





### Función y utilización

La amoladora es una máquina herramienta simple, conocida como muela, empleada para desbastar, matar aristas, quitar rebabas, pulir, afilar herramientas de corte, etcétera. El uso depende del tipo de discos que se monten en la misma. Los de grano grueso se utilizan para desbastar o matar aristas de piezas metálicas, mientras que los de grano fino se utilizan principalmente para afilar las herramientas de corte.

Esta máquina se encuentra en la mayoría de talleres e industrias de fabricación mecánica. La amoladora de pedestal es una amoladora puesta sobre un pedestal o columna, también se pueden encontrar amoladoras de sobremesa.

En la actualidad, es posible encontrar modelos de amoladoras diseñados específicamente para tratar determinados tipos de piezas. Un ejemplo de ello es la **amoladora para tubos**, diseñada especialmente para el pulido y realización de muescas en piezas con secciones redondas, cuadradas, rectangulares e irregulares (Figura 1).



Figura 1. Amoladora para tubos (Fuente: Garboli).

### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, codo y muñeca.
- No se suministra toda la información visual o sonora necesaria para realizar la tarea.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Presencia de sombras.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.

- Falta de manual de instrucciones.

## b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la amoladora de pedestal.

### Alturas de trabajo

Dados los requisitos de control visual y manual durante su utilización se recomienda que la altura de trabajo no sea demasiado baja quedando ésta ligeramente por encima de la altura de codos, comprendida entre 100 y 110 cm aproximadamente. Existen en el mercado pedestales específicos para amoladora que permiten su regulación en altura (Figura 2).

### Posturas y movimientos

Se pueden encontrar una serie de accesorios y dispositivos dirigidos a la mejora de las condiciones de trabajo en determinados tipos de tarea o circunstancias. A continuación, se presentan algunos de ellos:

- **Apoyos de trabajo para las piezas:** En el afilado de determinadas herramientas (cinceles, destornilladores, etc.) puede ser de gran ayuda disponer de apoyo para la pieza de trabajo. Éstos permiten al usuario mantener la pieza en una posición precisa. Sin embargo, cuando se trabaja con estos accesorios es importante soportar las herramientas al ángulo correcto contra la muela abrasiva (Figura 3). Estos apoyos deben de poder ser ajustados por el operador.

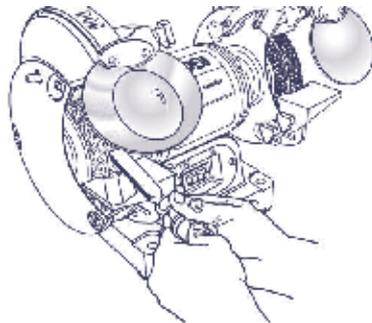
• **Apoyo de trabajo acanalado.** Este tipo de apoyo está pensado para el afilado de brocas helicoidales (Figura 4). Esta técnica requiere de práctica.



Figura 2. Pedestal para amoladoras regulable en altura (Fuentes: Draper, HTC).



Figura 3. Amoladora con apoyos (Fuente: DeWalt, Ryobi).



### Información visual

En las máquinas más antiguas, el problema es que no se da ningún tipo de información al usuario, y tampoco disponen de manuales de instrucciones. Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo.

### Parada de emergencia

La parada de emergencia debería de estar situada de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina (Figura 5). Se han detectado en el estudio de campo, amoladoras sin parada de emergencia.

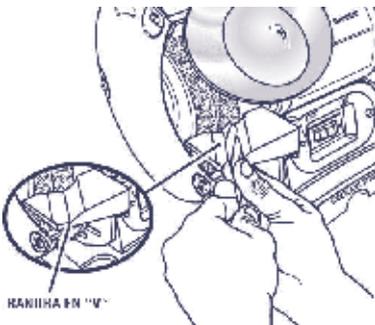


Figura 4. Trabajo con soporte acanalado (Fuente: Ryobi).



Figura 5. Amoladoras dotadas de parada de emergencia (Fuentes: Femi, Grizzly).



Figura 6. Amoladoras con luz (Fuentes: Clarke, Draper, Ryobi).

### Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar. Existen amoladoras con luces integradas que iluminan el área de trabajo en cada muela, para mayor precisión (Figura 6).

- **Lupas:** Algunos modelos disponen de protector de seguridad con lupa de aumento para mejorar la precisión (Figura 7). Asimismo, existen protectores que integran, además de la lupa, iluminación (Figura 8).

Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico.



Figura 7. Amoladoras con lupa (Fuente: Ryobi).



Figura 8. Amoladoras con lupa y luz (Fuentes: Baldor, Grizzly).



### **Función y utilización**

La amoladora portátil es una máquina herramienta manual, accionada por energía eléctrica o aire comprimido, que se emplea en operaciones de: tronzado, rebarbado, desbaste, ranurado, lijado, pulido, etc. Se trata de una máquina muy versátil que se emplea sobre todo en el sector metal. Al igual que en el caso de las amoladoras de sobremesa o pedestal, su uso depende del tipo de disco que se monten en la misma.

En el mercado es posible encontrar diferentes tamaños (pequeñas, grandes, etc.) y tipologías (angular, recta,...). Su elección depende del tipo de trabajo a realizar, potencia que se necesita, etcétera.

#### **a. Principales problemas ergonómicos detectados**

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, brazos, y piernas.
- Esfuerzo realizado con la herramienta.

#### **b. Propuestas de mejora ergonómica**

Seguidamente se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo con la amoladora portátil.

### **Posturas y movimientos**

Las posturas y movimientos realizados por el trabajador dependen en gran medida de la posición relativa de la pieza. Alturas muy bajas llevan asociado posturas forzadas de cabeza, cuello, tronco y piernas; mientras que alturas elevadas suelen llevar asociadas posturas penosas de brazos, codos y manos. Lo recomendable sería que el trabajador pudiera posicionarse respecto a la pieza de manera que el acceso sea cómodo tanto en altura como en profundidad.



Figura 1. Amoladoras con empuñadura adicional de ajuste rápido (Fuentes: Metabo, Bosch).

mientas, con empuñadura de puente giratoria, con empuñadura intercambiable en la parte superior, etc. (Figura 1).

También es posible encontrar amoladoras con la empuñadura principal orientable hasta 180° (Figura 2); lo que posibilita su adaptación a las condiciones de diferentes trabajos, de forma fácil.



Figura 2. Amoladora con empuñadura giratoria-ajustable (Fuente: Casals).

El trabajo con la amoladora portátil está sujeto a una alta variabilidad en las condiciones de uso, que no dependen del diseño de la amoladora. Es importante que las piezas sobre las que se está trabajando estén posicionadas a una altura adecuada, cuando sea posible. Para ello se recomienda emplear dispositivos para la sujeción y posicionamiento de las piezas a trabajar. Algunos dispositivos existentes en el mercado, tales como soportes para piezas, sistemas de sujeción, mesas y bancos de trabajo regulables en altura, etc.



Figura 3. Tornillos de banco (Fuente: Gressel).



- **Soportes y sistemas de sujeción para piezas.** Los tornillos de banco pueden facilitar el trabajo en varios sentidos ya que, dejan libres las manos del trabajador y facilitan alturas de trabajo más adecuadas (Figura 3).

Existen en el mercado tornillos de banco que permiten cierto margen de ajuste en altura, permitiendo una altura de trabajo más óptima regulable por el propio trabajador (Figura 4).



Figura 4. Tornillo de banco ajustable en altura (Fuente: Gressel).

- **Mesa elevadora.** Las mesas elevadoras permiten subir y bajar las piezas situándolas a la altura idónea sin necesidad de esfuerzo manual por parte de trabajador. Facilitando la ubicación de las piezas a una altura de trabajo adecuada se evita que el trabajador tenga que adoptar posturas forzadas o incómodas. Existen multitud de modelos de mesas en el mercado en función de las necesidades.

Este tipo de dispositivos pueden ayudar a asegurar la pieza sobre la que se trabaja, especialmente si se trata de piezas pequeñas o piezas que se encuentran en equilibrio inestable. De este modo se evitarán movimientos imprevistos durante la operación.

En general, se recomienda que las **alturas de trabajo** no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. El uso de la amoladora en posturas que obligan a mantenerla por encima del nivel de los hombros, pueden entrañar en caso de pérdida de control, lesiones que pueden afectar a la cara, pecho o extremidades superiores.

Cuando se esté trabajando en un puesto o zona fija, lo ideal sería disponer de un soporte especial para dejar la máquina, en lugar de dejarla en el suelo. Además, es importante

parar la amoladora totalmente antes de posarla, para prevenir posibles movimientos incontrolados de la misma.

### Esfuerzos con la herramienta

Los esfuerzos durante la utilización de la máquina están asociados principalmente a la propia máquina aunque también pueden ser debidos a la pieza a trabajar. En lo que respecta a la amoladora influyen en el esfuerzo aspectos como: el peso, la forma de agarre, el tamaño, etc. A continuación, se revisan estos aspectos:

- **Peso de la amoladora.** El peso de la propia máquina es un aspecto fundamental en el esfuerzo requerido. En general, no existe un límite de peso establecido para las herramientas manuales ni para todas las situaciones posibles. Dado que las amoladoras son manejadas con ambas manos no se pueden aplicar los límites dados para una mano (situación más desfavorable). En general se debe tratar de escoger, dentro de la potencia y características requeridas, la amoladora más ligera y con el peso más bajo en su categoría. Por ejemplo, las amoladoras más pequeñas (aptas para corte de metal, aluminio, tubería, desbaste de soldaduras, etc.) pueden llegar a pesar un mínimo 1,4 kg (Figura 5); mientras que las amoladoras grandes (2.400W) 5,5 kg.
- **Agarre.** La fuerza de agarre de una herramienta manual varía con la posición de la muñeca, siendo menor cuando la muñeca está completamente flexionada. La mayor parte de la fuerza en la flexión de los dedos proviene de los músculos del antebrazo; los tendones de estos músculos cruzan la muñeca; cuando la muñeca se flexiona los músculos se acortan y por lo tanto se debilitan. De ello la importancia de una correcta orientación de la herramienta y del mango adicional en función del tipo de trabajo. La fuerza de agarre varía también con el diámetro de las empuñaduras o mangos. Éstos deben estar ergonómicamente diseñados, y recubiertos con materiales que mejoran la presión de contacto así como las vibraciones transmitidas a la mano (Figura 6). Las zonas de agarre antideslizantes en el cuerpo en la carcasa y la empuñadura lateral almohadillada antivibraciones mejoran las condiciones de agarre y, por tanto, el uso de la herramienta. Otro aspecto a considerar es el tamaño del cuerpo, los cuerpos más estrechos pueden resultar más cómodos en su manejo. Algunos fabricantes diseñan amoladoras con el cuerpo o carcasa especialmente reducidos (Figura 6).
- **Empuñadura antivibraciones.** Las empuñaduras adicionales dotadas de sistema antivibraciones pueden mejorar el confort y la salud del trabajador, llegando a reducir entre un 40-70% las vibraciones (según indicación de fabricantes). Este tipo de empuñaduras es comercializado por diversas marcas y es posible encontrar diferentes modelos y tamaños (Figura 7).
- **Accionamiento (gatillos e interruptores).** La elección de un tipo de gatillo en una herramienta se relaciona con el diseño del mango y con las operaciones que con ella se realizan. En la localización de los gatillos e interruptores debe tenerse en cuenta el centro de gravedad de la herramienta, así como la necesidad de estabilizar la herramienta durante el uso. Actualmente, en la mayoría de modelos de amoladoras, el



Figura 5. Modelo de amoladora ligero (Fuente: Hilti).



Figura 6. Amoladoras con zonas de agarre antideslizantes y cuerpo estrecho (Fuentes: Hilti, Bosch).



Figura 7. Amoladoras con empuñadura antivibraciones (Fuentes: Bosch, Hilti, Metabo).



Figura 8. Amoladoras con interruptor de seguridad (Fuentes: Bosch, Hilti).

interruptor se encuentra integrado en el mango, incluso existen modelos que disponen de interruptores de seguridad para una desconexión inmediata al soltar la máquina (sistema hombre-muerto) (Figura 8).

- **Disco de corte.** En función de la operación a realizar (tronzado, lijado, pulido, etc.) y del tipo de metal sobre el que se va a trabajar, habrá que elegir el disco adecuado (grosor, filo, material) para que el esfuerzo a realizar por el operario sea mínimo.

### c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

Se pueden encontrar en el mercado una serie de modelos de amoladoras dotados de elementos que mejoran las condiciones de trabajo en determinados tipos de tarea o circunstancias. A continuación, se recogen algunos ejemplos:

- **Soportes:** Existen soportes tanto para mini-amoladoras, como para amoladoras (Figura 9). Estos soportes nos permiten poder trabajar con mayor comodidad y mayor rapidez, especialmente cuando se tengan que realizar tareas repetitivas y muy continuadas.
- **Guías para corte:** Existen guías acoplables a la amoladora portátil que facilitan la realización de cierto tipo de trabajos con mayor precisión y seguridad. Se trata de guías dotadas, en algunos casos, de caperuza de aspiración para tronzar que mejora la limpieza (Figura 10).
- **Acceso a las escobillas:** Algunas amoladoras disponen de acceso fácil a las escobillas para su mantenimiento y cambio (Figura 11).



Figura 9. Soportes para amoladoras portátiles (Fuente: Casals).



Figura 10. Guías para corte (Fuente: Bosch).



Figura 11. Fácil acceso a las escobillas  
(Fuente: Casals).



Figura 12. Amoladora a batería (Fuente: Bosch).

- **Amoladoras de batería recargable:** Se pueden encontrar amoladoras potentes a batería proyectadas para desbastar y tronzar materiales metálicos. Este tipo de amoladora, compacta y con buen agarre, es ideal para cortar en zonas estrechas debido a su reducido tamaño (Figura 12).
- **Cambio de disco.** Se comercializan algunos modelos de amoladoras diseñadas para hacer más fácil el cambio de disco; éstas no necesitan de herramientas, al estar dotadas de una tuerca de sujeción rápida.



### Función y utilización

Los centros de mecanizado con control numérico se emplean para realizar operaciones de torneado, fresado, taladrado y/o mandrinado a partir del control numérico. El operario se encarga de regular la máquina, cambiar las herramientas que se van a utilizar, vigilar durante la realización de la pieza e introducir los datos, además de cargar y descargar las piezas a mecanizar. En la actualidad existe una gran variedad en cuanto a la tipología de centros de mecanizado se refiere (de mesa móvil, tipo pórtico, de columna móvil, horizontales, verticales, etc.).

El Control Numérico por Computador, también llamado CNC (en inglés Computer Numerical Control), es un dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real.

#### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para los brazos y pies insuficientes.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de brazos, de codo y muñeca.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- No se suministra toda la información necesaria.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Presencia de sombras.

## b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en las máquinas de mecanizado con control numérico.

### Alturas de trabajo

Durante el trabajo en el centro de mecanizado el operario tiene que acceder a diferentes puntos a distintas alturas, en función de la tarea a realizar (alimentación y retirada de piezas, programación y control, cambio de herramientas, etc.).

- **Carga y descarga de piezas:** En relación a la alimentación y retirada de las piezas, las alturas de acceso al centro de mecanizado varían en función del modelo y marca comercial de la máquina. Aunque la mayoría oscilan entre los 850 y 1050 mm. La posición de la bancada debe facilitar y mejorar la ergonomía en el acceso frontal a la máquina.
- **Mandos:** Se recomienda que el panel de mandos sea regulable en altura, de manera que el trabajador pueda ajustárselo a la altura y posición que le resulte más cómoda. La mayoría de máquinas existentes en el mercado sí disponen de ajuste de posición (giro) pero no todas disponen de ajuste de la altura.

En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Un aspecto importante a considerar es la automatización de la máquina; a mayor grado de automatización, menor puede ser la necesidad de acceso del trabajador a la misma (*Consultar el apartado de posturas y movimientos de esta ficha*).

### Espacios y aperturas de acceso

Cuando se tenga que acceder a ciertas partes de la máquina, se debe garantizar que existe el espacio suficiente para que el operario pueda realizar los movimientos y posturas asociadas a la tarea. Las dimensiones de los espacios previstos para los brazos no solo deben garantizar que estos caben sino que deben favorecer también la movilidad de los mismos. En la guía de aplicación del manual se pueden consultar las dimensiones recomendadas para las aperturas de acceso para las diferentes partes del cuerpo.

- **Carga y descarga de piezas:** Algunas máquinas comerciales han sido diseñadas con accesos frontales de gran amplitud para mejorar la carga y descarga de piezas, así como las tareas de verificación (Figura 1). Estos accesos deben permitir también la carga y descarga de piezas con medios mecánicos.

Otro aspecto a considerar es el **espacio disponible para los pies**. El trabajador debe poder acercarse a la máquina correctamente, sin que sus pies topen contra la parte inferior de



Figura 1. Centros con buena accesibilidad  
(Fuentes: Kondia, Ibarria).

la misma, o tenga que girarlos para poder arrimarse al área de trabajo (Figura 2). Los **requisitos mínimos** de espacio para los pies recomendados son: 21 cm de profundidad libre, y 23 cm de altura.

### Posturas y movimientos

Se ha detectado en los accesos al centro de mecanizado, que el trabajador en ocasiones se ve obligado a mantener posturas forzadas (Figura 3). Este aspecto se puede deber a la profundidad de los accesos.

Existen en el mercado una serie de máquinas diseñadas para la mejora de las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias. A continuación, se presentan algunas de ellas:

- **Centros con carga/descarga exterior:** Son centros de mecanizado que permiten la carga y descarga con la máquina en funcionamiento. Estos centros disponen de puntos de carga (mesa) situados fuera de la zona de trabajo de la máquina (cerramiento), por lo que el operario puede fijar la siguiente pieza mientras otra pieza está siendo mecanizada. Cuando la pieza se ha cargado el operario lo indica y la máquina queda lista para cambiar la mesa sin operario. Estas máquinas pueden favorecer la labor del trabajador, ya que no tiene que acceder al interior de la máquina ni inclinar su cuerpo hacia el interior de la zona con el cerramiento (Figura 4). Además, en empresas que necesiten una productividad alta, una máquina con dos mesas puede favorecer la producción, además de facilitar la labor de descarga. Y por último, otra ventaja es que se elimina la operación de abrir y cerrar puertas.
- **Mesa pendular giratoria.** Una variante del tipo anterior de máquinas es el centro de mecanizado con mesa pendular giratoria, que permite el trabajo en doble puesto. Mediante el giro de la mesa y la existencia de un separador central de zonas de trabajo, el operario puede cargar una nueva pieza mientras la máquina está en marcha (Figura 5).
- **Centros de mecanizado para el mecanizado de 5 caras:** Los centros de mecanizado de última generación posibilitan el mecanizado de 5 caras, ó en 5 ejes, en una sola fijación de la pieza. La pieza está fijada y las caras verticales se mecanizan con el cabezal en posición horizontal, mientras que para mecanizar la cara superior, el cabezal cambia a posición vertical. Mediante un divisor electrónico se posiciona automáticamente la cara a mecanizar (Figura 6).

Por otra parte, es posible encontrar una serie de dispositivos, accesorios para máquinas y medios auxiliares, que facilitan la labor al operario, tanto desde el punto de vista de la seguridad como de la ergonomía y confort.

- **Cambiador automático de mayor capacidad:** Los cambiadores automáticos de alta capacidad de almacenamiento de herramientas pueden reducir la necesidad de cambiar herramientas entre piezas, acortando el tiempo que el operario necesita para la preparación de la máquina (selección y



Figura 2. Espacio disponible para los pies (Fuente: Takumi).



Figura 3. Postura forzada del trabajador.



Figura 4. Centros de mecanizado con sistema de carga en marcha (Fuente: Milltronics).



Figura 5. Detalle de la mesa pendular (Fuente: Ibarria).



Figura 6. Detalle mecanizado multicara (Fuente: Ibarria).



Figura 7. Cambiador automático de herramientas (Fuente: Famasa).



Figura 8. Almacenes automáticos de herramientas (Fuente: Ibarria).

cambio de herramientas). El almacenamiento se realiza en un carrusel, un tambor o una cadena (Figura 7). El cambiador en cadena es el que más herramientas puede almacenar, mientras que el tambor el que menos (además de tener que estar la máquina parada para proceder al cambio).

- **Almacén automático de herramientas:** Algunos centros de mecanizado disponen, opcionalmente, de almacenes automáticos de herramientas de gran capacidad (40, 60 y 120 posiciones). Estos almacenes de herramientas se pueden fijar en la parte trasera de la columna, fuera de la zona de trabajo, evitando interferencias y permitiendo el cambio en cualquier posición del eje x (Figura 8). También es posible encontrar almacenes pick-up para el cambio automático de herramientas especiales. Una de las ventajas fundamentales de los almacenes es que siempre están fuera de la zona de trabajo, quedando totalmente protegidos contra virutas y refrigerante.
- **Puertas con apertura automática.** Esta opción evita que el operario tenga que abrir y cerrar las puertas.
- **Sistemas de sujeción de piezas:** Estos sistemas de sujeción de piezas facilita su mecanizado. Existe una amplia variedad de dispositivos de sujeción en función del objeto a mecanizar y de la tecnología empleada. Entre los más novedosos destacan los siguientes:



Figura 9. Placa matriz (Fuente: Schmalz).



Figura 10. Sistema de utillaje modular (Fuente: Bluco).

- **Sistemas de fijación por vacío:** En los últimos años han surgido nuevos sistemas de fijación por vacío que tratan de atender diversas necesidades y aplicaciones. En este sentido han aparecido nuevos sistemas para la fijación de piezas de metal para su mecanizado; como por ejemplo, la *placa matriz* de la empresa *Schmalz*. La placa base matriz es un sistema de fijación por vacío de concepción modular para la fijación segura de piezas de gran superficie de metal (aluminio, titanio o acero inoxidable), planas en su parte inferior (Figura 9). Existen diversos tamaños que se pueden fijar de forma sencilla sobre la mesa de la máquina. También incluye topes mecánicos adicionales en los lados que impiden el desplazamiento de las piezas; éstos son desmontables y reubicables de forma fácil. La fijación y el desbloqueo de las piezas se pueden realizar de forma fácil y segura mediante un pedal o un interruptor manual (que se bloquean con el control CNC del centro de mecanizado o de la fresadora).
- **Sistema de utillaje modular:** Estos sistemas posicionan y amarran con seguridad y precisión todo tipo de piezas y permiten que el utillaje sea desensamblado después de fabricar una pieza y reensamblado de nuevo con diferentes componentes para mecanizar otra totalmente diferente. Una ventaja adicional de este tipo de sistemas, es que si un elemento se daña, se puede cambiar ahorrando tiempo y dinero (Figura 10).
- **Bridas de amarre.**
- **Sistemas de sujeción para ranuras:** Las mesas de trabajo con ranuras en T extras facilitan la sujeción de la pieza a manipular. Existen sistemas de suje-

ción diseñados para ser amarrados a este tipo de ranuras (Figura 11).

- **Ayudas a la manipulación:** Existen diferentes opciones que pueden ayudar al operario en las labores de carga y descarga de las piezas en la máquina.
  - **Cambiador automático de pallets.** Este sistema permite que el operario pueda cargar y descargar piezas mientras la máquina está en marcha (Figura 12).
  - **Sistemas de manipulación de piezas.** La diversidad de sistemas de manipulación de piezas existente es muy amplia. El tipo de ayuda mecánica a emplear para la carga y descarga de piezas pesadas en la máquina depende de muchos factores (espacio disponible, distribución, tipo de piezas, etc.), pero todas ellas (grúas, manipuladores por vacío, etc.) tienen en común que favorecen la salud del trabajador (Figura 13).

En función del nivel de producción de la empresa, se puede optar por una mayor o menor grado de automatización. A mayor grado de automatización, menor será el nivel de intervención del trabajador; sin embargo, mayor será la exigencia de control.

- **Ayudas para la limpieza:** Los dispositivos o ayudas de limpieza de la máquina también pueden facilitar la labor del trabajador. Es posible encontrar: sistemas de limpieza automáticos del cono del husillo por aire comprimido, sistemas transportadores de virutas, dispositivos de limpieza de virutas magnéticos, etc.

## Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo, y tener un manejo lo más intuitivo y sencillo posible. Toda la información visual facilitada al operario ha de ser intuitiva y de fácil asimilación, así como fácilmente visible. En este sentido, la mayoría de fabricantes de sistemas de control numérico se han preocupado en dotar a sus productos de características que favorecen su utilización (pantalla LCD en color con buena resolución, disposición intuitiva de los botones, etc.) Y por otra parte, algunos fabricantes de centros de mecanizado los han diseñado para facilitar que el cliente pueda elegir y acoplar el tipo de control del fabricante que más confianza le ofrece.

También es posible implantar mejoras de cara a facilitar las tareas de control de la máquina, por ejemplo: se puede hacer que los botones más importantes se iluminen mientras estén presionados, que los botones que necesiten ser presionados se pongan en intermitente para que el operario los vea rápidamente, etc.

Los paneles de mando, preferentemente, deben ser ajustables; permitiendo al trabajador regular la posición del mismo de manera sencilla y rápida. Otra ventaja adicional de este tipo de mandos es que ofrecen la posibilidad de poder ubicar la pantalla en una zona visualmente más accesible (Figura 14). Algunos controles disponen de botonera portátil con volante



Figura 11. Dispositivos de sujeción para ranuras T (Fuente: Mitee Bite).



Figura 12. Centros de mecanizado con cambiador automático de pallets (Fuentes: Zayer, Delteco).



Figura 13. Elevador por vacío (Fuente: Schmalz).



Figura 14. Diferentes sistemas de control (Fuentes: Zayer, Ibarria).

electrónico, lo que también puede suponer en ciertas tareas una mejora de la cara a la operabilidad del control (Figura 14, derecha).

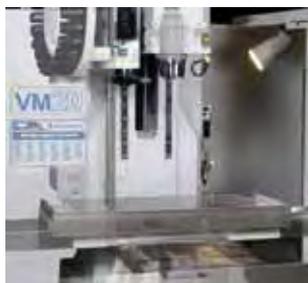


Figura 15. Mesa de trabajo con iluminación localizada (Fuente: Milltronics).

### Manual de instrucciones y formación específica en el manejo de la máquina

El centro de mecanizado sólo podrá ser utilizado por personal formado y preparado para ello. Además, en todo momento el trabajador debe poder acceder al manual de instrucciones, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendable en castellano, para poder hacer un buen uso de la máquina. Algunos fabricantes ofrecen ayuda on-line para resolver dudas, incluso pudiéndose conectar, vía modem, con la autorización del cliente para solucionar problemas de forma rápida.

### Iluminación

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux para realizar el trabajo habitual. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación sin sombras mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar (Figura 15). No obstante, para aquellas tareas que requieran una mayor precisión, como por ejemplo ajustes y calibración de herramientas durante la preparación de la máquina, se recomiendan niveles de iluminación mayores. Atendiendo a la normativa estos deberían ser como mínimo de 1000 lux (UNE 72163-84 y UNE 72112-85).



Figura 16. Centro de mecanizado con dos ventanas laterales (Fuente: Kondia).

Si la máquina dispone de ventanas laterales, se puede favorecer las tareas de mantenimiento así como la visibilidad del interior (Figura 16).

### c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

Se pueden encontrar en el mercado una serie de accesorios que pueden mejorar las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias.

- **Extractor de virutas:** Es posible encontrar diferentes soluciones de extracción de viruta en el mercado, adaptables al tipo de viruta y ancho de la mesa (sinfín, doble sinfín, combinados con extractores, etc.). Estos sistemas están disponibles como una opción extra en muchos centros de mecanizado. De esta forma el trabajador no debe preocuparse de las operaciones de limpieza de las virutas sobrantes tras el mecanizado (Figura 17).



Figura 17. Sistemas de extracción de virutas (Fuentes: Famasa, Kondia).



### Función y utilización

La cizalla-guillotina es una máquina que se utiliza fundamentalmente para el corte rectilíneo de chapa o láminas de poco espesor, y está destinada a piezas de grandes dimensiones. El proceso de trabajo consiste en situar la chapa a cortar en posición y accionar la máquina (habitualmente mediante pedal), lo que provoca que bajen, en primer lugar, unos pisones que sujetan la pieza y, posteriormente, la cuchilla móvil que realiza el corte.

Existen diferentes tipos de cizallas, pero actualmente las más comunes son las hidráulicas. Los elementos básicos que componen una cizalla son los siguientes:

- Bancada: pieza de fundición sobre la que se apoya la máquina.
- Bastidor: pieza de hierro que se apoya en la bancada y soporta la cuchilla y el pisón.
- Mesa: mesa de fundición sobre la que se apoya la chapa a cortar.
- Cuchilla móvil: pieza de acero unida a la corredera diseñada para cortar el material.
- Cuchilla fija: pieza de acero unida a la mesa y diseñada para cortar.
- Pisones: piezas que se encargan de sujetar la chapa durante el ciclo de corte.
- Utillajes: algunos ejemplos son: topes de posicionamiento del material, consolas, guías, escuadras, etc.

Algunos fabricantes fabrican determinadas variantes de las cizallas tradicionales que pueden mejorar las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias. A continuación, se recogen algunas de ellas:

#### Cizalla doble de corte transversal

Este tipo de guillotinas permite el corte transversal simultáneo de ambos extremos de la chapa y la medida automática de su longitud. Además, se pueden obtener series de láminas de la longitud del original (Figura 1). Su principal ventaja radica en que al tener una de las guillotinas móviles, que se mueve automáticamente a lo largo de toda la mesa, no es necesario manipular la lámina una vez depositada en la mesa.



Figura 1. Máquina que integra cizalla y punzonadora (Fuente: Finnpower).



Figura 2. Cizalla, punzonadora y taladro CNC (Fuente: FICEP).

### Guillotina, punzonadora y taladrado con control numérico.

Algunas máquinas constituyen centros multiproceso, que permiten realizar diferentes tipos de operaciones sobre las piezas de chapa (corte, perforación, etc.) (Figura 2). La principal ventaja de este tipo de máquinas es que elimina la necesidad de mover las piezas de una a otra máquina simple, pudiendo eliminar esfuerzos y movimientos del trabajador. Además, muchos de estas líneas disponen de dispositivos de carga y descarga automáticos. El operario coloca el paquete de chapa sobre el plano de trabajo, dentro de las referencias predispuestas, controla el software y vigila el

correcto funcionamiento de la máquina.

#### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Pedal del equipo inadecuado.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza, cuello, codos y muñecas.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Situación de los mandos de uso frecuente fuera del alcance inmediato del operario.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Nivel de iluminación inapropiado.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

#### b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la cizalla-guillotina.

##### Pedal del equipo



Figura 3. Pedales de seguridad para controlar los ciclos (Fuentes: Ermaksan, Durma, Femas).

Algunos modelos disponen de pedales con un mango largo que facilita su posicionamiento en función del tamaño y forma de las piezas; de este modo se evitan posturas forzadas o incómodas durante su manipulación (Figura 3).

Además, es importante que el pedal vaya protegido con una carcasa de plástico, o similar, para evitar su accionamiento involuntario o accidental. Tanto el pedal como la carcasa deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento llevando el operario calzado de seguridad. En la primera parte de este manual, en el punto “Como aplicar la Guía de Verificación” (pág. 40, tabla 8) vienen recogidas las dimensiones de acceso recomendadas para pedales.

##### Posturas y movimientos

Durante las visitas se detectaron posturas forzadas de cabeza, cuello, y movimientos repetitivos de codo y muñeca asociados fundamentalmente a la alimentación y retirada

de piezas. Se pueden encontrar una serie de dispositivos, accesorios para máquinas y medios auxiliares, diseñados para la mejora de las condiciones de trabajo en determinado tipo de tareas o circunstancias. A continuación se presentan algunos de ellas:

- **Mesas auxiliares y sistemas de soporte.** Se recomienda disponer mesas auxiliares o sistemas de soporte por la parte anterior que faciliten la manipulación de las piezas (Figura 4). Algunos sistemas de soporte disponen de bolas para mejorar el deslizamiento de la chapa (Figura 5). Estas mesas o soportes se deben disponer siguiendo el flujo de trabajo al objeto de evitar movimientos innecesarios tanto del material como del trabajador. La ranura en T en los brazos de apoyo puede facilitar el ajuste durante las operaciones de corte con medida por delante. Las extensiones de mesa con ruedas presentan la ventaja de poder instalarse o retirarse de forma rápida.
- **Topes motorizados.** Su ajuste se realiza sin necesidad de realizar esfuerzos en contraposición con los topes manuales.
- **Tope trasero abatible.** Esta opción puede facilitar el corte de chapas muy largas cuando llega el final del recorrido.
- **Sistemas de soporte trasero.** Cuando se cortan chapas finas y largas de material de poco espesor, la chapa puede caer antes de alcanzar la barra del tope. Existe sistemas que permiten mediante unos brazos, activados neumáticamente, sujetar la chapa hasta que hace tope, retirándose entonces automáticamente. Este sistema presenta varias ventajas: elimina la necesidad de un tope frontal y el tener que trabajar dos operarios, uno de ellos para sujetar manualmente la chapa por la parte posterior de la máquina.
- **Sistemas de evacuación, clasificación y apilado de piezas cortadas.** Algunos fabricantes han integrado un sistema capaz de clasificar y almacenar las piezas ya cortadas. El sistema consiste en un soporte trasero que puede devolver la pieza hacia delante, depositarla en un carro inferior o desecharla (Figura 7).
- **Sistemas de alimentación.** Este tipo de sistemas de levantamiento mecánicos o automáticos pueden ayudar a reducir el esfuerzo, las posturas forzadas y los movimientos repetitivos del trabajador durante la jornada laboral. Una sencilla mesa elevadora puede ayudar a posicionar la pila de piezas de chapa a la altura de alimentación, favoreciendo la altura de manipulación. También existen el mercado sistemas automáticos, por vacío, que realizan la carga de las piezas automáticamente (Figura 8).



Figura 4. Extensión de la mesa con ruedas (Fuente: RAS).



Figura 5. Cizallas con sistemas de soporte (Fuentes: Durma, Korpleg).



Figura 6. Soporte para chapas finas (Fuentes: Durma, Feysama).



Figura 7. Sistema de clasificación y retirada de piezas (Fuente: Ras).



Figura 8. Sistema de ayuda para la alimentación (Fuentes: Yeh Chiun, Schmalz).

La norma sobre seguridad en las cizallas indica que los sistemas para la manutención de los materiales y utillajes del reglaje, deben estar de acuerdo con los principios ergonómicos (UNE EN 13985).

### Dispositivos de información y mando

La normativa indica que tanto la cizalla-guillotina como sus mandos deben estar diseñados de forma que permitan posturas de trabajo adecuadas que no causen fatiga. Las posiciones, etiquetados e iluminación de los dispositivos de mando, deben estar de acuerdo con los principios ergonómicos. Todos los dispositivos de información y mandos deben



Figura 9. Diferentes configuraciones de mandos en función de su ubicación (Fuentes: Feysama, Ermaksan).

estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Los principales mandos de accionamiento (puesta en marcha, parada normal, parada de emergencia, ajuste del husillo, ángulo de la cuchilla, y pedal) deben estar situados a una altura igual o superior a

600 mm por encima del nivel del suelo. Existen diversas configuraciones en lo que respecta a la ubicación del panel de control: en el frontal de la máquina, en el lateral, articulado en altura o en la superficie (Figura 9). La configuración articulada en altura, o colgante orientable, tiene la ventaja de que permite al operario orientar la pantalla tanto en horizontal como en vertical, y tener mejor visibilidad. Sin embargo, para la operación normal de la máquina, una vez ajustada, se emplean los sistemas de pedal (Figura 3).

Los nuevos modelos de cizallas incorporan grandes pantallas LCD para facilitar la visualización de información y control. Opcionalmente, algunas máquinas pueden dotarse de control programable, visualización en texto de la detección de errores, así como otras opciones.



Figura 10. Cizalla con diversas paradas de emergencia (Fuente: Ermaksan).

### Parada de emergencia

La parada, o paradas, de emergencia deberían de estar situadas de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Si la máquina es pequeña y dispone de un único paro de emergencia frontal, este debería de estar ubicado en el medio de la máquina, para cubrir todas las distancias. Sin embargo, es recomendable instalar paradas en los extremos de la máquina para que el operario tenga alcance a estas desde cualquier lugar de trabajo, así como en el soporte del pedal (Figura 10).

### Iluminación

Al objeto de asegurar que todo el equipo de trabajo y los materiales puedan ser vistos correctamente, y para evitar la fatiga visual, debe iluminarse suficientemente aquellos lugares de la cizalla-guillotina necesarios, las puertas de trabajo y las zonas en las que están situados los dispositivos de mando, resguardos y dispositivos de protección (UNE EN 13985). En el área de la cuchilla, se debe alcanzar al menos 300 lux de acuerdo con la norma EN 1837; aunque se recomienda que la zona de trabajo tenga un nivel de iluminación de 500 lux. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar. Es recomendable que la máquina esté dotada de luz para visualizar el corte. Existen, además,

otros accesorios con el haz luminoso indicador de la línea de corte que ayuda al posicionamiento de las laminas (Figura 11).

### Formación

La cizalla - guillotina sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello.

## c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

### Otros elementos auxiliares y complementarios

- **Sistemas de presión, rodillos y patines:** Se trata de accesorios que facilitan la conducción precisa y segura de las piezas en la máquina, eliminando parte del esfuerzo que realiza el trabajador (Figura 12).
- **Armario para herramientas:** Son un accesorio sencillo que supone una mejora de cara a la localización rápida de las herramientas empleadas para el ajuste de la máquina, así como para mantener el orden y limpieza del puesto (Figura 13).
- **Laterales con forma de cuello de cisne:** Este tipo de forma en los extremos de la máquina permite cortar piezas más largas que la máquina (Figura 14).



Figura 11. Haz luminoso indicador de corte (Fuente: Ermaksan).



Figura 12. Accesorios de conducción, patín y rodillos (Fuente: Promecam).



Figura 13. Armario para herramientas (Fuente: Feysama).



Figura 14. Extremos en forma de cuello de cisne (Fuente: Ermaksan).

**FRESADORA**

### **Función y utilización**

La fresadora es una máquina-herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa, denominada fresa. Son máquinas que pueden ejecutar una gran cantidad de operaciones de mecanizado complejas, como diferentes tipos de ranurado, planeado, corte, copiado, etc. Dependiendo de la orientación del eje de giro de la herramienta de corte, se distinguen tres tipos de fresadoras: horizontales, verticales y universales.

#### **a. Principales problemas ergonómicos detectados**

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para los pies insuficientes.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, brazos, codos y de las muñecas.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Efecto estroboscópico.

#### **b. Propuestas de mejora ergonómica**

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la fresadora.

## Alturas de trabajo

En la actualidad existe una amplia variedad en cuanto a tipos de fresadoras se refiere: con bancada fija y mesa móvil, de columna móvil, con puente fijo y mesa móvil, con travesaño móvil y mesa fija, de tipo vertical, etc. En las fresadoras con mesa móvil esta regulación se debe a aspectos puramente técnicos y de funcionamiento, como posicionar la herramienta de fresar o establecer la profundidad de corte del fresado, y no a aspectos ergonómicos.

Durante el trabajo en la fresadora el operario tiene que acceder a diferentes puntos a distintas alturas, en función de la tarea a realizar (alimentación y retirada de piezas, programación y control, cambio de herramientas, etc.).

- **Carga y descarga de piezas:** En relación a la alimentación y retirada de las piezas a fresar, las alturas de acceso varían en función del tipo, modelo y marca comercial de la máquina; no existe una altura del plano de trabajo estándar. Desde el punto de vista ergonómico, esta altura debería ser diferente en función del tipo (tamaño y peso) de la pieza a mecanizar, siempre y cuando la pieza no supere el peso máximo recomendado. En este caso, se tiene que recurrir a la ayuda de equipos de manipulación, grúas, o dispositivos de elevación para lo cual se debe garantizar que es accesible la zona de trabajo por encima de la máquina cuando los resguardos estén abiertos (UNE-EN 13128).
- **Mandos:** En cuanto a la localización de los mandos, se recomienda el panel de mandos regulable en altura, de manera que el trabajador pueda ajustárselo a la altura y posición que le resulte más adecuada. La mayoría de máquinas existentes en el mercado sí disponen de ajuste de posición (giro), pero no todas disponen de ajuste de altura. Si los mandos son fijos estos deberían de estar situados a una altura comprendida entre la altura de los codos y la de los hombros, siendo necesario considerar en todo momento los requisitos visuales (Figura 1).

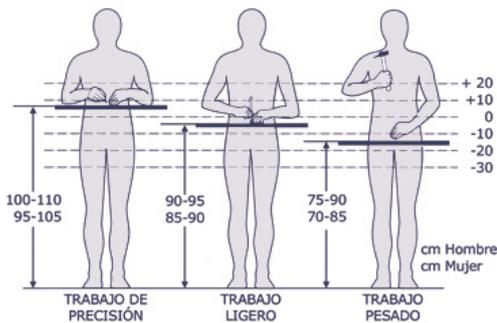


Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Si se tienen que manipular piezas algo pesadas o se requiere aplicar fuerza, la altura debería estar comprendida entre la altura de los nudillos y la altura de los codos. Un aspecto importante a considerar es la automatización de la máquina; a mayor grado de automatización, menor puede ser la necesidad de acceso a la misma.

En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Si se tienen que manipular piezas algo pesadas o se requiere aplicar fuerza, la altura debería estar comprendida entre la altura de los nudillos y la altura de los codos.

Un aspecto importante a considerar es la automatización de la máquina; a mayor grado de automatización, menor puede ser la necesidad de acceso a la misma.

## Espacios previstos para los pies

El trabajador debe poder acercarse a la máquina correctamente, sin que sus pies topen contra la parte inferior de la misma, o tenga que girarlos para poder arrimarse al área de trabajo (Figura 2). Se recomienda un espacio libre mínimo para los pies de 21 cm de profundidad y 23 cm de altura.

## Empuñaduras del equipo

En un mismo modelo de fresadora es posible encontrar diversos tipos de empuñaduras diferentes, como por ejemplo: volantes, palancas, selectores, etcétera, asociados a mandos y ajustes (Figura 3). Toda empuñadura o mango debe optimizar la transmisión de fuerza-precisión entre la mano y la máquina o herramienta, es por ello que deben tener unas dimensiones adecuadas a la mano de los usuarios que cumplan con las recomendaciones básicas.



Figura 2. Fresadoras con espacio previsto para los pies (Fuente: Milltronics).

A continuación vienen recogidas las características que deberían de cumplir algunos de los principales mandos:

- **Manivelas accionadas con los dedos** (Figura 4): Se trata de manivelas con ruedas de pequeño radio que se manejan con los dedos, mediante giro de la muñeca. Permiten un ajuste continuo y de muy amplio rango sin necesidad de soltar el control. La velocidad de operación es lenta y la percepción de la posición es pobre (a menos que exista un indicador asociado o se vea la acción de desplazamiento provocada). La agarradera debe girar para conseguir alta velocidad, aunque si no gira la precisión en el manejo es mayor. Ejemplos de aplicación: mandos de posicionamiento de máquinas herramienta. A continuación se recogen las principales recomendaciones de diseño para este tipo de mando.

#### Recomendaciones de diseño:

Radio máximo: 100 mm.

Diámetro de palanca: máximo 16 mm.

Longitud de palanca: máximo 30 mm.

Fuerza de accionamiento recomendada:  $0,6/3 \text{ N}\bullet\text{m}$ .

- **Conmutadores rotativos** (Figura 4): Los conmutadores rotativos admiten hasta 24 posiciones (máximo recomendado). Deben tener una marca radial o una barra en relieve (que puede servir para su agarre) que indique la posición, o una ventana en la que aparezca la posición seleccionada. La superficie lateral de los modelos circulares debe tener un relieve acusado que facilite el agarre. Requieren un espacio relativamente grande, porque la mano entera tiene que girar alrededor del conmutador. pueden hacerse de tamaño reducido, aunque los modelos miniatura son solo recomendables para una operación poco frecuente.

#### Recomendaciones de diseño:

Diámetro: 25/100 mm.

Profundidad: 15/75 mm.

Recorrido: entre 15 y 45 grados entre cada posición, en función de si se necesita control visual o por tacto.

Si son de barra: longitud mínima 25 mm; anchura máxima 25 mm; altura de 12 a 70 mm.

Separación: mínima 25 mm, deseable 50 mm.

Fuerza de accionamiento:  $320 \text{ N}\bullet\text{cm}$  máximo. Resistencia de tipo elástico que crece a partir de cada posición de enclavamiento.

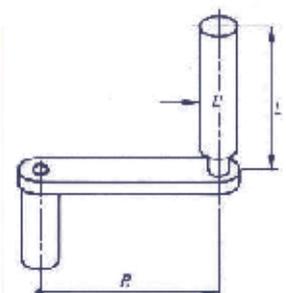
- **Manivela** (Figura 4): Se trata de un control de ajuste continuo accionado con la mano y el brazo. La capacidad de hacer fuerza aumenta al hacerlo el radio. Las recomendaciones de diseño para este mando son:



Manivela accionada con los dedos



Conmutador rotativo



Manivela

#### Recomendaciones de diseño:

Longitud mínima de la empuñadura: 100 mm.

Diámetro de la empuñadura: 30/50 mm si se precisa fuerza, y 8/16 mm si se requiere precisión.

Fuerza de accionamiento: hasta 2,3 kg, menor cuanto mayor sea la velocidad de operación; hasta 4,5 kg si la operación no es frecuente.



Figura 3. Fresadora con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Emco).

Figura 4. Principales mandos y empuñaduras en fresadoras (Fuente: IBV).

Radio: 190/510 mm hasta 100 r.p.m.; 125/230 mm más de 100 r.p.m.

### Posturas y movimientos

Actualmente, existen modelos de fresadoras más modernos que se alejan en gran medida a la forma y uso de las fresadoras tradicionales, sin tener que optar por un gran centro de fresado automático para grandes producciones. La normativa específica indica que cuando se carguen manualmente, sus aparatos y portaherramientas, deben situarse para evitar un estiramiento excesivo respecto de la máquina (UNE-EN 13128).



Figura 5. Fresadoras con sistemas que mejoran las condiciones de trabajo (Fuentes: DMU, Emco).

Algunos de estas fresadoras incorporan una serie de mejoras que favorecen las posturas y movimientos que el trabajador debe efectuar durante su trabajo en la máquina. Por ejemplo: puertas giratorias que permiten abrir y tener acceso completo a la zona de trabajo, controles regulables tanto en posición como en inclinación, bandejas colectoras de virutas abatibles, etc. (Figura 5).

En el caso de grandes producciones en serie se recomienda el empleo de fresadoras que incorporen sistemas de automatización de las tareas, control numérico, etc. (Figura 6) A mayor automatización, mayor nivel de asistencia tendrá el operario para realizar su labor. En este punto, la



Figura 6. Centro de fresado por control numérico (Fuente: DMG).

alimentación y retirada de piezas de forma automática puede ayudar a reducir tanto el esfuerzo como las posturas forzadas a las que el operario se ve sometido. Además de los movimientos de la pieza y de la herramienta, pueden controlarse de manera automática otros parámetros: como la herramienta empleada, que puede cambiarse desde un almacén de herramientas instalado en la máquina (Figura 10); la apertura y cierre de puertas, etc. No obstante, estos equipos son solo viables en centros de grandes producciones debido a su elevado coste.

### Carga y descarga de piezas

Existen dos variantes de fresadoras que pueden suponer una mejora en el acceso durante la carga y descarga de las piezas.

- **Centros de fresado con mesa móvil** (Figura 7): Los centros de fresado con mesa móvil pueden hacer que el trabajador no se vea forzado a acceder al interior de la máquina para recolocar la pieza. La alimentación se realiza desde un extremo, por lo que las posturas del trabajador se ven favorecidas.
- **Fresadoras con sistemas de paletización:** Al igual que en otras máquinas, si la fresadora está dotada de dos mesas de trabajo, es posible realizar la carga y descarga con la máquina en marcha, y sin que el operario tenga que acceder a la zona de trabajo. Existen algunos modelos de fresadoras que permiten el trabajo flexible gracias a los cambiadores automáticos de paletas. Éstos permiten trabajar en pendular, ahorrando tiempos y costes en el amarre y puesta a punto de piezas (Figura 8).



Figura 7. Centro de mecanizado con mesa móvil (Fuentes: Anayak, Milltronics).

## Dispositivos y accesorios

A continuación, se comentan una serie de partes de la máquina, accesorios y dispositivos dirigidos a la mejora de las condiciones de trabajo durante el uso de la fresadora convencional.

- **Dispositivos de sujeción de herramientas:** Existen varios métodos para facilitar el posicionamiento de las fresas en la fresadoras manuales, como por ejemplo, los mandriles porta-fresa de cambio rápido, que consta de un cuerpo que permanece en la máquina y de las distintas piezas que pueden ser cambiadas rápidamente (Figura 9).
- **Cambio de herramientas:** Algunas fresadoras CNC disponen como equipamiento opcional de almacenes de herramientas. Estos mecanismos permiten el cambio de herramientas de forma automática según las órdenes programadas (Figura 10).
- **Dispositivos de sujeción y amarre de piezas:** Permiten una correcta fijación de las piezas en la mesa de trabajo. La normativa menciona que los dispositivos de control para operar sobre los dispositivos de amarre y fijación, tales como espárragos o mordazas, deben situarse de manera que se evite una separación excesiva a la hora de sostener el peso de la herramienta o pieza (UNE-EN 13128). Existen diversos dispositivos que permiten la carga y descarga rápida y precisa de las piezas en la mesa de trabajo. Deben garantizar la repetitividad de las posiciones de las piezas y su amarre con una rigidez suficiente sin colisionar con ningún utillaje. Existen muchos tipos de dispositivos (bridas, mordazas, etc.).
  - Las **mordazas** pueden ser de accionamiento manual o hidráulico (Figura 11). La principal ventaja de las hidráulicas es que permiten automatizar la apertura y el cierre de las mismas así como la presión de apriete. Este tipo de amarre se utiliza cuando se trata de mecanizar piezas prismáticas regulares y de tamaño relativamente pequeño. El tornillo de mordazas se sujeta directamente encima de la mesa de la fresadora mediante unos tornillos, y paralela al desplazamiento de la mesa.
  - **Cabezal universal divisor** (Figura 12): Se trata de un accesorio de la fresadora empleado para hacer la división de la trayectoria circular del trabajo, así como para sujetar el material a mecanizar. Este sistema se emplea fundamentalmente cuando se trata de mecanizar superficies equidistantes sobre piezas de revolución tales como engranajes, hexágonos etc. Sin este accesorio sería imposible realizar ciertas operaciones en la fresadora, como por ejemplo:

- ✎ Lograr que la pieza gire en relación y simultáneamente con el desplazamiento de la mesa (engranajes helicoidales, brocas, sinfín).

- ✎ Dividir regularmente la periferia de una pieza (anillos graduados, ruedas dentadas).



Figura 8. Fresadoras con sistemas de paletización (Fuentes: CME, Juaristi).



Figura 9. Portaherramientas de cambio rápido (Fuente: Crafstman).



Figura 10. Almacenes automáticos para herramientas (Fuentes: MTE, Soraluce).



Figura 11. Mordaza (Fuente: Fresmak Arnorld).



Figura 12. Cabezal universal divisor (Fuente: Maquinaria MC).



Figura 13. Plato giratorio (Fuente: Proxxon).



Figura 14. Mesas giratorias (Fuente: Soraluze).



Figura 15. Ranura en forma de T (Fuente: EMCO).

- ✧ Fresar piezas en ángulo (engranaje cónico). Se inclina para facilitar el fresado en ángulo.
- **Platos giratorios:** Se trata de un accesorio que permite orientar la pieza en ángulos medibles (Figura 13).
- **Mesas giratorias horizontales y verticales** (Figura 14): Este tipo de accesorios permite el mecanizado de piezas de menor tamaño en una sola atada, dotando a la fresadora de mayor versatilidad. Se pueden encontrar de distintas dimensiones, según fabricante. Además, de las mesas giratorias horizontales y verticales, existen mesas rototraslantes.
- **Ranuras en T y en V:** Las mesas con ranuras en forma de T complementan el sistema de sujeción mejorando la fijación de los dispositivos (Figura 15). Las ranuras en forma de V se utilizan para fijar elementos redondeados.
- **Sistemas de fijación por vacío:** En los últimos años han surgido nuevos sistemas de fijación por vacío que tratan de atender diversas necesidades y aplicaciones. En este sentido han aparecido nuevos sistemas para la fijación de piezas de metal para su mecanizado; como por ejemplo, la placa matriz de la empresa Schmalz. La placa base matriz es un sistema de fijación por vacío de concepción modular para la fijación segura de piezas de gran superficie de metal (aluminio, titanio o acero inoxidable), planas en su parte inferior (Figura 16). Existen diversos tamaños que se pueden fijar de forma sencilla sobre la mesa de la máquina. También incluye topes mecánicos adicionales en los lados que impiden el desplazamiento de las piezas; éstos son desmontables y reubicables de forma fácil. La fijación y el desbloqueo de las piezas se pueden realizar de forma fácil y segura mediante un pedal o un interruptor manual (que se bloquean con el control CNC del centro de mecanizado o de la fresadora).



Figura 16. Placa matriz (Fuente:Schmalz).

### Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Se debe colocar indicaciones para el funcionamiento de la máquina (elección de velocidad de corte en función del material) sobre el bastidor de la máquina.

El funcionamiento de los controles en la fresadora debe adecuarse a los estereotipos de funcionamiento lógicos.

- El giro de un mando rotativo en sentido horario produce un incremento.
- Subir, mover hacia adelante o hacia la derecha una palanca produce un incremento. Y el sentido contrario una disminución.
- Un pulsador hundido indica que un proceso está activado, si está levantado indica paro o detención.
- Interruptores de palanca hacia arriba indican marcha o arranque.



Figura 17. Fresadoras con mandos en diferentes configuraciones (Fuentes: Lagun, Anayak).

- Girar un volante en sentido horario provoca movimiento hacia la derecha.

Los principales mandos de accionamiento (puesta en marcha, parada normal, parada de emergencia, ajuste del husillo y selección del modo de funcionamiento) deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo. Los modelos con mandos situados fuera de la propia máquina, proporcionan una mayor libertad al trabajador para situarlo donde más convenga. Las fresadoras con control numérico normalmente lo tienen situado en un brazo regulable o en un pedestal móvil (Figura 17), lo que permite su ajuste hasta cierto grado; se recomienda que sea regulable tanto en altura como en inclinación.

Por otra parte, algunos fabricantes de centros de fresado han diseñado éstos para facilitar que el cliente pueda elegir y acoplar el tipo de control del fabricante que más confianza le ofrezca (Figura 18).



Figura 18. Equipamiento opcional CNC para fresadoras (Fuente: Soraluce).

Toda información visual suministrada por la fresadora debe ser de fácil asimilación y no debe dar lugar a una mala interpretación. Por ejemplo, existen fresadoras con dispositivos electrónicos donde visualizar las posiciones de las herramientas, facilitando de esta forma la lectura de las cotas de desplazamiento (Figura 19).

### Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada y cumplir la normativa, siendo el nivel de iluminación como mínimo de 500 lux, medidos en el extremo de la herramienta estando el resguardo móvil con enclavamiento abierto (UNE-EN 13128). Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local auxiliar (Figura 20). Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico.

No obstante, para aquellas tareas que requieran una mayor precisión, como por ejemplo ajustes y calibración de herramientas durante la preparación de la máquina, se recomiendan niveles de iluminación mayores. Atendiendo a la normativa estos deberían ser como mínimo de 1.000 lux (UNE 72163-84 y UNE 72112-85).



Figura 19. Visualización de las cotas (Fuente: Easson).



Figura 20. Fresadora con luz auxiliar (Fuente: Ganesh).



### Función y utilización

Las máquinas lijadoras y pulidoras se utilizan para realizar operaciones de esmerilado, satinado, rebabado y pulido sobre un amplio rango de piezas. En función de la aplicación es posible encontrar diferentes tipos de máquinas lijadoras: máquinas de planos, manuales, CNC, etc. Las máquinas de planos se emplean para el lijado y/o pulido de piezas con caras planas; éstas se mecanizan sujetas por rodillos de presión mientras avanzan sobre la banda sinfín a velocidad regulable. Las máquinas CNC para el lijado y pulido permiten el mecanizado de gran diversidad de piezas, que requerían hasta ahora soluciones especiales, difíciles de automatizar. También existen lijadoras-pulidoras para el lijado, pulido, rebabado y microacabado de piezas de gran tamaño.

Algunos fabricantes ponen a disposición de las empresas del sector máquinas con aplicaciones específicas. A continuación, se muestran algunas de ellas.

**Lijadora para limpieza de soldadura de piezas.** Se trata de una máquina CNC diseñada especialmente con un cabezal doble para la limpieza de soldadura y acabado satinado (Figura 1).



Figura 1. Lijadora para limpieza de soldadura (Fuente: Autopulit).

**Pulidora de perfiles y piezas planas.** Son máquinas CNC diseñadas especialmente para trabajar perfiles y piezas planas, para ello disponen de dos cabezales y mesa móvil (Figura 2).

**Lijadora para tubos y barras redondas.** Se trata de una máquina de tres cabezales de tipo pesado, para tubos y barras redondas, con soporte de rodillos motorizados a la entrada y salida (Figura 3).



Figura 2. Lijadora para perfiles y piezas planas largas (Fuente: Autopulit).



Figura 3. Lijadora para tubos y barras redondas (Fuente: Autopulit).

### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados del codo y de las muñecas.
- Requiere de dispositivo de información.

### b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la lijadora/pulidora.

#### Alturas de trabajo

La altura idónea de trabajo varía en función del tipo y de la aplicación de la máquina: si está diseñada para el lijado y pulido de piezas pequeñas o grandes, el grado de automatización, etc.

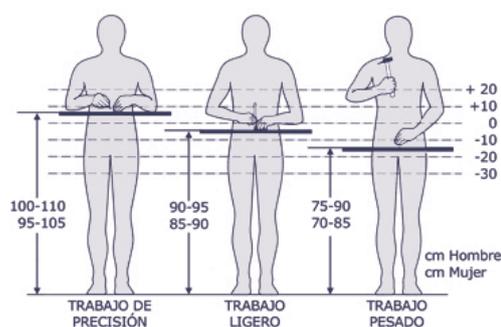


Figura 4. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

Cuando se va a trabajar con piezas de gran tamaño y peso el operario se debe ayudar de elementos técnicos auxiliares para la carga y descarga. No obstante, en ocasiones el trabajador tiene que cargar y descargar las piezas manualmente, siendo la altura de la bancada un factor clave para evitar posibles lesiones del tipo musculoesquelético.

En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Si se tienen que manipular piezas algo pesadas o se requiere aplicar fuerza, la altura debería estar comprendida entre la altura de los nudillos y la altura de los codos (Figura 4). Un aspecto importante a considerar es la automatización de la máquina: a mayor grado de automatización menor puede ser la necesidad de acceso a la misma.

#### Posturas y movimientos

Las posturas y movimientos a las que se ve sometido el trabajador dependen en gran medida del tipo de máquina y del grado de automatización. Por ejemplo, la lijadora de planos que se utiliza para el pulido y lijado de piezas planas (Figura 5), está formada por una cinta transportadora y un determinado número de rodillos responsables del lijado. La pieza pasa por los rodillos gracias a una cinta transportadora.

También existen modelos diseñados para realizar acciones concretas como el lijado a dos o más caras (Figura 6), o el lijado de dos piezas simultáneamente (Figura 7). El lijado de



Figura 5. Lijadora de planos (Fuente: Autopulit).



Figura 6. Lijadoras de dos caras y más caras (Fuente: Autopulit).

varias caras simultáneamente puede disminuir la necesidad de intervención del operario, y aumentar la productividad, al no tener que repetir el mismo proceso para cada cara a lijar-pulir. La pulidora con 2 cabezales dobles y 2 husillos portapiezas permite el acabado de dos piezas simultáneamente.

En el caso de tener que mecanizar piezas especiales o de grandes dimensiones, también existen lijadoras-pulidoras especiales, se trata de centros altamente automatizados (Figura 8).

Existe una serie de accesorios y equipos complementarios que pueden suponer una ayuda para el trabajador durante el trabajo en la máquina, estos son:

- Mesas de apoyo a la entrada y salida
- Carga y descarga automática
- Platos magnéticos y túneles de desimantación
- Dispositivo planetario, que completa el trabajo de la banda abrasiva, para trabajos de rebarbado.
- Funciones especiales: estaciones de secado, detección de pieza por cámara, comprobación de superficie y compensación de desgaste, etc.

Hoy en día es muy frecuente encontrar lijadoras y pulidoras con CNC, se recomienda que el panel de control sea regulable en altura y orientación de manera que el trabajador pueda ajustárselo a la altura y posición que le resulte más cómoda.

A mayor grado de automatización mejores condiciones ergonómicas puede tener el trabajador debido a que puede disminuir el nivel de intervención. Además, existen una serie de dispositivos complementarios que pueden ayudar a la labor del operario:

- **Transportador de rodillos.** Las máquinas automáticas que no poseen un alimentador propio se pueden complementar con un transportador de rodillos de carga/descarga regulable en altura, capaz de ofrecer un transporte motorizado (Figura 9). De esta forma el operario deposita las piezas en un extremo de la línea, lo que le ofrece una mayor autonomía, aumentando la productividad y minimizando las posturas forzadas adoptadas por el trabajador.
- **Robots.** Una célula robot para el rebanado, lijado y pulido de piezas (Figura 10) es una buena opción si se quiere disponer de un equipo de lijado y pulido totalmente automatizado ya que se pueden encargar de una gran cantidad de funciones:
  - Rebarbado, pulido y lijado de piezas complejas de tamaño pequeño y medio
  - Almacén de carga y descarga: puede coger directamente las piezas a pulir y devolverlas
  - Palets portapiezas sobre cinta de transporte
  - Manipuladores para alimentación de robot

### Dispositivos de información

Si la lijadora-pulidora posee dispositivos de información visual, por ejemplo pantallas, la información que ofrezca debe ser lo más intuitiva posible y de fácil de asimilar. Todos los dispositivos de información, si existen, deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles desde la posición de trabajo.



Figura 7. Pulidora CNC para el acabado de dos piezas simultáneamente (Fuente: Autopulit).



Figura 8. Pulidora CNC con cabezal doble y mesa para piezas de grandes dimensiones (Fuente: Autopulit).



Figura 9. Transportador de rodillos (Fuente: Autopulit).



Figura 10. Célula robot con dos unidades de lijado, una de pulido, virador de pieza y almacén (Fuente: Autopulit).



Figura 11. Distintas configuraciones de paneles de control (Fuente: Autopulit).

Existen diversas configuraciones en lo que respecta a la ubicación de los paneles de control: integrados en la propia máquina, articulados sobre un brazo en alto y sobre mueble independiente (Figura 11).

### c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares



Figura 12. Equipos de aspiración de polvo (Fuente: Autopulit).

- **Equipo de aspiración de polvo**

A fin de obtener unas condiciones ambientales más idóneas, es posible instalar un equipo de aspiración de polvo; además existen algunos modelos capaces de evacuar los lodos (Figura 12).

- **Lijadoras-pulidoras especiales**

Tal y como se ha comentado en el apartado “función y utilización” de la presente ficha, es posible encontrar máquinas con aplicaciones específicas, que pueden facilitar la realización de las labores concretas para las que fueron diseñadas. A continuación se muestra otro ejemplo de máquina de lijado con una aplicación muy específica: el lijado de ollas.



Figura 13. Lijadora para ollas y cacerolas (Fuente: Autopulit).

- **Máquina para el lijado de ollas**

Son máquinas con varios cabezales, especialmente diseñadas para el lijado-satinado tanto interior como exterior de ollas y cacerolas (Figura 13).



### **Función y utilización**

Las plegadoras son máquinas tipo prensa utilizadas para el trabajo en frío de metales en forma de planchas.

El espesor de las chapas a plegar puede variar desde 0,5 a 20 mm y su longitud desde unos centímetros hasta varios metros. En el mercado es posible encontrar plegadoras mecánicas e hidráulicas, en las máquinas mecánicas, la operación es continua, mientras que en las máquinas hidráulicas el plegado se realiza en dos tiempos:

- Fase de acercamiento con cierre rápido de la trancha.
- Fase de trabajo correspondiente al plegado propiamente dicho a baja velocidad.

Las plegadoras están constituidas por los siguientes elementos :

- Bancada: es la pieza de fundición sobre la que se apoya la máquina; está formada por dos montantes laterales en cuello de cisne que son los que soportan el esfuerzo y permiten que se realice el trabajo.
- Trancha: es el tablero superior que está formado por una placa metálica vertical, generalmente móvil que lleva incorporada el punzón de plegado.
- Mesa: es el tablero inferior que está formado por una placa metálica vertical, generalmente fija sobre la que se apoya la matriz de plegado
- Órganos motores: son dos cilindros hidráulicos de doble efecto.
- Mandos: pedal, pulsadores o doble mando; es muy común que existan al mismo tiempo varios de ellos ante lo cual existe un selector para elegir el sistema de accionamiento.
- Utillajes: por ejemplo, topes de regulación de carrera, topes de posicionamiento del material, consolas y topes eclipsables.

Según la dimensión de las chapas, el plegado requiere la presencia de uno o dos operarios. El ciclo arranca tras el posicionado de la chapa contra los topes o siguiendo un trazado, y el operario “acompaña” la chapa durante el plegado.

Para el plegado de piezas pequeñas, utilizar plegadoras grandes y pesadas puede implicar una pérdida de espacio y energía muy importante. Además, al no requerir que el traba-



Figura 1. Plegadora para piezas pequeñas con opción de sentarse (Fuente: Trumpf).

jador manipule pesos ni realice grandes alcances con los brazos, existe la posibilidad de sentarlo. Existe en el mercado una plegadora diseñada para trabajar sentado, en la que se ha habilitado un hueco para las piernas, y se han integrado pedales (Figura 1). Dicha plegadora dispone de un área de soporte ajustable, mando oscilante e iluminación especial iLED que no irradia calor.

### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, y de los codos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

### b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la plegadora.

#### Alturas de trabajo

Las alturas de acceso a la plegadora pueden variar en un rango comprendido entre los 800 mm y los 1500 mm, en función de la longitud y fuerza de plegado de la máquina. Siendo esta altura superior cuanto mayor son las chapas a manipular (en longitud y anchura). Por tanto se aconseja analizar cada caso, y las condiciones particulares en las que se va a realizar la operación. En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos.

#### Posturas y movimientos

Tanto la prensa como sus mandos deben diseñarse de forma que permitan posturas de trabajo adecuadas que no causen fatiga (UNE-EN 12622). Sin embargo, la manipulación de chapas en este tipo de máquina podría causar, a largo plazo, problemas de tipo musculoesquelético al trabajador debido a la necesidad de realizar posturas y movimientos de cabeza, cuello y codos inadecuados.

En el mercado existen una serie de accesorios y dispositivos que pueden facilitar al operario el trabajo en la plegadora mejorando las condiciones de su puesto. A continuación se muestran alguno de ellos.



Figura 2. Tope trasero por control DNC (Fuente: Bystronic).

- **Sistemas de topes** (Figura 2): Son mecanismo de ayuda al posicionamiento de las piezas a plegar. Es recomendable que su posicionamiento sea automático, siendo interesante que ofrezca la posibilidad de ajuste manual. En algunos casos los topes traseros ayudan a realizar un pre-plegado en las piezas más grandes, facilitando la labor al trabajador.
- **Ayudas de plegado** (Figura 3). También llamados brazos acompañadores, son mecanismos que ayudan al plegado, pueden estar colocadas tanto en el lado de manejo

como en el lado de tope posterior. Se utilizan para el mecanizado de grandes chapas o paneles. Cada una de ellos puede disponer de tres ejes controlados por CNC. Los delanteros pueden prolongarse a lo largo y a lo ancho con elementos adicionales.

- **Soportes delanteros** (Figura 4): Existen diferentes tipos de soportes de chapa frontales para este tipo de máquina. Se recomienda que puedan instalarse a lo largo de toda la anchura de la misma, y que tengan un tope retráctil, de manera que se puedan usar los soportes en todo el rango de la máquina en función del tamaño de la pieza a manipular. Debido a la necesidad de mover los soportes, es interesante que sean de fijación rápida, montados sobre guía lineal; los hay con sistemas de rodamiento a bolas que permite un rápido ajuste lateral. Es muy típico encontrar soportes con ranura en T, que ofrecen un buen apoyo para las piezas.
- **Compensación hidráulica.** Permite regular fácilmente el plegado de la chapa en la parte central abriendo o cerrando un grifo, facilitando que el operario no tenga que aflojar ni regular todas las cuñas que soportan los punzones.
- **Automatización.** A mayor grado de automatización de la plegadora, menor es la necesidad de acceso a la misma y, por tanto, mejores pueden ser las condiciones desde el punto de vista de las posturas y movimientos a realizar. Algunos ejemplos son: el empleo de control numérico (consultar el punto dispositivos de información y mandos), la implantación de elementos externos como el uso de robots para la manipulación de piezas (Figura 5) (consultar el apartado C), etc.

### Parada de emergencia

La normativa especifica que los órganos de accionamiento de la parada de emergencia deben estar diseñados para que puedan ser accionados con facilidad por el operador de la máquina, y por otras personas que puedan verse en la necesidad de accionarlos. Estos deben estar dispuestos de manera que sean claramente visibles y fácilmente accesibles. Idealmente, debe situarse frente al operador, a una altura alrededor del codo, pudiendo ser accionado sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Otro tipo paradas serían las que se activan con las piernas o rodillas, en caso de atraparse una mano. Actualmente existen otro tipo de sistemas de seguridad (láser, por cortinas de luz, etc.) que pueden complementar la protección del trabajador (Figura 6).

### Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar etiquetados e identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Además, deben adaptarse a las necesidades del usuario, así como tener un manejo sencillo. Los paneles de mandos abatibles permiten

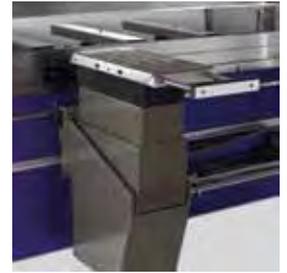


Figura 3. Ayudas de plegado frontal (Fuente: Bystronic).



Figura 4. Soportes frontales (Fuente: DURMA).



Figura 5. Sistema de manutención de piezas robotizadas (Fuente: Trumpf).



Figura 6. Plegadora con varios sistemas de seguridad (Fuente: Durma).



Figura 7. Plegadora con panel de mandos regulable (Fuente: Adira).



Figura 8. Control numérico (Fuentes: Feysama, Ras, Durma).

al trabajador ajustar la posición de los mismos de manera sencilla y rápida, así como ubicarlos en una zona visualmente accesible (Figura 7).

- **Control numérico:** La principal ventaja de los controles numéricos se hace patente en los trabajos repetitivos. Su utilización debe ser lo más sencilla posible. De hecho, cada día es más fácil encontrar plegadoras con un control numérico intuitivo y de fácil manejo, que incorporan: pantalla táctil de uso sencillo, simulación CAD del plegado para evitar colisiones, entorno Windows para la integración con el resto de la producción, etc. (Figura 8)

### Manual de instrucciones y formación específica en el manejo de la máquina

La plegadora sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello. Además, el trabajador debe tener acceso al manual de instrucciones de la máquina, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendable en castellano, para poder hacer un buen uso de la misma. Algunos fabricantes ofrecen ayuda on-line para resolver dudas, incluso pudiéndose conectar, vía modem, con la autorización del cliente para solucionar problemas de forma rápida.

### c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

Existen diferentes dispositivos y sistemas opcionales que pueden facilitar la labor del operario en esta máquina:

- **Armario portaherramientas.** Dispositivo auxiliar que permite al trabajador acceder rápidamente a las herramientas que más utiliza mientras está en la plegadora, ahorrando los desplazamientos a la mesa de trabajo.
- **Sistemas de medición de ángulos de precisión** (Figura 9). Algunos fabricantes comercializan sensores de ángulos para la medición y regulación del proceso de plegado, mediante conexión a CNC. Estos sistemas permiten reducir tiempos de preparación cuando se empieza a mecanizar una serie. Miden el ángulo de plegado, lo transmiten al control numérico y éste recalcula automáticamente la penetración del punzón para dar un ángulo preciso.



Figura 9. Sensor de ángulos (Fuente: Trumpf).

- **Sistemas automáticos y semi-automáticos de manipulación de piezas.** En los últimos años se han desarrollado plegadoras dotadas de mecanismos automatizados para la manipulación y clasificado de piezas. Existen diferentes sistemas en el mercado, basados en: robots, mesas transportadoras, etc. (Figura 10). La mayoría de estos sistemas son modulares lo que permite su adaptación e integración tanto para diferentes piezas como técnicas de transporte.

- **Otras ayudas a la manipulación.** Aquellas partes de la plegadora que pesen más de 25 kg y que precisen ser levantadas por medio de dispositivos elevadores deben incluir los accesorios necesarios para poder acoplar los amarres del dispositivo elevador (UNE-EN 12622).
- **Plegado de piezas grandes.** Es posible facilitar la mecanización de piezas grandes mediante el diseño de la máquina. Por ejemplo, con una construcción plana de las cubiertas anteriores, se aporta un mayor espacio libre para plegar y mecanizar sin limitaciones piezas grandes basculadas hacia arriba (Figura 11).



Figura 10. Plegadoras automáticas y semi-automáticas (Fuentes: Schmalz, Adira, Ras, Finnpower).



Figura 11. Plegado de piezas grandes (Fuente: Trumpf).



## PRENSA (PARA TRABAJO MANUAL)

### Función y utilización

Las prensas son máquinas altamente versátiles, que se emplean en el sector para realizar operaciones de embutición, estampación, corte de chapa, etc. Esta máquina acumula energía mediante un volante de inercia y la transmite bien mecánicamente (prensa de revolución total) o neumáticamente (prensa de revolución parcial) a un troquel o matriz mediante un sistema de biela-manivela.

En esta ficha se contemplan, fundamentalmente, las prensas con manipulación directa del operario (en la introducción de la pieza, en su expulsión, ó en ambas, etc.).

### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para las piernas insuficientes.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de los brazos, de las muñecas y de los codos.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Requiere de dispositivo de información.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Esfuerzo físico para accionar los mandos-controles.
- Presencia de oscilaciones de luz y sombras.
- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.



Figura 1. Prensa para trabajo de pie (Fuente: Bret).



Figura 2. Prensas con espacio para las piernas (Fuentes: IMS, EMGpresses).

## b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la prensa.

### Alturas de trabajo

Las alturas de acceso a la prensa varían sustancialmente en función tanto del tipo y modelo de prensa como de las piezas a cargar, por ello, se aconseja analizar con cuidado las condiciones particulares de cada caso. En general, se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Por ejemplo, en algunos modelos de prensa, la ausencia de estructura bajo el nivel del suelo, no implica obras de ingeniería civil especial, respetando una altura de trabajo ergonómica (Figura 1).



Figura 3. Prensas con bastidor inclinable (Fuentes: EMGpresses, Esna).

**Trabajo sentado** (Figura 2): Para el mecanizado de piezas pequeñas, utilizar prensas medianas o grandes puede implicar una pérdida de espacio y energía muy importante. Además, al no requerir que el trabajador manipule pesos ni realice grandes alcances con los brazos, existe la posibilidad de sentarlo. Se pueden encontrar prensas con hueco para las piernas.

También existen prensas mecánicas con el bastidor inclinable hasta 20° (Figura 3). Este factor puede suponer una mejora de la visibilidad de la zona de trabajo.

### Espacios y aperturas de acceso

Cuando se tenga que acceder a ciertas partes de la prensa, se debe garantizar que existe el espacio suficiente para que el operario pueda realizar los movimientos y posturas asociadas a la tarea. Las dimensiones de los espacios previstos para los brazos deben garantizar que éstos caben y la movilidad de los mismos. En la guía de aplicación de manual vienen recogidas recomendaciones dimensionales para las aberturas para las diferentes partes del cuerpo. También se pueden encontrar en la guía recomendaciones de espacio para las piernas.

## Posturas y movimientos

Según viene recogido en la norma (UNE-EN 692) el diseño de la prensa debe permitir posturas de trabajo adecuadas que no causen fatiga. En el mercado existen una serie de accesorios y dispositivos que pueden facilitar al operario el trabajo en la prensa mejorando las condiciones de su puesto. A continuación se muestran alguno de ellos:

- **Pantalla automática** (Figura 4): La pantalla vertical automática, sensible al tacto, proporciona protección tanto frontal como lateral. Mediante la acción conjunta de la pantalla automática sensitiva y el mando de ciclos por pedal, el operario puede trabajar libremente con ambas manos en la carga de piezas con menor fatiga y tensión muscular. Este equipamiento opcional permite incrementar la productividad con completa seguridad. Las puertas se montan sobre bisagras que permiten un acceso total para el cambio de troqueles.



Figura 4. Pantalla vertical automática (Fuente: EMGpresses).

- **Ayudas para la alimentación de piezas:** Es importante tener en cuenta, en especial en la manipulación de las piezas, que no se deben elevar manualmente cargas que sobrepasen el peso máximo recomendado. Y en el caso de que esto ocurra, se deben de poner los medios técnicos auxiliares necesarios para manipular dichas cargas. La normativa especifica que los sistemas para la manipulación de los materiales y troqueles deben estar de acuerdo con los principios ergonómicos.

- En determinados casos como, por ejemplo, el trabajo sentado con piezas pequeñas se pueden emplear sistemas de alimentación con acumulación de piezas como carruseles o rampas (Figura 5).
- Alimentación de banda: En los últimos años, se han desarrollado máquinas que disponen de bandas transportadoras que permite la entrada y salida del material a la prensa reduciendo la manipulación por parte del operario, también elementos que por medios mecánicos elevan las láminas o material de trabajo sin necesidad de que el operario realice fuerza y/o adopte posturas forzadas (Figura 6). Es posible encontrar en el mercado una gran diversidad de líneas de alimentación en función de las características del material, peso de la bobina, anchura, espesor, avance por golpe y planitud deseada, programables (avance, velocidad, etc.). La técnica del avance de banda se controla mediante un alimentador de rodillos electrónico o neumático, este último más económico.

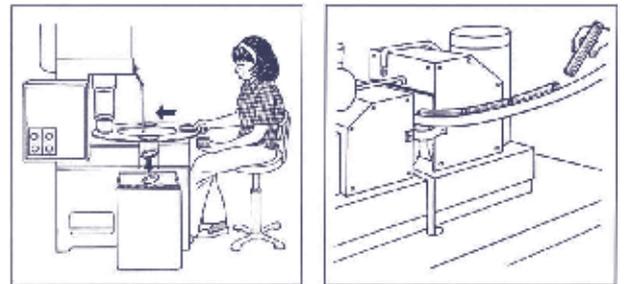


Figura 5. Alimentador con carrusel y por gravedad (Fuente: OIT).

- Alimentación de formatos (Figura 7): La alimentación de formatos es empleado principalmente en las prensas tipo transfer. Este tipo de prensa se emplea para la fabricación de piezas complejas en grandes series, en las que no se recomienda el empleo de troqueles progresivos. En las prensas transfer se realizan todas las operaciones sucesivas para obtener una pieza, a partir de un formato de chapa que se corta

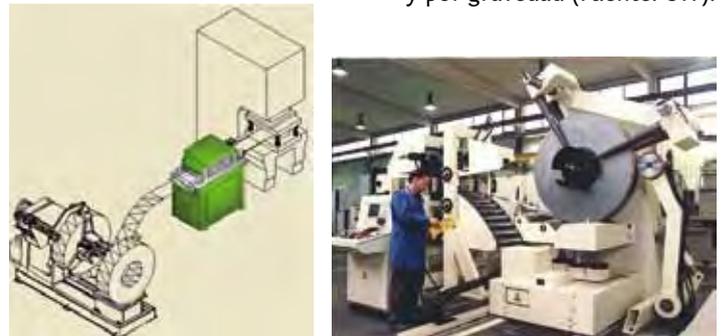


Figura 6. Sistemas de alimentación para prensas (Fuente: Agfra).



Figura 7. Sistemas de alimentación de formatos (Fuente: Arisa).

en la primera operación o que ha sido cortado previamente. Todas las operaciones se realizan simultáneamente, por lo que es necesario un dispositivo transferizador, que transporte cada forma obtenida, desde una operación a la siguiente. La alimentación de formatos a las prensas transfer, tiene soluciones muy diversas en función de las características del material de partida, de la forma y dimensiones del mismo: rectangular (a partir de bobina o ya cortado), irregular (desde una pila con elevador-transportador CN), circular (cortados en prensa auxiliar), etc.

- **Ayudas a la evacuación de piezas:** En determinados casos como, por ejemplo, el trabajo



Figura 8. Transportador de banda estrecho para la evacuación de piezas (Fuente: Renzo borghonovo).

sentado con piezas pequeñas es posible emplear dispositivos de manutención para la evacuación de piezas acabadas (Figura 8). También se puede analizar la posibilidad de preparar aperturas parciales en las protecciones y vallados de la prensa para facilitar la salida de piezas por rampas o cintas, sin perder las condiciones de seguridad.

- **Prensas con sistema de autorreglaje:** Hay prensas que disponen, opcional o de serie, de centraje y ajuste a las dimensiones de la lámina; las dimensiones mayores como longitud y anchura se detectan cuando el metal entra la prensa, y la máquina se predispone automáticamente a sus dimensiones, sin intervención del operario. El sistema de autorreglaje permite programar para cada troquel los parámetros principales de máquina y cualquier sistema de actuación secuencial en la introducción de la pieza, la expulsión de la misma, el control de posicionado de pieza, el control de salida, etc. Esta característica ayuda a reducir el tiempo de preparación de máquina ya que permite preparar la prensa de forma automática con cada uno de los troqueles empleados.
- **Cambio de troqueles:** Cuando los lotes de producción son pequeños, es sumamente importante que el tiempo de cambio de un troquel al siguiente, sea mínimo. Para reducir el tiempo de preparación de un trabajo, existen fabricantes que suministran equipamiento para el cambio rápido de troqueles. Además, hay que tener en cuenta que aquellas partes de la prensa que pesen más de 25 kg y que precisan ser levantadas por medio de dispositivos elevadores deben incluir los accesorios necesarios para poder acoplar los amarres del dispositivo elevador. Estos equipamientos facilitan la introducción, centrado, sujeción y retirada del troquel:

- **Introducción rápida del troquel** (Figura 9). Para introducir pequeños troqueles con peso inferior a 1.500 kg se emplean bolas o rodillos de apoyo que, al reducir el coeficiente de deslizamiento, facilitan el desplazamiento manual. Se emplean consolas externas en el frente de la prensa, para depositar con seguridad el troquel desde la carretilla elevadora o desde el

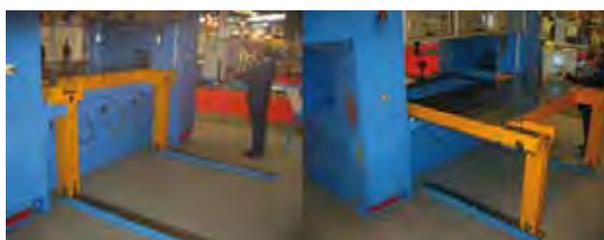


Figura 9. Sistemas para la introducción rápida del troquel (Fuente: Arisa).

punte-grúa. Cuando el troquel tiene un peso superior a 1.500 kg conviene colocar algún dispositivo arrastrador, que motorice la entrada y salida del troquel. Para los troqueles con peso superior a 3.000 kg, hay prensas con placa de mesa que se desplaza hacia el frente de la prensa, saliendo lo suficiente para permitir la carga superior de troqueles con puente-grúa. Se puede conseguir un cambio más rápido si la prensa dispone de dos mesas automotrices o un carro cargador con dos placas de mesa, de manera que siempre se tenga una mesa o una placa en espera con el troquel siguiente convenientemente centrado y sujeto.

Los **brazos de carga de troquel** facilitan y hacen seguras las operaciones de cambio de producción (Figura 10). De construcción modular, en aluminio, pueden integrarse en entornos de prensas nuevas o antiguas. Pueden ser instalados en todas las caras de la zona de útiles de la prensa.

Los **carros portaherramienta** son otra solución alternativa. Se instalan principalmente en el entorno de las prensas de bastidor monobloque. Evitan la realización de las ingenierías civiles específicas. Generalmente están constituidos por dos carros enganchados que se desplazan sobre raíles situados en la parte trasera de la prensa. Los dos puestos se utilizan alternativamente para almacenar la herramienta saliente y preparar la herramienta entrante. Un cerrojo de seguridad sujeta la herramienta al carro. Un sistema de empuje situado en la prensa o en el carro realiza la carga de la herramienta. El proceso de cambio de herramienta puede ser simplemente mecanizado y comandado manualmente por el operario.

- **Centrado rápido del troquel.** Es posible mecanizar la mesa para la colocación de bulones centradores, o cualquier otro sistema de centrado, que permita una colocación rápida y precisa de los troqueles (Figura 12).
- **Sujeción rápida del troquel** (Figura 13). Los amarres hidráulicos permiten sujetar rápidamente los troqueles a la base de la prensa. Existen amarres eclipsables de posición fija, pero es más general el uso de amarres deslizantes a lo largo de las ranuras de T de las bases, que de esa forma se acoplan a las diferentes dimensiones de los troqueles.

- **Automatización:** A mayor grado de automatización es previsible una menor intervención del operario y, por consiguiente, en la medida en que se reduce la intervención humana, se puede reducir el riesgo para el trabajador. La introducción del Control Numérico (CN) y el empleo de autómatas programables (PLC), ha permitido producir económicamente, en prensas mecánicas, piezas en lotes de tamaño pequeño y mediano, adecuando la producción al consumo y manteniendo stocks más reducidos. Los tiempos de preparación elevados de los anteriores sistemas mecánicos, han quedado drásticamente reducidos con la adaptación de las nuevas tecnologías electrónicas digitales. Algunas ventajas de este tipo de sistemas son:

- Utilización más flexible de las prensas por tener tiempos de preparación más reducidos.
- Mayor calidad de las piezas producidas y mayor duración del equipo utilizado, asociado a un control más efectivo sobre los dispositivos de la prensa y sobre el propio proceso de producción.



Figura 13. Sujeción rápida del troquel (Fuente: Arisa).



Figura 14. Automatización (Fuente: Arisa).



Figura 10. Brazos de carga de herramientas (Fuente: Bliss).



Figura 11. Carro portaherramienta (Fuente: Bliss).



Figura 12. Centrado rápido del troquel (Fuente: Arisa).



Figura 15. Prensas con robot (Fuentes: Loiresafe).

- **Prensas con robot:** Existen en el mercado centros de trabajo que se componen de prensa y robot que realizan el levantamiento y retirada de las piezas en el proceso de prensado (Figura 15). Esto supone un aumento del rendimiento del proceso y reducción de levantamientos, movimientos repetitivos y posturas forzadas.

### Mandos

Según viene recogido en la norma (UNE-EN 692) tanto la prensa como sus mandos deben diseñarse de forma que permitan posturas de trabajo adecuadas que no causen fatiga. Las posiciones, etiquetados e iluminación (si es necesaria) de los dispositivos de mando, y los sistemas para la manipulación de los materiales y troqueles, deben estar de acuerdo con los principios ergonómicos.



Figura 16. Panel de mandos (Fuentes: Loiresafe, Bruderer, Ermak).

Los paneles de mando preferentemente deben ser ajustables; por

ejemplo, los de tipo abatible pueden mejorar la visibilidad y accesibilidad, ya que permiten al operario regular la posición que le resulte más ventajosa (Figura 16).

En el caso de que la máquina se accione mediante pedal, es importante que éste vaya protegido con una carcasa de plástico o similar, de manera que no pueda ser accionado de manera involuntaria. Tanto el pedal como la carcasa deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento.



Figura 17. Barrera de seguridad (Fuente: EMGpresses).

### Parada de emergencia

La parada de emergencia debería de estar situada de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Algunas prensas pueden equiparse bajo pedido con barreras de seguridad de tacto o programables. Las de tipo programable controlan automáticamente el comienzo del ciclo tras un número preprogramado de interrupciones; esta innovación asegura la máxima seguridad con un importante incremento de la productividad

### Iluminación

La norma (UNE-EN 692) especifica que cuando sea necesario, los puestos de trabajo y las zonas en las que están situados los dispositivos de mando, resguardos y dispositivos de protección deben estar suficientemente iluminados al objeto de asegurar que todo el equipo de trabajo y los materiales puedan verse adecuadamente de forma que se evite la fatiga visual. Especialmente a la salida del proceso es importante que haya un nivel de iluminación adecuado, ya que el trabajador debe comprobar que la pieza está correcta. Debería de haber como mínimo 500 lux, sí no es posible garantizar esto con los sistemas de iluminación general, hay que proveer de iluminación auxiliar regulable.

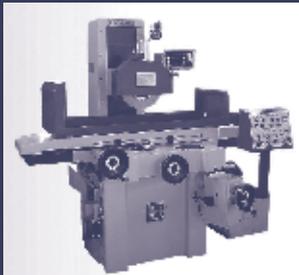
### c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

- **Soportes antivibratorios**

Están compuestos de un conjunto de resortes cilíndricos a compresión que aíslan la prensa del suelo y, un compartimento de líquido viscoso que produce un efecto amortiguador, disminuyendo rápidamente la amplitud de las vibraciones. Las cargas dinámicas sobre la cimentación pueden reducirse en más del 90%, eliminándose además los efectos perjudiciales de las vibraciones sobre otras máquinas y sobre edificaciones del entorno.



Figura 18. Soporte antivibraciones (Fuente: Arisa).



## RECTIFICADORA PLANA

### Función y utilización

La rectificadora es una máquina herramienta, utilizada para conseguir mecanizados de precisión tanto en dimensiones como en acabado superficial. Las rectificadoras planas permiten rectificar superficies planas o perfiles rectilíneos por abrasión, utilizando para ello discos abrasivos robustos, llamados muelas.

La operación de rectificado exige una gran precisión geométrica y dimensional. El operario debe tomar una serie de precauciones al realizar ciertas acciones como el acercamiento de la muela, el reglaje de los recorridos, el diamantado, el empleo, etc. La pieza es amarrada sobre una mesa, mediante un plato magnético o mediante dispositivos especiales de inmovilización. La muela trabaja en su periferia (amolado tangencial) y está fijada, como regla general, entre dos discos en el árbol de la cabeza portamuela y apretada mediante una tuerca central.

### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza, cuello y del tronco.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Presencia de sombras.
- Efecto estroboscópico.
- Las herramientas y/o equipos auxiliares no tienen la forma adecuada a la mano.
- Falta de manual de instrucciones.

## b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la rectificadora.

### Alturas de trabajo

En esta máquina el trabajador tiene que acceder a distintos puntos situados a diferentes alturas: la mesa donde se fija la pieza, los mandos, la muela, etc.

En relación a la carga y descarga de piezas, según la aplicación de la máquina se aconsejan diferentes alturas de trabajo. Por ejemplo, para el rectificado de piezas que se carguen manualmente, y donde se requiera una cierta fuerza, dicha altura debería variar entre la altura de los nudillos y la altura de los codos, mientras que si se manipulan piezas pesadas la carga y descarga debe realizarse con el apoyo de ayudas mecánicas, no siendo tan crítica la altura de la mesa.

De entre las máquinas analizadas, la mayor problemática venía reflejada en la altura de los mandos de uso frecuente (volantes, manivelas, botones, etc.), que normalmente se encontraban en una bancada de poca altura. Es recomendable que los mandos estén situados entre la altura de los codos y la de los hombros, siendo necesario considerar en todo momento los requisitos visuales. En lo que respecta a la ubicación de los mandos se recomienda consultar el punto *dispositivos de información y mando* de esta ficha.

### Posturas y movimientos

Actualmente, en el mercado existe una amplia variedad de modelos y tamaños de rectificadoras planas. Por regla general, a mayor grado de automatización de la máquina más ayudas para la tarea y asistencia tiene el trabajador, sin embargo, no siempre es viable el empleo de máquinas muy complejas.

Independientemente del grado de automatización, una división de las rectificadoras planas es: de mesa móvil y de columna móvil. Estas últimas puede presentar una serie de ventajas:

- La pieza puede ser más pesada ya que no se mueve.
- Se puede cargar o retirar una pieza sobre la mesa mientras se está rectificando otra.
- Se posibilita independizar la mesa de trabajo de los cabezales, con el consiguiente aumento de flexibilidad al permitir una mayor modularidad.
- Y menor espacio ocupado cuando se tienen que rectificar piezas grandes. Por ejemplo, para rectificar una pieza de 10 metros se podría necesitar 12 metros, frente a 22 metros que necesitaría una mesa móvil.

Algunas rectificadoras presentan características que pueden resultar ventajosas desde un punto de vista ergonómico:

- Si la rectificadora está provista de un sistema de protección en la parte frontal, es recomendable que sea fácilmente movable de manera que no limite la visibilidad del trabajador ni obstaculice el acceso a la zona de trabajo (Figura 2).



Figura 1. Rectificadora con columna móvil (Fuente: Delta).



Figura 2. Rectificadora con puerta frontal y ventanas (Fuente: Rosa Ermando).

- En el rectificado de piezas de gran tamaño se puede optar por una rectificadora plana automática con pórtico de gran capacidad (Figura 3).

A continuación, se especifican una serie de accesorios de precisión que pueden ayudar al operario en el proceso de rectificado:

- **Conformador-diamantador:** El conformador-diamantador (Figura 4) es un elemento que se utiliza para dar formas estándar a la muela, de operación precisa y rápida. Incluye formas circulares, radiales, multiangulares y cualquier forma especial que se precise desarrollar, incluyendo dibujos de muela cóncavos y convexos. Coordinado con el panel de la rectificadora, el conformador-diamantador puede ser usado para inspección, calibrador de mandrinado, divisor, diamantador de radios y electrodos para máquinas de electroerosión.



Figura 3. Rectificadora plana con pórtico (Fuente: Kent).

Figura 4. Accesorios de precisión (Fuente: Vallcal).

- **Dispositivos de sujeción:**

La pieza pueden ser amarradas sobre la mesa, sobre un plato magnético o mediante dispositivos especiales de inmovilización. Los dispositivos de sujeción permiten fijar la pieza a rectificar en la mesa de trabajo de manera rápida y segura. La placa magnética permite el mecanizado de piezas planas, grandes y pequeñas mediante una fijación individual o múltiple (Figura 5). Existen modelos concretos con accionamiento manual que presentan las siguientes ventajas: no requiere energía para el accionamiento por lo que la placa no se calienta y ofrece una sujeción de piezas optimizada mediante placa polar.



Figura 5. Placas magnéticas (Fuente: Schunk).

## Empuñaduras del equipo

En un mismo modelo de fresadora es posible encontrar varios tipos de empuñaduras diferentes, como por ejemplo, volantes, palancas, mangos, etc. (Figura 6).

Toda empuñadura o mango debe optimizar la transmisión de fuerzas entre la mano y la máquina, es por ello que deben de tener unas dimensiones adecuadas a la mano de los usuarios que cumplan con las recomendaciones básicas. A continuación vienen recogidas las características que deberían de cumplir algunos de los principales mandos:

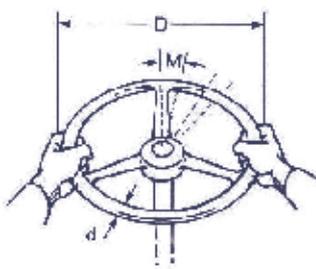
- **Manivelas accionadas con los dedos** (Figura 7): Se trata de manivelas con ruedas de pequeño radio que se manejan con los dedos, mediante giro de la muñeca. Permiten un ajuste continuo y de muy amplio rango sin necesidad de soltar el control. La velocidad de operación es lenta y la percepción de la posición es pobre (a menos que exista un indicador asociado o se vea la acción de desplazamiento provocada). La agarradera debe girar para conseguir alta velocidad, aunque si no gira la precisión en el manejo es mayor.



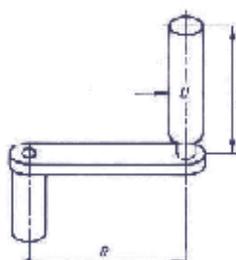
Figura 6. Fresadora con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Emco).



Manivela accionada con los dedos



Volante



Manivela

Figura 7. Principales mandos y empuñaduras en rectificadoras (Fuente: IBV).

**Recomendaciones de diseño:**

- Radio máximo: 100 mm.
- Diámetro de palanca: máximo 16 mm.
- Longitud de palanca: máximo 30 mm.
- Fuerza de accionamiento recomendada: 0,6/3 N•m.

- **Volantes** (Figura 7): Los volantes son otro tipo de mandos muy presente en máquinas-herramientas, que permiten un rango de giro de 120 grados sin cambio de agarre. La capacidad de realizar fuerza aumenta al hacerlo el radio del volante. Además, se recomiendan los siguientes detalles de diseño:

**Recomendaciones de diseño:**

- Diámetro del volante: 180/350 mm.
- Diámetro de la sección del volante: 20/50 mm.
- Fuerza de accionamiento: 20/130 N con una mano, hasta 250 N con las dos.

- **Manivela** (Figura 7): Se trata de un control de ajuste continuo accionado con la mano y el brazo. La capacidad de hacer fuerza aumenta al hacerlo el radio. Las recomendaciones de diseño para este mando son:

**Recomendaciones de diseño:**

- Longitud mínima de la empuñadura: 100 mm.
- Diámetro de la empuñadura: 30/50 mm si se precisa fuerza, y 8/16 mm si se requiere precisión.
- Fuerza de accionamiento: hasta 2,3 kg, menor cuanto mayor sea la velocidad de operación; hasta 4,5 kg si la operación no es frecuente.
- Radio: 190/510 mm hasta 100 r.p.m.; 125/230 mm más de 100 r.p.m.



**Dispositivos de información y mando**

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Los principales mandos de accionamiento (puesta en marcha, parada normal, parada de emergencia, ajuste del husillo, sentido de rotación, y selección del modo de funcionamiento) deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo.

Existen diversas configuraciones en lo que respecta a la ubicación del panel de control (Figura 8): en la bancada, sobre poste y articulado en altura o en la superficie.



Figura 8. Diferentes configuraciones de los mandos (Fuentes: Chevalier, Jones&Shipman, Heller).

Se están desarrollando nuevos modelos de máquinas dotadas de control elevado, montado sobre un brazo regulable. Algunas rectificadoras incorporan grandes pantallas LCD para facilitar la visualización de información y control. La configuración articulada en altura, o colgante orientable, tiene la ventaja de que permite al operario orientar la pantalla tanto en horizontal como en vertical, y tiene mejor visibilidad.

Por ejemplo, los paneles de mandos con pantallas táctiles “Easy Touchscreen” (Figura 9) tienen las mismas ventajas que los CNC tradicionales pero con un manejo más sencillo que permiten el rectificado de precisión de formas, ángulos y superficies complejas de una manera sencilla, al permitir digitalizar posiciones y crear programas sin conocimientos previos de informática.



Figura 9. Panel de control con pantalla táctil (Fuente: Jones & Shipman).

### Parada de emergencia

Entre las máquinas revisadas no se encontró ninguna con parada de emergencia. Son diversas las fuentes que afirman que *no procede la instalación de parada de emergencia debido a que un frenado brusco puede generar tensiones en la muela y hacerla frágil, creando un riesgo de fragmentación en la próxima utilización*. No obstante, muchos modelos actuales sí que disponen de ella (Figura 10), en tal caso deberían de estar situadas de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Idealmente, debe situarse frente al operador, de manera que su ejecución se realice a una altura alrededor del codo, sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Concretamente, debe estar situado en el área preferente de movimiento de las manos, esto es: a la altura del codo, entre 15 y 40 cm por delante del cuerpo, y no más de 40 cm hacia los lados.



Figura 10. Rectificadora con parada de emergencia (Fuente: Heller).

### Manual de instrucciones

La rectificadora plana sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello. Además, en todo momento el trabajador podrá acceder libremente al manual de instrucciones, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendablemente en castellano, para poder hacer un buen uso de la máquina.

### Iluminación

Debido a que en el operario debe realizar tareas de precisión (como por ejemplo, comprobar el acercamiento de la muela y el reglaje de los recorridos) es necesario disponer de una iluminación localizada, que debe ser orientable, estanco a líquido y resistente a las proyecciones de viruta. Además, el sistema de iluminación debe evitar la presencia de sombras y de efecto estroboscópico. Para conseguirlo, se pueden usar lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico. El nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux en general. No obstante, para las tareas de precisión, comentadas anteriormente, se recomienda disponer una iluminación de 1.000 lux (UNE 72163-84 y UNE 72112-85).

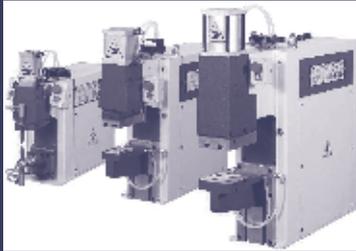
En el caso de que la máquina tenga cerramiento, éste deberá de estar provisto de una o más ventanas que permiten controlar el proceso desde el exterior (Figura 12).



Figura 11. Rectificadoras con iluminación local (Fuentes: Equiptop, Kent).



Figura 12. Rectificadora dotada de diversas ventanas en su perímetro (Fuente: Rosa Ermando).



## EQUIPO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA

### Función y utilización

El equipo de soldadura por resistencia es una máquina cuyo funcionamiento está basado en el calentamiento de una pequeña zona al hacer circular una corriente eléctrica. Es útil en láminas metálicas, y aplicable normalmente entre 0,5 y 3 mm de espesor.

En la soldadura por puntos la corriente eléctrica pasa por dos electrodos con punta, debido a la resistencia del material a unir se logra el calentamiento, y con la aplicación de presión sobre las piezas se genera un punto de soldadura. Las máquinas soldadoras de puntos pueden ser fijas o móviles o bien estar acopladas a un robot o brazo mecánico.

### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacio insuficiente para los pies.
- Espacios previstos para las piernas insuficientes (trabajo sentado).
- Distancias insuficientes entre la máquina y otros elementos.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Pedal del equipo inadecuado.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de los brazos, de los codos y de las muñecas.
- Tipos de mandos inadecuados.
- Posible accionamiento involuntario.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Esfuerzo físico para accionar los mandos-controles.
- Presencia de oscilaciones de luz.

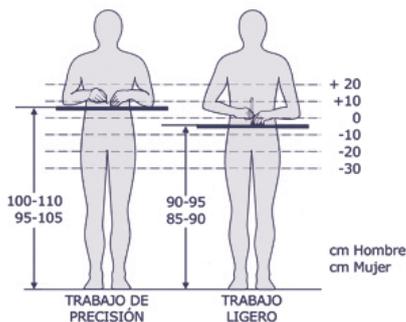


Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).



Figura 2. Soldadoras de pedestal (Fuente: CEA).

- Falta de manual de instrucciones.

### b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en el equipo de soldadura.



Figura 3. Soldadoras de sobremesa (Fuentes: CEA, Heinz Soyer).

### Alturas de trabajo y espacios

El tipo de tarea que se realiza en este tipo de máquina requiere de cierto control visual y manual, por lo que la altura de trabajo debe quedar ligeramente por encima del nivel de los codos (Figura 1) (Para más información, consúltese apartado de alturas de la Guía).

En lo que respecta a la postura de trabajo, se recomienda que el operario esté sentado, siempre y cuando las condiciones de trabajo así lo permitan. En el mercado existen dos tipos de máquinas, de sobremesa y de pedestal (Figura 2) (Figura 3).



Figura 4. Mesa de trabajo regulable en altura (Fuente: Kaiser kraft).

Para las soldadoras de sobremesa, se aconseja su colocación sobre mesa industrial regulable en altura, de manera que el operario ajuste la altura de trabajo adecuándose tanto a sus características como a las exigencias de trabajo (Figura 4).

Cuando se trabaja sentado, se debe de tener en consideración el espacio existente para las piernas debajo de la mesa. Se tiene que aportar una comodidad mínima para que el operario no adopte posiciones forzadas o incómodas. Existen unas dimensiones, o huecos mínimos, recomendados para las piernas debajo de la mesa. *Se recomienda consultar el punto 4 de la Guía, Espacio previsto para las piernas.*

Además, se debe tener en consideración otro aspecto fundamental como es la silla. Ésta debe tener una serie de características para que sea ergonómicamente confortable:

- El acabado de la silla no debe tener rebabas, salientes o cualquier elemento que pueda provocar rasguños.
- La silla debe ser estable en cualquier posición del respaldo. Debe garantizarse que la silla no vuelca cuando se apoya todo el peso del usuario sobre el borde del asiento, el respaldo o uno de los reposabrazos.
- El asiento de la silla debe girar 360°. De esta manera se facilita la movilidad del usuario (sentarse y levantarse, acceso a los elementos de trabajo estando sentado, etc.) y se puede evitar el giro del tronco y otras posturas forzadas durante la tarea.
- La base de la silla debe tener 5 patas con ruedas, para proporcionar estabilidad y también movilidad. La facilidad para desplazar la silla mejora el acceso a los elementos de trabajo estando sentado, reduce las posturas forzadas y facilita sentarse y levantarse.
- La altura del asiento debe ser regulable, para que la mesa quede aproximadamente a la altura de los codos del usuario sentado. Si en esta posición no llegan los pies al suelo, debe solicitarse un reposapiés. El accionamiento del mecanismo de ajuste debe ser accesible al usuario desde la posición sentada, y sólo debe entrar en funcionamiento mediante una acción deliberada del usuario y no de forma accidental.
- La inclinación del respaldo debe ser regulable, mediante un mecanismo de ajuste accesible al usuario mientras está sentado. Se recomienda un ángulo asiento-respaldo entre 95 y 110°
- Se recomienda una altura del respaldo sobre el asiento >36 cm.
- La profundidad del asiento debe permitir el apoyo de la espalda en el respaldo y de los pies en el suelo, sin notar presión en la parte posterior de las piernas. Lo preferible es que esta dimensión se pueda regular para adecuarla a las dimensiones del usuario. Si no se puede acortar el asiento, solicitar un reposapiés o una silla de menor profundidad de asiento.

En el caso de las máquinas de soldar de pedestal, las anteriores especificaciones no se aplicarían, dado que el operario trabaja en una postura de pie. Así pues para el trabajo en postura de pie, también existen unas recomendaciones. Las alturas de trabajo también se recomiendan que sean a la altura de codos o ligeramente por encima de estos, debido a lo comentado anteriormente de las exigencias visuales y de control. Y se debe proporcionar un espacio mínimo para albergar los pies de 23 cm de altura y 21 cm de profundidad. *Se recomienda consultar el apartado de Dimensiones corporales de la Guía.*

Como trabajar de pie es la postura ergonómicamente menos recomendada, se propone la posibilidad de trabajar de pie con apoyo, en la que se deberían proporcionar banquetas o sillas para que se sienten en ocasiones los trabajadores que de forma habitual trabajan de pie. Se puede considerar el uso de sillas tipo semi-sentado o apoyos. De esta forma se reducen los dolores de espalda y piernas ayudando a reducir la fatiga. Este tipo de sillines de apoyo puede ser empleados en puestos de trabajo donde no sea posible emplear un asiento normal. Siendo preferible disponer del mismo mientras se trabaja de pie que la permanencia prolongada en esta postura. Este tipo de postura tiene ciertas ventajas, como: una mayor movilidad postural, que permiten descargar parte del peso corporal que soportan las piernas, y que la altura de trabajo es muy similar a la postura de pie, favoreciendo la alternancia con esta postura. *Se recomienda consultar el punto 4 de la Guía, Espacio previsto para las piernas.*

## Distancias entre máquinas y otros elementos

Por lo que respecta a la distancia entre máquinas, el Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, dispone que la distancia mínima entre máquinas sea de 80 cm. Otros elementos como posicionadores de piezas, conveyors, contenedores de piezas,... deberían de estar dotados de ruedas para facilitar su movilidad y adecuación a las exigencias de la tarea, y de esta manera evitar el tener que adoptar posturas forzadas para esquivar estos objetos, en el manejo normal de la máquina de soldadura.

## Mandos y controles



Figura 5. Ejemplo de controles más comunes (Fuente CEA).

Existen una serie de aplicaciones referentes a los mandos y controles que en general son aplicables para la mayoría de las máquinas existentes en el mercado, referente a su manejo, situaciones, tipos según función etc.

Conviene que estos sigan los estereotipos de uso; existen formas de funcionamiento de los controles que parecen más lógicas al usuario, y que son con-

secuencia básicamente de su experiencia con dispositivos similares (Figura 5).

A fin de evitar la operación accidental se pueden tomar una serie de medidas preventivas, como son:

- Separación entre controles.
- Resistencia al movimiento.
- Protección con barreras o pantallas.
- Movimientos complejos, no lineales.
- Activación por dos controles o por llaves.
- Ubicación en zonas de alcance improbable.

Retroalimentación: El operador debe ser consciente de si ha activado el control y de la posición en que se encuentra.

Esfuerzo al activar los mandos: Estos deben proporcionar una adecuada resistencia, fricción y amortiguación.

- La resistencia elástica hace que la fuerza necesaria para mover un control sea proporcional al desplazamiento.
- La fricción es una fuerza que se opone al movimiento del control y puede ser estática o dinámica.
- El amortiguamiento provoca una fuerza que se opone al movimiento y es proporcional a la velocidad

Sensibilidad: La magnitud de la respuesta obtenida al movimiento de un control depende de su sensibilidad. Los mandos deben tener la sensibilidad adecuada.

Adecuación a los usuarios: Los controles deben diseñarse para adaptarse a la antropometría de los posibles usuarios.

## Pedal del equipo

Por lo que respecta al pedal del equipo, cabe señalar que existen dos tipos de pedales en el mercado, uno el cual su accionamiento es mecánico, y otro en el que su funcionamien-

to es neumático, siendo este el más extendido entre las máquinas de estudio. Este tipo de pedales es el más recomendable, tanto por su diseño como por su seguridad.

Tiene que tener unas características especiales como el ir recubierto con una carcasa de plástico o similar que evite el posible accionamiento involuntario o accidental, y tanto esta carcasa como el pedal, deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento incluso llevando calzado de seguridad.

Hay que destacar que es preferible el pedal móvil que no el fijo, ya que el operario lo puede localizar donde más cómodo le resulte su accionamiento. Algunos fabricantes suministran pedal de doble función para el acercamiento y soldadura después de la verificación de la posición de la pieza (Figura 6).



Figura 6. Pedales de accionamiento de la soldadora (Fuente CEA).

## Iluminación

Existen diferentes posibilidades para la distribución de las luminarias dentro de una fábrica o taller, dependiendo de las exigencias visuales, características del local, etc. El nivel de iluminación depende de factores como el tamaño de los detalles que se deben visualizar, la distancia entre el ojo y el objeto observado, el factor de reflexión del objeto observado, el contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que destaca y de la edad del observador. En este caso el nivel de iluminación recomendable sería de 500 lux. Existen diversas posibilidades para alcanzar este nivel de iluminación, como por ejemplo la colocación de un tipo de iluminación localizada (Figura 7). Esta posibilidad ya viene contemplada por algunos fabricantes como se puede observar en la figura inferior. Otra posibilidad recomendable sería el alumbrado general localizado, el cual proporciona una iluminación similar a la anteriormente comentada, sin tener la necesidad de tener el foco de luz tan próximo al usuario.



Figura 7. Soldadora con iluminación localizada (Fuente: Jetline).

## Manual de instrucciones

Toda máquina dispondrá del correspondiente manual de instrucciones, libro de mantenimiento y de revisiones en castellano facilitado por el fabricante, y quedará a disponibilidad del empleado que lo solicite.

## c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

### Otros elementos auxiliares y complementarios

Se pueden encontrar en el mercado una serie de complementos o elementos auxiliares que facilitan el trabajo del operario en la máquina de soldadura.

- **Posicionadores** (Figura 8). Son elementos móviles de distintos tamaños y formas que sirven para posicionar las piezas en el lugar donde se quieren soldar. Sujetan la pieza, con lo que el trabajador no tiene que realizar fuerza alguna durante la operación de soldado. Su elemento principal es giratorio, con lo que si la pieza es cilíndrica, con su simple accionamiento se puede hacer girar sobre su eje y soldar en distintas partes de la pieza, sin que el operario tenga la necesidad de ir girando la pieza en cada momento.

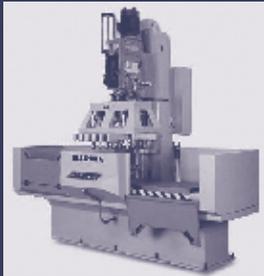


Figura 8. Posicionadores de piezas (Fuente: Bugo Systems).



Figura 9. Pantalla de visualización  
(Fuente: Jetline).

- **Pantallas de visualización** (Figura 9). Se trata de un dispositivo formado por una cámara de grabación y una pantalla de visualización, cuyo fin primordial es observar el proceso de soldado. Se suele utilizar en máquinas automatizadas o en las ocasiones en las que la visualización del proceso es complicada debido al tamaño de las piezas, ubicación de las máquinas, accesos a la máquina, en soldaduras con un gran nivel de emisiones de radiación, etc. A su vez, también permite el control remoto del proceso.



## TALADRO DE COLUMNA

### Función y utilización

La principal función de esta máquina es el mecanizado de agujeros. Es un taladro estacionario con movimiento vertical y mesa para sujetar el objeto a taladrar. La principal ventaja de este taladro es la absoluta precisión del orificio y el ajuste de la profundidad. Permiten taladrar fácilmente algunos materiales frágiles, además de realizar operaciones de punteado, perforado, escariado, mandrinado, sondeo, taladrado, en piezas de pequeñas dimensiones. Son a menudo operaciones de mecanizado rápidas y ligeras, efectuadas unitariamente o en serie.

#### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios previstos para los brazos y pies insuficientes.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de los brazos, de los codos y de las muñecas.
- Requiere de dispositivo de información (visual o sonora).
- Tipos de mandos.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- Situación de los mandos de uso frecuente fuera del alcance inmediato del operario.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Desplazamiento de mandos en discordancia con el tipo de acción de control a realizar.
- Nivel de iluminación inapropiado.
- Presencia de sombras.
- Efecto estroboscópico.

- Falta de iluminación auxiliar regulable.
- Falta de manual de instrucciones.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

## b. Propuestas de mejora ergonómica



Figura 1. Diferentes versiones de taladros de columna (Fuente: Ibarmia).

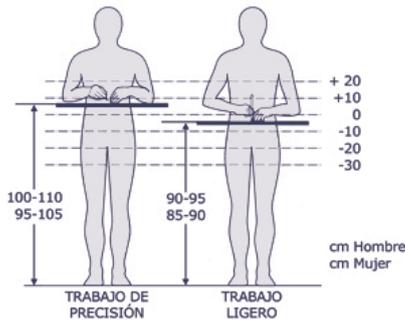


Figura 2. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).



Figura 3. Mesa motorizada (Fuentes: Heller, Knuth).

A continuación, se hacen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo con el taladro de columna.

### Alturas de trabajo

Existen en el mercado una serie de tipologías de taladros de columna redonda con diferentes variantes: sobremesa, sobremesa con mesa intermedia, de pie, etc. (Figura 1).

Las alturas de acceso al taladro pueden variar en función del tipo de pieza a trabajar, siendo el principal problema detectado en las empresas el acceso a la *palanca manual de avance* ya que obliga a elevar el brazo para su accionamiento.

En general, se recomienda que las **alturas de acceso** no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos.

En lo que respecta a la **mesa**, la altura de trabajo recomendada depende del tipo de trabajo a realizar, por ejemplo, no se recomienda la misma altura para trabajar piezas de peso y tamaño medio, que para tareas de precisión que requieran de una inspección o control visual continuo. En el primer caso se recomienda una altura de trabajo ligeramente por debajo de la altura de codos de pie, mientras que en el segundo la altura del plano de trabajo debe estar ligeramente por encima de la altura de codos. Todo ello supone un rango de alturas de trabajo recomendable que podría oscilar entre los 90 y 105 cm (Figura 2).

Actualmente, es posible encontrar taladros dotados de ajuste motorizado de la altura de la mesa (Figura 3).

### Espacios de trabajo y aperturas de acceso

Se debe prever, cuando se instala la máquina, el espacio suficiente para que el trabajador pueda moverse con libertad alrededor de la misma, y se puedan depositar las piezas tanto por taladrar como ya mecanizadas. Además, durante la preparación y ajuste de la máquina se deben garantizar las aperturas de acceso suficientes para que el trabajador pueda acceder. Se recomienda consultar los apartados correspondientes de la guía.

### Empuñaduras

Se han encontrado palancas de avance con pomos con diámetros muy pequeños, que dificultan su agarre. Los pomos y empuñaduras deberán de tener unas dimensiones que favorezcan su empleo. Se recomienda para los pomos (redondos) un diámetro mínimo de 38 mm, y para las empuñaduras (alargadas) una longitud mínima de 100 mm y un

diámetro comprendido entre 3-5 cm si se precisa fuerza, y entre 0,8-1,6 cm si se requiere de precisión.

### Posturas y movimientos

Existen una serie de dispositivos y accesorios en el mercado que pueden facilitar determinados tipos de trabajos en el taladro columna. A continuación se presentan algunos ejemplos:

- **Mordazas:** Las mordazas son elementos que permiten la sujeción de piezas tanto a bancos de trabajo como en máquinas. Son herramientas de sujeción ideales para trabajos de taladrado, montaje, fresado, rectificado, etc. Existen actualmente mordazas muy compactas y potentes en el mercado con requerimientos de espacio mínimos. Algunos modelos disponen de sistemas de sujeción y aflojamiento automáticos (Figura 4). También se pueden encontrar sistemas que permiten el libre posicionamiento de la pieza de forma segura dentro de un área delimitada de trabajo, gracias a una guía sobre la que pivota la mordaza y la pieza (Figura 4).



Figura 4. Mordazas para máquina compactas (Fuentes: Bessey, Gressel).

- **Tornillos de apriete:** Los tornillos de apriete permiten sujetar fuertemente la pieza a la máquina, estando indicados para trabajos de taladrado y fresado sencillos. Algunos modelos son basculantes y ajustables, de forma sencilla, a múltiples alturas. Se pueden encontrar tornillos con husillo exterior para el libre acceso al área de trabajo y la sujeción en espacios estrechos (Figura 5).



Figura 5. Tornillo de apriete (Fuente: Bessey).

- En general, los dispositivos de control para operar sobre los dispositivos de amarre y fijación deben situarse de manera que se evite una separación excesiva a la hora de sostener el peso de la herramienta o pieza (UNE-EN 12717).
- **Apoyos y soportes:** Para el mecanizado de piezas largas se recomienda el empleo de soportes de rodillo para facilitar la sujeción de la pieza (Figura 6). En el caso de piezas redondas, como por ejemplo tubos, son adecuados los soportes en forma de V. Estos rodillos deben de poder regularse en altura de forma fácil y sencilla.
- **Alimentador automático:** Este dispositivo semi-automático puede acoplarse a los taladros de columna convencionales transformándolos en centros de trabajo versátiles. El alimentador es capaz de trabajar sin la presencia del operador excepto para la operación de carga y descarga pieza. Sirve para la perforación automática de tubos y perfiles en barras. Es adecuado para la producción de series pequeñas y medianas. Con esta máquina se ejecutan perforaciones en secuencia a distancias entre ejes precisas en automático (Figura 7).



Figura 6. Apoyos (Fuente: Lombarte).

Por otra parte, se pueden encontrar determinados modelos de taladro de columna que aportan una serie de ventajas para determinado tipo de trabajos:

- **Taladros con mesa de coordenadas:** Los taladros con mesa de coordenadas, además de prolongar la superficie de apoyo, permiten la realización de trabajos de precisión (Figura 8).



Figura 7. Alimentador automático para taladros (Fuente: Apollo).



Figura 8. Taladro con mesa de coordenadas (Fuente: Ibarmia).



Figura 9. Taladro con mesa extralarga (Fuente: Ibarmia).



Figura 10. Taladro con mesa móvil (Fuente: Ibarmia).



Figura 11. Taladro con divisor (Fuente: Ibarmia).



Figura 12. Detalle display digital (Fuente: Heller).

- **Taladros con mesa extralarga:** Los taladros con mesa extralarga hacen posible la colocación de piezas voluminosas y pesadas (Figura 9).
- **Taladros con mesas móviles:** Este tipo de taladros dotados de mesas neumáticas, permiten la carga y descarga en un lateral mientras se mecaniza una pieza al mismo tiempo (Figura 10).
- **Taladros con divisor:** Este tipo de taladros dotados con divisor giratorio, fijo sobre la mesa de trabajo, permiten la realización de una misma operación en grandes series. Pueden generar varias áreas de trabajo, incluyendo una de carga y descarga, si se combinan con varios cabezales (Figura 11).

### Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición o posiciones de trabajo de la máquina. La localización habitual de los dispositivos de información y mandos es sobre el cuerpo central o pie de la máquina. Se recomienda que estén situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo.

Los indicadores y dispositivos de información, en el caso de existir, deben ser visibles por el operador desde las diferentes posiciones habituales de trabajo. Existen modelos con pantalla digital con indicación de velocidad y profundidad de perforación (Figura 12).

### Parada de emergencia

La parada o paradas de emergencia deberían de estar situadas de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Una buena opción es situarla en la parte frontal de la máquina (Figura 13), siempre y cuando no quede por encima de los hombros del trabajador, situación que se da habitualmente en la mayoría de modelos de taladros de columna.

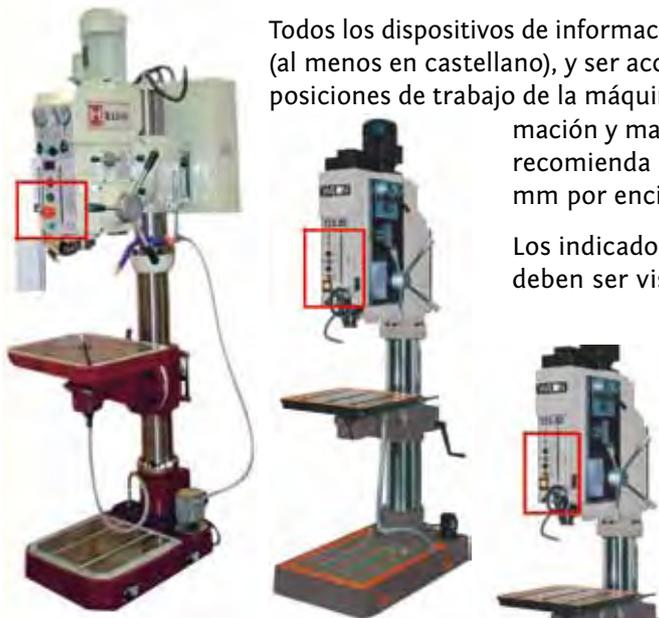


Figura 13: situación de la parada de emergencia (Fuentes: Heller y Wilton).

## Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux, medidos en el extremo de la herramienta estando el resguardo móvil con enclavamiento abierto (UNE-EN 12717). Se deben evitar sombras moletas sobre las superficies de trabajo; su presencia en la superficie de trabajo puede ser la causa de una mala calidad en el trabajo, baja productividad, esfuerzo visual, fatiga y accidentes. Entre otras medidas, encaminadas a solucionar este tipo de problemas, se recomienda:

- Eliminar las zonas de sombra mediante una buena distribución de las luminarias y la reflexión de las paredes y techos claros, así como mediante un mejor diseño de los puestos de trabajo.
- Emplear montajes compensados mediante la conexión de las fuentes de luz a las tres fases de la red eléctrica.
- Utilizar balastos electrónicos para las luminarias, etc.

Para operaciones de precisión se recomienda colocar un dispositivo de iluminación complementaria. Si no se puede garantizar un nivel correcto de iluminación mediante la iluminación general, habría que dotar a la máquina de iluminación local o lámpara de trabajo (Figura 14).

Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico. También es posible proteger frente a este efecto de parada mediante sistemas de protección que cubran la herramienta si hay ausencia de pieza.

## Esfuerzo físico

En el caso de que se trabaje en la máquina con grandes formatos o piezas muy largas, el empleo de mesas de apoyo o prolongaciones de banco permite unas condiciones de trabajo más óptimas (Figura 9). Estas deben de poder ser montables y desmontables de forma fácil, para evitar que no se empleen, o bien, se dejen montadas cuando no sean necesarias.

Los ajustes y preparación de la máquina no deben requerir de un esfuerzo más allá de lo deseable, para ello hay que prestar especial atención a la realización de las operaciones de mantenimiento y limpieza periódicas (limpieza mediante aspiración, engrase y lubricación de todas las partes metálicas, guías, carros, topes, etc.) Existen en el mercado taladros dotados de prensos neumáticos con soploadores de aire para la limpieza de la mesa, esto puede resultar de especial utilidad, aunque es deseable emplear la aspiración evitando el soplado.

## Formación

El taladro sólo podrá ser utilizado por personal formado y preparado para ello.

### c. Aspectos ergonómicos de los dispositivos, accesorios y elementos auxiliares

- **Baterías:** En algún caso concreto podría resultar interesante disponer de una mesa fija amplia con un grupo de taladros dispuestos en batería (Figura 15). En la misma se podrían amarrar piezas voluminosas o pesadas. Un aspecto importante, en este caso, sería la flexibilidad del conjunto.



Figura 14. Taladro dotado de lámpara de trabajo (Fuente: Heller).



Figura 15. Taladros en batería (Fuente: Ibarria).



Figura 16. Accesorio magnético para la limpieza y recogida de virutas (Fuente: Bessey).

- **Limpieza:** Existen accesorios magnéticos que permiten la recogida y limpieza de virutas y partículas metálicas (Figura 16). Estos permiten: ahorrar tiempo en la limpieza, evitar cortes, y separar el material para su reciclaje.



### **Función y utilización**

El torno paralelo es una máquina herramienta que permite transformar un sólido cualquiera en una pieza o cuerpo bien definido en cuanto a su forma y dimensiones. Para ello, hace girar dicho sólido alrededor del eje de simetría de la forma buscada y arranca material en forma de viruta y periféricamente.

Pueden realizar todo tipo de tareas propias del torneado (por ejemplo taladrado, cilindrado, mandrinado, refrentado, roscado, conos, ranurado, escariado, moleteado, etc.) mediante diferentes tipos de herramientas y útiles que, de forma intercambiables y con formas variadas, se le pueden ir acoplando.

Algunas de las funciones del operario son: eliminación de virutas que se enrollan alrededor de la pieza, control de las dimensiones obtenidas y vigilancia del mecanizado (final de la pasada de mecanizado, desarme de la pieza, etc.).

Los elementos principales de un torno paralelo son:

- Bancada: pieza sobre la que se apoyan todos los elementos de la máquina y sobre la que desliza el carro, el contrapunto y las lunetas, gracias a unas guías rectilíneas, planas o prismáticas.
- Cabezal (plato): zona donde se localizan todas las transmisiones, engranajes y árboles nervados con los que se consigue distintas gamas de velocidades que se transmiten al plato, que es una pieza cilíndrica giratoria sobre la que se sujeta mediante garras la pieza a trabajar. También en el cabezal se localiza la caja de pasos y avances gracias a la cual se pueden realizar roscas en las piezas a trabajar.
- Cabezal móvil: pieza localizada en el lado opuesto del cabezal y que se utiliza para sujetar mejor la pieza cuando se tornea entre puntos, en este caso alberga lo que se denomina como contrapunto. También se utiliza para contener una broca o escariador cuando se desea taladrar y afinar agujeros. Normalmente es manual pero en tornos grandes suele estar motorizado.
- Carro (torreta): Elemento sobre el que se fijan las herramientas que se van utilizar para mecanizar la pieza y que desliza a lo largo de la bancada. Puede ser manual o estar motorizado. Además de desplazarse longitudinalmente se desplaza en los otros dos ejes.
- Lunetas: útil que sirve para guiar en la rotación con tres puntos de apoyo.

### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Espacios insuficientes previstos para los pies.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de cabeza y cuello, del tronco, de los brazos de los codos y de las muñecas.
- Esfuerzo incorrecto en el empuje-arrastre de partes móviles de las máquinas manuales.
- Detección y/o identificación inadecuada de la información visual.
- Posibilidad interpretación equívoca de la información visual.
- Identificación incorrecta o inexistente de la función de los mandos.
- El desplazamiento de los mandos no está de acuerdo a la naturaleza de la dirección.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de manual de instrucciones.

### b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en el torno paralelo.

#### Alturas de trabajo

En términos generales se recomienda que las alturas de trabajo no sobrepasen la altura de hombros del trabajador ni que queden por debajo de la altura de los nudillos, e idealmente deberían estar comprendidas entre la altura de cintura y codos. Si se tienen que manipular piezas algo pesadas o se requiere aplicar fuerza, la altura debería estar comprendida entre la altura de los nudillos y la altura de los codos (Figura 1).

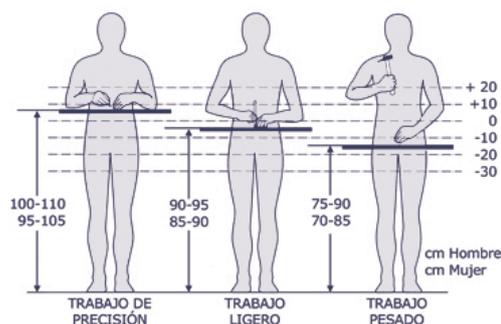


Figura 1. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

En el caso concreto de los tornos, hay que prestar especial atención a la altura de la bancada donde se deposita la pieza a torner y a la altura de los mandos. En la zona de la bancada se pueden hacer tareas con distintas demandas. Tareas de precisión, como por ejemplo control dimensional, tareas más pesadas que pueden entrañar manipulación de pesos o fuerzas, y tareas ligeras o normales, como la eliminación de virutas que se enrollan alrededor de la pieza. Por lo que será recomendable que las alturas fueran ajustables cuando sea posible, y se empleen medios mecánicos cuando las piezas a cargar tengan un peso significativo.

#### Espacio previsto para los pies

El trabajador debe poder acercarse a la máquina correctamente, sin que sus pies topen contra la parte inferior de la misma, o tenga que girarlos para poder arrimarse al área de trabajo (Figura 2). Este aspecto es fundamental, también, para conseguir posturas de

trabajo adecuadas. Se recomienda un espacio libre mínimo para los pies de 21cm de profundidad y 23 cm de altura.

### Posturas y movimientos

Dentro de la gama de los tornos horizontales existen una amplia gama de modelos en función de su grado de automatización. A mayor grado de automatización del torno, menor puede ser la necesidad de acceder a la zona de trabajo, por lo que se requerirá menos esfuerzos por parte del trabajador.

Existen una serie de dispositivos y herramientas disponibles en los modelos automáticos que pueden facilitar la labor del operario y aumentar la productividad como por ejemplo: dispositivo moleteador longitudinal, dispositivo de roscar por fresa, dispositivo de torneado, dispositivo de torneado y taladro de piezas largas y delgadas, portaherramientas de cilindrar con luneta, dispositivo copiador para piezas largas, dispositivo de taladrado rápido, de taladrado doble, de torneado lateral, de herramienta circular, de torneado de rodillos, de canales interiores, de taladro y roscado interior y exterior, etc.

Además, existen tornos diseñados para aplicaciones concretas como los tornos de bancada inclinada (Figura 3) diseñados para el mecanizado de piezas de gran peso y volumen. Su construcción de guías independientes, permite el mecanizado interior y exterior en una sola fijación

Cada vez es más frecuente encontrar tornos cuyos fabricantes afirman que cumplen requisitos ergonómicos, a continuación se presentan un par de ejemplos. El primer modelo se llama Ergonomic, y está fabricado por Hirschmann Corporation (Figura 4). Este modelo presenta las siguientes características ergonómicas:

- Diseño para poder alcanzar fácilmente a todos los mandos sin forzar la postura.
- Ajustable a la altura del trabajador.
- Posibilidad de trabajar de pie y sentado sin necesidad de realizar ajustes. Para ello, en la parte inferior posee un reposapiés además de un espacio para las piernas.
- Todos los mandos se encuentran localizados en la misma zona de la máquina para su mejor localización.

El segundo modelo de torno, que afirma incorporar criterios ergonómicos de diseño, es un torno CNC de la casa EMCO (Figura 5). Este torno presenta mejoras relacionadas con los accesos, posturas y movimientos a realizar por el trabajador, e incorpora:

- Mandos CNC con una pantalla de alta definición localizada en la parte frontal.
- Teclado que se puede guardar en el interior de la máquina cuando no se esté utilizando.
- Puertas de acceso a la zona de trabajo de grandes dimensiones.
- Buena visibilidad de la zona de trabajo.
- Puerta corredera transparente para proteger al operario frente a proyecciones de partículas.
- Base con un cajón para las virutas, que ofrece una fácil limpieza.



Figura 2. Torno con espacio para los pies (Fuente: Emco).



Figura 3. Torno con bancada inclinada (Fuente: Bost).



Figura 4. Torno "Ergonomic" (Fuente: Hembrug).



Figura 5. Torno CNC (Fuente: Emco).



Figura 6. Mesa de giro y desplazamiento para tornos (Fuente: Bost).



Figura 7. Torreta para torno (Fuente: Sauter).



Figura 8. Plato manual con fijación rápida y garras (Fuente: Schunk).



Figura 9. Diseño de bancadas (Fuente: Orpi).

- Concepto modular del control intercambiable que permite elegir entre un teclado de control original, un teclado PC incluyendo el ratón, o bien una tableta digitalizadora.

Por otra parte, existen una serie de accesorios y equipamiento que pueden mejorar las condiciones de trabajo del operario, facilitando su labor. Estas son:

- **Mesa rotativa y lineal CNC para torneado.** Las mesas de giro y de desplazamiento longitudinal hidrostáticos permiten realizar operaciones de torneado y de fresado. Son mesas de gran rigidez y precisión de posicionamiento (Figura 6).
- **Torretas.** Es posible encontrar una amplia gama de torretas: cuadradas, hexagonales, de disco,... tanto electromecánicas, como hidráulicas y de servomotor, con o sin motorización de herramientas. Algunas incorporan un accionamiento directo de herramienta que asegura que el disco, motor y los componentes del accionamiento forman un sistema completamente estanco quedando protegidos de influencias externas (Figura 7).
- **Elementos de fijación.** Existe una serie de dispositivos destinados a ofrecer una correcta sujeción y fijación a las piezas a tornear. Los platos para torno se utilizan para fijar las piezas; existen diferentes tipos: manuales, automáticos, híbridos, para tornos de precisión, etc. En los modelos manuales existe la opción de sistema de cambio rápido de garras (Figura 8).
- **Bancada.** Algunas bancadas están diseñadas para ofrecer una serie de funciones especiales (Figura 9): sistema antivibratorio, chapas que forman la base inclinada para que el refrigerante caiga hacia la bandeja recoge virutas y las superficies sean fáciles de limpiar, nervaduras transversales para conseguir una óptima rigidez dejando un amplio espacio para la caída de viruta y facilitar las acciones de limpieza (Figura 9).



Figura 10. Extractor de virutas (Fuentes: Mupem y Pinacho).

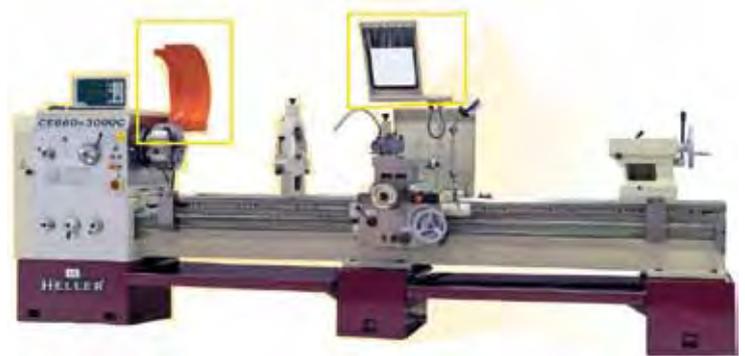


Figura 11. Torno con pantallas protectoras móviles (Fuente: Heller).

- **Extractor de virutas.** Si la máquina no está equipada con dispositivos para la evacuación de virutas (Figura 10), es posible instalar extractores automáticos auxiliares (Figura 10).
- **Pantallas protectoras.** En muchas ocasiones es necesario disponer de pantallas protectoras para resguardar al trabajador de posibles proyecciones de partículas o salpicaduras. Las pantallas no deben obstaculizar el campo de visión del trabajador ni sus movimientos para acceder a las zonas deseadas. Una solución es utilizar esas pantallas solo en las zonas necesarias, y que se puedan desplazar cuando no son necesarias (Figura 11).
- **Alimentador de barras automáticos.** Los tornos automáticos se pueden complementar con alimentadores de barras automáticos que pueden realizar la carga de las piezas a tornearse (Figura 12).



Figura 12. Alimentador de barras automático (Fuente: Pinacho).

## Empuñaduras del equipo

En los modelos manuales se pueden encontrar una amplia variedad de mandos: conmutadores, manivelas, etc. (Figura 13). En ocasiones no se consideran aspectos ergonómicos durante su diseño, provocando que a veces la fuerza necesaria para su manipulación sea excesiva, no tengan un diseño adecuado, o la ubicación sea inadecuada.

A continuación, se citan una serie de criterios ergonómicos referente a la posición y fuerza de los mandos más comunes en los tornos.

- **Manivelas accionadas con los dedos** (Figura 14): Se trata de manivelas con ruedas de pequeño radio que se manejan con los dedos, mediante giro de la muñeca. Permiten un ajuste continuo y de muy amplio rango sin necesidad de soltar el control. La velocidad de operación es lenta y la percepción de la posición es pobre (a menos que exista un indicador asociado o se vea la acción de desplazamiento provocada). La agarradera debe girar para conseguir alta velocidad, aunque si no gira la precisión en el manejo es mayor.

### Recomendaciones de diseño:

- Radio máximo: 100 mm.
- Diámetro de palanca: máximo 16 mm.
- Longitud de palanca: máximo 30 mm.
- Fuerza de accionamiento recomendada:  $0,6/3 N \cdot m$ .

- **Conmutadores rotativos** (Figura 14): Los conmutadores rotativos admiten hasta 24 posiciones (máximo recomendado). Deben tener una marca radial o una barra en relieve (que puede servir para su agarre) que indique la posición, o una ventana en la



Figura 13. Torno convencional con diferentes tipos de empuñaduras (Fuente: Pinacho).



Manivela accionada con los dedos

Conmutador rotativo

Manivela

Figura 14. Principales mandos y empuñaduras en tornos (Fuente: IBV).

que aparezca la posición seleccionada. La superficie lateral de los modelos circulares debe tener un relieve acusado que facilite el agarre. Requieren un espacio relativamente grande, porque la mano entera tiene que girar alrededor del conmutador. pueden hacerse de tamaño reducido, aunque los modelos miniatura no son recomendables más que para una operación poco frecuente.

#### Recomendaciones de diseño:

Diámetro: 25/100 mm.

Profundidad: 15/75 mm.

Recorrido: entre 15 y 45 grados entre cada posición, en función de si se necesita control visual o por tacto.

Si son de barra: longitud mínima 25 mm; anchura máxima 25 mm; altura de 12 a 70 mm.

Separación: mínima 25 mm, deseable 50 mm.

Fuerza de accionamiento: 320 N•cm máximo. Resistencia de tipo elástico que crece a partir de cada posición de enclavamiento.

- **Manivela** (Figura 14): Se trata de un control de ajuste continuo accionado con la mano y el brazo. La capacidad de hacer fuerza aumenta al hacerlo el radio. Las recomendaciones de diseño para este mando son:

#### Recomendaciones de diseño:

Longitud mínima de la empuñadura: 100 mm.

Diámetro de la empuñadura: 30/50 mm si se precisa fuerza, y 8/16 mm si se requiere precisión.

Fuerza de accionamiento: hasta 2,3 Kg, menor cuanto mayor sea la velocidad de operación; hasta 4,5 Kg si la operación no es frecuente.

Radio: 190/510 mm hasta 100 r.p.m.; 125/230 mm más de 100 r.p.m.

### Dispositivos de Información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función (al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. Se debe colocar indicaciones para el funcionamiento de la máquina (elección de velocidad de corte en función del material) sobre el bastidor de la máquina.

El funcionamiento de los controles en el torno debe adecuarse a los estereotipos de funcionamiento lógicos.

- El giro de un mando rotativo en sentido horario produce un incremento.
- Subir, mover hacia adelante o hacia la derecha una palanca produce un incremento. Y el sentido contrario una disminución.
- Un pulsador hundido indica que un proceso está activado, si está levantado indica paro o detención.
- Interruptores de palanca hacia arriba indican marcha o arranque.
- Girar un volante en sentido horario para que el movimiento sea hacia la derecha.

Los principales mandos de accionamiento deben estar situados a una altura igual o superior a 600 mm por encima del nivel del suelo. Las máquinas sin control CNC pueden



Figura 15. Panel de mandos  
(Fuente: Unamuno).



Figura 16. Control numérico con diferentes pantallas  
(Fuente: Unamuno).

contener en el panel de mandos los diferentes movimientos, reflejados esquemáticamente mediante pictogramas, y potenciómetros con escala para regulación de velocidades y avances programados según tablas. También pueden disponer de visualizador de cotas, que ofrece información sobre las diferentes posiciones de torneado. Es recomendable que el panel esté situado en una zona donde el operario controle los mandos con facilidad y se eviten golpes y entrada de agua sobre el mismo (Figura 15).

Los tornos CNC tienen el panel de control situado, normalmente, en un brazo regulable o en un pedestal móvil, lo que permite su ajuste hasta cierto grado, sería conveniente que fuera regulable tanto en altura como en inclinación. El control CNC (Figura 16) permite al operario, una vez formado, generar pieza de forma más rápida. La velocidad de procesamiento del control permite a la máquina producir piezas con tiempos de ciclo más rápidos.

En la actualidad se están desarrollando nuevos modelos con un control interactivo gráfico electrónico que presenta las ventajas del CNC y tienen un manejo sencillo (Figura 17), al tratarse de un control asistido. Además, estas máquinas suelen combinar modo manual y automático al disponer de unos volantes para el desplazamiento manual de los carros, para aquellas operaciones que requieran trabajar en modo manual.

Independientemente del grado de automatización, toda información visual suministrada debe ser de fácil asimilación y no dar lugar a una mala interpretación. Por ejemplo, existen tornos convencionales con dispositivos electrónicos añadidos donde visualizar las posiciones de las herramientas, facilitando de esta forma la lectura de las cotas de desplazamiento (Figura 18).

### Parada de emergencia

La parada de emergencia debe de estar situada de tal forma que pueda ser alcanzada desde cualquier posición de trabajo en la máquina. Idealmente, debe situarse frente al operador, de manera que su ejecución se realice a una altura alrededor del codo, sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Concretamente, debe estar situados en el área preferente de movimiento de las manos, esto es: a la altura del codo, entre 15 y 40 cm por delante del cuerpo, y no más de 40 cm hacia los lados. También se puede optar por instalar más de una parada a fin de facilitar su alcance, independientemente de la tarea que esté llevando a cabo. La parada de emergencia se puede complementar con un freno de emergencia activado con el pie.



Figura 17. Control interactivo gráfico  
(Fuente: Unamuno).



Figura 18. Torno con mandos manuales y con dispositivo de visualización electrónica  
(Fuente: Knuth).



Figura 19. Torno con parada y freno de emergencia (Fuente: Heller).



Figura 20. Torno con iluminación (Fuente: Knuth).

### Iluminación

Debido a que el operario debe realizar tareas de precisión es necesario disponer de iluminación localizada (Figura 20), que debe ser orientable, estanca y resistente a las proyecciones de viruta. El sistema de iluminación debe evitar la presencia de sombras y de efecto estroboscópico, para conseguirlo se pueden usar lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico. De acuerdo a la norma UNE-EN 12840 el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux a una distancia como la del diámetro del plato portapiezas delante de la punta del husillo y sobre él.

### Manual de instrucciones

El torno sólo podrá ser utilizado por personal formado y preparado para ello. Además, en todo momento el trabajador debe poder acceder libremente al manual de instrucciones, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendablemente en castellano, para poder hacer un buen uso de la máquina.



## TRONZADORA DE CINTA

### Función y utilización

Las sierras de cinta, también llamadas tronzadoras de cinta, sirven para cortar barras, tubos o perfiles de diferentes sección mediante una hoja de cinta, cuya progresión de corte y elevación puede ser manual, automática o semiautomática. El conjunto que soporta la cinta está guiado por dos columnas o por un sistema de balancín.

### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Posturas-movimientos inadecuados del tronco y de los brazos.
- Requiere de dispositivo de información.
- Situación de los mandos de uso frecuente fuera del alcance inmediato del operario.
- Situación incorrecta o inexistencia de la parada de emergencia.
- Efecto estroboscópico.
- Falta de formación específica en el manejo de la máquina.

### b. Propuestas de mejora ergonómica

Seguidamente, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la tronzadora.

### Posturas y movimientos

La norma sobre seguridad en sierras para metal frío específica que la máquina debe estar diseñada de acuerdo con los principios ergonómicos de tal forma que elimine posturas incómodas, fatiga o esfuerzos repetitivos durante su uso (UNE-EN 13898). En esta misma norma también se indica que los resguardos móviles deben ser motorizados cuando su uso requiera esfuerzos excesivos repetitivos. En este sentido, el grado de mecanización del puesto de tronzado tiene una gran influencia en la labor que tiene que realizar el



Figura 1. Tronzadora manual (Fuente: MG).



Figura 2. Tronzadora semiautomática con dispositivo de sujeción para piezas largas (Fuente: Thomas).



Figura 3. Banco de carga (Fuente: MG).



Figura 4. Tronzadora automática (Fuente: MG).

operario. Por ejemplo, los centros de tronzado automáticos son los que menor intervención manual del operario requieren, ya que empujan y posicionan las piezas de metal de forma automática a partir de una lista de corte que carga el operario. También existen una serie de modelos comerciales no automatizados que incorporan mejoras que pueden facilitar al trabajador la tarea, como por ejemplo: indicador láser de la línea de corte, sistemas de mantenimiento, bajada hidráulica del arco, etc. En función del grado de automatización, las tronzadoras se clasifican en: manuales, semiautomáticas y automáticas.

Algunos modelos **manuales** (Figura 1) ofrecen la posibilidad de añadir una serie de funciones para facilitar la labor del operario, como por ejemplo bajada hidráulica del arco o parada al finalizar el corte. La pieza se tiene que amordazar manualmente, por lo que es recomendable que el ajuste sea lo más simple y rápido posible, sin que el operario tenga que ejercer una fuerza excesiva, por ejemplo, regulándolo mediante un volante situado en la parte frontal para que sea fácilmente accesible.

Los modelos **semiautomáticos** permiten combinar un uso manual y semiautomático. Algunas opciones o funciones añadidas en los modelos semiautomáticos son por ejemplo: bajada automática para corte, parada, subida del arco, apertura y cierre de la mordaza automático, plato giratorio para poder efectuar cortes inclinados más fácilmente, etc.

Otra opción disponible en las máquinas manuales y semiautomáticas, que puede facilitar las posturas y movimientos del trabajador, es el uso de sistemas de apoyo para piezas largas (Figura 2). Estos sistemas deben ser fácilmente retirables e instalables, de manera que se puedan desmontar o montar cuando no sea o sea necesaria su utilización.

Además de ofrecer un buen soporte a la pieza a cortar, esta clase de dispositivos ayudan a su carga. Es recomendable que sean regulables en altura, de manera que puedan acoplarse fácilmente a la mesa de trabajo de la tronzadora, se debe escoger la longitud más adecuada según su aplicación o aplicaciones. Algunas disponen de rodillos cuyo uso favorece el deslizamiento de la pieza a tronzar. El sistema de lectura de la medida de corte suele ser sobre cinta métrica. Algunos modelos vienen provistos de un tope giratorio para permitir el paso de barra (Figura 3).

Entre las tronzadoras **automáticas** (Figura 4) existe una amplia variedad de modelos. La principal ventaja es que permiten realizar un ciclo totalmente automatizado, que empieza mediante el accionamiento del pedal o panel de control. La ejecución completa del ciclo de corte se realiza gracias a diversos sistemas y automatismos (cierre del tornillo de banco, bajada y subida del cabezal, abertura del tornillo, avance de la barra con alimentador automático) hasta alcanzar el número de piezas programado en el contador. La inserción de longitudes y cantidad de corte se introduce directamente a través del teclado electrónico. Otras funciones que ofrecen son: determinación de la altura de trabajo de la cuchilla con respecto a las dimensiones del material, evacuación de virutas, etc.

**Transportador de rodillos:** Las máquinas automáticas que no poseen un alimentador propio se pueden complementar con un transportador de rodillos de carga/descarga regulable en altura (Figura 5) que, a diferencia del utilizado en los modelos semiautomáticos o manuales, puede estar automatizado, ofreciendo un transporte motorizado de las piezas gestionado por un posicionador eléctrico. Además, estos dispositivos disponen



Figura 5. Transportador para carga y descarga (Fuente: Macc).



Figura 6. Sierra de cinta destinada al corte de materiales especiales (Fuente: Danobat).

de otras funciones como el memorizado de diferentes medidas de corte, programas de trabajo, mordazas de sujeción sincronizadas con la subida del arco, etc.

No obstante, estos sistemas de alimentación, al igual que los basados en mordazas automáticas, pueden presentar problemas en piezas irregulares o de determinados materiales de difícil mecanización tales como inconel, titanio, acero inoxidable, aceros blandos, etc. Existen modelos destinados al serrado de este tipo de materiales basados en el desplazamiento de una mesa, sobre la cual se coloca la pieza a cortar, amarrada mediante una mordaza en uno de sus extremos, con la ventaja de que las piezas cortadas permanecen en la propia mesa (Figura 6).

Además de estar aplicados a grandes producciones y permitir trabajar con piezas especiales (longitud, peso, material, etc.), los modelos automáticos permiten complementarse con una serie de accesorios adicionales que favorecen en gran medida la producción y la labor del operario, tal y como se muestra a continuación:

- **Extractor de virutas.** Existen modelos automáticos para la limpieza de las virutas sobrantes tras el tronzado (Figura 7, izquierda), que disminuyen las tareas de limpieza a realizar por el trabajador. Para grandes producciones se puede optar por un extractor adicional que se encargue del transporte de las virutas (Figura 7, derecha).
- **Elementos de fijación, alineación y posicionamiento.** Existen diferentes dispositivos para ayudar a posicionar y fijar la pieza a tronzar de manera automática. Para el posicionado se puede utilizar una línea láser móvil (Figura 8, izquierda) y para la fijación y alineación un conjunto de mordaza hidráulica con tope (Figura 8, derecha).
- Además, en las sierras con pórtico con sistema de desplazamiento se puede utilizar un sistema de elevación y nivelación para ayudar a la alineación (Figura 9).
- **Ayudas relacionadas con el desplazamiento del cabezal.** Existen una serie de dispositivos relacionados con el desplazamiento del cabezal como, por ejemplo, la aproximación rápida del cabezal al material por láser (Figura 10, izquierda) o ayudas para la visualización de la información como una pantalla de indicación del avance del cabezal para conseguir una regulación precisa de corte (Figura 10, derecha).



Figura 7. Extractores de virutas (Fuente: Danobat).



Figura 8. Línea láser móvil y mordaza hidráulica con tope (Fuente: Danobat).



Figura 9. Sistema de elevación y nivelación (Fuente: Danobat).



Figura 10. Ayudas relacionadas con el desplazamiento del cabezal (Fuente: Danobat).



Figura 11. Sierra para piezas circulares con ajuste de mesa (Fuente: Metl Saw).



Figura 12. Sierra tronzadora tipo pórtico para grandes formatos (Fuente: Danobat).

Además, es posible encontrar tronzadoras especiales diseñadas para aplicaciones concretas, la ejecución de un determinado tipo de operaciones, o el corte de un tipo de piezas. A continuación, se recogen algunos ejemplos:

- **Tronzadora para piezas circulares.** Existen máquinas específicas para el tronzado de grandes piezas circulares (Figura 11). En este caso es aconsejable que la máquina disponga de un ajuste (automático o manual) de regulación de la mesa, de manera que pueda adaptarse a piezas de diferentes radios (Figura 11).
- **Tronzadora tipo pórtico.** En el corte de piezas de gran volumen, peso o longitud se puede optar por un equipo totalmente automatizado con cabezal móvil. Las sierras tipo pórtico (Figura 12) presentan ventajas para este tipo de piezas, ya que disponen de una mesa de trabajo libre de cualquier obstáculo para realizar labores de carga y descarga.



Figura 13. Botones en la empuñadura (Fuente: MG).

### Dispositivos de información y mando

Todos los dispositivos de información y mando deben estar identificados según su función

(al menos en castellano), y ser accesibles, en la medida de lo posible, desde la posición de trabajo. En los modelos semiautomáticos y automáticos se debe acceder fácilmente a las funciones principales, como, por ejemplo, al sistema automático de apertura y cierre de la mordaza, una buena solución es mediante botones en la empuñadura principal de la máquina (Figura 13).



Figura 14. Distintas configuraciones de mandos (Fuentes: Macc y Ultra).



Figura 15. Tronzadora con dispositivo de visualización (Fuente: Thomas).

ñadura principal de la máquina (Figura 13).

Algunos modelos con CNC disponen de paneles de mando articulados (Figura 14), permitiendo al operario posicionarlo donde más les interese. No obstante, sería recomendable un mayor rango de articulación, por ejemplo en altura. Independientemente de su posición, su uso debe ser lo más sencillo e intuitivo posible.

Algunos modelos disponen de dispositivos de visualización que ofrecen información sobre la posición de corte, las coordenadas a seguir, etc. (Figura 15).

Existen tronzadoras dotadas de dispositivos visual y sonoro que pueden resultar útiles para aquellos modos de funcionamiento que necesite una intervención inmediata (fallos, alarmas, emergencias, etc.) (Figura 16). Esta duplicidad es interesante sobre todo en ambientes de trabajo con mucho ruido.

### Parada de emergencia

La norma UNE EN 418 especifica que los órganos de accionamiento de la parada de emergencia deben estar diseñados para que puedan ser accionados con facilidad por el operador y por otras personas que puedan verse en la necesidad de accionarlos. Estos deben estar dispuestos de manera que sean claramente visibles y fácilmente accesibles. Idealmente, debe situarse frente al operador, de manera que su accionamiento se realice a una altura alrededor del codo, sin inclinaciones ni giros del cuerpo. Concretamente, debe estar situado en el área preferente de movimiento de las manos, esto es: a la altura del codo, entre 15 y 40 cm por delante del cuerpo, y no más de 40 cm hacia los lados. Es posible encontrar diferentes posiciones de la parada de emergencia (Figura 17), normalmente depende del grado de automatización de la máquina. No obstante, siempre es recomendable que esté lo más cerca posible del operario, pudiéndose poner más de un pulsador de emergencia en caso de necesidad.



Figura 17. Diferentes localizaciones de la parada de emergencia (Fuentes: MG, Thomas).

### Iluminación y efecto estroboscópico

La zona de trabajo debe estar correctamente iluminada, el nivel de iluminación debe ser como mínimo de 500 lux. Se debe proporcionar iluminación integrada en la máquina para la iluminación del área de trabajo cuando la construcción de la máquina y/o resguardos provocan que la iluminación ambiental sea inadecuada para el funcionamiento seguro y eficiente de la máquina (UNE-EN 13898).

Se podrá proveer iluminación de tipo fluorescente, a condición que el efecto estroboscópico no pueda ser considerado un peligro. Se recomienda el uso de lámparas fluorescentes adicionales dotadas de estabilizador electrónico que evita el efecto estroboscópico.



Figura 18. Lámpara de posicionado (Fuente: Danobat).

### Formación

La tronzadora de cinta sólo podrá ser utilizada por personal formado y preparado para ello. Además, en todo momento el trabajador podrá acceder al manual de instrucciones, el cual debe contener toda la información necesaria, de manera clara y concisa y recomendable en castellano, para poder hacer un buen uso de la máquina.



Figura 16. Tronzadora con dispositivo visual y sonoro (Fuente: MG).



### Función y utilización

La tronzadora de disco es una máquina que se emplea para hacer cortes en todo tipo de material. Utilizada para el corte de metal a un ángulo determinado entre  $45^\circ$  a derecha e izquierda del plano normal de contacto del disco con el metal, pudiendo cortar asimismo a bisel. Para efectuar los cortes, el operario deposita la pieza sobre la mesa contra la guía-tope posterior, selecciona el ángulo de corte y aproxima el disco a la pieza accionando el brazo destinado al efecto.

#### a. Principales problemas ergonómicos detectados

En el estudio de campo se han detectado los siguientes problemas ergonómicos en esta tipología de máquinas:

- Alturas de utilización de la máquina inadecuadas.
- Posturas-movimientos inadecuados de brazos y de codos.
- Empuñaduras del equipo inadecuadas.

#### b. Propuestas de mejora ergonómica

A continuación, se recogen una serie de propuestas dirigidas a la mejora de las condiciones ergonómicas de trabajo en la tronzadora de disco.

#### Alturas de trabajo

En el mercado es posible encontrar modelos de tronzadoras con bancadas incorporadas y sin bancadas. Si no la lleva incorporada, una opción puede ser utilizar una mesa regulable en altura. Existen mesas portátiles dotadas de ruedas y carro de transporte, fáciles de montar y desmontar, así como de regular en altura (Figura 1), que permiten al trabajador regular la altura más adecuada en función de su estatura y la tarea a realizar.



Figura 1. Mesa de trabajo transportable y regulable (Fuente: Virutex).

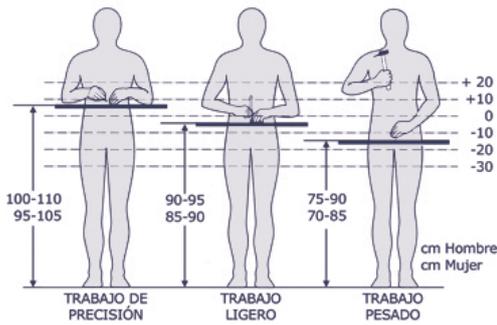


Figura 2. Alturas de trabajo recomendadas (Fuente: IBV).

Para escoger la altura idónea habrá que tener en cuenta la altura de trabajo donde va depositada la pieza a cortar así como la altura de las empuñaduras, que es donde se dan los accesos a mayor altura. Alturas muy bajas llevan asociado posturas forzadas de cabeza, cuello, tronco y piernas; mientras que alturas elevadas suelen llevar asociadas posturas penosas de brazos, codos y manos. Lo recomendable sería que el trabajador pudiera posicionarse respecto a la pieza de manera que el acceso sea cómodo. En la manipulación de piezas donde se requiere una cierta fuerza, dicha altura debería variar entre la altura de los nudillos y la altura de los codos, mientras que si se manipulan objetos pequeños la altura de trabajo debería estar ligeramente por debajo de la altura de codos de pie.

En cuanto a las empuñaduras, sería recomendable que estuvieran situadas entre la altura de los codos y la de los hombros, siendo necesario considerar en todo momento los requisitos visuales (Figura 2).

### Posturas y movimientos

Durante el uso de la tronzadora de disco el trabajador puede tener que realizar una serie de posturas y movimientos de brazos y codos poco adecuados desde el punto de vista ergonómico, debido principalmente a la altura y forma de las empuñaduras y, ocasionalmente, a la manipulación de piezas de gran tamaño.

Las máquinas actuales disponen de dispositivos que pueden facilitar la labor de tronzado, como por ejemplo: dispositivo para variar el ángulo de corte de la mordaza sin herramientas, botón de bloqueo para el cambio fácil de disco, tope de profundidad ajustable, etc. (Figura 3). Además, algunos fabricantes ofrecen una serie de accesorios que pueden facilitar el trabajo, como por ejemplo: láser para la indicación de la línea de corte que previene posturas encorvadas asociadas a una mala visión, compartimento recoge virutas extraíble, compartimento para herramientas, discos especiales para minimizar chispas o disminuir las vibraciones, etc.

Muchas de las máquinas actuales permiten realizar más de una acción, por ejemplo: tronzadora, ingletadora y sierra circular de mesa.

Cada día es más fácil encontrar modelos automáticos en el mercado, muchos de ellos son de apariencia similar pero con grandes ventajas para el trabajador, puesto que la carga física asociada a su uso puede verse reducida (Figura 4). En estas máquinas automáticas el operario se encarga de colocar la pieza a cortar, accionar la puesta en marcha, controlar el ciclo de trabajo y retirar las piezas cortadas.

Existen otros modelos automáticos con CNC más complejos (Figura 5) que incorporan la carga y descarga automática de las piezas, la cuales pueden ser de diferentes secciones, tamaños y longitudes. Además, permite regular la velocidad de corte, bloquear la barra, repetir cortes en una misma posición con gran precisión, todo ello controlado visualmente por medio de un display gráfico.

Independientemente del grado de automatización, existen una serie de accesorios dirigidos a la mejora de las condiciones de trabajo durante el uso de la tronzadora de disco.



Figura 3. Tronzadora portátil con dispositivos de ayuda (Fuente: Makita).



Figura 4. Tronzadora automática (Fuente: Macc).



Figura 5. Tronzadora CNC automática (Fuente: Macc).



Figura 6. Tronzadora de disco con banco de apoyo (Fuente: Macc).



Figura 7. Transportador de rodillos (Fuente: MG).



Figura 8. Banco de carga con volante (Fuente: Tekna).

- **Prolongaciones.** Cuando la pieza a tronzar es muy larga es aconsejable tener un punto de apoyo de manera que toda la pieza esté correctamente sujeta y apoyada, para conseguirlo se pueden utilizar prolongaciones de bancada o un banco de apoyo (Figura 6).
- **Bancos de medida y de carga:** Dispositivo complementario a la tronzadora que ofrece un buen soporte de la pieza a mecanizar, así como una ayuda a la carga, ya sea manual o automáticamente. Es recomendable que sean regulables en altura, de manera que puedan acoplarse fácilmente a la mesa de trabajo de la tronzadora. Hay que escoger la longitud idónea según su aplicación. Los modelos manuales están provistos de unos rodillos para favorecer el deslizamiento de la pieza (Figura 7), así como de un sistema de lectura de la medida de corte que suele ser sobre cinta métrica. Algunos modelos vienen provistos de un tope giratorio para permitir el paso de barra. Existen modelos con una pantalla que visualiza la medida de corte seleccionada, y otros en los que el posicionamiento manual del tope de medida se realiza por medio de un volante con bloqueo neumático (Figura 8).

Los modelos automáticos disponen de transporte motorizado gestionado por un posicionador eléctrico de medida, y son capaces de memorizar medidas de corte y programas de trabajo diferentes. Otras opciones que pueden ofrecer los sistemas automáticos son, por ejemplo, mordaza de sujeción sincronizada con la subida del disco o pedal para accionar el disco de corte.

- **Sistemas de sujeción.** La sujeción de la pieza a cortar a la mesa de apoyo no debe realizarse nunca manualmente, sino con ayuda de prensos adecuados que garanticen en cualquier circunstancia, una sólida fijación a la mesa de apoyo de la pieza a cortar. Es conveniente que la mordaza sea de acción rápida, y no requiera de una elevada fuerza elevada. Algunas tronzadoras disponen de accesorios específicos, como por ejemplo sistemas para la fijación de perfiles abiertos, mordazas rápidas, etc. (Figura 9).
- **Pedal.** El accionamiento mediante pedal móvil puede suponer una ayuda, de cara a la adopción de posturas durante el trabajo, dado que permite su ubicación más adecuada en función de las condiciones de corte. En el caso de que la máquina se accione mediante pedal, es importante que este vaya protegido con una carcasa de plástico o similar, de manera que no pueda ser accionado de manera involuntaria. Tanto el pedal como la carcasa deben tener unas dimensiones suficientes a fin de garantizar su correcto accionamiento.



Figura 9. Mordaza (Fuente: Ferrimaq).



Figura 10. Pedal de accionamiento (Fuente: Macc).

## Empuñaduras del equipo

La empuñadura de la palanca de accionamiento debe de tener unas dimensiones adecuadas a la mano de los usuarios. Una empuñadura o mango debe optimizar la transmisión de fuerzas entre la mano y la máquina o herramienta, es por ello que deben de tener unas dimensiones que cumplan con las recomendaciones básicas:

- Longitud mínima: 10 cm.
- Diámetro comprendido entre 3-5 cm si se precisa fuerza.



Figura 11. Diferentes tipos de empuñaduras de tronzadoras (Fuentes: MG, Bosch, Makita, Ferrimaq, Ayerbe).

En el mercado existen diferentes tipos de empuñaduras en función del modelo y del tipo de máquina (portátil o con bancada) (Figura 11).

Es recomendable que esté recubierta de un material antideslizante y si es posible que esté constituida por materiales que amortigüen las vibraciones. Resulta interesante que ofrezcan la posibilidad de ajustarse y bloquearse en varias posiciones, de este modo se consigue una mejor adaptación a los usuarios y a las tareas a realizar.

Los mandos de puesta en marcha y paro deben estar incorporados o bien en la palanca de funcionamiento de la tronzadora, o en la parte delantera de la misma debajo del soporte de la pieza y a una altura mínima de 600 mm del suelo. Es recomendable que el

órgano de accionamiento del disco sea de pulsación mantenida, o tipo “pulsación continua”, para garantizar que el disco no gira en vacío en la posición de reposo del mismo.

Por otra parte, es recomendable que las tronzadoras de disco portátiles dispongan de asas integradas para su transporte, así como un sistema de inmovilización de transporte.