



Apuntes y tablas

Tecnología de Fabricación

Año: 2021

- Ing. Martín Alarcón.

## 1. Torneado

En la tabla 1 y 2 se aprecian valores recomendados de velocidades de corte y avance para el torneado de distintos materiales mediante diferentes herramientas. La nomenclatura utilizada en estas es la siguiente:

- C: Acero al carbono.
- R: Acero rápido.
- M: Metales duros.
- Resistencia a la tracción del material  $K_z$  en  $[Kg/mm^2]$ .
- Velocidades de corte en  $[m/min]$ .
- Avances en  $[mm/vuelta]$ .

Las velocidades indicadas en las tablas son valores medios recomendados por los fabricantes de las herramientas.

En la figura 7, se puede ver un ejemplo concreto de insertos para mecanizado de un fabricante, donde se puede observar, recomendaciones en valores medios y en un rango (máximos y mínimos), de espesores a mecanizar, avances y velocidades de corte.

Trabajo	Hta.	Material a tornear				
		Aceros				
		$K_z = 40$	$K_z = 60$	$K_z = 80$	Fundición gris	Fundición maleable
Desbaste	C	12	10	8	8	12
	R	25	20	15	18	20
	M	200	150	100	65	70
Terminación	C	20	15	12	15	18
	R	30	25	20	20	25
	M	300	180	130	95	85
Rosgado	C	10	8	6	8	10
	R	14	12	10	12	15
	M					
Avances	C	0,1 a 3				
	R	0,5 a 5				
	M	Hasta 1,5				

Tabla 1: Valores medios de las velocidades de corte y avance en el torneado

Trabajo	Hta.	Material a torneear			
		Latón		Bronce	
		Semiduro	Duro	Blando	Duro
Desbaste	C	21	20	18	12
	R	40	30	25	18
	M	450	300	400	200
Terminación	C	90	32	30	20
	R	50	40	35	25
	M	600	400	450	300
Roscado	C	20	15	12	8
	R	30	24	22	15
	M				
Avances	C	0,1 a 3			
	R	0,2 a 3			
	M	Hasta 1			

Tabla 2: Valores medios de las velocidades de corte y avance en el torneado



Figura 1: Insertos de metales duros para torneado (Ejemplo)

## 2. Taladrado

Material a trabajar	$k_z [kg/mm^2]$	$V [m/min]$	$a [mm/vuelta]$
Fundición	12 a 22	36 a 25	d/50
Fundición de cilindros	22 a 28	22 a 15	15d/1000
Acero dulce	35 a 65	38 a 25	d/100
Acero duro	65 a 90	25 a 14	d/100
Acero muy duro	90 a 120	18 a 14	d/100
Bronce, latón y cobre	23 a 50	60 a 25	d/100
Aluminio y duraluminio	14 a 26	250 a 80	15d/1000

Tabla 3: Valores medios de la velocidad de corte en el taladrado. Mechas de acero rápido.

Para brocas de acero al carbono debe tomarse  $v = 0,5v_{ss}$  y  $a = 0,5a_{ss}$  ( $v_{ss}$  y  $a_{ss}$  velocidad y avance para brocas de acero rápido.).

Para brocas de acero super rápido debe tomarse  $v = v_{ss}/0,8$  y  $a = a_{ss}/0,8$ .

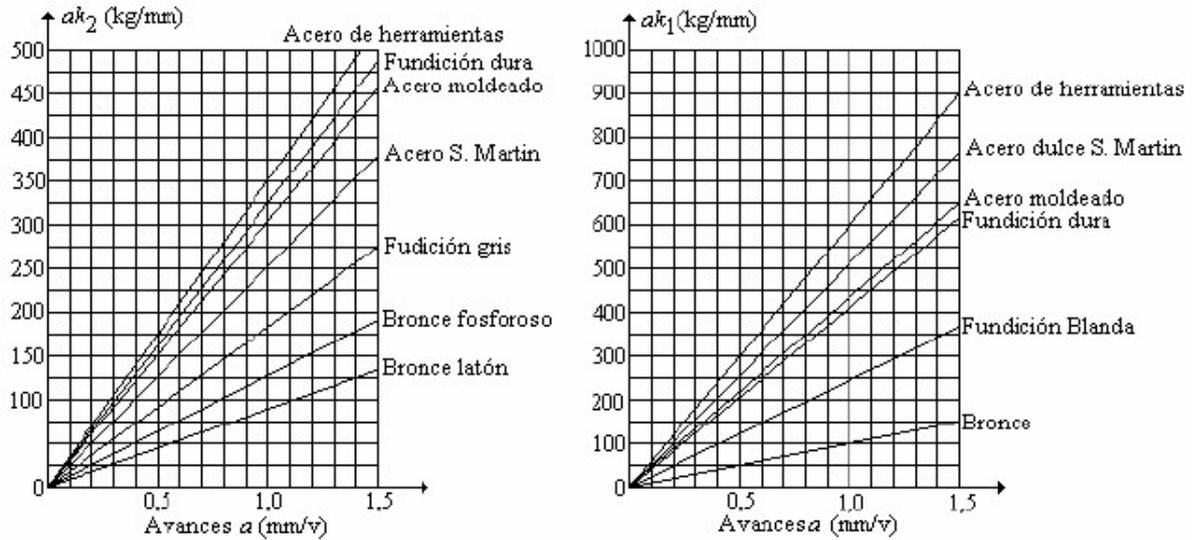


Figura 2: Gráficos de Coudron.

### 3. Fresado

Material a trabajar	Velocidad de corte $V_c$		Velocidad de avance $V_a$
	Desbaste	Terminación	
Cobre y aluminio	60 - 80	80 - 100	80 - 120
Bronce común	25 - 28	35 - 40	80
Bronce duro	20 - 25	30 - 35	45
Acero dulce $K_z = 40 \sim 50$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	16 - 20	25 - 30	60
Acero de $K_z = 60$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	15 - 18	22 - 25	40
Acero de $K_z = 70$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	12 - 16	18 - 22	30
Acero de $K_z = 80$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	10 - 15	16 - 18	25
Acero de $K_z = 90$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	9 - 13	14 - 16	22
Acero de $K_z = 100$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	8 - 12	13 - 15	20
Fundición blanda	12 - 15	18 - 22	45
Fundición dura	17 - 20	12 - 15	18

Tabla 4: Velocidades de corte  $V_c$  en [ $m/min$ ] y de avance  $V_a$  en [ $mm/min$ ] para **fresas de acero rápido**

Material a trabajar	Velocidad de corte $V_c$		Velocidad de avance $V_a$
	Desbaste	Terminación	
Cobre y aluminio	40 - 50	50 - 60	40 - 60
Bronce común	15 - 28	20 - 22	40
Bronce duro	10 - 12	13 - 15	20
Acero de $K_z = 50$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	8 - 10	10 - 12	20
Acero de $K_z = 60$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	7 - 9	9 - 11	18
Acero de $K_z = 70$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	6 - 8	8 - 9	15
Acero de $K_z = 80$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	5 - 6	6 - 7	13
Acero de $K_z = 90$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	4 - 5	5 - 6	12
Acero de $K_z = 100$ [ $K\vec{g}/mm^2$ ]	3 - 4	4 - 5	10
Fundición blanda	8 - 10	10 - 12	18
Fundición dura	3 - 5	4 - 6	10

Tabla 5: Velocidades de corte  $V_c$  en [ $m/min$ ] y de avance  $V_a$  en [ $mm/min$ ] para **fresas de acero al carbono**

## 4. Rectificado

El trabajo de esmerilado o rectificado mediante muelas se hace utilizando varios movimientos, cada uno de los cuales a la velocidad que resulta mas conveniente. De acuerdo con esto se debe considerar los siguientes puntos:

### 4.1. Velocidad periférica en base a la naturaleza de la muela.

Por razones de seguridad (influencia de la fuerza centrífuga), es conveniente tomar en consideración los siguientes valores:

Naturaleza de la muela	Velocidad de la muela, $V_m$ en $[m/seg]$
Silicato	20 a 25
Carborundo	22 a 30
Cerámicas	25 a 35
Elásticas	40 a 50
Bakelita	45 a 50

Tabla 6: Velocidad de la muela en virtud de su naturaleza.

### 4.2. Velocidad periférica de la muela en función del tipo de rectificado.

#### 4.2.1. Rectificación cilíndrica externa (con muelas cerámicas o al silicato)

Material a trabajar	Velocidad de la muela, $V_m$ en $[m/seg]$
Acero templado	20 a 25
Acero normalizado	30 a 35
Fundición, bronce y latón	20 a 30
Aluminio y metales livianos	16 a 20

Tabla 7: Velocidad de la muela para rectificación cilíndrica externa.

#### 4.2.2. Rectificación cilíndrica interna (con muelas cerámicas o al silicato)

Se adopta el valor mínimo indicado anteriormente. A pensar de ello, las velocidades de rotación resultan muy elevadas, lo que es factible, dada la construcción actual de los mandriles que accionan la muela. Esta velocidad puede alcanzar velocidades de rotación de 56000  $[rpm]$  para muelas de 4  $[mm]$  de diámetro, correspondiendo para ella una velocidad periférica de 11,8  $[m/seg]$ , inferior a cualquiera de los límites mínimos indicados.

#### 4.2.3. Rectificación plana

1. *Discos:* La velocidad es variable, a distintas distancias del centro, cuando se emplean muelas a disco. En este caso es necesario y prudente adoptar la periférica, dentro de los límites indicados para la rectificación cilíndrica exterior.
2. *Taza y sectores:* Muelas cerámicas o al silicato.

Material a trabajar	Velocidad de la muela, $V_m$ en $[m/seg]$
Acero templado	18 a 22
Acero normalizado y fundición	22 a 28
Bronce, latón y aluminio	16 a 20

Tabla 8: Velocidad de la muela tipo *taza o sectores* para rectificación plana.

#### 4.2.4. Afilado de herramientas

Se realiza con lubricación y refrigeración, recomendándose valores para la muela de:  $V_m = 25$  a  $30 [m/seg]$ .

#### 4.2.5. Desbarbado, desgrosado

1. Con muelas cerámicas o al silicato:

Material a trabajar	Velocidad de la muela, $V_m$ en $[m/seg]$
Acero y fundición	15 a 20
Aluminio	20 a 25

Tabla 9: Velocidad de la muela para el desbarbado y desgrosado.

2. Con muelas bakelizadas:

Material a trabajar	Velocidad de la muela, $V_m$ en $[m/seg]$
Acero y fundición	40 a 50

Tabla 10: Velocidad de la muela para el desbarbado y desgrosado.

#### 4.2.6. Aserrado del acero

1. Con muelas elásticas:  $V_m = 45$  a  $65 [m/seg]$ .
2. Con muelas bakelizadas:  $V_m = 60$  a  $80 [m/seg]$ .

### 4.3. Valores para casos especiales.

1. Afilado de herramientas con muelas de naturaleza arenosa:  $V_m = 5 [m/seg]$ .
2. Afinado del filo y pulido:

Naturaleza de la muela	Velocidad de la muela, $V_m$ en $[m/seg]$
Muelas de cuero	40 a 50
Muelas de madera revestidas en cuero	35 a 40
Discos de fieltro	hasta 20
Discos y cintas de tela esmeril	hasta 40

Tabla 11: Velocidad de la muela para el afinado y pulido.

#### 4.4. Velocidad de la pieza o de la muela en su movimiento planetario.

La elección correcta de esta velocidad, es importante, por cuanto es grande la influencia sobre la operación del rectificado, mucho mayor que la correspondiente a la velocidad de la muela misma.

En la rectificación plana, la velocidad de la pieza corresponde a la velocidad de avance de la mesa que sostiene la pieza, en su movimiento de traslación rectilínea.

En la rectificación de cilindros, la pieza es fija, por lo tanto esta velocidad es la rotación del centro de la muela en su movimiento planetario.

Material a trabajar	Velocidad de la pieza, $V_p$ en $[m/min]$
Acero templado	10 a 16
Acero normalizado	8 a 12,5
Fundición	11,2 a 18
Latón	12,5 a 20
Aluminio	25 a 40

Tabla 12: Velocidad de la pieza.

#### 4.5. Valores de avance lateral.

Este es siempre una fracción del ancho útil de la muela  $b$ .

Material a trabajar o tipo de trabajo	Avance lateral $a$
Acero	$\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4} \cdot b$
Fundición	$\frac{3}{4}$ a $\frac{4}{5} \cdot b$
Para el esmerilado muy fino	$\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{4} \cdot b$

Tabla 13: Avance lateral.

#### 4.6. Valores de profundidad o espesor de pasada.

Tipo de trabajo	Material a trabajar	Espesor de pasada $e$ $[mm]$
Desgrosado	Acero templado	0,02 a 0,03
Terminación	Acero templado	0,005 a 0,01
Desgrosado	Acero normalizado	0,03 a 0,06
Terminación	Acero normalizado	0,005 a 0,02
Desgrosado	Fundición	0,08 a 0,16
Terminación	Fundición	0,02 a 0,05
Desgrosado	Latón y aluminio	0,125 a 0,25
Terminación	Latón y aluminio	0,02 a 0,1

Tabla 14: Profundidad o espesor de pasada.

## 5. Punzonado y doblado de la chapa

Material	Condición	
	Normal	Endurecido
Aleaciones de aluminio	0	$6 \cdot e$
Cobre berilio	0	$4 \cdot e$
Latón (con bajo plomo)	0	$2 \cdot e$
Magnesio	$5 \cdot e$	$13 \cdot e$
Acero inoxidable austenítico	$0,5 \cdot e$	$6 \cdot e$
Acero de bajo carbono y baja aleación	$0,5 \cdot e$	$4 \cdot e$
Titanio	$0,7 \cdot e$	$3 \cdot e$
Aleaciones de titanio	$2,6 \cdot e$	$4 \cdot e$

Tabla 15: Radio mínimo de doblado para diversos metales a temperatura ambiente. Donde  $e$  representa el espesor de la chapa

$r_i/e$	$y$
0,2	$0,347 \cdot e$
0,5	$0,387 \cdot e$
1	$0,421 \cdot e$
2	$0,451 \cdot e$
3	$0,465 \cdot e$
4	$0,470 \cdot e$
5	$0,478 \cdot e$
10	$0,487 \cdot e$

Tabla 16: Valores experimentales de “ $y$ ” (posición de la línea neutra) en función del radio de doblado el espesor de la chapa

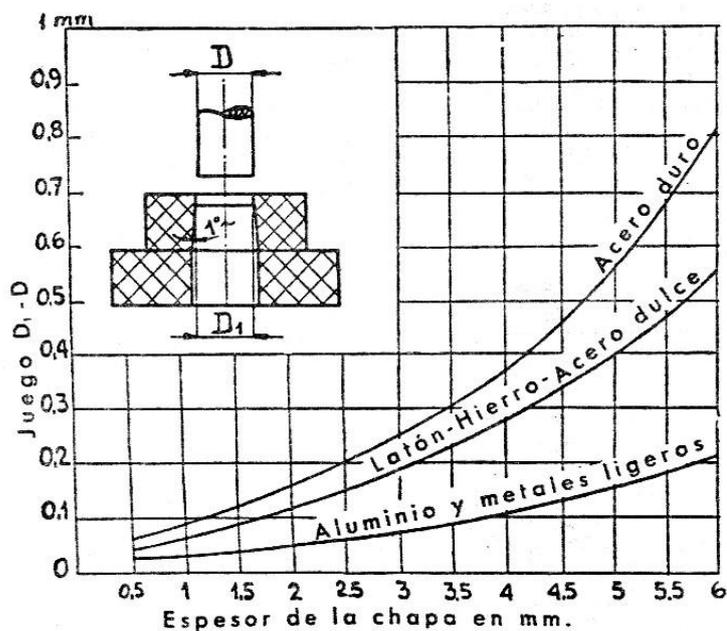


Figura 3: Gráfico para determinar el juego entre punzón y matriz, en función del material y el espesor de la chapa

## 6. Embutido de la chapa

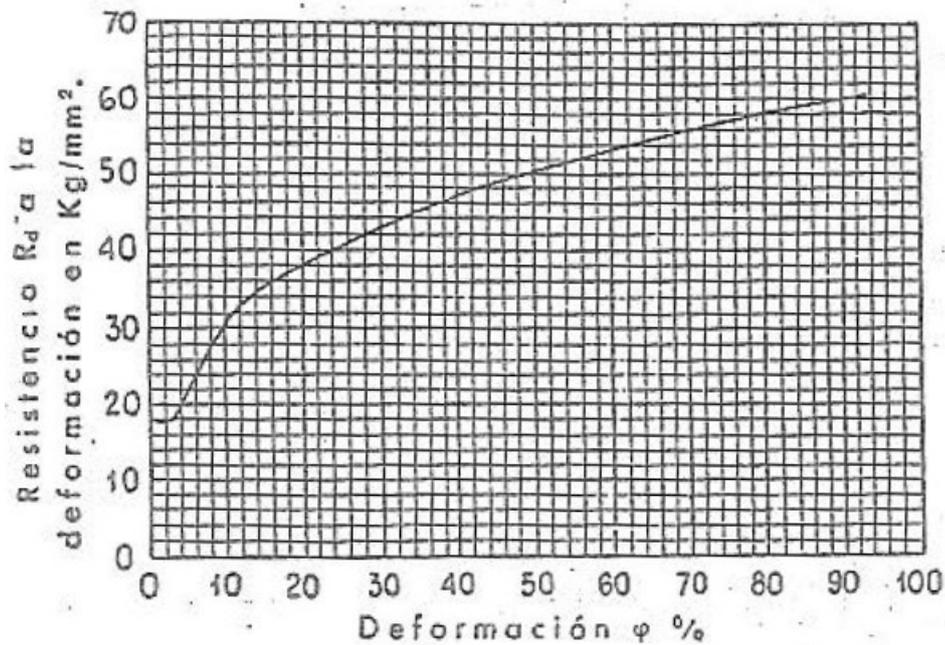


Figura 4: Diagrama para determinar la resistencia  $R_d$  a la deformación en función de  $\Phi\%$  para el acero extra-dulce de embutir con un  $\sigma_r = 31 \left[ \text{Kg/mm}^2 \right]$

$r_0/r_i$	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5
$n^*$	0,197	0,404	0,732	1,013	1,287	1,565	1,853	2,11	2,405	2,666
$r_0/r_i$	1,55	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95	2
$n^*$	2,928	3,189	3,443	3,704	3,963	4,228	4,485	4,714	4,939	5,194

Tabla 17: Coeficientes de corrección para el calculo de la fuerza de deformación máxima utilizando la formula genérica cuando  $\sigma_r \neq 31 \left[ \text{Kg/mm}^2 \right]$