CONTENIDOS

El Módulo 3 tiene como finalidad profundizar en los conocimientos y habilidades necesarios para garantizar la **eficiencia**, **precisión** y **seguridad** en las operaciones de mecanizado. Se abordan de forma integral los **procesos de afilado de herramientas de corte**, las **características de los materiales empleados en la fabricación**, los **principios de la programación asistida (CAD/CAM)**, los **métodos de verificación y control dimensional del producto mecanizado**, y los **aspectos esenciales de la prevención de riesgos laborales** en el entorno industrial.

1

El afilado de la herramienta de corte

En este primer bloque se estudia el afilado como un proceso fundamental para mantener el rendimiento y la precisión de las herramientas de corte. Se analizan las **máquinas de afilar** y las técnicas aplicadas al afilado de **fresas**, **herramientas de torno** y **brocas helicoidales**, así como los procedimientos específicos para el **afilado de fresas de perfil constante** y herramientas de metal duro (Widia).

Se explican los **diferentes ángulos de afilado**, los métodos de afilado manual, el **rompeviruta**, y las diferencias entre el **afilado en húmedo y en seco**, evaluando las ventajas de cada técnica según el tipo de material. Se hace especial hincapié en las **normas de seguridad en el uso de la esmeriladora**, y se promueve la práctica responsable del afilado para evitar riesgos y prolongar la vida útil de las herramientas.

2

Materia prima para el mecanizado

Este apartado se dedica al estudio de las **características y propiedades de los materiales utilizados en el mecanizado**, con especial atención a los **hierros**, **aceros** y sus **aleaciones**. Se analizan los procesos de **fabricación del acero**, su **clasificación**, los **elementos de aleación** y las **normas de aplicación industrial**.

Además, se estudian los **metales pesados** (como el cobre y sus aleaciones) y los **metales ligeros** (como el aluminio y sus aleaciones), destacando sus usos y ventajas en la fabricación mecánica. El módulo también introduce los **tratamientos térmicos e isotérmicos**, tales como **recocido, normalizado, revenido, temple** y **tratamientos superficiales**, junto con los **tratamientos termoquímicos e inductivos**, fundamentales para mejorar las propiedades mecánicas de los materiales y optimizar su comportamiento en el mecanizado.

3

Programación conversacional o asistida

Se presenta el funcionamiento del **lenguaje conversacional CNC** y su aplicación práctica en la fabricación moderna. Se explica cómo la **programación asistida mediante software CAD/CAM** permite integrar el diseño y la producción, reduciendo errores, optimizando tiempos y aumentando la precisión.

El alumno aprenderá los principios de la **programación CAD/CAM**, las ventajas del uso del software CAM en entornos productivos, y su papel dentro de los sistemas de fabricación avanzados. Se incluye un **ejemplo de programación CAM**, que ilustra la relación directa entre el diseño digital y la ejecución del mecanizado.

4

Verificación del producto mecanizado

Este bloque se centra en la **metrología**, disciplina esencial para la medición y el control de calidad en los procesos de fabricación. Se estudian los **instrumentos de medición tradicionales**, como el **pie de rey**, el **micrómetro**, las **calas patrón**, el **reloj comparador**, el **alexómetro** y el **gramil de altura**, junto con herramientas de mayor precisión como el **proyector de perfiles** y los **sistemas de medición por coordenadas (CMM)**.

El módulo incorpora las tecnologías más modernas, como la **medición tridimensional mediante escáner láser (Surface Measure)** y los **sistemas sin palpación**, además del uso del **durómetro** y la gestión de un **laboratorio de metrología dimensional**. El objetivo es que el estudiante adquiera la capacidad de **verificar las piezas mecanizadas**, interpretando resultados y asegurando la conformidad con las especificaciones técnicas.

5

Prevención de riesgos laborales y medioambientales

Se introducen los **principios fundamentales de la seguridad y salud en el trabajo**, analizando los conceptos de **trabajo, prevención, accidente laboral y enfermedad profesional**. Se promueve una actitud preventiva orientada a **evitar daños personales y materiales**, comprendiendo la relación entre las condiciones de trabajo y la salud del operario. Además, se aborda la **conciencia medioambiental**, fomentando prácticas industriales sostenibles y responsables.

6

Riesgos generales y su prevención. Actuación en emergencias

En este apartado se analizan los **riesgos generales presentes en los entornos industriales**, tales como **caídas, golpes, cortes, proyección de partículas, sobreesfuerzos, contactos térmicos y eléctricos**, así como la **exposición a agentes físicos, químicos o atmosféricos**. Se desarrollan las **causas, consecuencias y medidas preventivas** frente a cada tipo de riesgo.

El módulo también enseña los **procedimientos de actuación en emergencias y evacuaciones**, el uso adecuado de **equipos de protección individual (EPI)**, y las normas sobre **señalización de seguridad**, con el fin de garantizar la integridad de las personas y la continuidad del trabajo en situaciones críticas.

7

Prevención de riesgos específicos en el mecanizado por arranque de viruta

Se abordan los **riesgos particulares asociados a los procesos de mecanizado**, como **torneado, fresado, taladrado, cepillado, aserrado** y **rectificado,** identificando sus peligros y las medidas preventivas correspondientes. También se analizan los riesgos derivados de los **procesos de conformado** (cizallado, doblado y curvado), de las **máquinas de control numérico**, y de los **trabajos de soldadura oxiacetilénica**, **por arco o corte con gas**.

El módulo concluye con un estudio de la **señalización normalizada en los talleres de mecanizado**, consolidando la formación del alumno en seguridad industrial, prevención de accidentes y protección colectiva e individual.

El Módulo 3 consolida la formación técnica y profesional del operario del mecanizado, integrando conocimientos sobre materiales, herramientas, programación y control de calidad con una sólida base en seguridad y prevención de riesgos. Su propósito es formar profesionales altamente capacitados, conscientes de la importancia del afilado preciso, la selección adecuada de materiales, la verificación metrológica rigurosa y el cumplimiento estricto de las normas de seguridad industrial.

UNIDAD FORMATIVA 1.
PROCESO DE MECANIZACIÓN POR ARRANQUE DE VIRUTA: UF0881

CONTENIDOS

- Afilado y adaptación de herramientas para el mecanizado por arranque de viruta.
- Selección de la materia prima para el mecanizado por arranque de viruta.
- Tratamiento de los materiales por mecanizar.
- Mantenimiento de máquinas.

EL AFILADO DE LA HERRAMIENTA DE CORTE

En la operación de afilado de las herramientas es importante que la parte de metal duro no entre en contacto con la mola indicada para el hierro.

Como ya vimos en el primer módulo, las máquinas herramienta suelen utilizar herramientas de **plaquitas intercambiables**, que es el sistema más utilizado hoy en día en los talleres de mecanizado.

Sin embargo, para determinados trabajos de torno o mandrinados en fresadora, a menudo se usa el **acero rápido**. Por ejemplo, es habitual en prototipos con perfiles complejos, donde es necesario afilar una herramienta de forma.

Por otro lado, también están las herramientas rotativas de **metal duro integral** (fresas, brocas y escariadores), que dominan tradicionalmente el mercado en una amplia gama de diámetros de hasta veinte milímetros. Los fabricantes de herramientas de plaquitas intercambiables siguen encontrando dificultades para penetrar en este mercado.

Así, para que el mecanizado tenga buenos resultados con este tipo de herramientas, el operario debe saber cómo afilarlas correctamente. Esta es una habilidad muy importante, ya que las herramientas con poco filo o mal afiladas producen un esfuerzo excesivo en el mecanismo de avance, lo que provoca que la pieza se flexione y la máquina vibre.

El objetivo de **afilar** una herramienta es darle los ángulos de corte correctos y recuperar su capacidad de corte original, cuando se trata de una herramienta usada.

Además, también puede servir para obtener más información sobre una herramienta. Por ejemplo, un medio sencillo y rápido para saber si una herramienta es de acero al carbono o de acero rápido consiste en afilar el extremo y observar las chispas. La muela desprenderá chispas ligeramente coloradas si se trata de acero al carbono, mientras que serán de color rojo oscuro es acero rápido.

Cabe señalar que los aceros rápidos con molibdeno y tungsteno (también pueden tener vanadio y cromo) son muy resistentes a la temperatura y al desgaste, por lo que suelen utilizarse para fabricar brocas, *fresolines* (fresas pequeñas) y machos de roscar.

En cualquier caso, todas las herramientas necesitan ser afiladas en algún momento de su vida útil. En función de las condiciones de trabajo, a partir de un cierto tiempo las superficies de corte y todas sus aristas sufren un proceso de deterioro que origina:

- Desprendimiento excesivo de calor.
- Superficies rugosas e imprecisas.
- Cada vez más vibraciones en el trabajo.

Antes de llegar a esta situación, es necesario detener el trabajo y afilar la herramienta.

Para ello, los fabricantes disponen de **máquinas de afilar** específicas para cada tipo de herramienta. Sin embargo, no es rentable que un taller de mecanizado disponga de toda la gama de afiladoras existente, sino que es mejor emplear una **afiladora universal**.

Afiladora de fresas circulares

La afiladora universal sirve para todo tipo de herramientas y consta de los siguientes elementos:

Para empezar, dispone de una bancada de la que se eleva un montante que sostiene el cabezal *portamuelas* doble o simple. Este cabezal puede estar provisto de una muela en cada extremo y es giratorio, tanto en el plano horizontal (360º) como en el vertical, a ambos lados. Va montado

sobre rodamientos ajustables que evitan el juego axial y dispone de varias velocidades de giro.

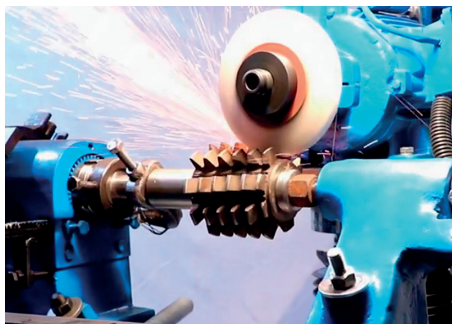
Asimismo, sobre unas guías del montante se desliza una ménsula, en la que se apoya un carro transversal. A su vez, sobre este carro se mueve longitudinalmente la mesa, dotada de una plataforma inclinable.

Sobre la mesa se instala el cabezal divisor, cuyo husillo va montado sobre rodamientos y tiene un alojamiento para conos morse. En una mesa auxiliar, tiene un soporte universal con bridas para afilar herramientas simples de metal duro, controlado por un husillo micrométrico.

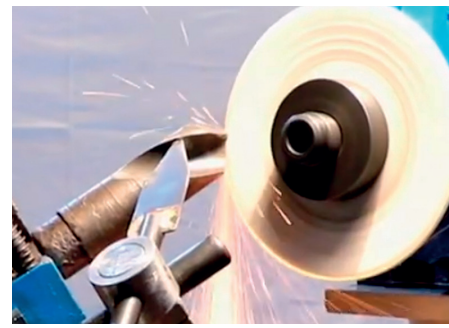
Además, la afiladora universal también dispone de gran cantidad de accesorios. Entre ellos, destacan el cabezal con movimiento helicoidal automático (para afilar herramientas con filos helicoidales), el cabezal de división automática (para afilar sierras circulares por copiado) y la mordaza giratoria.

Soporte para afilar brocas

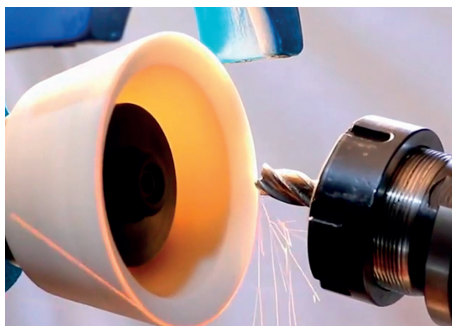
En las siguientes figuras, vemos diferentes formas de afilar herramientas:



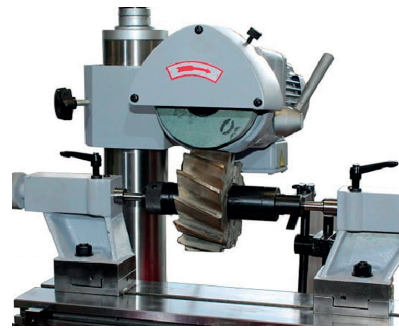
Afilado de fresa madre



Afilado de broca



Afilado de *fresolines*



Afilado de fresa de planear

En general, se afila con cuerpos abrasivos tipo copa recta, tipo copa cónica y tipo platillo, este último en menor escala.

Afilar fresas

El afilado es una técnica especialmente relevante para preparar los filos de corte de las **fresas**, pues son herramientas que requieren de un cuidado especial.

Una de las normas básicas para afilarlas es usar apoyos de diente, cuya misión es asegurar la posición del diente que se está afilando con respecto

a la muela. Además, en la mayoría de los casos los apoyos también actúan como divisores.

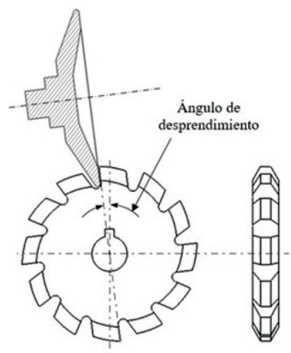
Otra norma importante que conviene recordar es que el diente que se afila debe quedar a la misma altura que el centro de la fresa. Después, debe situarse en el ángulo de incidencia requerido.

Afilar fresas de perfil constante

Las **fresas de perfil constante** pueden ser con o sin vástago y se usan para crear formas geométricas en las piezas talladas. Las hay de varios tipos, aunque todas tienen características similares: por ejemplo, con las fresas destalonadas se elaboran superficies semicirculares; con las fresas módulo se mecanizan engranajes, poleas y cremalleras; y las fresas múltiples sirven para crear roscas.

En todos los casos, la superficie de incidencia es curva. Si se corta el diente con un plano perpendicular al eje, la curva de intersección es una espiral. Así, la superficie no puede afilarse sin que se modifiquen sus condiciones originales.

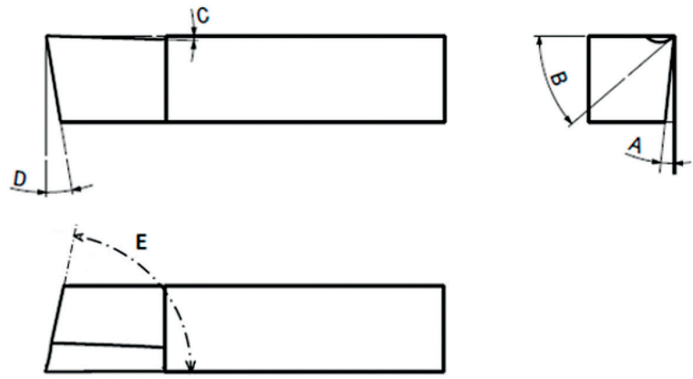
Además, la superficie de desprendimiento está contenida casi siempre en un plano radial, por lo que el ángulo de desprendimiento es nulo. Por tanto, estas fresas deben afilarse por su cara frontal, es decir, por el ángulo de desprendimiento.



Afilado de una fresa módulo

Afilar herramientas de torneado

En las **herramientas de corte de un torno**, hay cinco ángulos principales que tendremos en cuenta en el momento de afilar. Podemos verlos en la imagen siguiente.



- Ángulo de incidencia lateral o principal.
- Ángulo de desprendimiento lateral o de ataque.
- Ángulo de ataque o de desprendimiento frontal.
- Ángulo de incidencia frontal o secundario.
- Ángulo del filo de corte o ángulo de la punta.

Los **ángulos de incidencia** (A y D) evitan el rozamiento entre la cara de incidencia y la superficie de la pieza. En cambio, los de **ataque o desprendimiento** (B y C) influyen en los esfuerzos y la potencia de corte, así como en el tipo de viruta.

Por último, el **ángulo del filo de corte** (E) influye en la robustez de la herramienta.

El *rompevirutas*

En las operaciones de torno, el corte es ininterrumpido: el mismo filo de corte de la herramienta trabaja de forma constante. En consecuencia, la viruta generada tiende a ser continua y a no romperse, lo cual puede provocar problemas en la calidad de la superficie final o en la vida útil de la herramienta.

En este sentido, la manera en que se empieza a formar la viruta en el proceso de torneado es clave en su forma final. Saber cómo se generan las primeras virutas y sus curvaturas es fundamental para poder controlarlas.

Debemos tener en cuenta que la curvatura de la viruta se ve afectada por parámetros como la velocidad de corte, el ángulo de inclinación de la herramienta, la profundidad de corte o la geometría de la herramienta.

Así, existen tres formas de **romper la viruta**:

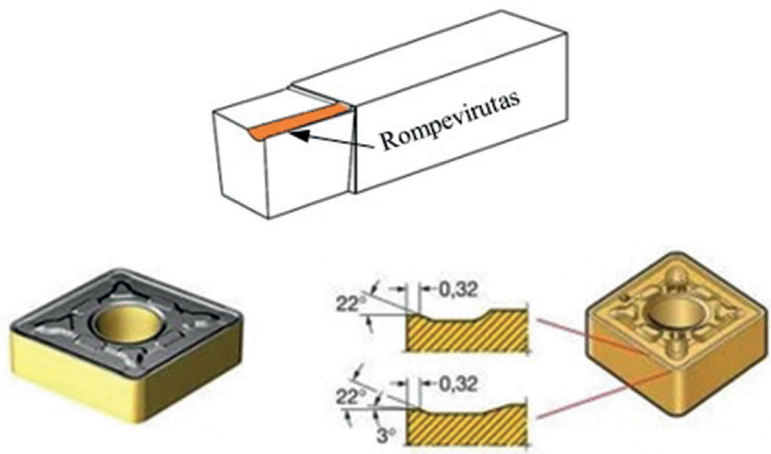
- Haciendo que contacte con la pieza.
- Haciendo que contacte con la herramienta.
- Haciendo se rompa ella sola por el propio proceso de corte.

Para alargar la vida útil de la herramienta y no dañar la superficie del componente final, el mejor de los tres mecanismos es el que rompe la viruta **por el propio proceso de corte**:

Cada combinación de herramienta y material por cortar tiene unos límites de profundidad de corte y de avance por revolución a partir de los cuales la viruta se rompe debido al rizo que se genera. Así, se puede decir que la viruta se rompe siempre que la profundidad de corte sea superior a la profundidad de corte crítica y el avance sea superior al avance crítico. En caso contrario, la viruta no se romperá.

Estos límites pueden modificarse de una herramienta a otra gracias a la geometría de los *rompevirutas*.

El ***rompevirutas*** es un resalte tallado o fijado mecánicamente en la cara de desprendimiento de las herramientas de corte. Su objetivo es forzar que la viruta continua se rompa para evacuarla de la zona de corte con mayor facilidad. También favorece que la viruta se deslice, lo que ayuda a disminuir el rozamiento entre viruta y herramienta.



Insertos cerámicos de metal duro con *rompevirutas*

En el torno, existen herramientas de corte para operaciones de acabado en las que la profundidad de corte y el avance son bajos, y la viruta se rompe sin problemas. Pero también debemos tener en cuenta que la facilidad para romper la viruta depende en gran parte del material por mecanizar. Por esta razón, los *rompevirutas* para mecanizar aleaciones de aluminio son diferentes a los del acero o las fundiciones, por ejemplo.

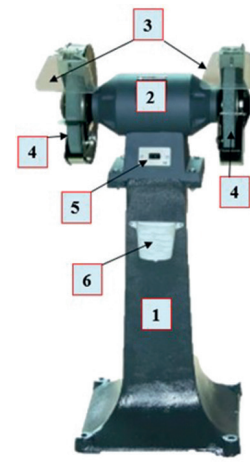
El afilado manual

A la **máquina de afilado manual** se la conoce con varios nombres: esmeriladora, esmeril de banco, *electroesmeriladora*, amoladora de banco, etc.

Es una máquina herramienta que consta de un motor eléctrico a cuyo eje de giro se acoplan discos de esmeril para afilar herramientas, en uno o ambos extremos. Sobre ellos se realizan diversas tareas, según el tipo de disco.

En general, en los talleres de mecanizado se acopla un disco de esmeril en cada extremo: uno de carburo de silicio verde para afilar herramientas de metal duro, y otro para afilar herramientas de acero rápido.

Las partes de una esmeriladora se pueden apreciar en la imagen siguiente.



1. Cuerpo o pie base.
2. Motor.
3. Tapas protectoras.
4. Muelas.
5. Interruptor.
6. Depósito de refrigerante.

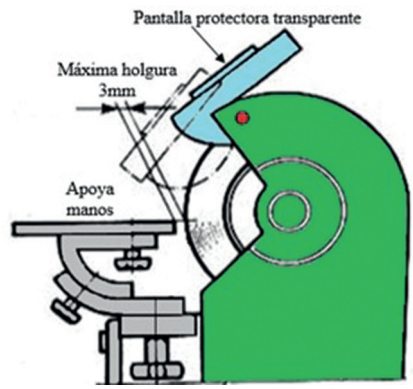
Normas de seguridad para trabajar con la esmeriladora

Antes de comenzar a afilar la herramienta o broca, hay que asegurarse de que todos los mecanismos y dispositivos de la máquina están en buen estado, incluso la cubierta protectora de la muela. También es necesario comprobar que su sentido de rotación es correcto: la muela debe girar hacia la cuchilla.

A continuación, verificaremos que el *apoyamanos* también está bien colocado: la holgura entre su extremo y la cara de trabajo de la muela no debe superar los tres milímetros.

Solo se permite recolocar el *apoyamanos* cuando la muela esté completamente parada. Además, se prohíbe trabajar en una máquina de afilar sin *apoyamanos* ni cubierta protectora.

También es necesario cerrar la zona del afilado. Para ello, se instalará una pantalla protectora transparente.



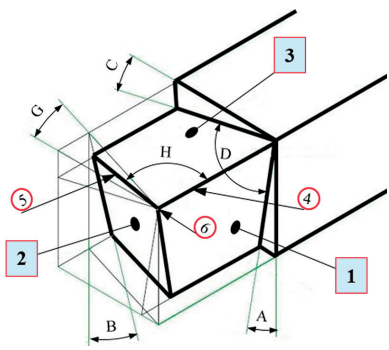
Asimismo, es fundamental adoptar ciertas medidas de seguridad en la indumentaria para prevenir accidentes:

- Las mangas de la bata terminarán en tejido elástico.
- Se usarán gafas protectoras.
- Las zapatillas tendrán la puntera reforzada.
- Quienes tengan el pelo largo utilizarán un gorro.
- Está prohibido llevar corbatas, bufandas, pulseras, collares, anillos, etc.

Por último, tampoco se deben olvidar los cuidados generales comunes al trabajo con cualquier tipo de máquina, como mantener el puesto de trabajo limpio para evitar resbalones con el aceite, etc.

Práctica de afilado

A continuación, vamos a ver cómo afilar una herramienta de acero rápido para torno (cilindrado y refrenado).



1. Cara de incidencia principal.
2. Cara de incidencia secundaria
3. Cara de desprendimiento.
4. Arista principal.
5. Arista secundaria.
6. Punta de herramienta.

A. Ángulo de incidencia principal.
B. Ángulo de incidencia secundario.
C. Ángulo de desprendimiento.
D. Ángulo de corte.
G. Ángulo de la arista secundaria.
H. Ángulo de la punta.