a la pieza habrá que girar la manivela una vuelta completa seguida de un intervalo de 12 agujeros sobre la circunferencia de 20.



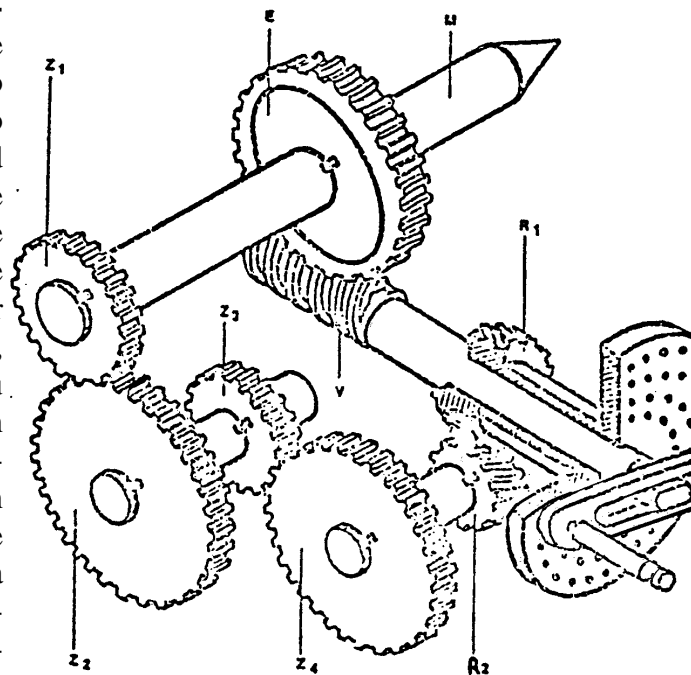
Dos brazos móviles, llamados *alidadas*, y en su conjunto tijera ajustable, ahorran el trabajo de tener que contar los agujeros en el disco divisor cada vez que efectuamos una división. Si, por ejemplo, se deben efectuar 32 divisiones se tiene: $40/n = 40/32 = 1+8/32 = 1+4/16$. En este caso se da a los dos brazos una abertura correspondiente

a 4 agujeros en la circunferencia de 16, se pone el brazo posterior *P*, en contacto con la clavija de enclavamiento de la manivela, se gira la manivela una vuelta y una fracción tal que dicha clavija entre en contacto con el brazo anterior *A*. Para posteriores subdivisiones se repite esta operación.

Caso 4: Efectuar un número de subdivisiones $n > 40$, tales que n sea un número primo > 47 .

En este caso la fracción $40/n$ no se puede reducir y como no hay disco con circunferencias de n agujeros, esta división no es posible realizarla con el plato divisor de que se dispone.

Aparatos de división diferencial. En los casos en que no es posible efectuar la división deseada en el plato divisor, se recurre a un aparato llamado *divisor diferencial*, que es en realidad un aparato de división indirecta al que se le aplica un grupo de engranajes que asegura una determinada relación de transmisión entre el husillo del divisor y el disco de agujeros que, en este caso, puede girar libremente alrededor de su propio eje. Las ruedas dentadas son recambiables con el fin de poder obtener diferentes relaciones y se montan en el soporte *T* que suele denominarse *Guitarra* o *Lira*. En la figura adjunta las ruedas Z_1 y Z_2 , determinan la relación de transmisión y las ruedas intermedias O , se emplean para enlazar Z_1 y Z_2 y para invertir, si es necesario, el sentido de rotación del disco divisor. Su funcionamiento es el siguiente: el tren de engranajes



su funcionamiento es el siguiente: el tren de engranajes

consta de dos ruedas fijas R_1 y R_2 y las cuatro cambiables Z_1, Z_2, Z_3 y Z_4 . Desenclavando el disco divisor y girando la manivela, solidaria con el tornillo sinfín V , se obtiene la rotación de la rueda helicoidal E y del husillo M , pero al mismo tiempo, y gracias al sistema de engranajes, el disco divisor tiene un movimiento adicional de rotación, que puede tener el mismo sentido de giro que la manivela o el sentido contrario.

La rotación del disco divisor, permite efectuar rotaciones en la pieza correspondientes no sólo a intervalos entre agujeros del plato divisor, sino también a fracciones del intervalo entre agujeros. Por ello, para la utilización del divisor diferencial es necesario calcular la relación de transmisión necesaria y montar los engranajes que la cumplan.

Si queremos resolver el 4º caso que apareció al tratar de la división indirecta, esto es, efectuar n subdivisiones en una pieza siendo n un número primo mayor que 47, tomaremos un número m cualquiera, pero próximo a n y tal que permita ser dividido por el método indirecto, la relación de transmisión:

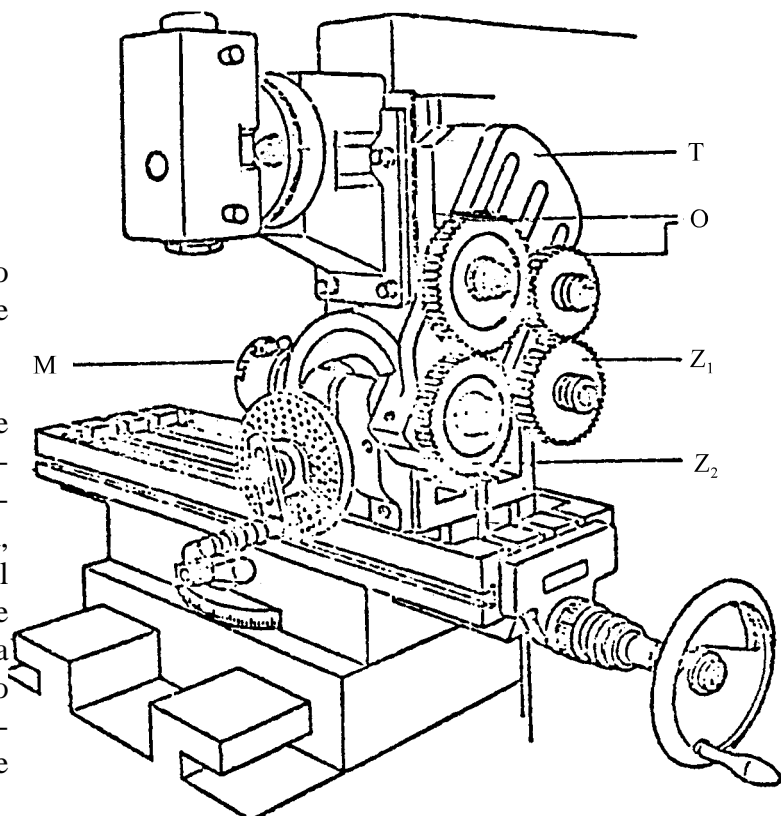
$$r' = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$$

se obtendrá de

$$r' = 40 \cdot \frac{(m \& n)}{m}$$

Interesa que m sea próximo a n con el fin de obtener valores de r comprendido entre $1/6$ y 6 .

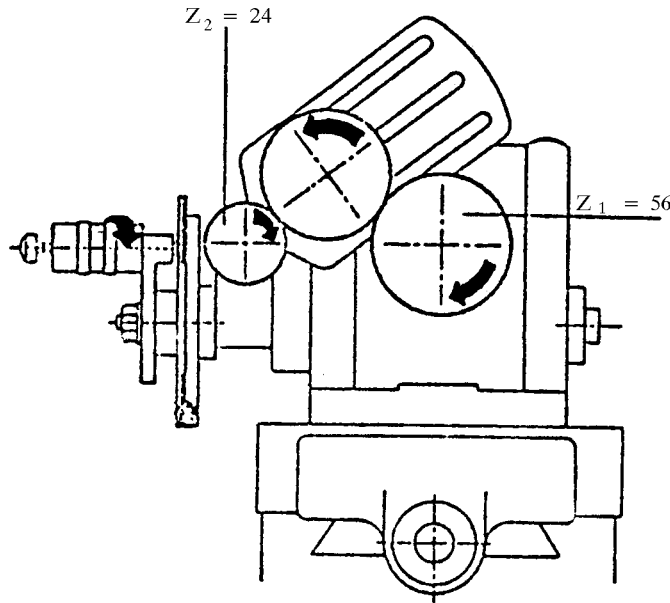
Como el número m puede ser mayor o menor que n , la diferencia $m - n$ puede ser positiva o negativa. En el caso de que sea positiva, el plato divisor deberá girar en el mismo sentido que la manivela. Se puede conseguir la inversión de la rotación del plato, interponiendo entre las ruedas del tren de engranajes, un piñón tal que no modifique la relación de transmisión.



Las ruedas del equipo de divisor diferencial suelen tener los siguientes números de dientes:

24 - 28 - 32 - 36 - 40 - 44 - 48 - 56 - 64 - 72 - 86 - 100 - 120

Ejemplo: Efectuar 127 subdivisiones iguales en una pieza.



Se elige primero un valor m próximo a 127, tal que sea divisible por varios factores, por ejemplo, $m = 120$ con lo que se llegará a la siguiente relación de transmisión:

$$r = \frac{40 \cdot (m \cdot n)}{m} = \frac{40 \cdot (120 \cdot 127)}{120} = \frac{7}{3}$$

y para la obtención de esta relación de transmisión de esta relación de transmisión bastará con un único par de ruedas:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{(7 \cdot 8)}{(3 \cdot 8)} = \frac{56}{24}$$

luego, $Z_1 = 56$ y $Z_2 = 24$ dientes e intercalando entre ellas una rueda dentada, se conseguirá efectuar la inversión del sentido de rotación que viene indicada por el signo negativo obtenido al evaluar r .

de rotación que viene indicada por el signo negativo obtenido al evaluar r .

Una vez montadas las tres ruedas tal como se indica en la figura, habrá que calcular el giro que ha de darse a la manivela. Para ello se opera de manera análoga a la de la división indirecta:

$$\frac{40}{m} \cdot \frac{40}{120} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{7}{21}$$

es decir, para efectuar cada división basta con girar la manivela un intervalo de 7 agujeros sobre la circunferencia de 21.

Aspectos cinemáticos de los aparatos de división diferencial.

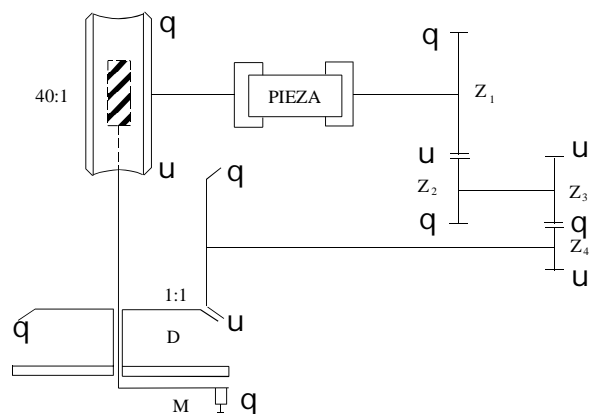
Una representación esquemática de este tipo de conjuntos mecánicos es la que se muestra en la figura siguiente.

Intercalando entre Z_3 y Z_4 una quinta rueda dentada se consigue la inversión del movimiento a partir de Z_4 .

Si en el sentido indicado en la figura se gira la manivela M un cierto ángulo n_M se tendrá un giro de la pieza de amplitud

$$n_D = n_P \cdot \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$$

Con lo que en la disposición de la figura, se tiene un movimiento relativo manivela/disco:



$$n_{M/D} = n_M \% n_D = 40 \cdot n_P \% n_P \cdot \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = n_P \left(40 \% \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} \right)$$

Si se hubiera intercalado la rueda inversora sería:

$$n_{M/D} = n_M \& n_D = 40 \cdot n_P \& n_P \cdot \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = n_P \left(40 \& \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} \right)$$

Si se quiere efectuar la división mecánica de la pieza en n partes iguales será, en grados:

$$n_{M/D} = \frac{360^\circ}{n} \left(40 \pm \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} \right)$$

y en fracciones de circunferencia:

$$n_{M/D} = \frac{1}{n} \left(40 \pm \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} \right)$$

En la página siguiente se facilitan las tablas de manejo de un aparato divisor universal, tomados de la obra *Máquinas- cálculos de tablas* de A. L. Casillas.

Adviértase que este aparato divisor universal dispone de una dotación bastante completa de ruedas dentadas y por ello no precisa el montaje de la rueda inversora para materializar las divisiones tabuladas. Compruébese que en todos los casos se cumple la relación:

$$n_{M/D} = \frac{1}{n} \left(40 \% \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} \right)$$

Siendo Z_1 , Z_2 , Z_3 y Z_4 los dientes de las ruedas A, B, C, y D respectivamente. A modo de ejemplo, supóngase $n=127$ divisiones; se tendrá:

$$n_{M/D} = \frac{13}{39} = \frac{1}{3} = 0.333$$

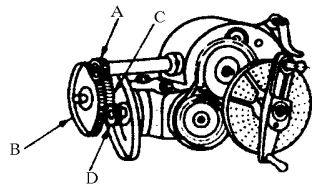
y por otro lado

$$\frac{1}{n} \left(40 \% \frac{84 \cdot 40}{30 \cdot 48} \right) = 0.333$$

CABEZAL DIVISOR UNIVERSAL

Relacion 40 1

DIVISION DIFERENCIAL



Ruedas de cambio : 24 - 28 - 30 - 32 - 36 - 37 - 40 - 48 - (3 x) - 49 - 56 - 60 - 64 - 66 - 68 - 72 - (2 x) - 76 - 78 - 80 - 84 - 86 - 90 - 96 - 100

NUMERO DIVISIONES T	CIRCULO DE ORIFICIOS	VUELTAS MANIVELA	A	B	C	D	NUMERO DIVISIONES T	CIRCULO DE ORIFICIOS	VUELTAS MANIVELA	A	B	C	D
51	17	14 17	72	60	80	48	112	16	6 16	72	60	80	48
53	20	16 20	64	40	72	48	113	16	6 16	72	48	76	48
57	21	15 21	40	84	72	48	114	19	7 19	72	60	80	48
59	49	35 49	72	56	80	48	117	39	15 39	84	28	80	48
61	39	26 39	36	90	80	48	118	16	6 16	84	28	68	48
63	39	26 39	72	60	80	48	119	17	6 17	72	60	80	48
67	16	10 16	72	64	80	48	121	33	12 33	80	30	72	48
69	20	12 20	56	60	72	48	122	39	13 39	48	60	40	48
71	20	12 20	64	40	78	48	123	39	13 39	40	60	72	48
73	21	12 21	64	56	72	48	125	39	13 39	60	30	40	48
77	21	12:21	80	30	72	48	126	39	13 39	72	60	80	48
79	15	8 15	64	60	96	48	127	39	13 39	84	30	40	48
81	27	14 27	72	60	80	48	129	39	13 39	72	40	80	48
83	20	10 20	60	40	48	48	131	16	5 16	40	64	72	48
87	29	14 29	72	60	80	48	133	19	6 19	72	60	80	48
89	21	10 21	80	28	40	48	134	16	5 16	72	64	80	48
91	39	18 39	72	60	80	48	137	16	5 16	72	48	90	48
93	27	12 27	48	60	80	48	138	23	7:23	72	60	80	48
96	21	9 21	64	56	48	48	139	17	5 17	36	68	80	48
97	27	12 27	84	36	64	48	141	47	14 47	72	60	80	48
99	33	14 33	72	60	80	48	142	17	5 17	72	68	80	48
101	49	20 49	60	49	48	48	143	39	12 39	80	30	72	48
102	17	7 17	72	60	80	48	146	49	14 49	64	28	36	48
103	20	8 20	48	60	72	48	147	49	14 49	72	60	80	48
106	20	8 20	64	40	72	48	149	49	14 49	72	49	84	48
107	20	8 20	72	30	56	48	151	18	5 18	56	48	80	48
109	16	6 16	49	84	72	48	153	17	5 17	84	60	80	48
111	37	14 37	72	60	80	48	154	15	4:15	64	60	48	48

NUMERO DIVISIONES T	CIRCULO DE ORIFICIOS	VUELTAS MANIVELA	A	B	C	D	NUMERO DIVISIONES T	CIRCULO DE ORIFICIOS	VUELTAS MANIVELA	A	B	C	D
157	15	4 15	64	30	84	48	214	20	4 20	84	60	64	48
158	15	4 15	64	40	48	48	217	21	4 21	48	84	80	48
159	15	4 15	64	40	72	48	218	16	3 16	49	56	72	48
161	23	6 25	72	30	60	48	219	21	4 21	64	30	72	48
162	15	4 15	64	40	72	48	221	39	8 39	96	60	80	48
163	20	5 20	60	40	24	48	222	37	7 37	72	66	80	48
166	20	5 20	60	48	48	48	223	33	6 33	36	40	48	48
167	20	5 20	56	40	72	48	224	21	4 21	64	36	80	48
169	20	5 20	60	84	72	48	225	27	5 27	72	36	40	48
171	21	5 21	36	36	80	48	226	27	5 27	80	66	40	48
173	20	5 20	72	40	78	48	227	33	6 33	56	66	72	48
174	29	7 29	72	32	60	48	228	33	6 33	64	28	72	48
175	20	5 20	72	24	80	48	229	21	4 21	76	60	64	48
176	20	5 20	72	28	64	48	231	33	6 33	72	66	80	48
177	20	5 20	84	30	68	48	233	33	6 33	78	60	96	48
178	20	5 20	90	28	72	48	234	39	7 39	72	68	80	48
179	20	5 20	84	32	76	48	236	17	3 17	64	24	84	48
181	20	5 20	96	90	84	48	237	27	5 27	80	60	56	48
182	27	6 27	24	60	80	48	238	17	3 17	72	24	80	48
183	27	6 27	48	60	40	48	239	16	3 16	84	68	66	48
186	27	6 27	48	60	80	48	241	17	3 17	86	30	96	48
187	27	6 27	56	40	80	48	242	33	6 33	80	84	72	48
189	27	6 27	64	37	60	48	243	18	3 18	28	60	72	48
191	37	8 37	64	40	36	48	244	18	3 18	48	60	40	48
192	27	6 27	64	35	80	48	246	18	3 18	40	40	72	48
193	27	6 27	64	24	78	48	247	18	3 18	80	40	28	48
194	27	6 27	64	24	56	48	249	18	3 18	48	36	60	48
197	27	6 27	68	30	64	48	250	18	3 18	72	49	40	48
198	27	6 27	90	30	64	48	251	49	8 49	64	60	36	48
199	27	6 27	76	78	80	48	252	18	3 18	72	49	80	48
201	39	8 39	64	78	72	48	253	49	8 49	64	60	48	48
202	39	8 39	64	80	84	48	254	18	3 18	84	48	80	48
203	20	4 20	32	40	72	48	255	18	3 18	72	40	80	48
204	20	4 20	32	60	48	48	256	18	3 18	64	49	80	48
206	20	4:20	48	60	72	48	257	49	8 49	64	60	72	48
207	20	4 20	56	60	72	48	258	43	7 43	72	32	80	48
208	20	4 20	64	40	72	48	259	18	3 18	76	24	64	48
209	20	4 20	72	60	48	48	261	29	5 29	80	30	72	48
211	20	4:20	66	40	96	48	262	18	3 18	80	49	66	48
212	20	4 20	64	40	72	48	263	49	8 49	72	78	96	48
213	20	4:20	64	40	78	48	265	39	6 39	40	78	72	48

Conos de acoplamiento.

Las conicidades empleadas en el acoplamiento de herramientas giratorias (fresas y brocas, principalmente) al husillo de la máquina-herramienta son de los tipos siguientes:

- Cono Morse.
- Cono ISO 7/24.
- Cono Jacobs.

La conicidad tipo Morse tiene 7 números normalizados (del 0 al 6) y se define por un valor del diámetro coincidente con la mayor sección del cono o con una sección próxima a ella; a continuación se indican los valores de los conos Morse:

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

$$* \quad \% \text{ Conicidad} = \frac{D_{\text{mayor}} \& D_{\text{menor}}}{L} (100)$$

La conicidad ISO o 7/24 tiene 10 tamaños designados, de menor a mayor, por los números: 30, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 y 80; a diferencia de los conos Morse cuya conicidad es variable (aunque en las proximidades del 5%), los conos 7/24 tienen todos la misma conicidad, de valor 7/24 lo que corresponde a un 29,166 % de conicidad. Como puede apreciarse ésta es más pronunciada que en el tipo Morse.

En la actualidad se tiende al empleo de conicidad 7/24 en las máquinas-herramienta de nuevo diseño. Entre ellas, en las de control numérico, principalmente en los *centros de mecanizado* por disponer de cambiador automático de herramientas.

A continuación se facilitan los valores de estos conos:

Cono ISO	Diámetro de referencia (mm)	Conicidad (%)*
- 30 -	31.750	7/24
- 40 -	44.450	7/24
45	57.150	7/24
- 50 -	69.850	7/24
55	88.900	7/24
- 60 -	107.950	7/24
65	133.350	7/24
70	165.100	7/24
75	203.200	7/24
80	254.000	7/24

$$* \quad \% \text{ Conicidad} = \frac{D_{\text{mayor}} \& D_{\text{menor}}}{L} \cdot \frac{7}{24} = 0,2916$$

La conicidad Jacobs, de empleo casi exclusivo en acoplamientos para portabrocas, es un sistema de conicidad variable cuyos tamaños son:

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

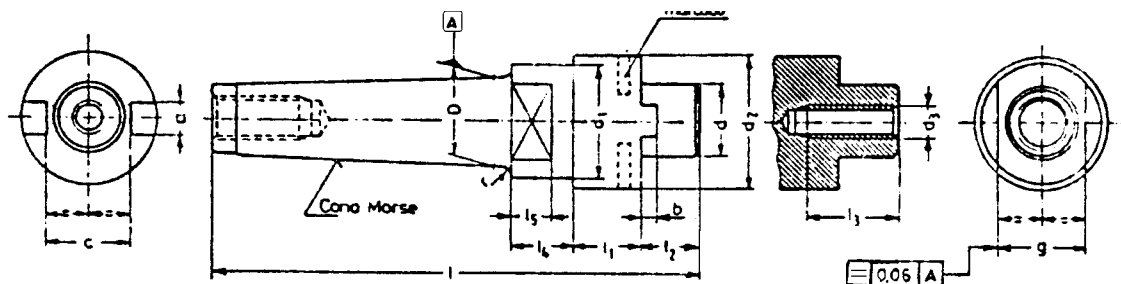
$$* \quad \% \text{ Conicidad} = \frac{D_{\text{mayor}} \& D_{\text{menor}}}{L} (100)$$

Los valores entre paréntesis deben evitarse, en lo posible.

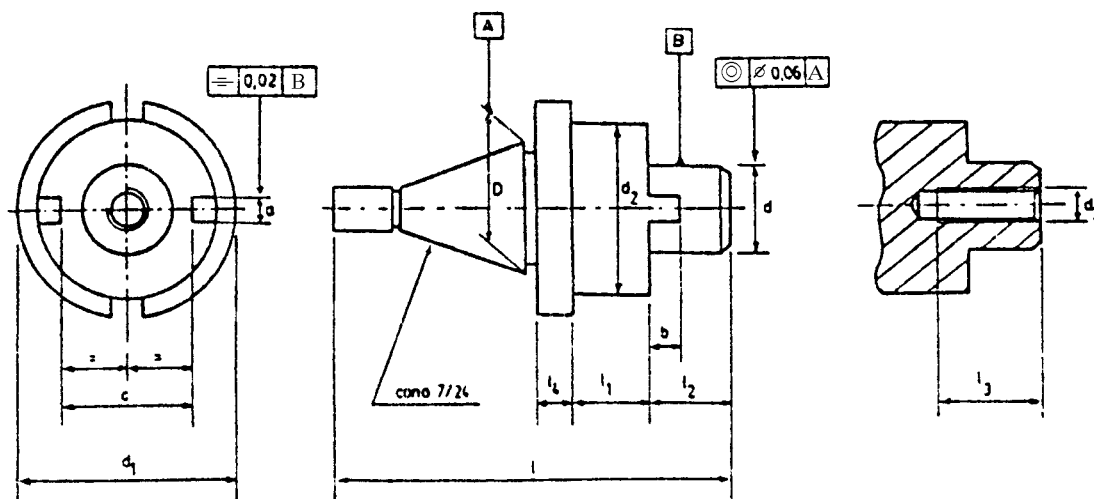
El portaherramientas deberá tener el mango con conicidad igual a la del husillo de la máquina y con idéntico número; en caso de no ser así, existen casquillos de adaptación entre distintos tamaños de un mismo tipo de conicidad así como adaptadores 7/24-Morse. Los números de los conos Morse e ISO que están entre guiones son los que corresponden a los

tamaños más empleados en husillos de fresadoras, mandrinadoras y taladradoras.

A continuación se facilitan los croquis de ejes portafresas de arrastre por tetones, con mango cónico 7/24 y Morse según las normas UNE 16221 y 16222, respectivamente.



Eje portafresa de arrastre por tetones con mango cono Morse



Eje portafresa de arrastre por tetones con mango cónico 7/24

Trabajos mas usuales con la fresa.

Las operaciones mas usuales del fresado son las siguientes:

Generación de planos. Según la orientación del plano podemos considerar las siguientes superficies planas:

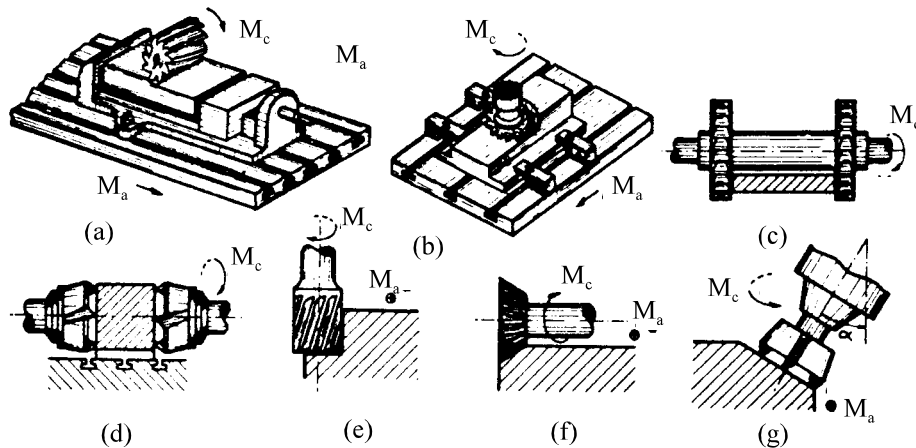
1) Horizontales. Se mecanizan en fresadoras horizontales o verticales, con fresas cilíndricas (a) o frontales (b) respectivamente.

2) Verticales. Se mecanizan en el mismo tipo de máquinas, con fresas de disco de tres cortes (c), frontales y con platos de cuchillas de corte frontal (d).

Pueden mecanizarse simultáneamente una superficie horizontal y otra vertical, en las fresadoras verticales, con fresas cilíndrico-frontales (e).

3) Inclinadas. Pueden mecanizarse en una fresadora horizontal con fresas de ángulo (f) o en las fresadoras universales con el cabezal inclinado un cierto ángulo, empleando fresas

cilíndricas de vástago o platos de cuchillas de corte frontal (g).

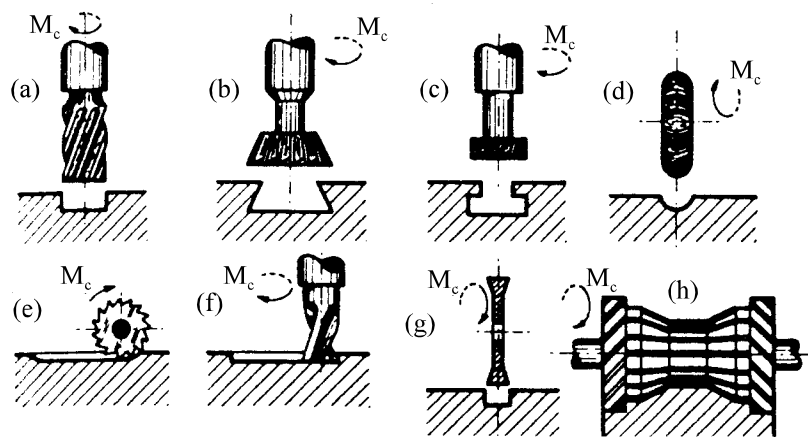


Ranurado. Según el tipo de ranura podemos distinguir:

1) Ranurado tangencial. Puede considerarse como un caso particular del fresado tangencial, en que la anchura de corte es pequeña en relación con la profundidad de pasada. Se emplean fresas de disco con tres cortes, con doble hélice alternada y también fresas frontales (a).

2) Ranurado de forma. Por ejemplo en *cola de milano* (b), en *T* (c) y otras. En cada caso la fresa ha de tener la forma y el número de cortes adecuado.

3) Ranurado para chaveteros. Se puede realizar: por fresado tangencial (e), con fresas de ranurar de un corte o de tres; por fresado frontal (f) con fresas de dos dientes rectos o helicoidales, con el árbol del cabezal en posición vertical.



Corte. Es equivalente al ranurado y se realiza con fresas o sierras de cortar (g), con forma de disco y sus caras laterales vaciadas, para evitar el rozamiento con la pieza durante el trabajo.

Perfilado. Nos permite obtener una superficie con forma determinada, mediante el uso de un tren de fresas convenientemente acopladas o con una fresa cuya línea de dientes corresponda con el perfil que se desea tallar (h). Por este procedimiento se obtienen las ruedas dentadas, fresas escariadores, brocas, matrices, etc.

Taladrado, escariado, mandrinado vertical y semipunteado. Todos estos trabajos se pueden efectuar en las fresadoras, disponiendo los útiles adecuados (brocas helicoidales, brocas

escariadoras, escariadores, barras de mandrinar, etc.) en el árbol portaherramientas. También es posible efectuar orificios en una posición exacta, mediante desplazamientos de precisión con lectores ópticos. Así se consiguen precisiones comparables a la de las punteadoras. En todas estas operaciones la penetración de la herramienta se obtiene por desplazamiento vertical o transversal de la mesa.

Empleando un cabezal automático portaherramientas, con posibilidades de orientación muy diversas, se facilitan mucho todas estas operaciones.

Mortajado. Este trabajo puede efectuarse en la fresadora siempre y cuando vaya equipada de un cabezal mortajador que sustituye al cabezal de la fresadora y permite, mediante un mecanismo de biela-manivela, transformar el movimiento de rotación del árbol principal en movimiento vertical rectilíneo alternativo.

Parámetros de corte en el fresado.

Seguidamente se incluyen distintas tablas para la elección de la velocidad de corte v (m/min), avance a (mm/min) y profundidad de fresado p (mm), en función de distintos materiales a mecanizar y tipos de fresas.

Material que se trabaja	Acabado		Desbastado preliminar			
	Profundidad del fresado hasta $p = 4$ mm		Profundidad del fresado hasta $p = 10$ mm		Profundidad del fresado hasta $p = 40$ mm	
	v	a	v	a	v	a
<i>Fresas de disco</i> , ancho de fresado hasta 200 mm:						
Acero de aleación mejorado hasta 100 Kg/mm ²	10...14	10...20	10...12	40...60	8...10	20...30
Acero de aleación recocido hasta 75 Kg/mm ²	14...18	15...25	12...14	70...90	10...12	30...50
Acero no aleado hasta 70 Kg/mm ²	18...22	20...45	16...18	90...120	12...14	40...70
Fundición, hasta 180 Brinell	14...18	25...50	12...14	100...150	10...12	50...90
Materiales ligeros.....	200...300	60...120	150...250	150...300	150...200	80...150
Latón (Ms 58)	40...60	40...75	30...40	140...200	30...40	70...120

Material que se trabaja	Repasado		Desbastado			
	Profundidad del fresado hasta $p = 1$ mm		Profundidad del fresado hasta $p = 5$ mm		Profundidad del fresado hasta $p = 8$ mm	
	v	a	v	a	v	a
<i>Fresas cilíndricas, ancho de fresado hasta 100 mm:</i>						
Acero de aleación mejorado hasta 100 Kg/mm ²	10...14	35...45	10...12	45...70	8...10	25...35
Acero de aleación recocido hasta 75 Kg/mm ²	14...18	45...75	12...14	70...100	10...12	40...60
Acero no aleado hasta 70 Kg/mm ²	18...22	60...90	16...18	90...150	12...14	60...80
Fundición, hasta 180 Brinell	14...18	70...100	12...14	100...170	10...12	70...100
Materiales ligeros.....	200...300	100...150	150...250	150...300	150...200	90...150
Latón (Ms 58)	40...60	100...160	30...40	160...220	30...40	100...150
<i>Fresas de vástago, ancho de fresado hasta 60 mm:</i>						
Acero de aleación mejorado hasta 100 Kg/mm ²	16...18	45...55	12...14	15...25	12...14	10...15
Acero de aleación recocido hasta 75 Kg/mm ²	18...20	55...80	14...16	25...40	14...16	15...25
Acero no aleado hasta 70 Kg/mm ²	20...24	75...100	16...18	35...55	16...18	20...30
Fundición, hasta 180 Brinell	18...20	80...110	14...16	40...75	14...16	30...40
Materiales ligeros.....	150...180	70...100	140...180	50...90	140...180	30...50
Latón (Ms 58)	50...60	100...140	30...40	60...100	30...40	40...60
<i>Fresas frontales, ancho de fresado hasta 100 mm:</i>						
Acero de aleación mejorado hasta 100 Kg/mm ²	12...14	30...40	10...12	45...60	8...10	25...35
Acero de aleación recocido hasta 75 Kg/mm ²	16...18	40...60	12...14	70...90	10...12	35...55
Acero no aleado hasta 70 Kg/mm ²	20...22	60...80	16...18	90...130	12...14	55...75
Fundición, hasta 180 Brinell	16...18	70...90	12...14	100...150	10...12	60...80
Materiales ligeros.....	200...300	90...140	150...250	140...280	150...250	80...140
Latón (Ms 58)	40...60	90...150	30...40	150...250	30...40	90...140
<i>Platos de cuchillas, ancho de fresado hasta 200 mm:</i>						
Acero de aleación mejorado hasta 100 Kg/mm ²	15...20	20...55	12...15	35...50	10...12	15...25
Acero de aleación recocido hasta 75 Kg/mm ²	20...25	30...60	16...18	60...75	12...15	30...40
Acero no aleado hasta 70 Kg/mm ²	25...50	40...70	20...25	70...100	15...20	35...50
Fundición, hasta 180 Brinell	20...25	40...80	18...22	90...120	12...18	45...60
Fundición hasta 180 Brinell, con <i>cuchillas de metal duro</i>	60...80	100...160	60...70	100...150	60...70	50...80
Materiales ligeros.....	200...400	80...150	200...300	150...300	200...300	70...160
Latón (Ms 58)	50...80	90...150	40...60	180...220	40...60	90...120

Material que se trabaja	Acabado	Desbastado preliminar
-------------------------	---------	-----------------------

	Profundidad del fresado hasta $p = 4$ mm		Profundidad del fresado hasta $p = 8$ mm		Profundidad del fresado hasta $p = 20$ mm	
	v	a	v	a	v	a
<i>Sierras circulares, con un número de dientes según DIN 136; ancho de corte hasta 3 mm:</i>						
Acero de aleación mejorado hasta 100 Kg/mm ²	25...30	30...40	20...25	20...30	15...20	10...15
Acero de aleación recocido hasta 75 Kg/mm ²	35...40	45...60	30...35	35...50	25...30	20...25
Acero no aleado hasta 70 Kg/mm ²	45...50	60...75	40...45	45...60	35...40	25...30
Fundición, hasta 180 Brinell	30...40	60...80	30...35	45...60	20...30	25...35
Materiales ligeros.....	300...400	200...400	300...350	150...200	200...300	80...150
Latón (Ms 58)	300...400	200...500	300...400	150...300	300...350	100...200