



MÓDULO IV: MECANIZADO POR ARRANQUE DE VIRUTA

TEMA 11: Torneado (I) - Proceso

TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

DPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA

Universidad del País Vasco – Euskal Herriko Unibertsitatea



1. Introducción

- Introducción a los procesos de arranque de viruta
- Características del proceso de torneado y tipos de piezas
- Descripción del proceso de torneado

2. Herramientas de torneado o monofilo

- Partes y elementos de las herramientas de torneado
- Definición de ángulos de herramienta y radio de punta.
- Herramientas enterizas y de plaquitas.

3. Operación de cilindrado

- Parámetros básicos de una operación de torneado
- Fuerza de corte y potencia de corte
- Rugosidad en torneado

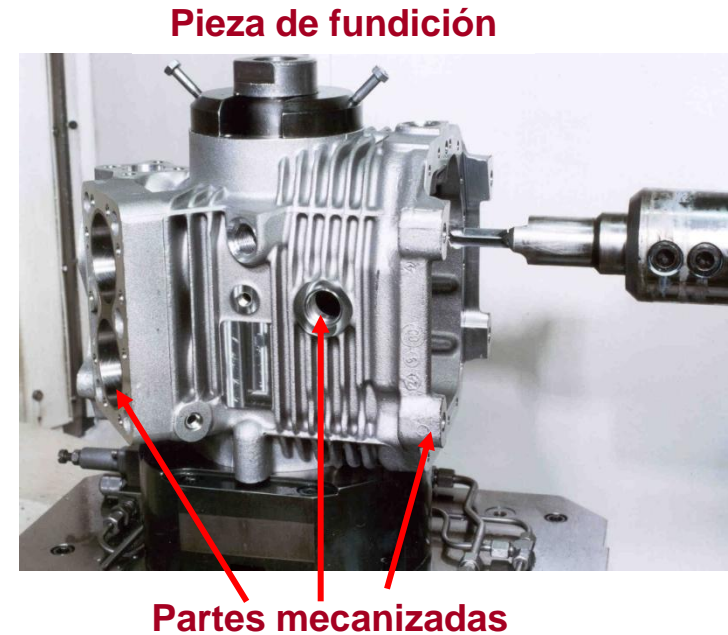
4. Otras operaciones de torneado

5. Cuestionario tutorizado

6. Oportunidades laborales: empresas y productos

INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE ARRANQUE DE VIRUTA:

- Operaciones de alto costo en relación a otros procesos de fabricación.
- Se basan en eliminar material de piezas que generalmente se han fabricado con otros procesos.
- OPERACIONES
 - Desbaste
 - Acabado
- PROCESOS DE MECANIZADO
 - Procesos con herramienta de filos cortantes
 - Torneado
 - Fresado
 - Taladrado
 - Procesos abrasivos → Rectificado
 - Métodos no convencionales
 - Electroerosión
 - Corte por Agua
 - Láser
 - ...

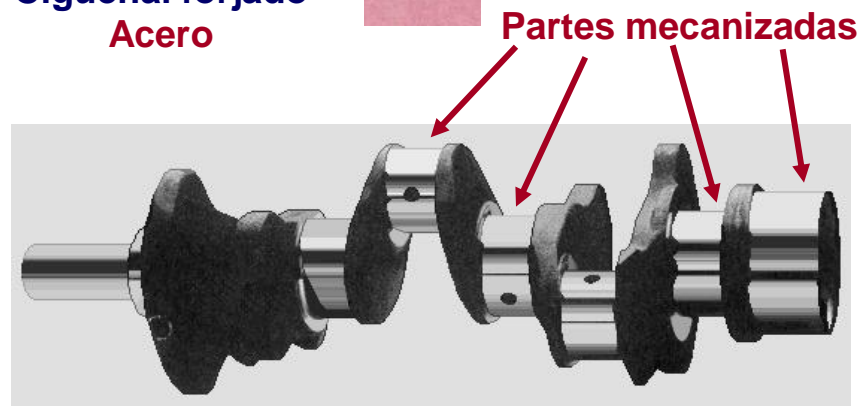


CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE TORNEADO Y TIPOS DE PIEZAS:

- Operaciones de mecanizado para piezas de revolución.
- **VENTAJAS DEL PROCESO**
 - Alta precisión y buen acabado superficial.
 - Aplicado a piezas de diversos tamaños y producciones (desde piezas unitarias hasta largas series).
 - Diferentes materiales (limitación en materiales muy duros).
- **LIMITACIONES DEL PROCESO**
 - Proceso caro.
 - Limitado a piezas de revolución.



Cigüeñal forjado
Acero



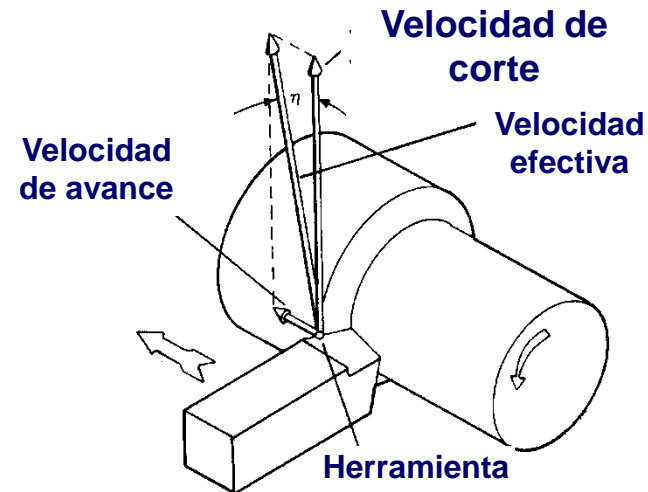
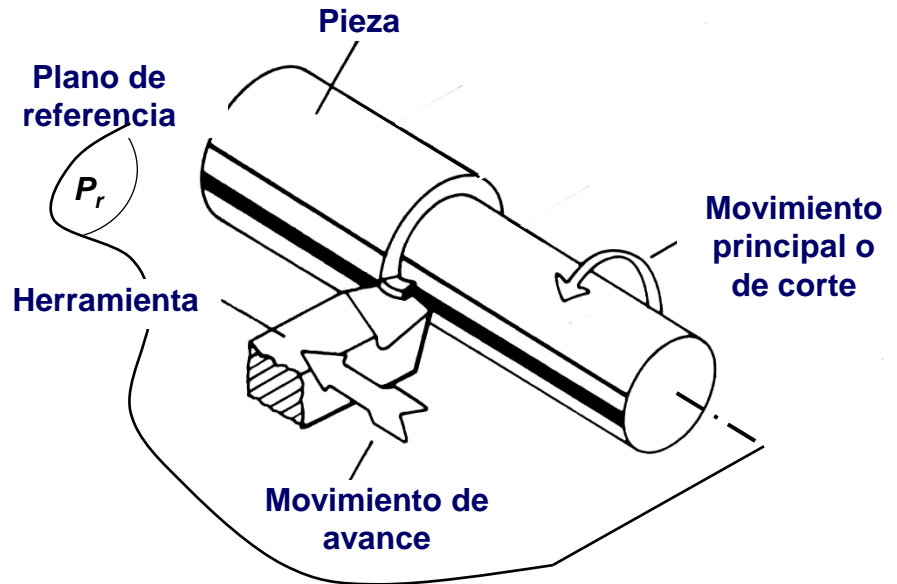
CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE TORNEADO Y TIPOS DE PIEZAS:

- Operaciones de mecanizado para piezas de revolución.
- VENTAJAS DEL PROCESO
 - Alta precisión y buen acabado superficial.
 - Aplicado a piezas de diversos tamaños y producciones (desde piezas unitarias hasta largas series).
 - Diferentes materiales (limitación en materiales muy duros).
- LIMITACIONES DEL PROCESO
 - Proceso caro.
 - Limitado a piezas de revolución.



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TORNEADO

- **APLICACIONES**
Mecanizado de piezas de revolución.
- **COMBINACIÓN DE DOS MOVIMIENTOS DIFERENTES:**
El movimiento principal o de corte
El movimiento de avance
- **MOVIMIENTO PRINCIPAL**
Giro de la pieza
Elevado consumo de potencia
Velocidad mucho mayor que el movimiento de avance.
- **MOVIMIENTO DE AVANCE**
Traslación de la herramienta.
Menor velocidad y consumo de potencia.





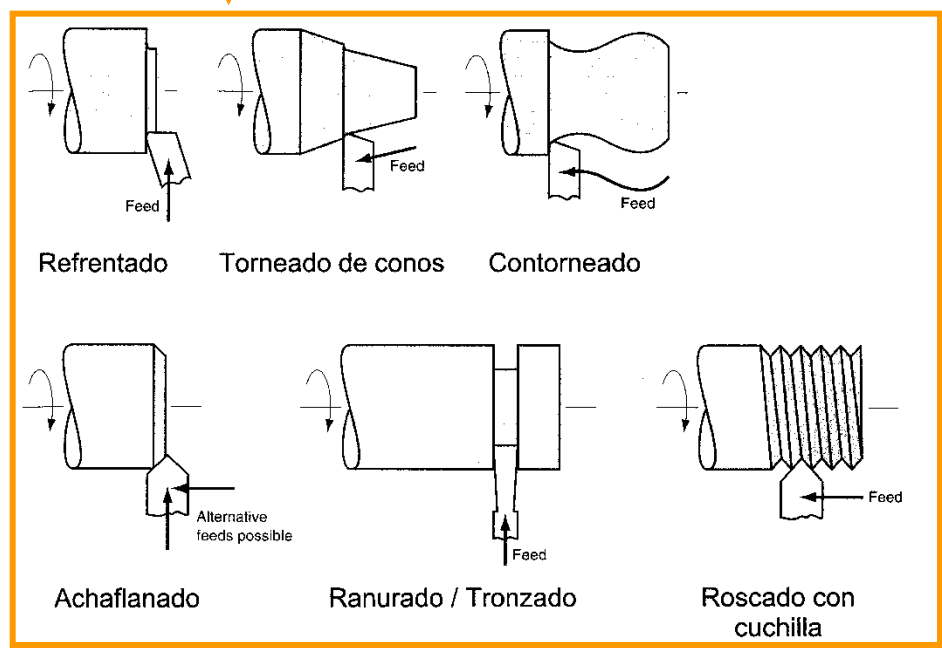
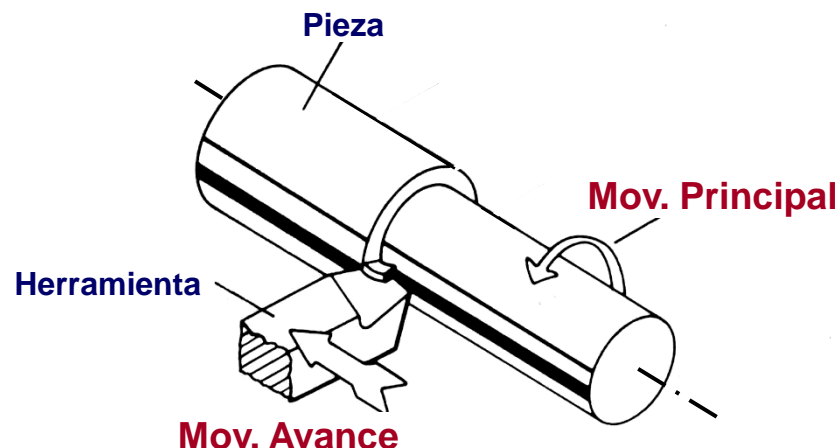
1. Introducción



1. Introducción

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TORNEADO

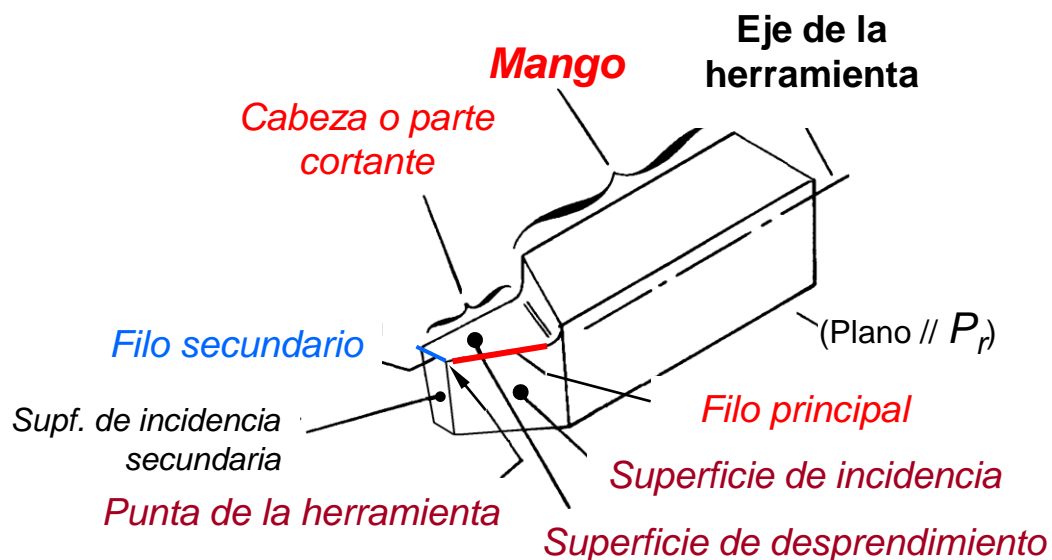
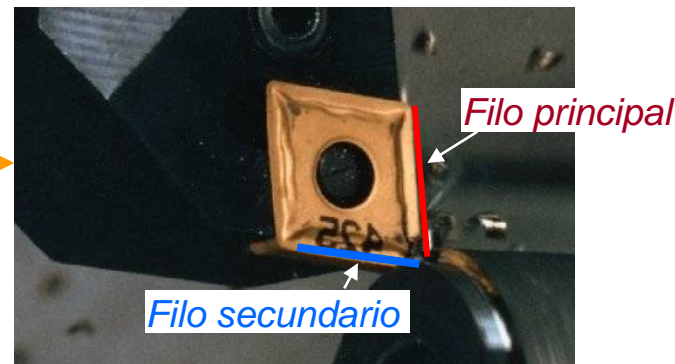
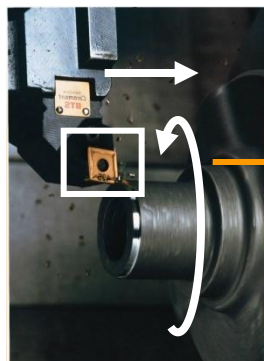
- **APLICACIONES**
Mecanizado de piezas de revolución.
- **COMBINACIÓN DE DOS MOVIMIENTOS DIFERENTES:**
El movimiento principal o de corte
El movimiento de avance
- **MOVIMIENTO PRINCIPAL**
Giro de la pieza
Elevado consumo de potencia
Velocidad mucho mayor que el movimiento de avance.
- **MOVIMIENTO DE AVANCE**
Traslación de la herramienta.
Menor velocidad y consumo de potencia.



2. Herramientas de torneado

PARTES DE UNA HERRAMIENTA DE TORNEADO:

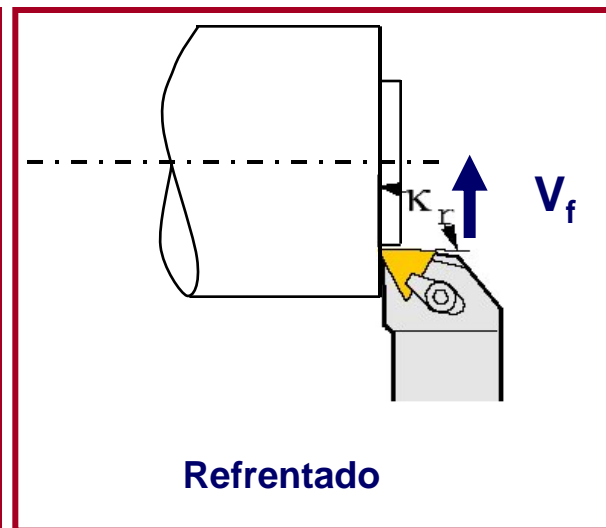
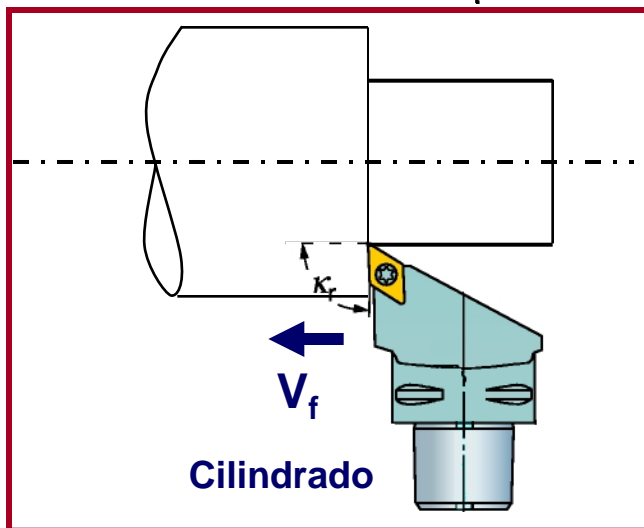
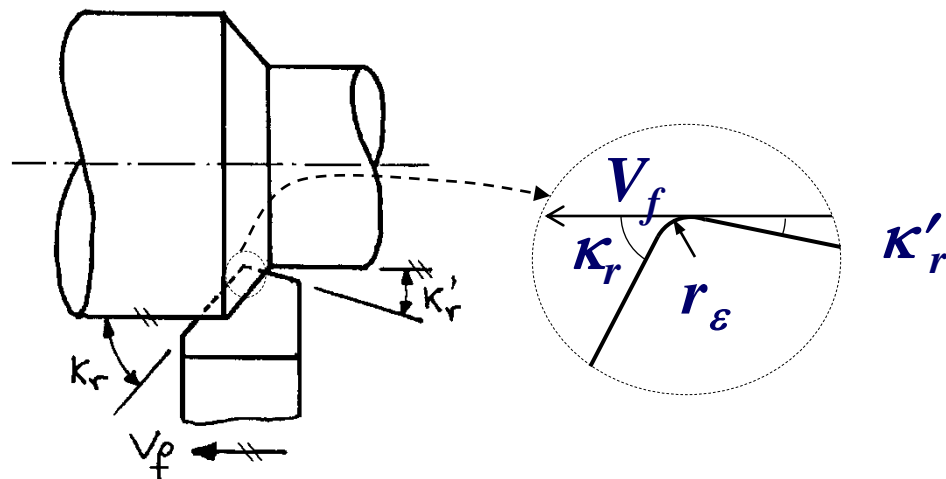
- SE DIVIDE EN:
 - Mango
 - Parte Cortante
- EN LA PARTE CORTANTE:
 - Filo Principal
 - Filo Secundario
 - Superficie de incidencia
 - Superficie de desprendimiento
 - Punta de la herramienta



2. Herramientas de torneado

DEFINICIÓN DE ÁNGULOS DE HERRAMIENTA (I): ÁNGULOS DE POSICIÓN DE FILO Y RADIO DE PUNTA:

- SE PUEDEN DEFINIR¹:
 - Ángulo de posición de filo principal (κ_r)
 - Ángulo de posición de filo secundario (κ'_r)
 - Radio de punta (r_ϵ)

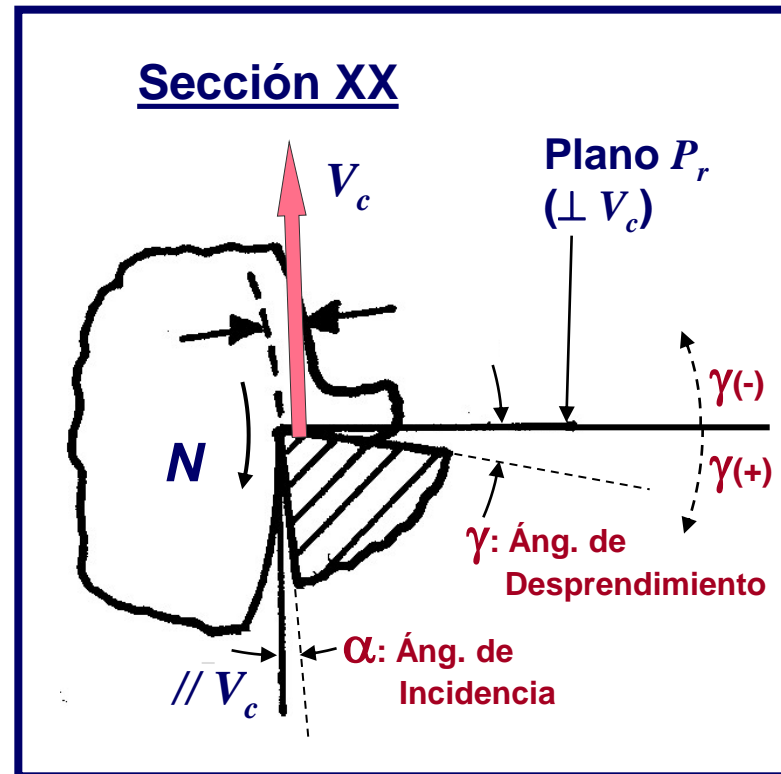
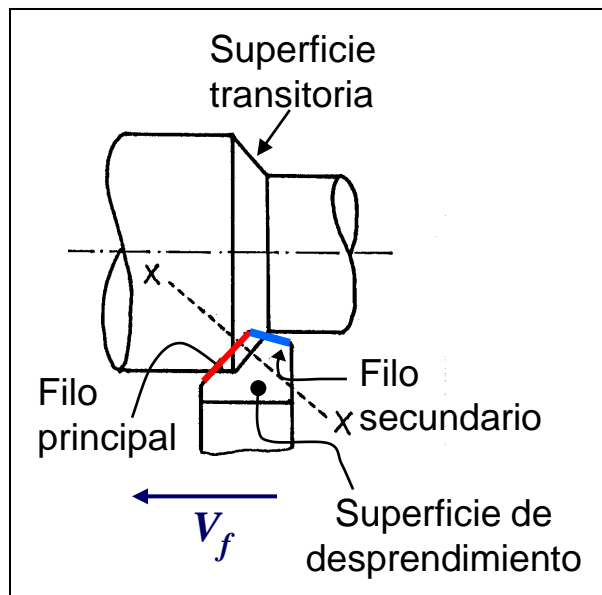
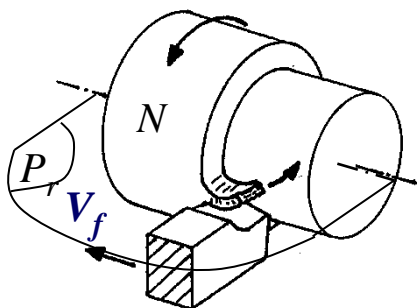


¹**Nota:** La nomenclatura utilizada para designar ángulos y partes de las herramientas se basa en la Norma UNE 16-149 (Equivalente ISO 3002/1)

2. Herramientas de torneado

DEFINICIÓN DE ÁNGULOS DE HERRAMIENTA (II): ÁNGULOS DE DESPRENDIMIENTO E INCIDENCIA:

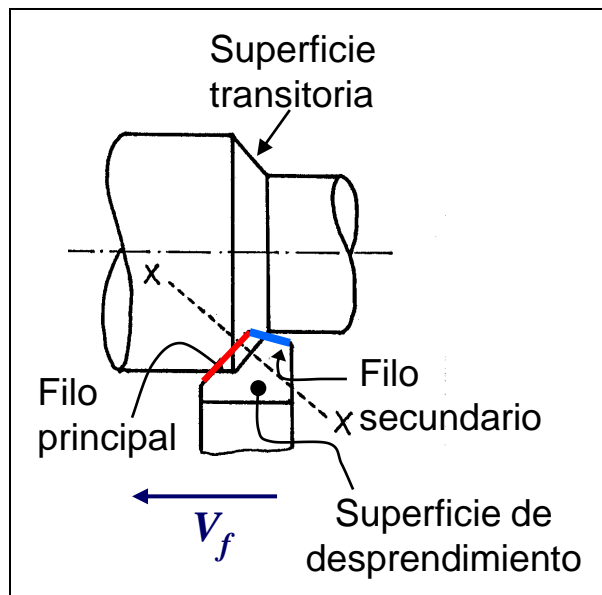
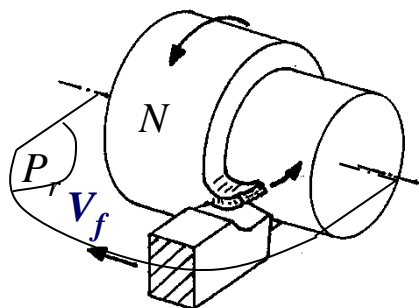
- SE PUEDEN DEFINIR¹:
 - Ángulo de desprendimiento
 - Ángulo de Incidencia



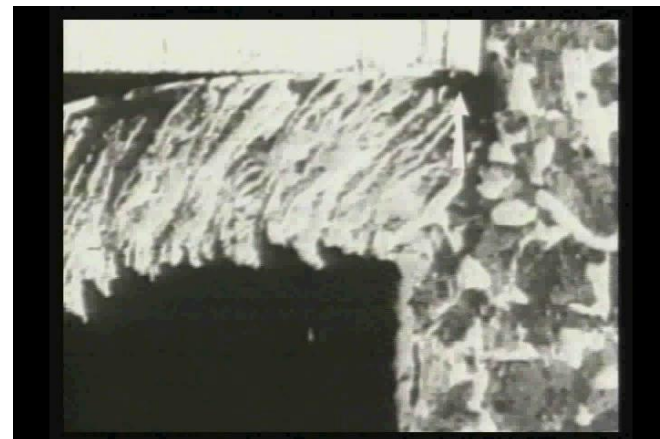
¹**Nota:** La nomenclatura utilizada para designar ángulos y partes de las herramientas se basa en la Norma UNE 16-149 (Equivalente ISO 3002/1)

DEFINICIÓN DE ÁNGULOS DE HERRAMIENTA (II): ÁNGULOS DE DESPRENDIMIENTO E INCIDENCIA:

- SE PUEDEN DEFINIR¹:
 - Ángulo de desprendimiento
 - Ángulo de Incidencia



Material Dúctil



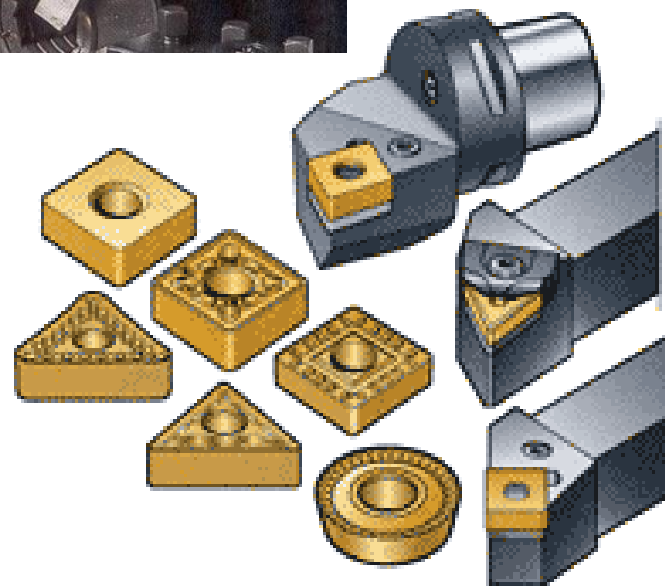
Material Frágil



¹**Nota:** La nomenclatura utilizada para designar ángulos y partes de las herramientas se basa en la Norma UNE 16-149 (Equivalente ISO 3002/1)

HERRAMIENTAS ENTERIZAS Y DE PLAQUITAS

- Las herramientas enterizas:
 - Son de un solo cuerpo.
 - Los filos están tallados sobre el cuerpo de la herramienta.
 - Son reafilables.
- Las herramientas de plaquitas:
 - El filo está en un elemento denominado plaquita.
 - La plaquita se monta sobre el cuerpo de la herramienta.
 - Son desechables.



PARÁMETROS BÁSICOS DE UNA OPERACIÓN DE TORNEADO

Los parámetros de mecanizado influyen en:

- Tiempo de mecanizado → Productividad
- Calidad de la pieza mecanizada → Acabado

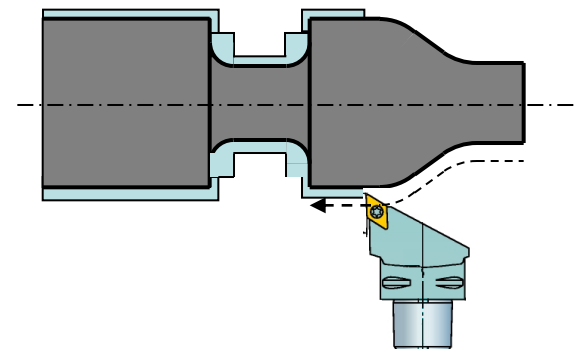
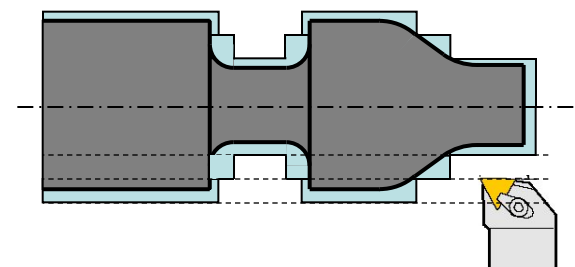
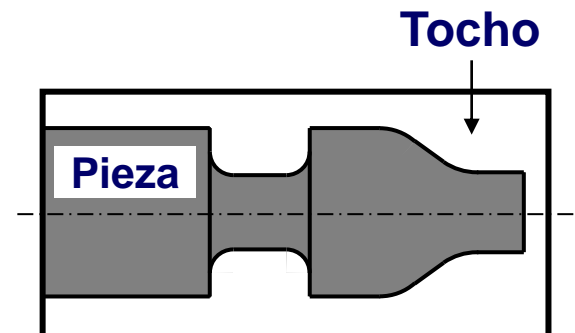
Se realizan operaciones de DESBASTE y ACABADO:

• DESBASTE

Eliminar la máxima cantidad de material → Productividad
Acercarse a la forma final sin importar el acabado
Se usan herramientas robustas → Mayor Tamaño

• ACABADO

Buscar la máxima precisión y acabado
Herramientas para acabado de detalles → Menor tamaño



3. Operación de Cilindrado

PARÁMETROS BÁSICOS DE UNA OPERACIÓN DE TORNEADO

- Velocidad de Corte (m/min):**

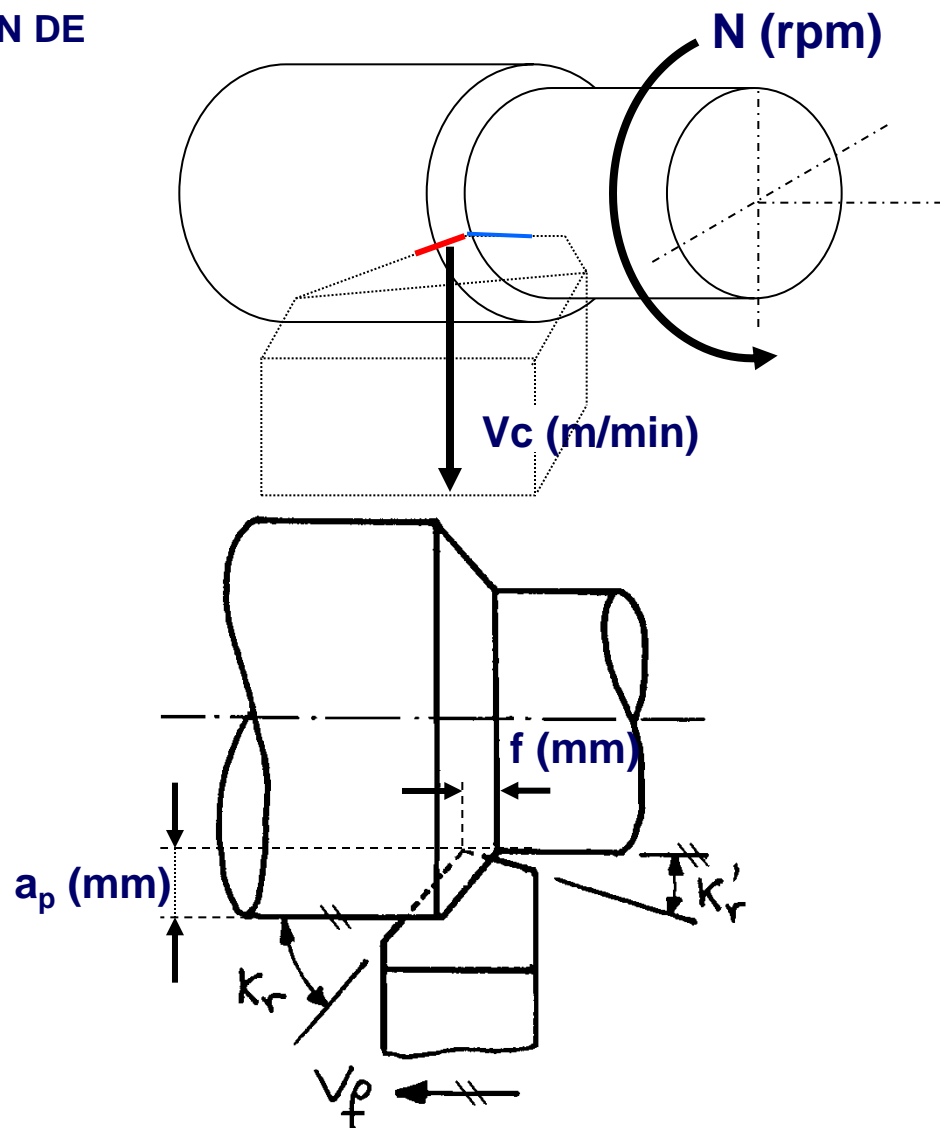
$$V_c = \frac{\pi DN}{1000} \begin{cases} V_c: \text{Velocidad de corte (m/min)} \\ D: \text{Diámetro en mm} \\ N: \text{Veloc. de rotación (rpm)} \end{cases}$$

- Velocidad de Avance (mm/min):**
 V_f (mm/min)

- Profundidad de Pasada**
 a_p (mm)

- Avance (mm)**

$$f = \frac{V_f}{N} \begin{cases} f: \text{Avance (mm ó mm/rev)} \\ V_f: \text{Velocidad de Avance mm/min} \\ N: \text{Veloc. de rotación (rpm)} \end{cases}$$



3. Operación de Cilindrado

PARÁMETROS BÁSICOS DE UNA OPERACIÓN DE TORNEADO

- Espesor de Corte, a_c (mm):**

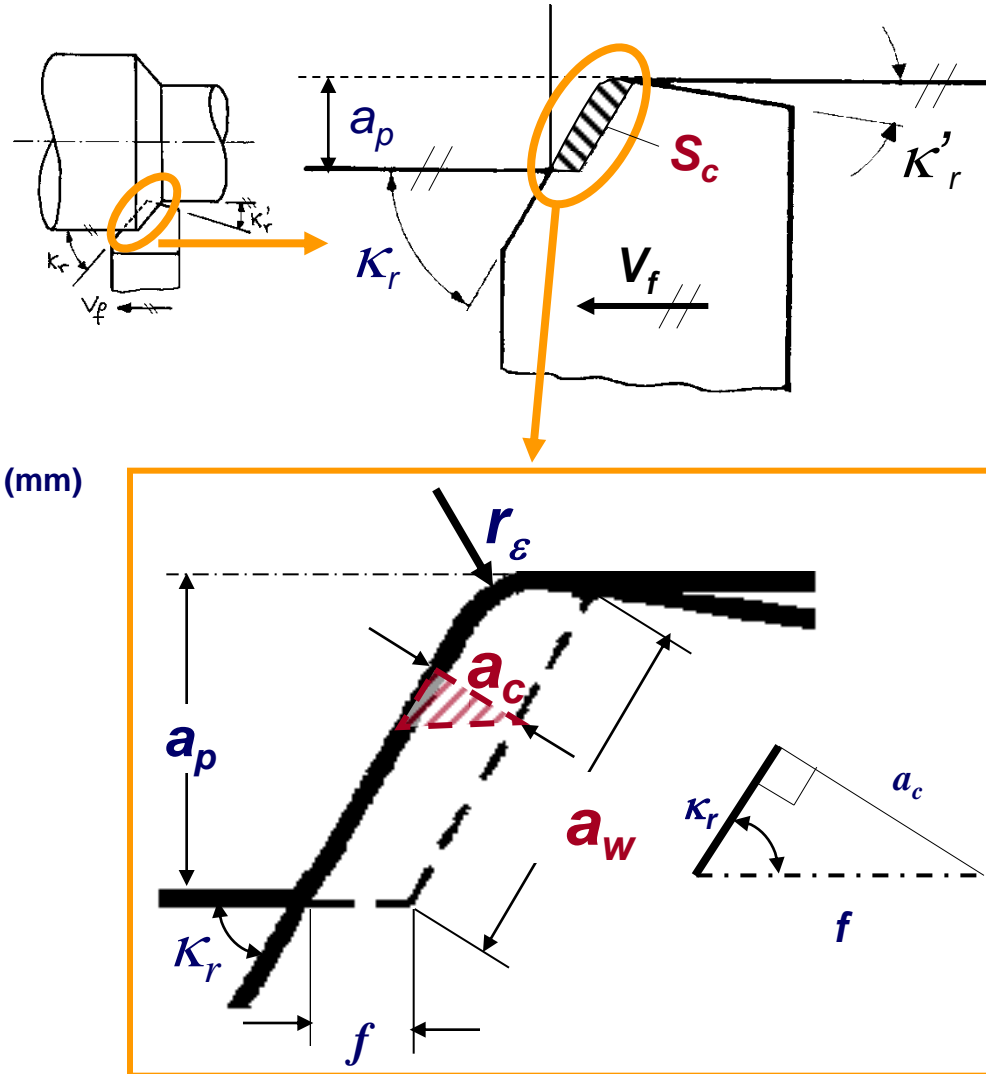
$$a_c = f \cdot \sin(\kappa_r) \begin{cases} a_c: \text{Espesor de corte (mm)} \\ f: \text{Avance en mm} \\ \kappa_r: \text{Ángulo de posición} \end{cases}$$

- Anchura de Viruta, a_w (mm):**

$$a_w = \frac{a_p}{\sin(\kappa_r)} \begin{cases} a_w: \text{Anchura de viruta (mm)} \\ a_p: \text{Profundidad de pasada (mm)} \\ \kappa_r: \text{Ángulo de posición} \end{cases}$$

- Sección de viruta, S_c (mm²):**

$$S_c = a_c \cdot a_w \begin{cases} S_c: \text{Sección de viruta (mm}^2\text{)} \\ a_c: \text{Espesor de corte (mm)} \\ a_w: \text{Anchura de viruta (mm)} \end{cases}$$



FUERZA DE CORTE Y POTENCIA DE CORTE

- Fuerza puesta en juego (N)**

La fuerza puesta en juego en el proceso de torneado se puede expresar como la suma de 3 componentes: La fuerza radial, axial y la de corte. La más significativa es la de corte y se puede calcular como:

$$F_c = p_s \cdot S_c \begin{cases} F_c: \text{Fuerza de corte (N)} \\ S_c: \text{Sección de viruta (mm}^2\text{)} \\ p_s: \text{Energía específica de corte (N/mm}^2\text{)} \end{cases}$$

- Fuerza de Empuje (N)**

La fuerza de empuje es la suma de las fuerzas en dirección axial y radial a la pieza. Suele ser mucho menor que la fuerza de corte.

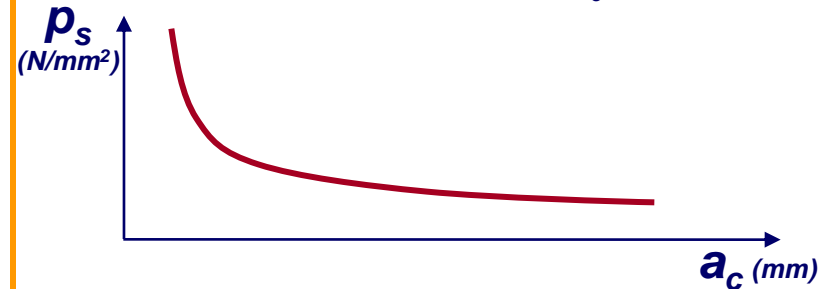
- Potencia de Corte (W):**

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60} \begin{cases} P_c: \text{Potencia de corte (W)} \\ F_c: \text{Fuerza de corte (N)} \\ V_c: \text{Velocidad de corte (m/min)} \end{cases}$$

Energía específica de corte

Depende de:

- El material de la pieza
- El espesor de corte, a_c



3. Operación de Cilindrado

FUERZA DE CORTE Y POTENCIA DE CORTE

- Fuerza puesta en juego (N)**

La fuerza puesta en juego en el proceso de torneado se puede expresar como la suma de 3 componentes: La fuerza radial, la de empuje y la de corte. La más significativa es la de corte y se puede calcular como:

$$F_c = p_s \cdot S_c \begin{cases} F_c: \text{Fuerza de corte (N)} \\ S_c: \text{Sección de viruta (mm}^2\text{)} \\ p_s: \text{Energía específica de corte (N/mm}^2\text{)} \end{cases}$$

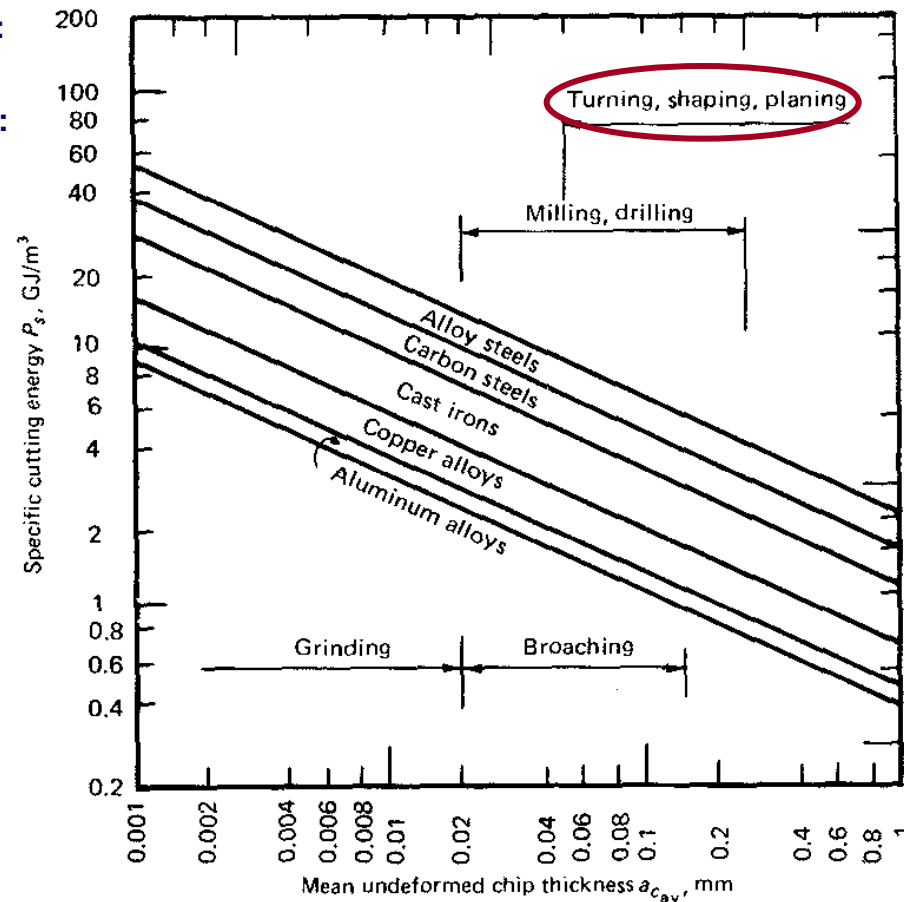
- Fuerza de Empuje (N)**

La fuerza de empuje es la suma de las fuerzas en dirección axial y radial a la pieza. Suele ser mucho menor que la fuerza de corte.

- Potencia de Corte (W):**

$$P_c = \frac{F_c \cdot V_c}{60} \begin{cases} P_c: \text{Potencia de corte (W)} \\ F_c: \text{Fuerza de corte (N)} \\ V_c: \text{Velocidad de corte (m/min)} \end{cases}$$

Valores de energía específica de corte

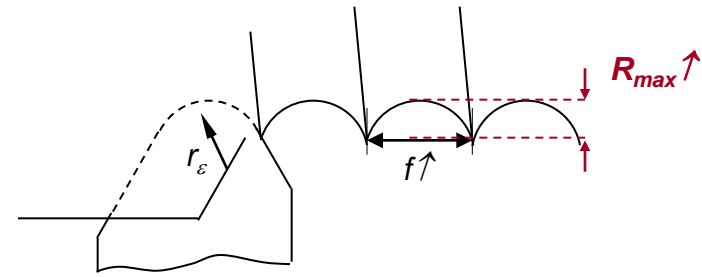
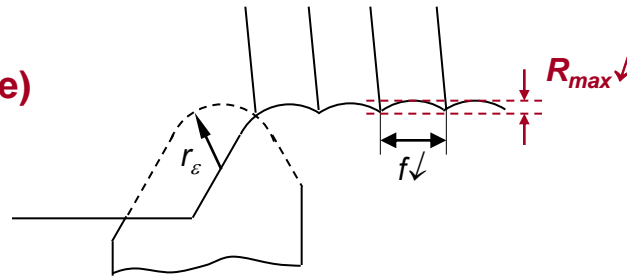


RUGOSIDAD EN TORNEADO

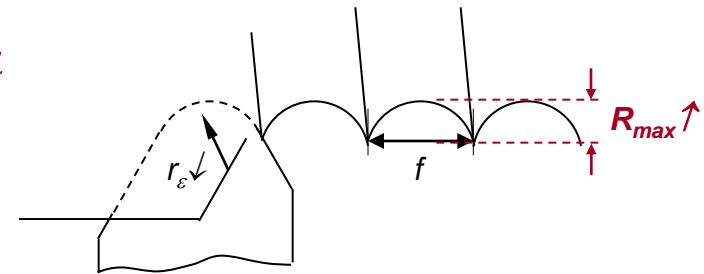
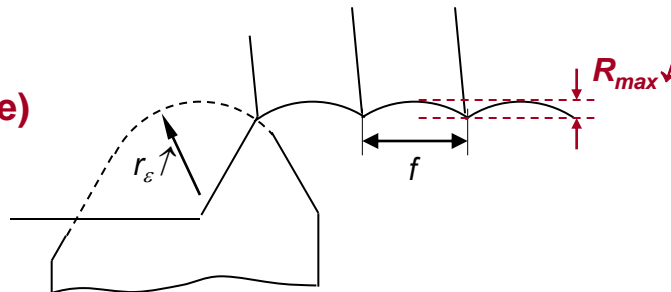
- Rugosidad con herramienta de radio de punta r_ϵ

$$R_{\max} \cong \frac{f^2}{8 \cdot r_\epsilon}; \quad R_a \cong \frac{R_{\max}}{4}$$

- Si $f \uparrow \Rightarrow R_a \uparrow$ (para r_ϵ cte)



- Si $r_\epsilon \uparrow \Rightarrow R_a \downarrow$ (para f cte)



OTRAS OPERACIONES DE TORNEADO

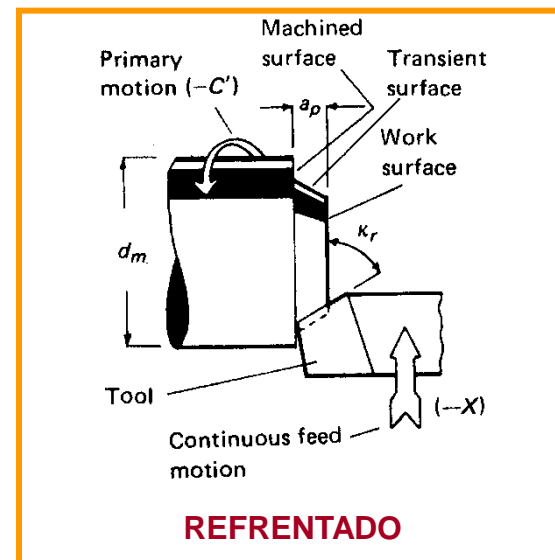
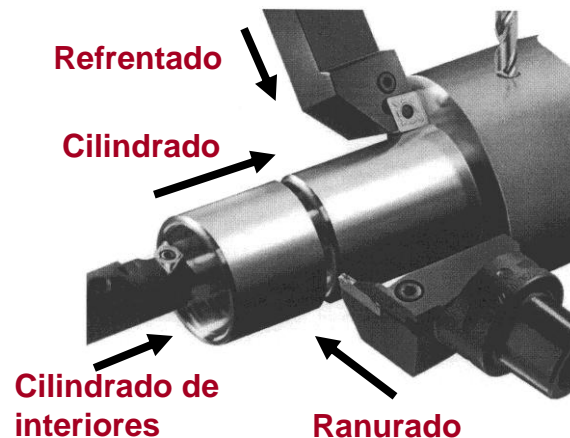
Además de la operación de CILINDRADO, se pueden realizar otras operaciones de torneado.

- CILINDRADO DE INTERIORES**

Aumenta el diámetro interior de la pieza.
Parámetros similares a la operación de cilindrado.

- REFRENTADO**

Mecanizado de una superficie perpendicular al eje de giro.
La velocidad de corte es variable.

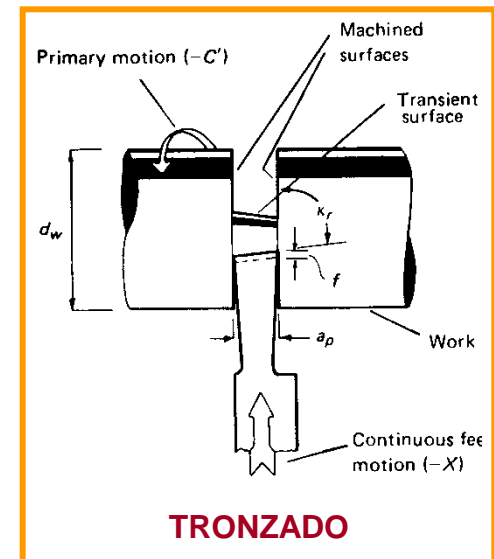


OTRAS OPERACIONES DE TORNEADO

Además de la operación de CILINDRADO, se pueden realizar otras operaciones de torneado.

- RANURADO**

Mecanizado de una ranura interior en la pieza.
En el caso límite, la pieza se puede cortar, lo que se denomina TRONZADO.

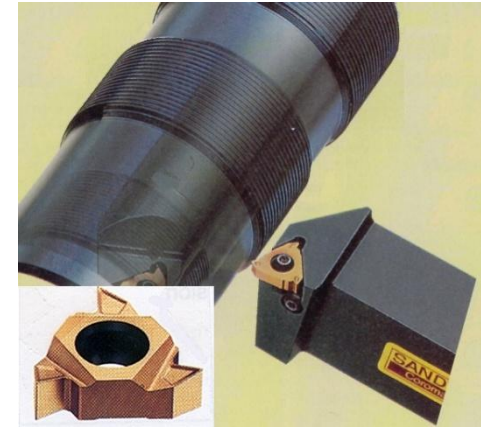


4. Otras operaciones

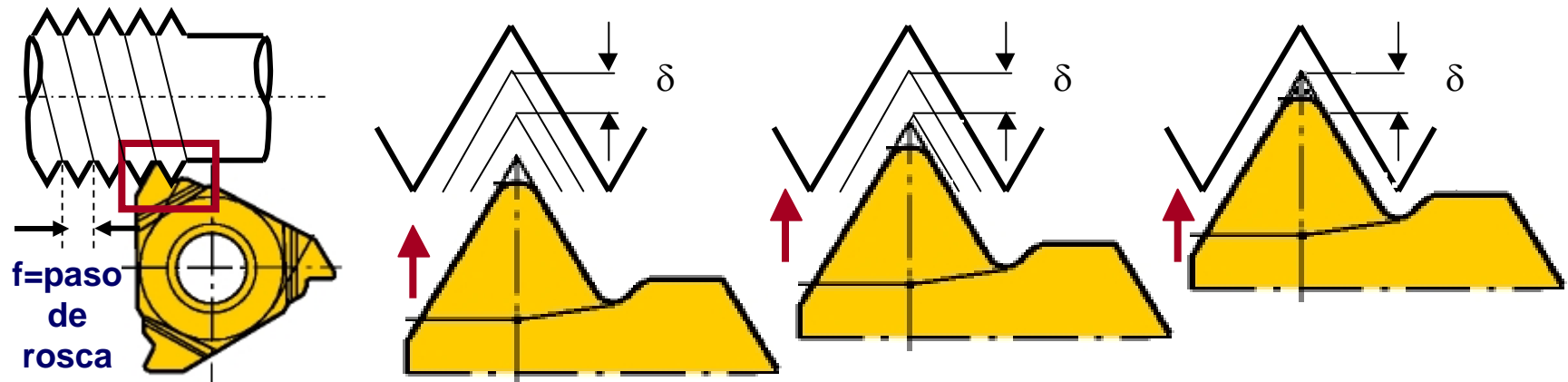
OTRAS OPERACIONES DE TORNEADO

Además de la operación de CILINDRADO, se pueden realizar otras operaciones de torneado.

- **ROSCADO**
Generación de una rosca (exterior o interior) en la superficie de la pieza mediante pasadas sucesivas.



La operación se realiza en pasadas sucesivas



CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN

1. ¿Qué motivos pueden existir para que la operación de mecanizado sea más costosa que otros procesos de fabricación?
2. La realización de operaciones de desbaste y acabado incrementa el tiempo de las operaciones de mecanizado ¿Por qué crees que se deben realizar varias operaciones sobre la misma pieza? ¿Qué requisitos se le piden a las operaciones de desbaste? ¿Y a las de acabado?
3. ¿Cuántos grados de libertad debería permitir la máquina en la que se realizan las operaciones de torneado? Representar esquemáticamente la máquina y los movimientos que debe tener.
4. En una operación de cilindrado, dibuja una herramienta (Hta. A) con un ángulo de posición de filo principal de 95° y un ángulo de posición de filo secundario de 45° . Dibuja al lado otra herramienta (Hta. B) de ángulo de posición de filo principal de 45° y un ángulo de posición de filo secundario de 15° . ¿Qué ventajas y desventajas tiene la herramienta A respecto de la B?
5. ¿Qué ventaja tiene utilizar herramientas ángulos de desprendimiento negativos, frente a herramientas de ángulo de desprendimiento positivos?

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN

6. ¿En una operación de desbaste, cual de los parámetros que se han visto se desearía maximizar?
¿Cómo se podría conseguir?
7. Por otro lado ¿En una operación de acabado, que parámetro se debería considerar?
8. ¿Cómo realizarías una operación de refrentado con V_c constante?
9. ¿Qué factores influyen en la selección de las condiciones de corte (V_c , f , a_p)?
10. ¿Qué factores influyen en la potencia consumida en una operación de torneado? ¿En caso de que necesite realizar una determinada operación en una pieza y la potencia de la máquina sea una limitación, que medidas puedo tomar?
11. Identificar en una operación de roscado paralela al perfil de la rosca los parámetros de torneado (V_c , V_f , a_p , f , ...).

Grupo ITP

Fabricante de componentes de turbopropulsores. Fundamentalmente piezas de las turbinas de baja presión.

Localización: Zamudio (Bizkaia)

www.itp.es

Viuda de Cándido Gastelurrutia, S.A.

Decoletaje (series largas de piezas torneadas de pequeño tamaño) orientado principalmente al sector de automoción.

Localización: Berriz (Bizkaia)

www.vcg-decoletaje.com

LEMA

Decoletaje de precisión

Localización: Elgeta (Gipuzkoa)

www.lemasa.com

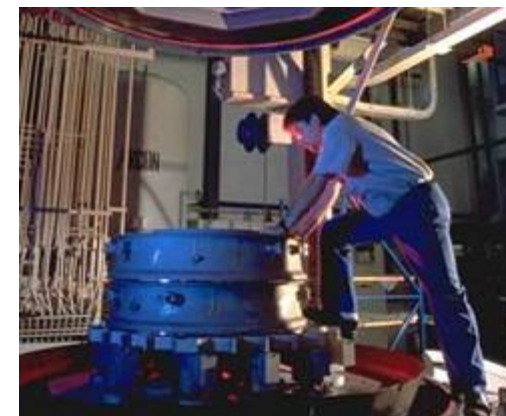
Talleres Andiano

Proyectos de mecanizado completos, incluyendo operaciones de torneado.

Localización: Lezo (Gipuzkoa)

www.talleresandiano.com

Existen numerosas empresas dedicadas a la fabricación de piezas torneadas exclusivamente como DECOMESA, TORNIDECO, DINET, ... Además hay muchas otras que realizan operaciones de torneado para labores de mantenimiento o ajuste de componentes.



**Pieza de turbina de baja presión
torneada por ITP S.A.**



**Ejemplos de piezas fabricadas por Decoletajes
VIUDA DE CÁNDIDO GASTELURRUTIA**