



Unidad Temática N° 1: PRINCIPIO DE CORTE DE LOS METALES

Principio básico del corte de metales: todo material, cualquiera sea su naturaleza, ofrece una cierta resistencia a ser cortado, cuyo valor será función de la sección de viruta que se corta y de su resistencia específica. Para vencer dicha resistencia se debe ejercer una cierta fuerza, denominada de corte, a través de la herramienta que se utilice, que puede ser de accionamiento manual o mecánico. Deberá cumplirse, por lo tanto, como mínimo que:

$$F_c(kg) = R_c(kg) = q(mm^2) \times K_s\left(\frac{kg}{mm^2}\right)$$

Donde:

F_c = Fuerza de corte a aplicar expresada en Kg

R_c = Resistencia al corte que ofrece el material en Kg

q = Sección de viruta cortada en mm^2

K_s = Resistencia específica del material en Kg/mm^2 y se toma 3 a 4 veces el valor de la resistencia a la rotura por tracción.

Existe por lo tanto una acción recíproca entre material y herramienta de corte. Para establecer las mismas, las normas mecánicas en vigencia (D.I.N.- A.F.N.O.R.- SA.etc,) consideran que la forma de la herramienta de corte es la de una cuña, que presentan uno o más bordes cortantes (filo). Para estudiar estas acciones recíproca, toman como base, las que se producen entre material y herramienta en la operación de mecanizado con arranque de viruta, denominada torneado, por lo su semejanza a lo que ocurre en otras operaciones de mecanizado. Las relaciones que se obtienen se consideran como el principio básico del corte de metales. Se establece además los siguientes conceptos:

- Movimientos relativos entre herramienta de corte y material a mecanizar: durante la operación de corte se realizan 2 movimientos ejecutados por la herramienta de corte; por la pieza o por ambos. Dichos movimientos son: a) de corte: que coincide con el movimiento principal de la máquina herramienta. De allí que se lo denomine también movimiento principal de corte. En el caso particular del torneado este movimiento realiza el material en trabajo colocado en el eje principal o husillo de la máquina. b) de avance o alimentación: que lo puede realizar el material o la herramienta de corte (en el caso del torneado lo efectúa la herramienta). Dentro de este movimiento debemos distinguir: 1) el de avance longitudinal, en uno u otro sentido, paralelo al eje del material y corresponde al desplazamiento lineal. 2) de avance transversal o en profundidad perpendicular al longitudinal. El movimiento relativo que resulta de la combinación de ambos, de denomina movimiento de trabajo.
- Planos de referencia: se los consideran para determinar los ángulos de la herramienta de corte respecto al borde cortante y forman un sistema de ejes coordenados rectangulares en el espacio. Se los denomina respectivamente, plano 1 o principal que contiene la dirección de corte y la del avance longitudinal. Plano2 o secundario que contiene la dirección del corte y la del avance transversal y el plano 3 o terciario que contiene la dirección del avance longitudinal y la del avance en profundidad.
- Superficies: se los define en la herramienta de corte y en el material en trabajo. Sobre la herramienta se considera:
 - a. Superficie de incidencia: que es la superficie de la herramienta, que enfrenta a la del material en trabajo, y que no debe rozar con la misma.
 - b. Superficie de ataque: la de la herramienta sobre la que se desliza la viruta cortada.

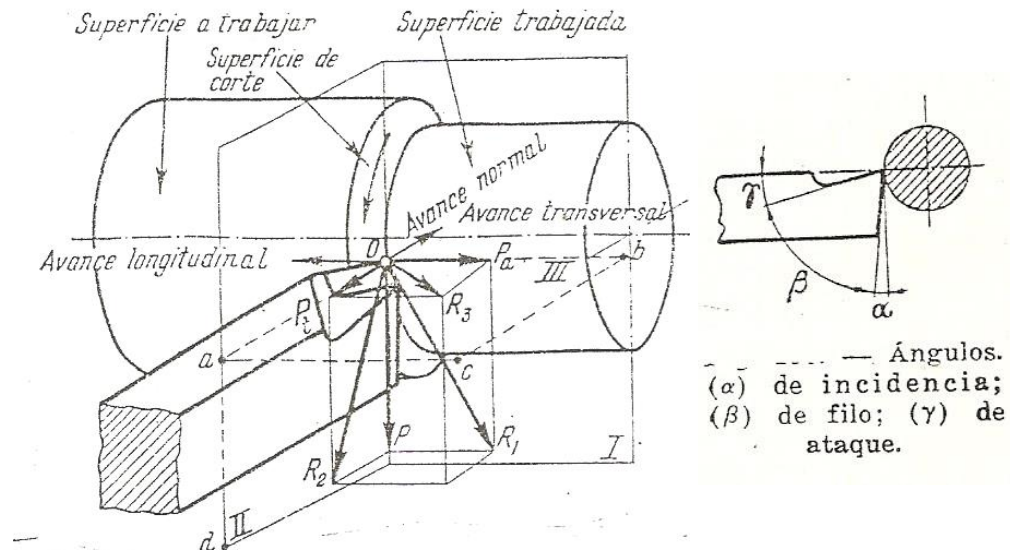
En la pieza tenemos:



- Superficie de trabajo: la obtenida en el material después del corte.
- Superficie a trabajar: la del material en bruto.
- Superficie trabajada: la total obtenida una vez mecanizada la pieza.

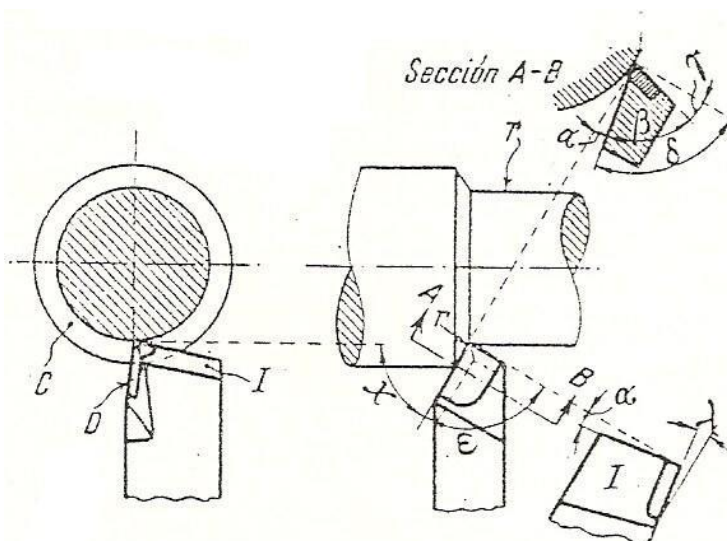
➤ Fuerza de corte: se consideran:

- Fuerza principal de corte: que se manifiesta en la dirección principal de corte.
- De avance: en la dirección del avance longitudinal.
- De penetración o transversal: en la dirección trasversal. Pueden considerarse también las respectivas reacciones.



➤ Ángulos: corresponden a la herramienta de corte y que definimos por las superficies definidas anteriormente. Los mismos son:

- De incidencia: α formado por la superficie de incidencia y la de corte.
- De ataque: γ formado por la de ataque y la normal a la de corte.
- De filo: β formado por la de incidencia y la de ataque. La suma de $\alpha + \beta$ indica que el ángulo de corte. Es condición que $\alpha + \gamma + \beta = 90^\circ$. El valor de estos ángulos influyen sobre la dirección que toma la fuerza de corte.



Designación de ángulos y superficies de corte según DIN 768 y ANF 100.

C: superficie de corte; D: ídem de ataque o desprendimiento; I: ídem de incidencia; α : ángulo de incidencia; ϵ : ángulo de punta; λ : ángulo de inclinación; x : ángulo de posición; d : ángulo de corte



El valor de los ángulos varía según el tipo de mecanizado a realizar y las características del material en trabajo (duro o blando) y lo podemos encontrar tabulados en valores obtenidos de ensayos prácticos, para lograr la mayor vida útil del filo de la herramienta de corte, que en definitiva significa menor costo de fabricación.

Herramientas de corte: clasificación: normalmente se las agrupa, sin que ello sea excluyente, en a) herramientas de accionamiento manual y b) herramientas de accionamiento mecánico.

- a. **Herramientas de accionamiento manual:** son todas aquellas accionadas directamente por el operario, ejerce la fuerza de corte a través de las mismas. Como consecuencia de ello el mecanizado y su terminación dependerá de la mayor o menor habilidad del operador. Su campo de aplicación está limitado a trabajos bastos de poca precisión. Se las agrupa en a) herramientas de sujeción (morsa, tenazas, pinzas, etc.,) y b) herramienta de corte (limas, corta frío o corta hierro, brocas, etc.,)
- b. **Herramientas de accionamiento mecánico:** se considera de esta manera a todo elemento, que utilizado en una máquina herramienta, es capaz de transformar un material en bruto en una pieza de forma y dimensiones pre-establecidas. Como el operario es reemplazado por la máquina, no solo se logra mayor terminación y precisión del mecanizado, sino también economía, porque se puede trabajar a mayor velocidad, aumentando la producción y por lo tanto reduciendo costo de fabricación.

Características y materiales de las herramientas de corte: la forma de la herramienta de corte y el número de filos cortantes varía con la operación de mecanizado a realizar. Así por ejemplo en el torneado se utiliza una herramienta monocorte (de un filo); en cambio en el fresado se utiliza una policortante (varis filos). Como la misma debe cumplir su función de corte al menor costo posible, el material utilizado en su construcción debe estar relacionado con el tipo de material a trabajar, el número de piezas a obtener; la tolerancia de fabricación y el grado de terminación de superficie que se desea obtener. Los materiales que se utilizan para su construcción son:

- a. Acero al carbono: (0.6 a 1.6 % de carbono), que si bien son de bajo costo, necesitan un tratamiento térmico una vez construida, para darle resistencia y duración del filo de corte. Se utilizan normalmente para el sistema de fabricación por unidades.
- b. Aceros rápidos: son aleaciones que se obtienen agregando a un acero de bajo contenido de carbono (0.7 a 0.9) wolframio o tungsteno (13 a 19%); cromo (3.5 a 4.5%) y vanadio (0.8 a 3.2%).
- c. Aceros súper-rápidos: que tienen los mismos componentes que los aceros rápidos más el agregado de cobalto (4 a 12%).
- d. Plaquetas de metal duro: que son aleaciones de carbono y tungsteno que se construyen en distintas formas y dimensiones y se adosan a trozos de acero al carbono (soporte). Actualmente se construyen también de zirconio. Sus ventajas es que se puede trabajar con altas velocidades de corte con gran duración del filo.

Velocidad de corte: es evidente que cuanto mayor es la velocidad de corte del material, menor será el tiempo de mecanizado, y por lo tanto menor el costo de mecanizado. Sin embargo su valor está limitado por el tipo de material a mecanizar y el material de la herramienta de corte. Es decir, por ejemplo una herramienta de acero rápido podrá trabajar a una velocidad de corte mayor que una de acero al carbono, porque la resistencia del filo y por lo tanto su duración será mayor. La determinación de cual es la velocidad de corte más conveniente fue y es objetos de continuas investigaciones, sobre todo debido a que el adelanto tecnológico ha permitido la construcción de materiales para la construcción de herramientas de corte de gran rendimiento.

El que inició este tipo de investigaciones fue Taylor, utilizando herramientas de aceros aleados, que los denominaba en esa época (1900), aceros cuaternarios. En base a sus experiencias estableció que la velocidad de corte depende principalmente de los siguientes factores:



- Material que se trabaja.
- Material de la herramienta de corte.
- Sección de viruta que se corta.
- Valores de los ángulos de corte.
- Forma del filo de corte.
- Presión de la viruta sobre el filo de corte.
- Duración del filo de corte sin reafilar.
- Lubricación y/o refrigeración durante el corte.
- Potencia necesaria para el corte.
- Velocidades de rotación y de avance de la máquina herramienta.
- Composición química y tratamiento del material de la herramienta de corte.

Los ensayos los realizó Taylor con distintos materiales y velocidades de corte, de tal manera que la vida útil del filo de la herramienta (sin reafilar) sea de 90 minutos. En base a los resultados obtenidos estableció las siguientes formulas empíricas, que relaciona la sección de viruta con la velocidad de corte:

$$e \times a^m \times v_c^n = Cte$$

Donde:

e: espesor de viruta cortada (mm)

a: avance de la herramienta o la pieza (mm)

v_c : Velocidad de corte (m/mm)

m y n: coeficiente que depende del tipo de material en trabajo

Así por ejemplo, tenemos:

Acero dulce: $K_z = 39.5 \frac{Kg}{mm^2}$ y 35.5% $e \times a^{1.2} \times v^{2.4} = 96.200$

Acero semiduro: $K_z = 51$ y 30% $e \times a^{1.2} \times v^{2.4} = 18.320$

Acero duro: $K_z = 83$ y 14% $e \times a^{1.2} \times v^{2.4} = 2.730$

Fundición gris: $e \times a^{1.62} \times v^{3.36} = 955.200$

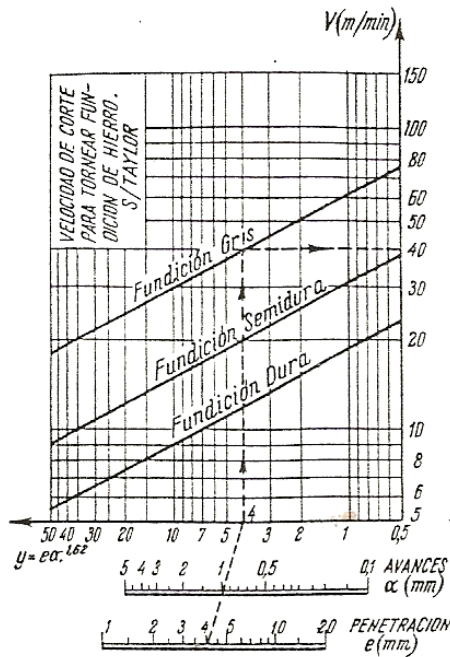
Fundición semidura: $e \times a^{1.62} \times v^{3.36} = 93.020$

Fundición dura: $e \times a^{1.62} \times v^{3.36} = 16.320$

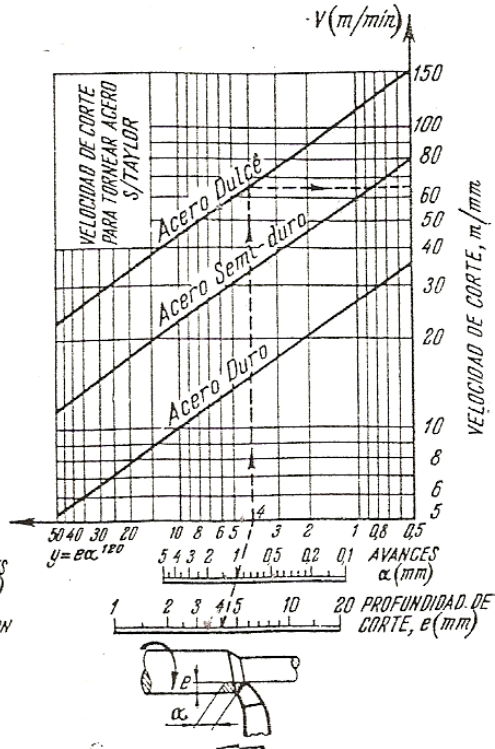
Para determinar la velocidad de corte más conveniente utilizando dichos gráficos, se procede de la siguiente manera:

Se une el valor del espesor de corte adoptado en la escala correspondiente con el del avance en su escala y se continúa el trazo hasta cortar un valor determinado en la accisa del diagrama. Por el punto obtenido se levanta una vertical hasta encontrar la recta representativa del material en trabajo, y se lee horizontalmente el valor de la velocidad de corte a adoptar en la ordenada.

Posteriormente a Taylor, Kronnemberg, tomando como base ensayos realizados por la asociación Alemana de ingeniería, estableció en base a relaciones trigonométricas, una formula para determinar analíticamente la velocidad de corte en función de lo que definió como “velocidad específica”, que es aquella que cortando una viruta de 1mm² de sección, pone fuera de servicio a una herramienta, construida en acero rápido con 16% de tungsteno, en una hora.

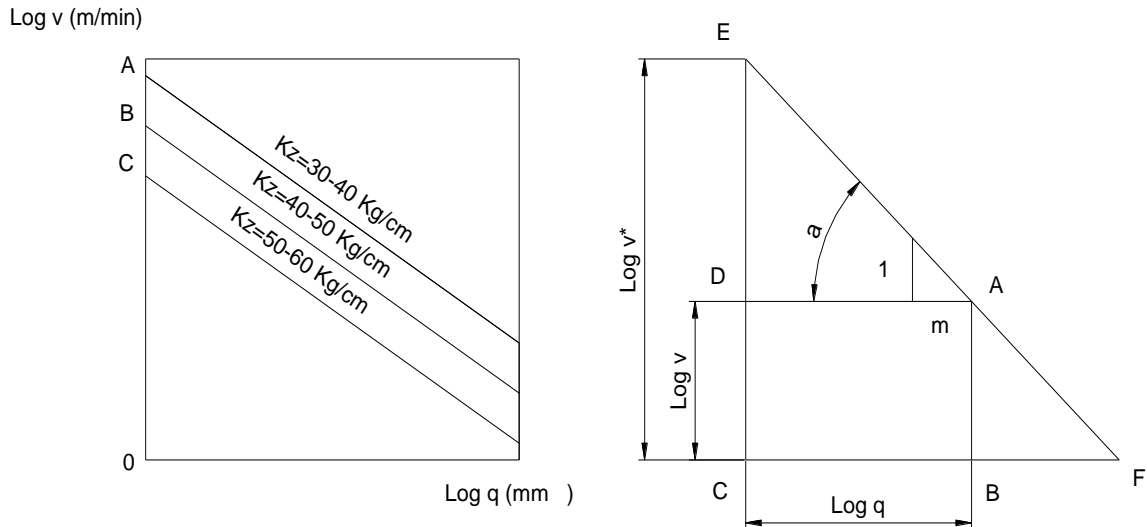


— Determinación gráfica de la velocidad de corte según fórmulas (4), (5), (6) de Taylor.



— Determinación gráfica de la velocidad de corte según fórmulas (1), (2), (3) de Taylor.

Los ensayos realizados por la asociación Alemana de ingenieros consistió en mecanizar aceros de valores conocidos de resistencia a la tracción, utilizando una herramienta de acero rápido con un contenido de tungsteno entre el 16 y el 18%, a distintas velocidades de corte y de tal manera que para una sección de viruta de 1mm² el filo de la herramienta durara una hora. Con los valores obtenidos trazaron un gráfico velocidad de corte-sección de viruta, tomando como origen un valor de sección de viruta de 1mm². Para los distintos aceros en ensayos, la grafica de los valores obtenidos dio rectas inclinadas hacia el eje de accisa. En base a dicho gráfico Kronnemberg realizo el siguiente razonamiento. Si se toma cualquiera de las rectas representativas de un acero en el grafico se tiene un triangulo tal como el CEF. Del mismo se deduce lo siguiente:



$$CE = CD + DE$$

$$CE = \text{Log} V' (V' = \text{velocidad específica})$$

$$CD = AB = \text{Log} V$$

$$DE = DA \text{tg} \alpha = \frac{1}{m} \times DA$$

$DA = CB = \text{Log} q$ por lo tanto

$$DE = \frac{1}{m} \text{Log} q$$

$$\log v' = \log v + \frac{1}{m} \log q \Rightarrow \log v = \log v' - \frac{1}{m} \log q$$

$$v = \frac{v'}{q^{\frac{1}{m}}} = \frac{v'}{\sqrt[m]{q}}$$

Ecuación de Kronenberg, donde "m" coeficiente característico de cada material y que dicho investigador tabulo en base a sus experiencias.

A partir del año 1914, otro investigador de apellido Denis, se ocupó también del tema, y si bien en sus experiencias utilizó un criterio menos preciso que los de Taylor, dieron lugar a una demostración gráfica que comprobó la necesidad de elegir la velocidad de corte entre ciertos límites, para los aceros de herramienta. Las experiencias de Denis, consistieron en determinar el volumen de viruta cortada para una duración del filo de la herramienta de 90 minutos, para distintas condiciones de trabajo. Durante el ensayo varió lo siguiente: a) material en trabajo b) material de la herramienta de corte (acero al carbono, acero rápido, acero súper rápido) c) forma del borde cortante d) sección de viruta cortada, etc. Denis adoptó una sección de viruta según el tipo de mecanizado, a lo que denominó "sección normal", así utilizó:

Para el torneado $A=0.5\text{mm} \rightarrow E=5\text{mm}$

Para el taladrado $A=0.25\text{mm} \rightarrow E=25\text{mm}$

Para el fresado $A=0.05\text{mm/diente}$: largo de la fresa $b=50\text{mm}$ para fresa cilíndrica.

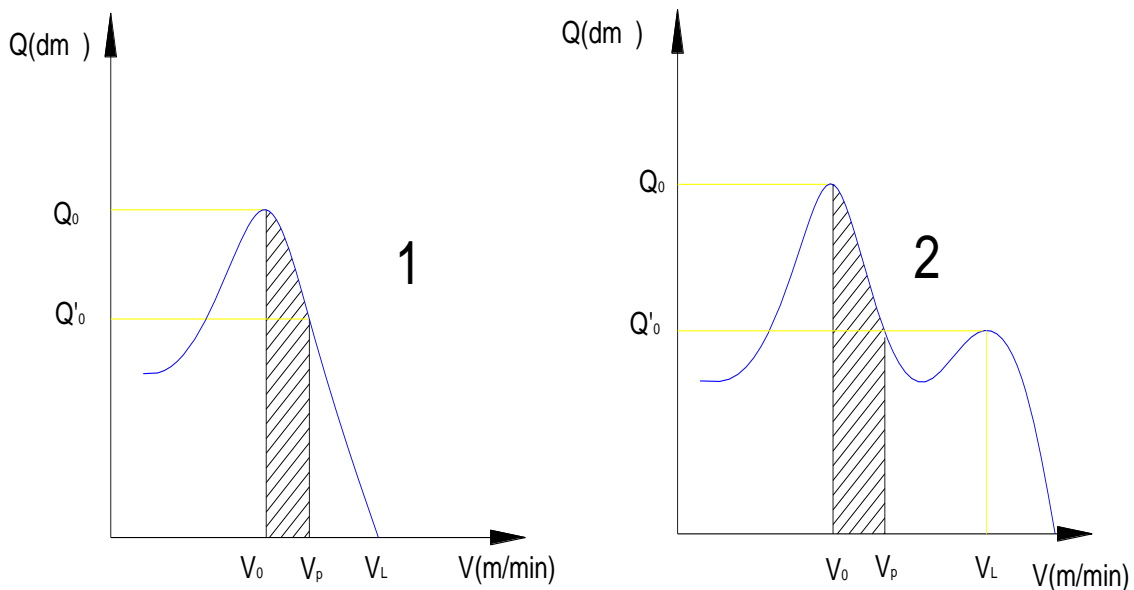
Utilizó además para cada operación y material los valores de ángulo de corte que se indica en la tabla siguiente:



Material	Torneado Fresado			Taladrado		
	α	β	γ	α	β	γ
Aluminio-latón cobre	50°	10°	30°	55°	15°	20°
Acero dulce	55°	10°	25°	55°	15°	20°
Acero semi-dulce	60°	10°	20°	60°	15°	15°
Acero duro	65°	8°	17°	60°	15°	15°
Acero muy duro	75°	6°	9°	70°	10°	10°

Preparada la herramienta de corte con los ángulos de corte correspondiente según operación y material en trabajo, y trabajando de tal manera que la duración del filo sea de 90 minutos, valorizo para cada velocidad de corte utilizada, el volumen de viruta cortada. Los valores obtenidos los represento en un gráfico caudal velocidad de corte, obteniendo una serie de puntos, cuya unión dio lugar a una curva, que la denomino “curva de producción”.

Obtuvo de esta manera curvas de la siguiente forma:



Analizando la curva tipo 1 se deduce lo siguiente:

- Que existe una velocidad máxima de producción (V_0)
- Que para valores mayores la producción de virutas disminuye (curva descendente)
- Que existe una velocidad límite (V_e) para la cual el filo de la herramienta se destruye, es decir pierde efectividad.
- Que para velocidades menores a (V_0) la producción disminuye. En base a ello Denis adopta velocidad práctica límite $V_p = 4/3V_0$, ya que si bien el volumen de viruta disminuye, la velocidad de corte adoptada disminuye el tiempo de mecanizado, compensando el menor volumen cortado, con el tiempo de producción. La zona rayada indica velocidades de corte convenientes de adoptar.



Del análisis de la curva 2, surge lo siguiente:

- Que la misma presenta dos valores de velocidad máxima
- Que trazando una horizontal tangente al máximo de la curva de menor valor se obtiene una determinada velocidad, para la cual el volumen de viruta cortado es de 1/3 a 1/4 de Q_0 . Dicho valor Denis adopta como velocidad práctica límite V_p
- Que para una determinada velocidad también el filo pierde efectividad, que adopta $V_1 = 2V_0$

En base a estos resultados de sus experiencias Denis, enunció la “Ley de rendimiento constante” que la indica matemáticamente de la siguiente manera:

$$a \times q \times V^3 = cte \text{ (para torneado y fresado)}$$

$$a^2 \times d^4 \times V^3 = cte \text{ (para taladrado)}$$

Donde:

a: avance (mm/vuelta)

q: sección de viruta (mm²)

v: velocidad de corte (m/minuto)

d: diámetro (mm)

Si indicamos con el subíndice 1, los parámetros correspondientes a los que Denis considera sección normal se pueden establecer las siguientes relaciones con respecto a una sección cualquiera:

$$a_1 \times q_1 \times V_1^3 = a_2 \times q_2 \times V_2^3 \text{ (para torneado y fresado)}$$

$$a_1^2 \times d_1^4 \times V_1^3 = a_2^2 \times d_2^4 \times V_2^3 \text{ (para taladrado)}$$

Fuerza y potencia de corte:

Fuerza de corte: en general se expresa por:

$$F(Kg) = q(mm^2) \times K_s \left(\frac{Kg}{mm^2} \right) = e(mm) \times a(mm) \times K_s \left(\frac{Kg}{mm^2} \right)$$

Donde:

e: espesor de viruta

a: avance

K_s : resistencia específica

Potencia de corte: se expresa por:

$$N = \frac{F \times v}{75 \times 60} \left(Kg \times \frac{m}{min} \frac{1}{\frac{Kgm}{Seg} \times CV \text{ Min}} \right) = (CV)$$

La velocidad de corte es una velocidad tangencial, por lo tanto lo podemos expresar por:

$$V \left(\frac{m}{min} \right) = \frac{\pi \times d \times n}{1000} = \frac{2\pi \times R \times n}{1000}$$



Para “d” y “R” en mm. Reemplazamos en la formula de potencia y operando tendremos:

$$N = \frac{2\pi \times R \times n \times F}{75000 \times 60}$$

$R \times F =$ (momento torsor)

$$N = \frac{2\pi \times M_t \times n}{75000}$$

De esta última ecuación podemos obtener una relación de gran utilidad cuya experiencia varia según se toma el momento torsor en Kg/mm, Kg/cm, Kgm

Para M_t en Kg/mm es $\rightarrow M_t = 716.200 \frac{N}{n}$

Para M_t en Kg/cm es $\rightarrow M_t = 71.620 \frac{N}{n}$

Para M_t en Kgm es $\rightarrow M_t = 716,2 \frac{N}{n}$

Ordenamiento de las velocidades de rotación: toda máquina herramienta debe disponer de velocidades de rotación variables a elección, en el eje principal o husillo, ya que para un mismo material, los diámetros a mecanizar pueden ser distintos y por lo tanto distintas velocidades de corte a adoptar; y que además se mecanizan distintos materiales. Las velocidades de rotación disponibles deben estar ordenadas convenientemente para lograr el mayor aprovechamiento de la máquina herramienta. Este ordenamiento puede ser realizado en progresión aritmética o geométrica. Si designamos por Q: la razón entre términos y Z: el número de velocidades de rotación o escalonamiento tendremos:

Ordenamiento en progresión aritmética:

$n_1 =$ velocidad inicial

$n_2 = n_1 + \varphi$

$n_3 = n_2 + \varphi = n_1 + \varphi + \varphi = n_1 + 2\varphi$

.....

.....

$$n_n = n_1 + (Z - 1)\varphi \Rightarrow \varphi = \frac{n_n - n_1}{Z - 1}; Z = \frac{n_n - n_1}{\varphi} + 1$$

Ordenamiento en progresión geométrica:

$n_1 =$ velocidad de corte

$n_2 = n_1 \times \varphi$

$n_3 = n_2 \times \varphi = n_1 \times \varphi \times \varphi = n_1 \times \varphi^2$

.....

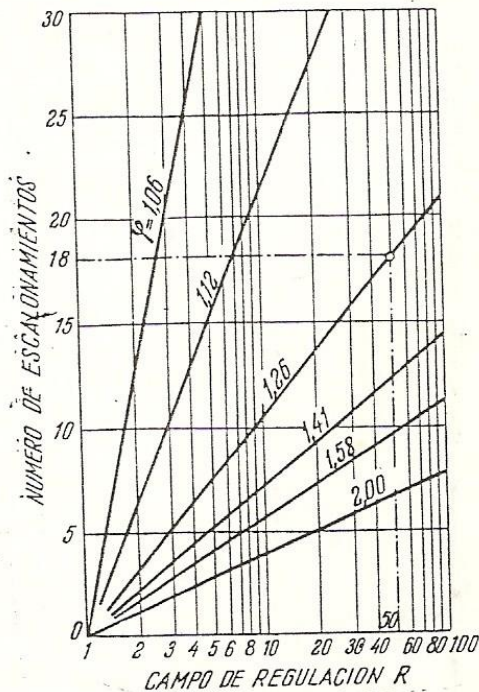
.....



$$n_n = n_1 \times \varphi^{Z-1} \Rightarrow \varphi = \sqrt[Z-1]{\frac{n_n}{n_1}}; Z = \frac{\log \frac{n_n}{n_1}}{\log \varphi} + 1$$

El valor $\varphi^{Z-1} = \frac{n_{max}}{n_{min}} = R$ se denomina también campo de regulación o factor de regulación.

En una máquina herramienta es fácil determinar, si no se conoce, las velocidades, mínima y máxima de rotación y por lo tanto determinar el valor del campo de regulación, por la acción anterior. La asociación de fabricantes Alemanes de máquinas herramientas han adoptado una serie de valores normalizados de φ que lo graficaron en función del campo de regulación y el número de escalonamiento (velocidades). Conociendo entonces los valores de n_{min} y n_{max} de Z se puede determinar el valor de φ en el gráfico.

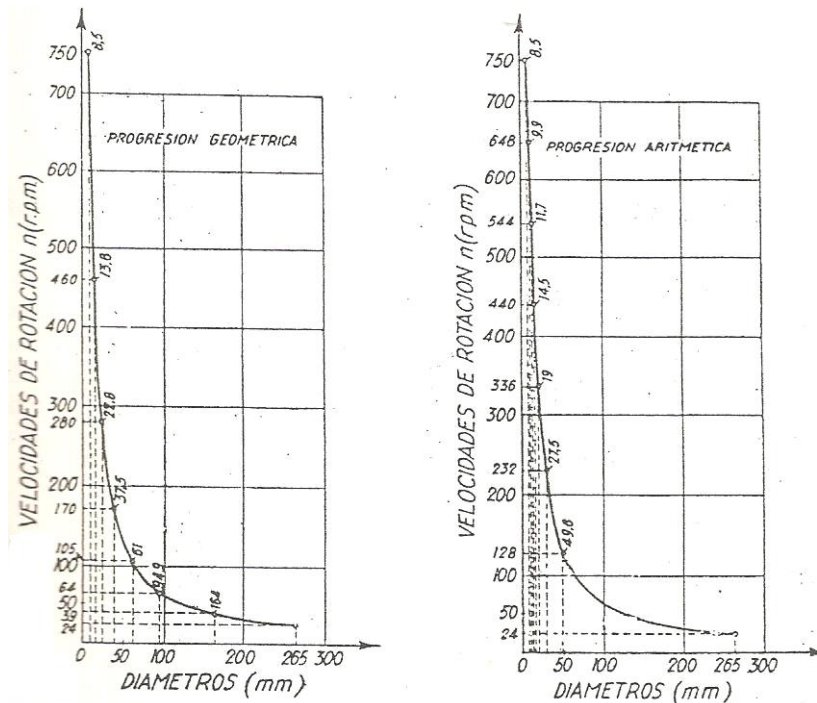


De la expresión:

$$V \left(\frac{m}{min} \right) = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \Rightarrow \frac{V \times 1000}{\pi} = d \times n; \text{ para } V = cte \text{ será también } \frac{V \times 1000}{\pi} = cte;$$

luego resulta $n \times d = cte$

Ecuación que corresponde a una hipérbola equilátera. Si representamos los valores correspondientes a ambos tipos de escalonamiento tomando en ordenada los "n" y en abscisa los de "d", se obtendrá la siguiente representación grafica.



De las curvas obtenidas se deduce que para la programación aritmética la misma es más asintótica que la correspondiente a la programación geométrica. Como consecuencia de ello, en la primera, para diámetros pequeños se tiene muchos valores de “n”, lo que dificulta su elección. Por tal motivo normalmente las máquinas herramientas se construyen con sus velocidades de rotación escalonadas en programación geométrica.

Para la elección rápida de la velocidad de rotación a utilizar en una máquina herramienta la solución es disponer de gráficos, que relacionen la velocidad de corte, el diámetro y el valor de la velocidad de rotación.

Los diagramas que relacionan los parámetros mencionados se los denomina “diagrama en abanico”, y dentro de los mismos el más utilizado es el “diagrama diente de sierra”. Si en la ecuación de la velocidad de corte hacemos $\frac{\pi \times n}{1000} = cte$ resulta $\rightarrow V = cte \times d$ ecuación del tipo $Y = cte \times x$. Que corresponde a una recta que pasa por el origen de un par de ejes coordenados. Para su trazado debemos conocer otro punto en el plano. Para determinarlo se procede de la siguiente manera:

- Se fija un valor constante de “V” que por razones prácticas se toma normalmente igual a 10π . Con ello resulta:

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{1000} = 10\pi \text{ de donde } d = \frac{10.000}{n}$$

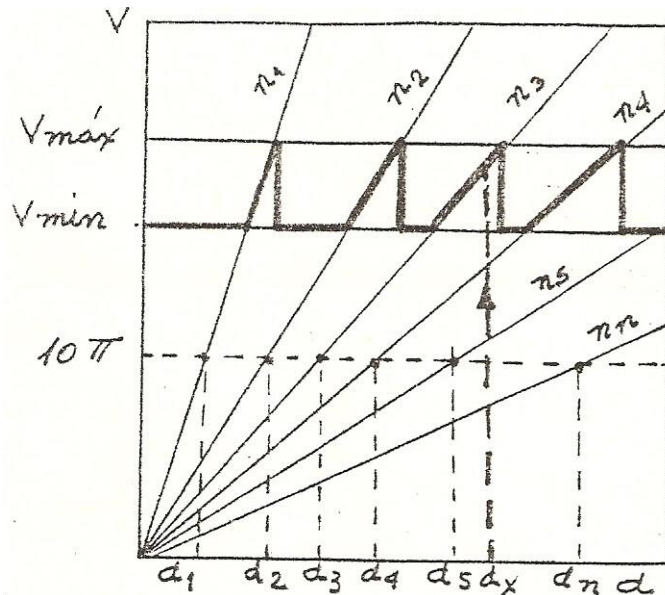
En general para cualquier valor de “V” será $d = \frac{cte}{n}$

- Se determina los valores de “d” con la ecuación anterior.
- Adoptando una escala determinada se toman en ordenada valores de “V” y en abscisa valores de “d”.
- Por el valor de $V = 10\pi$ se traza una horizontal y por cada valor de “d” una vertical, hasta cortar la anterior. Los puntos de intersección representan el segundo punto por donde pasara la recta representativa de “n”, correspondiente a cada valor de “d”. El diagrama obtenido constituye el “diagrama en abanico”. Las herramientas de corte, admiten distintas velocidades de corte en base al material con que son construidas. Dichas velocidades generalmente se adoptan entre un valor máximo y uno mínimo. Estos valores se toman en



el eje de ordenada obteniéndose una “franja” de velocidades dentro del cual queda determinada el diente de sierra, denominado de esta manera por la forma o perfil que se obtiene.

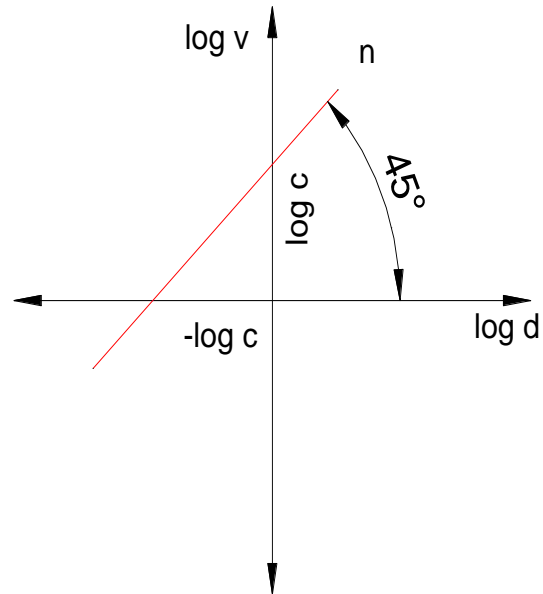
- Trazando el diagrama “diente de sierra” para la máquina herramienta en estudio, para determinar el valor más conveniente de “n” en función del diámetro de la pieza a mecanizar y el material de la herramienta de corte se procede de la siguiente manera: se ubica en abscisa el valor del diámetro del material en trabajo. Por el valor obtenido se traza una vertical, hasta cortar una recta de “n” dentro de la franja del diente de sierra, o la recta más próxima sino se llega a cortar una de ellas.



En la práctica puede ocurrir que las rectas representativas de “n”, por los valores adoptados para el trazado del diagrama., se aproximen demasiado al eje de ordenadas con lo cual la gama de diámetros que se puede mecanizar se reduce y además la elección de “n” se hace engorrosa. Cuando se presenta este problema una de las soluciones es trazar el diagrama con dos valores de ϕ , adoptando el valor más bajo para las menores velocidades de rotación. Otra de la solución es trazar el diagrama diente de sierra en coordenadas logarítmicas.

Si en la ecuación $V = cte \times d$ aplicamos logaritmos tendremos:

$$\log V = \log cte + \log d$$



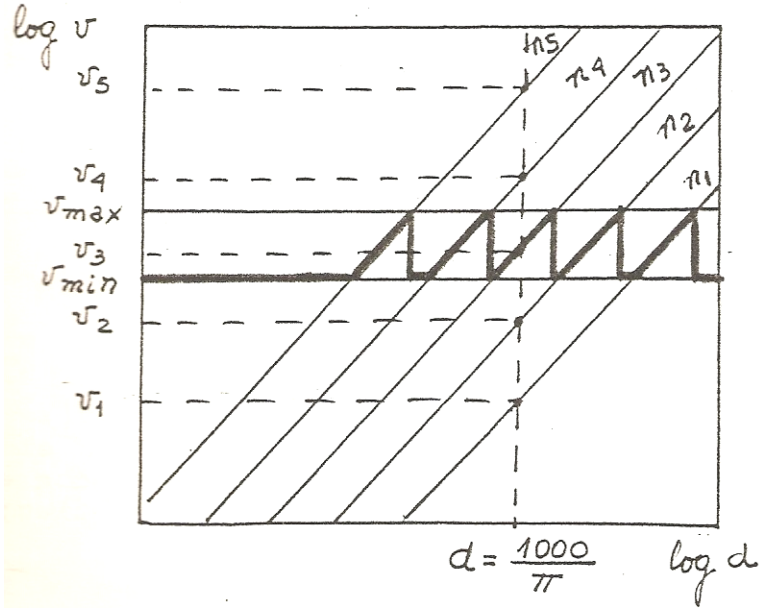
Si tomamos $v=1$ es $\text{Log } v=0$ y resulta $\text{Log } d=-\text{Log } Cte.$, cuyo valor numérico dará un punto sobre la abscisa. De la misma manera para $d=1$ es $\text{Log } d=0$ que indica un punto sobre la ordenada. La pendiente de la recta que se obtiene, uniendo ambos puntos dependerá de la escala adoptada para representar $\text{Log } v$ y $\text{Log } d$. Por tal motivo normalmente se toma escalas iguales para ambos parámetros resultando la recta, inclinada a 45° con respecto a los ejes coordenados. Si en la ecuación de “v” hacemos $d = \frac{1000}{\pi}$ resulta:

$$v = \frac{\pi \times n}{1000} \times \left(\frac{1000}{\pi}\right) = n \Rightarrow v = n$$

Si adoptamos $d = \frac{100}{\pi}$ será $n=10v$. Tomar estos valores para “d”, facilita el trazado de diagrama, lo que no excluye que se puedan tomar otros según la conveniencia de quien va a trazar el diagrama. Con los valores adoptados se produce lo siguiente:

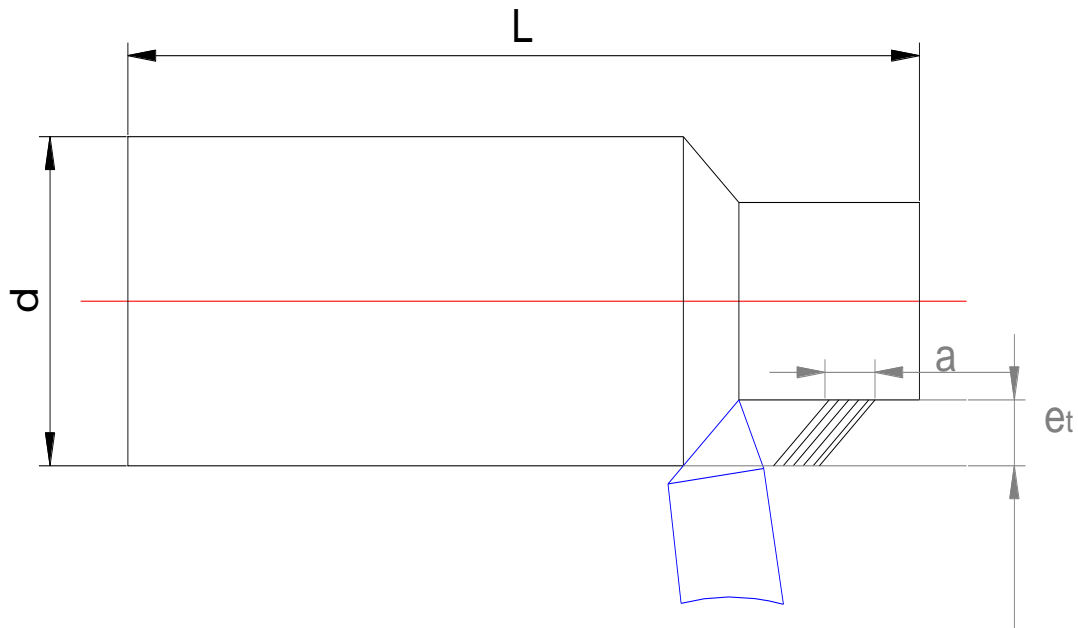
1. Se toma en la escala de $\log d$ un valor $d = \frac{1000}{\pi}$ o $d = \frac{100}{\pi}$ según la amplitud del diagrama que se desea.
2. En la escala $\log v$ se indican los distintos valores de $\log n$ disponibles en el eje principal o husillo de la máquina herramienta. Por los puntos obtenidos se traza una vertical y una horizontal respectivamente. Por los puntos de intersección obtenidos se traza una recta a 45° , con respecto a los ejes coordenados. Se obtendrá de esta manera el diagrama en abanico.
3. Se adopta valores máximos y mínimos de velocidad de corte a utilizar obteniéndose la franja del diente de sierra.

La inclinación a 45° de las rectas representativas de los distintos valores de “n”, permite que los valores de $\log v$ y $\log d$ se tomen horizontalmente o verticalmente, según convenga. Esta característica permite el trazado de un diagrama de fácil interpretación y de gran utilidad para el operador de la máquina – herramienta, ya que entrando al mismo con el valor del diámetro de la pieza a mecanizar y el de velocidad de corte adoptada se determina el valor de “n”. En algunos casos (depende de la casa fabricante de máquina herramienta), se indica en el mismo diagrama la posición de que deben adoptar las palancas de comando de accionamiento del torno, para lograr el valor de “n” aconsejado. Este diagrama viene normalmente impreso en una placa metálica, que se fija en una parte visible de la máquina herramienta.



Tiempo de mecanizado: donde el punto de vista técnico – económico, como lo es por ejemplo la confección de presupuestos, es necesario conocer el tiempo a utilizar para efectuar un determinado trabajo. En general el mismo estará dado por el tiempo necesario para interpretar los planos de fabricación: preparación del material, preparación de la herramienta de corte: avances, espesor de viruta a cortar, etc., más el tiempo necesario para el mecanizado propiamente dicho (corte del material).

$$T_t = T_p + T_m$$



El tiempo de preparación es estadístico, viene determinado por la experiencia. El tiempo de mecanizado propiamente dicho, si puede ser calculado en base a parámetros medibles en la operación. Siguiendo con el “principio básico del corte de metales”, tomaremos como referencia el cálculo del tiempo de máquina en el torneado. Designado por:



L: longitud de la pieza a mecanizar en mm.

n: velocidad de la pieza a mecanizar en v.p.m.

a: avance de la herramienta de corte en mm/vuelta.

n': número de giros (vueltas) de la pieza para que la herramienta se desplace la longitud L.

e_p : Espesor o profundidad de corte por pasada en mm.

e_t : Espesor total del material a cortar en mm.

t_p : Tiempo a emplear para realizar una pasada en la longitud L en mm.

n_p : Número de pasada para completar la operación de corte.

El número de pasadas se obtiene de: $n_p = \frac{e_t}{e_p}$

La longitud L se mecaniza en n' vueltas con un avance "a"

$$L(\text{mm}) = n'(\text{vueltas}) \times a \left(\frac{\text{mm}}{\text{vueltas}} \right)$$

A su vez: $t_p = \frac{n'(\text{vueltas})}{n \left(\frac{\text{vueltas}}{\text{minuto}} \right)}$ de $n' = \frac{L}{a}$

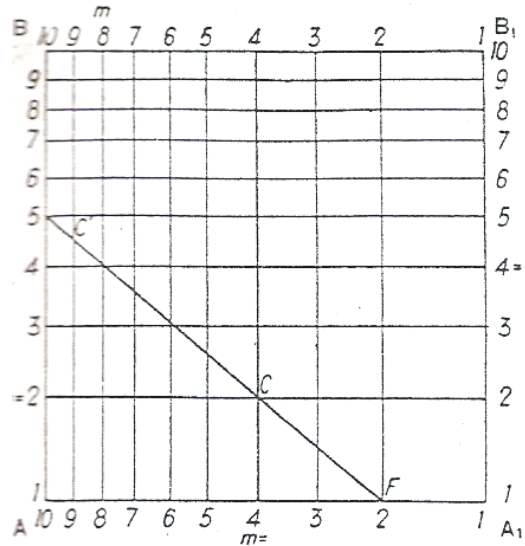
Reemplazando: $t_p = \frac{l}{n \times a} \left(\frac{\text{mm}}{v/\text{min} \times \text{mm}/v} = \text{min} \right)$

Luego: $t_m = n_p \times t_p = \frac{e_t}{e_p} \times \frac{l}{n \times a} (\text{minutos})$ y $t_t = t_p + \frac{e_t}{e_p} \times \frac{l}{n \times a}$

Diagrama tiempo de máquina: es un diagrama que relaciona el diámetro de la pieza a mecanizar con el avance y la velocidad de corte adoptada, y determinar el tiempo de mecanizado, en forma rápida.

El mismo se construye utilizando la propiedad que presenta en los diagramas en escala logarítmica, la denominada "líneas de cociente constante", trazada a 45° con respecto a los ejes coordenados. Estas líneas al cortar la abscisa, indica sobre la misma, el valor del "cociente" entre un número tomado sobre la misma, y otra sobre la ordenada, de tal manera que la vertical y la horizontal trazada respectivamente por dichos puntos, se corten sobre la recta de cociente constante. En el gráfico indicado vemos que:

$$\frac{m}{n} = \frac{8}{4} = \frac{4}{2} = 2$$



Tomando siempre de referencia la operación de torneado, vimos que para la misma el tiempo por pasada se indica por:

$$t_p = \frac{L}{n \times a} = \frac{\pi \times a \times L}{1000 \times v \times a}$$

Operacionalmente un diagrama debe ser útil para cualquier condición, por lo tanto el trazado del diagrama “tiempo de máquina” no lo podemos hacer en base a la ecuación anterior, por lo que en la misma son variables los parámetros L y t_p . Por lo tanto debemos transformarla en una, que sea independiente de los mismos. A tal efecto se considera una longitud unitaria (L_u), generalmente igual a 10mm, y fijar como condición que se cumple la relación:

$$\frac{L}{t_p} = \frac{l_u}{t_u} \quad \text{de donde} \quad t_p = L \times \frac{t_u}{l_u}$$

Reemplazando este valor en la ecuación anterior tendremos:

$$L \times \frac{t_u}{l_u} = \frac{\pi \times d \times L}{1000 \times v \times a}$$

Que la podemos ordenar de la siguiente manera:

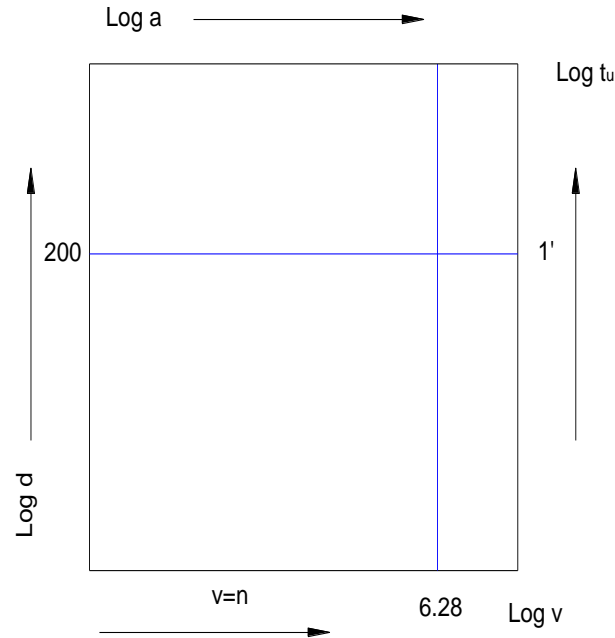
$$\frac{v}{d} = \frac{\pi \times l_u}{1000 \times t_u \times a} = \frac{\pi \times 10}{1000 \times t_u \times a} = \frac{\pi}{100 \times t_u \times a}$$

Multiplicando y dividiendo por 2 el último término será:

$$\frac{v}{d} = \frac{2\pi}{200 \times t_u \times a}$$

O bien también:

$$\frac{v}{d} = \frac{\frac{2\pi}{a}}{200 \times t_u}$$



Este ordenamiento de los parámetros intervinientes permite utilizar la propiedad de la línea cociente constante mencionada anteriormente. A tal efecto, y utilizando una determinada escala logarítmica, se representa:

- En la abscisa inferior y en sentido decreciente de la izquierda a derecha $\log v$.
- En la abscisa superior, en sentido creciente de izquierda a derecha $\log a$, ello para que se cumpla la correlación de escala, ya que la relación $\frac{2\pi}{a} = v$, indica que a medida que disminuye el valor de "a" aumenta el de "v". Así por ejemplo, para $a=1\text{mm}$, es $v=6.28$, valores que deben estar sobre la misma recta vertical en el diagrama.
- En la ordenada de la izquierda valores de $\log d$ en sentido creciente en forma vertical.
- En la ordenada de la derecha valores de $\log t_u$, también en sentido creciente verticalmente a efectos que se cumpla la relación:

$$d = 200t_u \quad \text{de donde} \quad t_u = \frac{d}{200}$$

- En el plano rectas de "n" constante, trazadas de la manera indicada en el trazado del diagrama diente de sierra.

Trazando el diagrama, para determinar el tiempo de mecanizado se produce de la siguiente manera:

- Se entra al diagrama con los valores de v y d conocidos, y se trazan por los puntos que indican sus valores rectas verticales y horizontales respectivamente, que al cortarse entre sí indican el valor de la velocidad de rotación "n" de trabajo.
- Con el valor de avance se determina un punto en la abscisa superior. Por el mismo se traza una vertical hasta cortar la recta representativa de "n" determinada anteriormente. Por el punto de intersección trazamos una horizontal hasta cortar la ordenada de la derecha, donde se lee el tiempo unitario (en esta para $l_u = 10\text{mm}$)
- Se calcula el tiempo total para la longitud total de la pieza en trabajo.

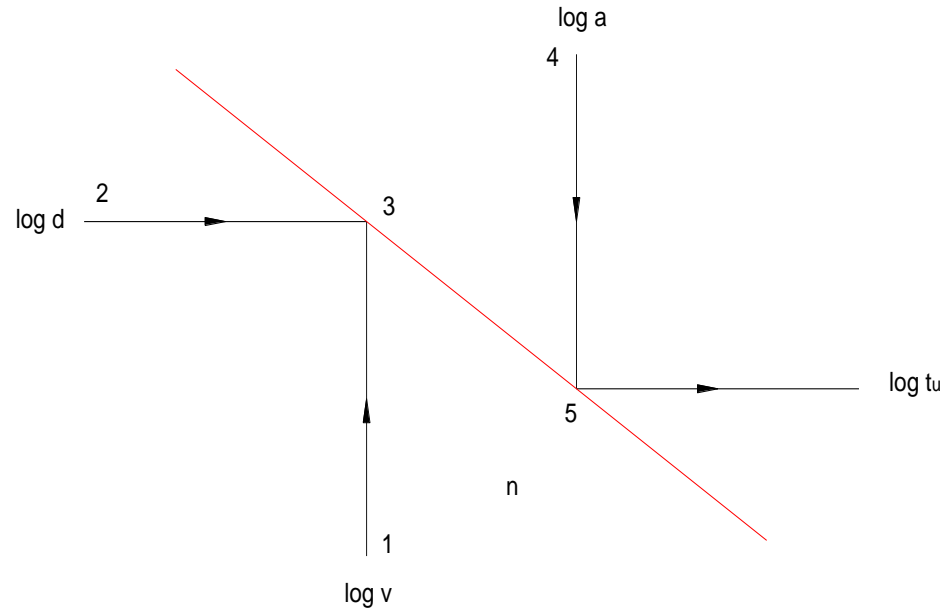


DIAGRAMA DIENTE DE SIERRA LOGARITMICO

