

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN

ANÁLISIS DE LAS FALLAS MÁS CRÍTICAS DE LA
MÁQUINA-HERRAMIENTA MANDRINADORA HORIZONTAL

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en
MECÁNICA INDUSTRIAL

Alumno:

Pablo Antonio Poblete Fernández

Profesor Guía:

Juan Luis Romero Moraga

2017

DEDICATORIA

A Dios.

Dedico este trabajo principalmente a él, por haberme dado la vida y permitirme poder llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Me ha dado la fortaleza para continuar, superar obstáculos y dificultades durante este proceso.

A mis padres.

Por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ellos. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de todo, me incentivaron siempre para alcanzar mis anhelos; principalmente mi madre, que ha estado conmigo en todo momento con su apoyo, sus consejos, la motivación constante, pero más que todas estas cosas, por su amor.

A mi novia.

Quien siempre estuvo apoyándome anímicamente en los momentos de estrés, frustración y desesperación. En las situaciones difíciles conté con su compañía, amor y palabras de aliento, que fueron fundamentales para continuar con mi tesis.

A mis abuelos.

Mis segundos padres, que han estado junto a mí durante mi vida, incentivándome y enseñándome a través de sus años de experiencia, el sacrificio que demanda alcanzar las metas trazadas.

A mis suegros.

Personas que han sido fundamentales durante este proceso, principalmente mi suegro Raúl, quien me orientó y ayudó a elegir el tema de mi trabajo; dispuso su tiempo, conocimiento y experiencia laboral a mi favor, y además, gestionó la ayuda de una maestría para complementar y adquirir conocimiento práctico y teórico, sobre mi tesis en general.

A mis hermanos.

Aunque en la mayoría de las veces parece que estuviéramos en una batalla, hay momentos en los que la guerra cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos. Gracias por los gratos momentos que pasamos en el proceso.

A mis compañeros.

Finalmente, agradecer a mi grupo de amigos durante estos tres años de estudios, quienes trabajando en equipo y apoyándonos mutuamente, llegamos a esta instancia.

RESUMEN

El presente trabajo de título tiene como finalidad, describir y conocer las fallas más críticas que se presenta en la máquina herramienta mandrinadora horizontal, utilizada en los procesos de arranque de viruta.

Hoy en día las mandrinadoras, son máquinas que están quedando obsoletas y están siendo sustituidas por modernos centros de mecanizado, donde es posible mecanizar casi de forma completa una pieza cúbica que lleve distintos tipos de mecanizado y sea mecanizada por varias caras.

Aun así, a pesar de esta situación, las mandrinadoras se ven comúnmente en la mayoría de las maestranzas de nuestro país.

Para conocer sobre esta máquina herramienta mandrinadora, investigaremos en qué consisten, los tipos que existen en la actualidad; enfocándonos principalmente en la mandrinadora, el uso y función principal de esta, los movimientos de trabajo, la herramienta para mandrinar, las partes o elementos que componen esta máquina, los tipos de mandrinadoras que existen, las operaciones realizables, los factores de selección para su operación, estabilidad y condiciones de mecanizado, la disponibilidad y selección en cuanto a la máquina, como a la herramienta, los aspectos económicos del mecanizado, parámetros que debo considerar al momento de realizar trabajos en la mandrinadora (velocidad de corte y de rotación de la herramienta, el avance, la profundidad de pasada, etc.), conocer las ventajas y desventajas de la máquina, identificar las principales fallas que se originan, y a su vez dar la solución a cada una de estas que se presentan durante el tiempo y por último los costos de mantenimiento que requiere dicha máquina herramienta.

El objetivo del trabajo, es permitir la generación de información relevante respecto al equipo, sus fallas, mantenimiento y operación, logrando la disponibilidad y aumentando la confiabilidad de la mandrinadora.

INDICE

Introducción.....1

CAPÍTULO I: CONOCIENDO LA MÁQUINA HERRAMIENTA

MANDRINADORA HORIZONTAL

1.1. HISTORIA 4

1.2. GENERALIDADES.....4

1.3. OBJETIVOS.....5

1.3.1. General.....5

1.3.2. Específicos.....5

1.4. MAQUINAS HERRAMIENTAS 5

1.4.1. Tipos de máquinas herramientas 7

1.4.1.1. Convencionales.....7

1.4.1.2. De vaivén.....9

1.4.1.3. Prensas 12

1.4.1.4. No convencionales 13

1.5. MANDRINADORA.....14

1.5.1. ¿Qué es mandrinado?.....14

1.5.2. Concepto de mandrinadora 15

1.5.3. Herramientas para mandrinar 20

1.5.4. Partes de la mandrinadora.....21

1.5.5. Tipos de máquinas herramientas mandrinadoras.....25

1.5.6. Operaciones realizables 29

1.5.7. Tipos de operaciones de mandrinado 31

1.5.7.1. Factores de selección para operaciones de mandrinar 31

1.5.7.2. Estabilidad y condiciones de mecanizado.....31

1.5.7.3. Disponibilidad y selección del tipo de maquina 32

1.5.7.4. Disponibilidad de herramientas.....32

1.5.7.5. Aspectos económicos del mecanizado 32

1.5.8. Parámetros de la mandrinadora 32

1.5.8.1. Velocidad de corte.....	32
1.5.8.2. Velocidad de rotación de la herramienta.....	33
1.5.8.3. Avance.....	33
1.5.8.4. Profundidad de pasada	33
1.5.8.5. Potencia de la maquina.....	34
1.5.8.6. Tiempo de mandrinado	34

CAPÍTULO II: PRINCIPALES FALLAS MÁS CRÍTICAS DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA

2.1. HUSILLO PRINCIPAL DEL CABEZAL	36
2.2. PLATO DE SUJECCIÓN CON EL CARRO PORTAHERRAMIENTAS	37
2.3. CAJA DE CAMBIO DE VELOCIDADES DE LOS CARROS.....	37
2.4. BANCADA	38
2.5. CONJUNTO CARRO-MESA DE TRABAJO	39
2.6. MONTAJE INADECUADO DE LOS CARROS TRANSVERSALES Y LATERALES	39
2.7. FALTA DE LUBRICACIÓN EN LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA .	39

CAPÍTULO III: SOLUCIÓN DE LAS PRINCIPALES FALLAS MÁS CRÍTICAS DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA

3.1. MANTENIMIENTO DEL HUSILLO PRINCIPAL.....	42
3.1.1. Regulación del juego axial del husillo.....	42
3.1.2. Regulación del juego radial del husillo	42
3.2. MANTENIMIENTO DEL PLATO DE SUJECCIÓN CON EL CARRO PORTAHERRAMIENTAS.....	43
3.3. MANTENIMIENTO DE LA CAJA DE DISTRIBUCIÓN	43
3.4. MANTENIMIENTO DE LA BANCADA.....	43
3.5. MANTENIMIENTO DEL CARRO Y MESA DE TRABAJO	43
3.6. MANTENIMIENTO DE LOS CARROS TRANSVERSALES	44
3.7. LUBRICACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LA BANCADA Y DE LAS GUÍAS.....	45

3.8. LUBRICACIÓN DE LA CAJA DE CAMBIO, BANCADA TRANSVERSAL Y DE LOS CARROS	46
CAPÍTULO IV: COSTOS DE MANTENIMIENTO	
4.1. TRABAJOS A REALIZAR	49
4.1.1. Mantenimiento preventivo.....	49
4.1.2. Mantenimiento correctivo.....	49
4.2. PERSONAL TÉCNICO	49
4.3. PROPUESTA ECONÓMICA	50
4.3.1. Detalle mantención preventiva	50
4.3.2. Detalle mantención correctiva	52
Conclusión	54
Linkografía.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Torno paralelo convencional.

Figura 1-2. Fresadora vertical de torreta.

Figura 1-3. Limadora.

Figura 1-4. Cepilladora.

Figura 1-5. Prensa troqueladora de mesa fija.

Figura 1-6. Operaciones de mandrinado.

Figura 1-7. Mandrinadora horizontal.

Figura 1-8. Movimientos de trabajo de la mandrinadora.

Figura 1-9. Movimientos de avance de la mandrinadora. A) Con avance de la herramienta. B) Con avance de la pieza

Figura 1-10. Cabezal de mandrinar o mandrino.

Figura 1-11. Bancada.

Figura 1-12. Compensación de contrapeso en la columna.

Figura 1-13. Conjunto carros-mesa.

Figura 1-14. Partes de la máquina herramienta mandrinadora horizontal (universal).

Figura 1-15. Brocas con mangos cónicos.

Figura 1-16. Husillo principal ubicado en el cabezal.

Figura 1-17. Plato y carro portaherramientas.

Figura 1-18. Caja de velocidades de los carros transversal y longitudinal.

Figura 1-19. Lubricación de la bancada transversal.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4-1. Actividades a realizar en el mantenimiento preventivo.

Tabla 4-2. Insumos y energía del mantenimiento preventivo.

Tabla 4-3. Precio total mantenimiento preventivo.

Tabla 4-4. Actividades a realizar en el mantenimiento correctivo.

Tabla 4-5. Insumos y energía del mantenimiento correctivo.

Tabla 4-6. Precio total mantenimiento correctivo.

A. SIGLA

CECIMO : European Association of the Machine Tools Industries (Comité Europeo de Cooperación de las Industrias de Máquinas Herramientas)

CNC : Control Numérico Computarizado

IVA : Impuesto al Valor Agregado

B. SIMBOLOGÍA

Hz : Hertz

rpm : Revoluciones por minuto

kg : Kilogramos

mm : Milímetros

m : Metros

inch : Pulgadas

kW : Kilovatios

% : Porcentaje

cm : Centímetros

L : Litro

\$: Precio chileno

INTRODUCCIÓN

Entre la enorme gama de máquinas de las que se sirve el hombre para facilitar y hacer más cómodo su trabajo, hay unas cuantas a las que se les puede considerar como las madres de todos las demás: son las llamadas máquinas-herramientas.

Todas ellas tienen en común la utilización de una herramienta de corte específica. Su trabajo consiste en dar forma a cualquier pieza o componente de máquina basándose en la técnica de arranque de viruta, troquelado u otros procedimientos especiales como son la electroerosión, láser, etc.

A este grupo de máquinas-herramientas pertenece la mandrinadora, que es una máquina herramienta que se utiliza para el mecanizado de agujeros de piezas cúbicas que deben tener una tolerancia muy estrecha y una calidad de mecanizado buena. Cuando se madrinan piezas cúbicas, éstas se fijan en la mesa de trabajo de la máquina, y lo que gira es la herramienta de mandrinar sujeta al husillo de la máquina, y donde se le imprime la velocidad adecuada de acuerdo con las características del material constituyente de la herramienta y el avance axial adecuado. En las mandrinadoras y centros de mecanizado, es necesario seleccionar en forma adecuada las herramientas pues debido al alto coste que tiene el tiempo de mecanizado, se deben realizar los mecanizados en el menor tiempo posible y en condiciones de precisión y calidad. La selección se hace en base a ciertos criterios. Por ejemplo, según los diseños y limitaciones de la pieza (tamaño, tolerancia, tendencia a vibraciones, sistemas de sujeción, acabado superficial, etc.) o según el tipo de operaciones de mandrinado a realizar (exteriores o interiores, ranurados, desbaste, acabados, etc.). También puede considerarse la estabilidad y las condiciones del mecanizado (corte intermitente, forma y estado de la pieza, potencia y accionamiento de la máquina, etc.), la disponibilidad y selección del tipo de máquina (mecanizado automático, piezas a mecanizar, calidad y cantidad del refrigerante, etc. o de las herramientas (calidad de las herramientas, sistema de sujeción o servicio técnico, entre otros). Otros factores a tener en cuenta es el material de la pieza (dureza, estado, resistencia, maquinabilidad, barra, fundición, forja, mecanizado en seco o con refrigerante, etc.), o los aspectos económicos del mecanizado (optimización del mecanizado, duración de la herramienta, precio de la herramienta, precio del tiempo de mecanizado, etc.)

Dentro de las aplicaciones y usos encontramos matricería, piezas especiales, realizar agujeros cónicos, crear ranuras, canales asimétricos, perfeccionar agujeros circulares, etc.

En el presente trabajo, el objetivo general es analizar las principales fallas más críticas de la máquina herramienta mandrinadora. Es por ello que será necesario dar a conocer que es una máquina herramienta mandrinadora, las funciones específicas que realiza, los tipos de mandrinadoras que existen hoy en día, como solucionar las fallas o problemas que se originan durante el tiempo, las ventajas y desventajas que presenta la mandrinadora y los costos de mantenimiento que requiere dicha máquina herramienta.

CAPITULO I:

**“CONOCIENDO LA MAQUINA HERRAMIENTA MANDRINADORA
HORIZONTAL”**

1.1. HISTORIA

El mandrinado, tiene su origen en el barrenado de cañones de bronce fundidos ahuecados. Este procedimiento se remonta por lo menos a 1372, fecha en la que se conocen datos concretos de los primeros cañones de bronce fundidos por Aarán en Augsburgo. A partir del siglo XVI, también se fundían de hierro colado.

En España se construyeron varios tipos diferentes de máquinas, destacando un modelo horizontal para barrenar y torneear, construido en 1768 en Sevilla, movida por las aguas del Guadaira.

Durante el siglo XVII, las barrenadoras horizontales, similares a la descrita por G. Monge, con giro de pieza, fueron más utilizadas que las verticales. En 1857, Thomas Spencer Sawyer construye una mandrinadora en la misma línea de las anteriores.

A finales del siglo XIX, las mandrinadoras alcanzan su pleno desarrollo, estructural y mecánico.

A principios del siglo XX, ante la exigencia de precisión e intercambiabilidad de la industria relojera suiza, Perrenond Jacot pone a punto una punteadora vertical, con mesa de coordenadas polares que constituye una maravilla mecánica.

Poco después de la guerra civil de 1936, Sacem de Billabona y Juaristi de Azkoitia, construyen las primeras mandrinadoras del estado español.

1.2. GENERALIDADES

La Mandrinadora es una máquina compleja en la que coexisten características de la fresadora, de la taladradora y del torno. Por ello es una máquina muy versátil, razón que la convierte en un valioso medio de producción de cualquier taller.

Pertenece al grupo de máquinas herramientas de precisión y, en consecuencia, se emplea siempre en trabajos de responsabilidad. Está dotada de una serie de dispositivos que le permiten trabajar con un buen grado de precisión, por lo que es considerada como tal y, como corresponde; en ella suelen realizarse trabajos de responsabilidad.

Debido a esa versatilidad, las configuraciones de estas máquinas pueden variar sustancialmente dentro de un mismo tipo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General

Analizar las fallas más críticas de la máquina herramienta mandrinadora horizontal.

1.3.2. Específicos

- Dar a conocer que es una máquina herramienta mandrinadora horizontal y su funcionamiento.
- Identificar las principales fallas ocasionadas en la mandrinadora horizontal.
- Solucionar las fallas más críticas de la mandrinadora horizontal.
- Investigar los costos de mantenimiento que requiere la máquina herramienta mencionada.

1.4. MÁQUINAS HERRAMIENTAS

¿Qué es una máquina herramienta?

El Comité Europeo de Cooperación de las Industrias de Máquinas-Herramienta, conocido por las siglas de CECIMO, definió en 1958 las máquinas-herramienta para el trabajo de los metales, de la manera siguiente:

“Las máquinas no portables, que operadas por una fuente exterior de energía conforman los metales, por arranque de viruta, abrasión, choque, presión, procedimientos eléctricos o una combinación de los anteriores”.

Solamente con máquinas-herramienta se pueden fabricar otras máquinas y componentes metálicos, pero quizás el rasgo más característico sea que es la única que tiene capacidad de auto reproducirse. Todas las máquinas, componentes y productos metálicos que existen en el mercado han sido producidos, utilizando máquinas-herramienta.

La máquina herramienta es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a piezas sólidas, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias. El moldeado de la pieza se realiza

por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, por estampado, corte o electroerosión.

El término máquina herramienta se suele reservar para herramientas que utilizan una fuente de energía distinta del movimiento humano, pero también pueden ser movidas por personas si se instalan adecuadamente o cuando no hay otra fuente de energía. Muchos historiadores de la tecnología consideran que las auténticas máquinas herramienta nacieron cuando se eliminó la actuación directa del hombre en el proceso de dar forma o troquelar los distintos tipos de herramientas. Por ejemplo, se considera que el primer torno que se puede considerar máquina herramienta fue el inventado alrededor de 1751 por Jacques de Vaucanson, puesto que fue el primero que incorporó el instrumento de corte en una cabeza ajustable mecánicamente, quitándolo de las manos del operario.

Las máquinas herramienta pueden utilizar una gran variedad de fuentes de energía. La energía humana y la animal son opciones posibles, como lo es la energía obtenida a través del uso de ruedas hidráulicas. Sin embargo, el desarrollo real de las máquinas herramienta comenzó tras la invención de la máquina de vapor, que llevó a la Revolución Industrial. Hoy en día, la mayor parte de ellas funcionan con energía eléctrica.

Las máquinas-herramienta pueden operarse manualmente o mediante control automático. Las primeras máquinas utilizaban volantes para estabilizar su movimiento y poseían sistemas complejos de engranajes y palancas para controlar la máquina y las piezas en que trabajaba. Poco después de la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron los sistemas de control numérico. Las máquinas de control numérico utilizaban una serie de números perforados en una cinta de papel o tarjetas perforadas para controlar su movimiento. En los años 1960 se añadieron computadoras para aumentar la flexibilidad del proceso. Tales máquinas se comenzaron a llamar máquinas CNC, o máquinas de Control Numérico por Computadora. Las máquinas de control numérico y CNC pueden repetir secuencias una y otra vez con precisión, y pueden producir piezas mucho más complejas que las que pueda hacer el operario más experimentado.

Este tipo de máquinas se caracterizan por ser estacionarias y por ser accionadas por un motor. En la actualidad la principal fuente de energía es la energía eléctrica y su accionamiento puede realizarse de manera manual o automatizada.

1.4.1. Tipos de máquinas herramientas

Por la forma de trabajar las máquinas herramientas se pueden clasificar en tres tipos:

- **De desbaste o desbastadoras**, que dan forma a la pieza por arranque de viruta.
- **Prensas**, que dan forma a las piezas mediante el corte, el prensado o el estirado.
- **Especiales**, que dan forma a la pieza mediante técnicas diferentes, como, por ejemplo, láser, electroerosión, ultrasonido, plasma, etc.

1.4.1.1. Convencionales

Entre las máquinas convencionales tenemos las siguientes máquinas básicas:

-Torno: una de las máquinas más antiguas y trabaja mediante el arranque de material y una herramienta de corte. Para ello la pieza gira un carro en el que se sitúan las herramientas aproximándose a la pieza, provocando que esta se desgaste para obtener partes cilíndricas o cónicas. Si se coloca una broca en la posición correspondiente, se pueden realizar barrenos.

Hay varios tipos de tornos: los paralelos, que son los convencionales (Fig. 1); los de control numérico, que están controlados por un sistema electrónico programable; los de levas, en que el control se realiza mediante unas levas (éstos también son llamados de decoletaje); los tornos revólver, que poseen una torreta que gira, el revólver, en la cual se sitúan los diferentes útiles de trabajo.

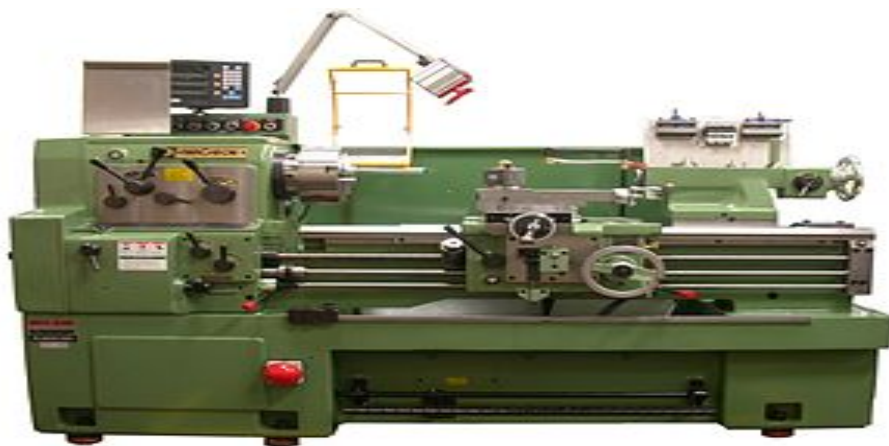


Fig. 1-1. Torno paralelo convencional.

-Taladros: destinados a perforación, estas máquinas herramientas son, junto con los tornos, las más antiguas. En ellas el trabajo se realiza por medio del giro de la herramienta y la pieza permanece fija por medio de una prensa. El trabajo realizado normalmente, en los taladros, es hecho por una broca que realiza el agujero correspondiente. También se pueden realizar otras operaciones con diferentes herramientas, como avellanar y escariar.

Un tipo especial de taladradora son las punteadoras que trabajan con pequeñas muelas de esmeril u otro material. Son utilizadas para operaciones de gran precisión y sus velocidades de giro suelen ser muy elevadas.

-Fresadora: con la finalidad de la obtención de superficies lisas o de una forma concreta, las fresadoras son máquinas complejas en las que es el útil el que gira y la pieza la que permanece fija a una bancada móvil. El útil utilizado es la fresa, que suele ser redonda con diferentes filos cuya forma coincide con la que se quiere dar a la pieza a trabajar. La pieza se coloca sólidamente fijada a un carro que la acerca a la fresa en las tres direcciones, esto es en los ejes X, Y y Z (Fig.2).

Con diferentes útiles y otros accesorios, como el divisor, se pueden realizar multitud de trabajos y formas diferentes.



Fig. 1-2. Fresadora vertical de torreta.

-Pulidora: trabaja con un disco abrasivo que va eliminando el material de la pieza a trabajar. Se suele utilizar para los acabados de precisión por la posibilidad del control muy preciso de la abrasión. Normalmente no se ejerce presión mecánica sobre la pieza.

1.4.1.2. De vaivén

-Limadora o perfiladora: se usa para la obtención de superficies lisas (Fig. 3). La pieza permanece fija y el útil, que suele ser una cuchilla, tiene un movimiento de vaivén que en cada ida come un poco a la pieza a trabajar, que cuenta con mecanismo de trinquete que avanza automáticamente la herramienta (cuchilla).



Fig. 1-3. Limadora.

-Cepilladora: la cepilladora también es conocida como una máquina herramienta que realiza la operación mecánica de cepillado. Dicha operación consiste en la elaboración de superficies planas, acanalamientos y otras formas geométricas en las piezas. La única restricción es que las superficies han de ser planas (Fig. 4).

La cepilladora arranca el material haciendo pasar una herramienta de una punta por la pieza a trabajar. Además de este movimiento, la pieza también se mueve de tal forma que la herramienta siempre tenga material que quitar, quitándolo de manera milimétrica.

El trabajo se sujeta sobre la mesa ajustable, si su tamaño y forma lo permiten; esto se hace en el tornillo de mordaza que a su vez se encuentra fijo a la mesa. Una herramienta puntiforme -buril-, fijo al brazo rígido, llamado carro, se mueve sobre el trabajo con movimiento recíprocamente hacia adelante y hacia atrás. La longitud de la carrera de avance y el número de carreras por minutos se pueden ajustar de acuerdo a la longitud del trabajo y su composición. Con una excepción, el buril, se puede ajustar verticalmente, quita material durante la carrera de avance solamente. Durante la carrera de regreso de la corredera, la mesa y el trabajo se mueven hacia la herramienta a una distancia predeterminada mientras se mantiene conectada la alimentación automática de la mesa.



Fig. 1-4. Cepilladora.

-Sierras: la sierra es una herramienta de corte para metal o huesos. Algunas llevan sujeciones que mantienen la sierra firme y la vuelven fácil de manipular. La cuchilla es de dientes finos y está tensionada sobre una montura.

Estas sierras, diseñadas para cortar principalmente metal, están categorizadas por el número de dientes por pulgada. La hoja de sierra estándar tiene entre 14 y 32 dientes por pulgada. El juego de dientes, cómo están angulados en relación a los lados de la hoja, determinan qué tan bien corta la sierra. Las sierras de metal cortan muchas cosas desde tubos delgados de cobre hasta tornillos oxidados, pasando por mangueras de jardín, tuberías, plásticos, rejas viejas, etc.

El corte por aserrado mecánico constituye el medio más eficaz para cortar en frío metales de cualquier clase, y se ejecuta por medio de los siguientes métodos:

- Sierras alternativas de hoja (horizontales)
- Sierras alternativas de calar (verticales)
- Sierras sin fin o de cinta (horizontales y verticales)
- Sierras circulares de disco (verticales)
- Sierras de muela (verticales)

En las máquinas aserradoras alternativas, la herramienta está formada por una hoja dentada rectilínea que se desplaza en un movimiento alternativo de vaivén, en la que cada uno de los dientes trabaja como una herramienta de corte individual. El trabajo se realiza en la carrera activa de la hoja. En cambio, en las sierras sin fin, la herramienta está formada por una cinta soldada por sus extremos, montada sobre dos ruedas – tambores y animada de un movimiento continuo. Las sierras circulares están conformadas por un disco circular, provisto de dientes en su periferia, y animada también de un movimiento rotativo continuo.

Cada diente constituye una herramienta que corta una viruta. La sierra corte empujando o tirando de ella, y durante el corte, la sierra animada de un movimiento de traslación (M_c) penetra en el metal, si cada diente recibe el esfuerzo de presión de corte necesario. Tratándose de sierras mecánicas de movimiento alternativo y teniendo en cuenta que la hoja es flexible, se deberá colocarla sobre una montura rígida llamada arco o porta hoja, para posteriormente tensarla prudentemente. La resistencia del metal al efectuar el corte tiende a romper los dientes de la hoja. Hará falta pues, apretarla moderadamente durante la carrera de trabajo y aliviarla durante el retroceso.

1.4.1.3. Prensas

La prensa es una máquina que se utiliza para comprimir. El término procede del catalán *prensa* y está vinculado a ejercer una presión o aplicar una fuerza. Existen distintos tipos de prensa de acuerdo al uso en cuestión.

La prensa mecánica o prensadora es la máquina que, a través de un volante de inercia, acumula energía y la transmite por vía mecánica o neumática a un troquelo matriz (Fig. 5). Por lo tanto, permiten realizar el proceso conocido como troquelación (la realización de agujeros en metales, plásticos, cartones u otros materiales).



Fig. 1-5. Prensa troqueladora de mesa fija.

La prensa hidráulica, por otra parte, presenta un mecanismo con vasos comunicantes que son impulsados por pistones y que, a través de pequeñas fuerzas, permite conseguir otras mayores.

La prensa rotativa o simplemente rotativa es una máquina de impresión en que aquello que imprime se curva sobre un cilindro y, por lo tanto, utiliza rollos continuos que le permite imprimir grandes cantidades con mucha velocidad.

La máquina utilizada para la mayoría de las operaciones de trabajo en frío y algunos en caliente, se conoce como prensa. Consiste de un bastidor que sostiene una bancada y un ariete, una fuente de potencia, y un mecanismo para mover el ariete linealmente y en ángulos rectos con relación a la bancada.

Una prensa debe estar equipada con matrices y punzones diseñada para ciertas operaciones específicas. La mayoría de operaciones de formado, punzonado y cizalla, se pueden efectuar en cualquier prensa normal si se usan matrices y punzones adecuados.

Las prensas tienen capacidad para la producción rápida, puesto que el tiempo de operación es solamente el que necesita para una carrera del ariete, más el tiempo necesario para alimentar el material. Por consiguiente, se pueden conservar bajos costos de producción.

Tiene una adaptabilidad especial para los métodos de producción en masa, como lo evidencia su amplia aplicación en la manufactura de piezas para automóviles y aviones, artículos de ferretería, juguetes y utensilios de cocina.

1.4.1.4. No convencionales

-Electroerosión: las máquinas de electroerosión desgastan el material mediante chispas eléctricas que van fundiendo partes minúsculas del mismo. Hay dos tipos de máquinas de electroerosión: las de electrodos, que realizan agujeros de la forma del electrodo o bien desgaste superficial con la forma inversa de la que tiene el electrodo, hace grabaciones; y las de hilo que, mediante la utilización de un hilo conductor del que saltan las chispas que desgastan el material, van cortando las piezas según convenga. En ambos casos durante todo el proceso, tanto el útil como la pieza están inmersos en un líquido no conductor.

-Arco de plasma: el procedimiento consiste en provocar un arco eléctrico estrangulado a través de la sección de la boquilla del soplete, sumamente pequeña, lo que concentra extraordinariamente la energía cinética del gas empleado, ionizándolo, y por polaridad adquiere la propiedad de cortar.

Resumiendo, el corte por plasma se basa en la acción térmica y mecánica de un chorro de gas calentado por un arco eléctrico de corriente continua establecido entre un electrodo ubicado en la antorcha y la pieza a mecanizar. El chorro de plasma lanzado contra la pieza penetra la totalidad del espesor a cortar, fundiendo y expulsando el material.

La ventaja principal de este sistema radica en su reducido riesgo de deformaciones debido a la compactación calorífica de la zona de corte. También es valorable la economía de los gases aplicables. No es recomendable el uso de la cortadora de plasma en piezas pequeñas debido a que la temperatura es tan elevada que la pieza llega a deformarse.

-Láser: el mecanizado con láser es un proceso especial o proceso no convencional de mecanizado de índole térmica, que no genera viruta, en el que la eliminación del material se provoca por la fusión y vaporización del mismo al concentrar en zonas localizadas elevadas temperaturas.

Láser son las siglas del inglés *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, lo que en castellano significa *amplificación de luz mediante emisión estimulada de radiación*. El mecanizado con láser, comparado con los procesos convencionales de arranque de viruta, presenta una mejor precisión y acabado superficial (rugosidad), siempre y cuando no lo comparemos con los procesos de super acabado.

-Ultrasónica: El mecanizado ultrasónico (Ultrasonic Machining) es un proceso de índole mecánica en el que se remueve material de la pieza dejando una forma específica en ella. Para ello la herramienta vibra a 20.000 Hz y gira a unos 5.000 rpm, todo ello acompañado por un líquido abrasivo que además sirve para refrigerar la pieza. Los materiales normalmente usados son el Acero, acero inoxidable, y molibdeno, etc.

La forma de la herramienta es importante para que no recoja energía, la punta nunca toca la pieza que suele ser de materiales dúctiles, el material abrasivo (contenido en una pasta) es el que realmente se come el material, normalmente las partículas de abrasivo suelen ser duras, como por ejemplo diamante, nitruro cúbico de boro, carburo de boro, carburo de silicio y óxido de aluminio, de esto el más usado es el carburo de boro.

1.5. MANDRINADORA

1.5.1. ¿Qué es mandrinado?

Se llama mandrinado a una operación de mecanizado que se realiza en agujeros de piezas ya realizados para obtener mayor precisión dimensional, mayor precisión geométrica o una menor rugosidad superficial, pudiéndose utilizar para agujeros cilíndricos como cónicos, así como para realizar roscas interiores (Fig. 6).

Las operaciones de mandrinado están relacionadas con el agrandamiento de un agujero existente, situado en un punto, para que pueda ser perfeccionado. Estas máquinas están diseñadas para hacer acciones de finalizado.

El mandrinado puede realizarse en varias máquinas de herramientas diferentes como el torno de cabeza giratoria. Si la pieza es un sólido de revolución pequeño con un agujero en su eje de simetría, el mandrinado puede realizarse en un torno, haciendo girar la pieza en el plato giratorio y fijando una barra de mandrinar con el filo adecuado en el contrapunto del torno. Para otras piezas, con uno o varios agujeros, se utilizan fresadoras, mandrinadoras y centros de mecanizado con una herramienta rotatoria.



Fig. 1-6. Operaciones de mandrinado

1.5.2. Concepto de mandrinadora

Se denomina mandrinadora a una máquina herramienta que se utiliza básicamente para el mecanizado de agujeros de piezas cúbicas cuando es necesario que estos agujeros tengan una tolerancia muy estrecha y una calidad de mecanizado buena. La necesidad de tener que conseguir estas tolerancias tan estrechas hace que la mandrinadora exija una gran pericia y experiencia a los operarios que la manejan.

Es una máquina-herramienta que comparte cierta similitud con la taladradora y con la fresadora. De hecho, existen máquinas-herramienta denominadas fresadoras-mandrinadoras. Se emplea para trabajos de taladro, fresado y tornado en piezas complicadas.

La mandrinadora es una máquina normalmente de eje horizontal, pudiendo realizar trabajos completamente análogos a los desarrollados por la fresadora horizontal. La característica más destacada de la mandrinadora es la herramienta empleada, denominada barra de mandrinar o mandrino. Consiste en un eje, sujeto por ambos extremos a la máquina-herramienta, en el que pueden acoplarse varias herramientas monofilo situadas en planos perpendiculares a dicho eje. La rotación del eje permite mecanizar (mandrinar) varios taladros simultáneamente, asegurando de forma relativamente precisa la coaxialidad de los mismos.

Estas máquinas son de mecanizado por arranque de viruta para piezas de grandes dimensiones. Se utilizan herramientas giratorias de una o varias aristas de corte (fresas, brocas, platos, etc.). Además, se utiliza el dispositivo de riego de líquido refrigerante.

Están destinadas a realizar diferentes tipos de mecanizado sobre una misma pieza: refrentado, mandrinado, taladrado, etc.; por lo que los cambios de herramienta son frecuentes. Pueden incorporar CNC, visualizador de coordenadas y cambio automático de herramientas para optimizar la producción.

La mandrinadora posee un cabezal donde se colocan las herramientas que tienen un movimiento vertical, mientras que la mesa se desplaza en los otros dos ejes. El operario se sitúa en el cuadro de mando que está localizado fuera del movimiento de la mesa.

Las mandrinadoras son máquinas que están quedando obsoletas y están siendo sustituidas por modernos centros de mecanizado donde es posible mecanizar casi de forma completa una pieza cúbica que lleve distintos tipos de mecanizado y sea mecanizada por varias caras, gracias al almacén de herramientas que llevan incorporados y al programa de ordenador que permite conseguir todos los mecanizados requeridos.

Estos tipos de equipos de precisión pueden ser usados para cortar contornos circulares, así como agujeros cónicos. Además, estos alcanzan a tener una alta precisión en los diámetros de sus agujeros. Estas pueden ser usadas también para crear ranuras, así como canales asimétricos, adicionalmente a la labor de perfeccionar agujeros circulares.

La máquina de mandrinado es usualmente utilizada para hacer un mecanizado en grandes piezas, pero también puede ser utilizada para hacer perforaciones en pequeñas piezas que han sido previamente dibujadas en programas de diseño y que siguen un contorno automático de operaciones y tienen una alta consistencia en el mecanizado de piezas (Fig. 7).

La barra de mandrinado se diseña usualmente para hacer una cavidad pasante y así poder dejar que el líquido de refrigeración circule libremente, y por tanto se pueda hacer un enfriamiento de los demás agujeros. Como el mandrinado tiene como objetivo incrementar la precisión de los agujeros, se deben hacer un tipo de consideraciones iniciales. Por lo tanto, los agujeros de diámetros largos o los maquinados de agujeros ciegos, no pueden hacerse por medio de un contacto discontinuo entre la herramienta de trabajo y la superficie. Adicionalmente la función de la barra de mandrinado será la de alojar dentro de sí las herramientas de corte que puedan ser utilizadas por los husillos robóticos.

Características de la máquina:

- **Dimensiones de la mesa:** 1.250 mm. x 1250 mm.
- **Desplazamiento Eje X:** 1.600 mm.
- **Desplazamiento Eje Y:** 1.120 mm.
- **Desplazamiento Eje Z:** 1.250 mm.
- **Desplazamiento Eje W:** 900 mm.
- **Carga máxima sobre la mesa:** 3.000 kg.



Fig. 1-7. Mandrinadora Horizontal.

La mandrinadora es una máquina cuya herramienta animada de un movimiento de rotación con avance o sin él y generalmente en posición horizontal aumenta de diámetro (mandrina) orificio de piezas que permanecen fijas o avanzan hacia la herramienta.

En la siguiente imagen podemos observar los distintos sentidos o movimientos de trabajo de cada componente (Fig. 8).

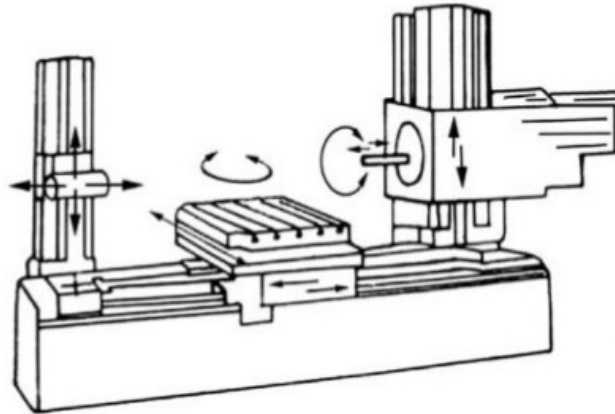


Fig. 1-8. Movimientos de trabajo de la mandrinadora.

Los movimientos de trabajo son:

1. Movimiento de corte de la herramienta.

- a. Operación de mandrinar con cuchilla sobre barra.
- b. Operación de taladrar con broca espiral o de plaquitas.
- c. Operación de mandrinar con cuchilla sobre mandrino.
- d. Operación de mandrinar con soporte de mandrinar sobre barra.
- e. Refrentado con la herramienta sobre el carro del plato de refrentar.
- f. Refrentado con soporte de mandrinar sobre barra.
- g. Mandrinado de agujeros cortos de gran diámetro, con porta-útiles telescópico sujeto en el plato de refrentar.
- h. Mandrinado de agujeros largos de gran diámetro, usando la barra de mandrinar con avance propio.
- i. Torneado exterior con ayuda del porta-útiles telescópico.
- j. Escariado de orificios.
- k. Roscado con macho.
- l. Roscado interior y exterior con porta-útiles de desplazamiento radial.
- m. Roscado exterior con porta-útiles telescópico montado sobre el plato de refrentar.
- n. Fresado de paredes verticales con ayuda del soporte para eje principal.

- o. Fresado de superficies horizontales, verticales o inclinadas con cabezal universal.
- p. Fresado con brazo soporte de fresado horizontal.
- q. Fresado horizontal con ayuda de barra de mandrinar.
- r. Tallado de ruedas dentadas para engranajes, con ayuda del aparato de fresar universal y fresa de forma; utilizando como divisor el círculo graduado de la mesa.

2. Movimiento de corte de la pieza.

- a. Torneado exterior con plato universal o de ranuras.
- b. Torneado exterior con plato universal o de ranuras y contrapunto fijado en luneta.
- c. Torneado exterior.

3. **Movimiento de profundidad de pasada** por penetración radial de la herramienta o desplazamiento axial de la pieza.

4. **Movimiento de avance** por desplazamiento axial de la herramienta o por desplazamiento longitudinal de la pieza (Fig. 9).

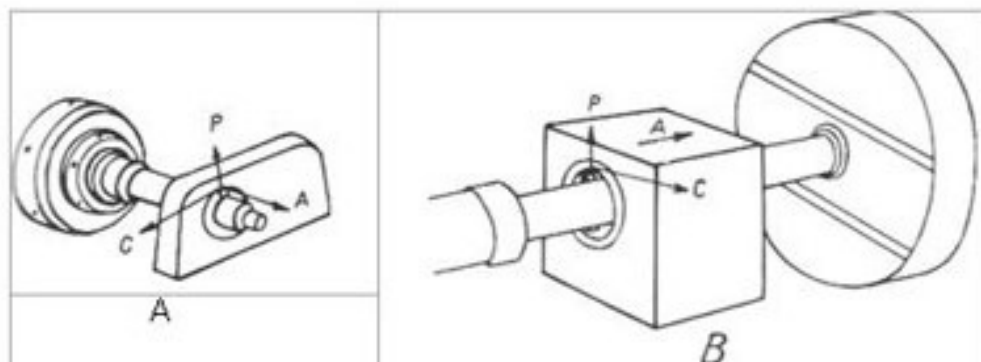


Fig. 1-9. Movimientos de avance de la mandrinadora.

A) Con avance de la herramienta. B) Con avance de la pieza.

En realidad, la definición y los movimientos que hemos atribuido a la mandrinadora sólo corresponden a la principal aplicación de esta máquina, pues una mandrinadora moderna tiene una gama de movimientos mucho más amplia y sus aplicaciones ordinarias no se reducen sólo al torneado interior o mandrinado, sino que realizan operaciones de refrentado, fresado, roscado, etc.

1.5.3. Herramienta para mandrinar

El portaherramientas (Fig. 10) utilizado en una mandrinadora es un mandril micrométrico (no debe confundirse con el mandril de un torno) específicamente diseñado para ello, también denominado mandrino o cabezal de mandrinar. También se puede aumentar el diámetro de agujeros ya realizados realizando operaciones de taladrado (con una broca) o de escariado (con un escariador) cuando las dimensiones son adecuadas para la máquina y la herramienta utilizadas.

La herramienta de mandrinar tiene unas connotaciones especiales, de una parte, tiene que ser lo más robusta posible, para evitar vibraciones y de otra tiene que tener un mecanismo de ajuste muy preciso para poder conseguir la tolerancia precisa del agujero, donde a veces es necesario conseguir tolerancias IT7 e incluso IT6.

La limitación de las condiciones de corte en el mandrinado viene impuesta por la rigidez y el voladizo que pueda tener la herramienta, para evitar vibraciones excesivas que comprometan la calidad y precisión del agujero.

Se debe seleccionar el mayor diámetro de la barra posible y asegurarse una buena evacuación de la viruta. Seleccionar el menor voladizo posible de la barra. Seleccionar herramientas de la mayor tenacidad posible.



Fig. 1-10. Cabezal de mandrinar o mandrino.

1.5.4. Partes de la mandrinadora

Existen varios tipos de mandrinadoras en la industria, los principales elementos que componen cualquier tipo de mandrinadora son:

- Bancada.

Forma el elemento soporte de toda la maquinaria y se encuentra apoyado en el suelo del taller en su parte inferior. La bancada es la base de la máquina (Fig. 11). Suele tener forma prismática, extraordinariamente nervada, en cuyos extremos monta: en uno la columna o montante, y en el opuesto la luneta (también conocida como riostra).

En su parte superior se encuentran mecanizadas las guías donde asienta y por las que se desplaza el carro longitudinal, y cuando es necesario la luneta. Algunos modelos tienen guías separadas para la luneta, como en el torno.

Algunas máquinas, especialmente si el recorrido del carro transversal es grande, suelen incorporar en los laterales de la bancada unas bases rectificadas (tipo carril) para que por ellas se deslicen los “patines” -suplementos que se incorporan en los extremos del carro transversal para evitar el cabeceo del mismo cuando las mesa se encuentra en algún extremo- a lo largo de todo el recorrido del carro longitudinal.

En algunos modelos, la caja de avances y sus mecanismos, está montada en un alojamiento de la bancada.



Fig. 1-11. Bancada.

- Columna.

La columna o montante se asienta en un extremo de la bancada por donde queda fijada a ella. Al ser una de las partes que más mecanismos lleva en su interior, el cabezal tiene un peso considerable, que para no perjudicar a la columna y forzar husillos se compensa con un contrapeso que se desplaza por el interior de la columna a la vez que se mueve el cabezal (Fig. 12).

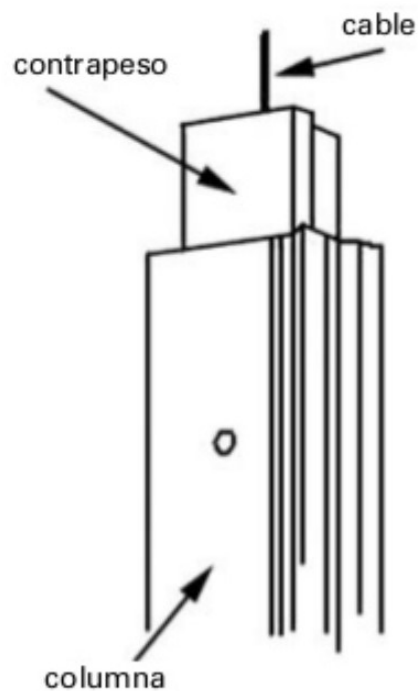


Fig. 1-12. Compensación de contrapeso en la columna.

En algunos modelos, los constructores colocan el cabezal centrado respecto a la columna porque proporciona mayor solidez al cabezal, pero necesita de otro diseño de columna, por ejemplo: montaje de guías delanteras y de aberturas longitudinales en la columna para que el husillo principal pueda moverse con libertad. Esta ultima forma constructiva es la habitual en la mayoría de mandrinadoras de columna móvil y, actualmente, se está implantando en los nuevos modelos, tanto de mandrinadoras como de centros de fresado.

- Cabezal.

Es un elemento que alberga en su interior al sistema que produce el movimiento del husillo, a través del motor, y los distintos elementos de transmisión.

El cabezal es una caja compleja, donde -según los modelos- están instalados todos los mecanismos de la caja de velocidades, selectores de control manual o automático, inversores de giro y avance, husillo principal, etc. Algunos fabricantes prefieren que el motor no se encuentre en el cabezal, para aligerar el peso de éste -en algunos casos produce vibraciones- y lo montan en la bancada.

Naturalmente esta caja está completamente cerrada y la parte externa está dotada de todos los elementos necesarios para poder seleccionar velocidades y avances, poder visualizar los niveles de aceite, regular el recorrido del “barrón” del cabezal, etc.

-Carros y mesa.

El conjunto de carros y mesa está formado por:

- Carro longitudinal.
- Carro transversal.
- Mesa.

El carro longitudinal es la base de todo el conjunto. Sobre él se monta el carro transversal y la mesa -habitualmente giratoria- (Fig. 13).

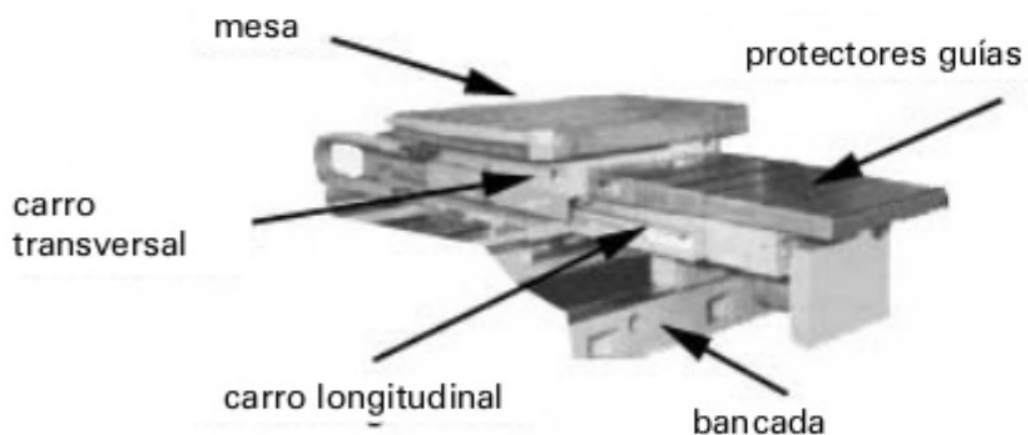


Fig. 1-13. Conjunto carros-mesa.

El carro longitudinal se desplaza sobre las guías de la bancada en ambos sentidos, por lo que, cuando el carro transversal se desplaza también en sus dos sentidos sobre las guías mecanizadas en la parte superior del longitudinal nos determina el área de trabajo - en plano- de la máquina. Si a esta área añadimos el movimiento vertical del cabezal, nos dará el cubo de trabajo de la mandrinadora.

Con relación a este conjunto, el cuarto eje sería el de rotación de la mesa. Este movimiento es de mucha utilidad tanto para la alineación de las piezas sobre la mesa con referencia al eje de mecanizado, como para mecanizados en ángulo, así como -tal como se ha visto en los esquemas de los movimientos de corte- utilizarlo como divisor para poder tallar ruedas dentadas.

En la mesa podemos observar las ranuras en T para situar los componentes para la sujeción y amarre de los accesorios y/o de las piezas.

- Luneta.

Es un apoyo para la barra de mandrinar que se utiliza cuando esta no puede trabajar al aire -en los anteriores esquemas de los movimientos de corte pueden verse algunas aplicaciones-.

Se apoya en la bancada, por la que puede desplazarse sobre las guías, por medio de un mecanismo piñón-cremallera -dependiendo de los modelos- accionado mediante un volante o una manivela.

Su punto principal es el cojinete de bronce donde se aloja la barra, que va montado en un carro que se desplaza sobre sus guías en sentido vertical -para poder alinear con el husillo principal- con otro dispositivo que habitualmente suele ser de husillo roscado-tuerca.

También podemos encontrar accesorios que sustituyen a este cojinete con cajas de rodamientos capaces de soportar las cargas radiales y axiales que se producen en el mandrinado.

Básicamente este tipo de máquinas está compuesto por una bancada donde hay una mesa giratoria para fijar las piezas que se van a mecanizar, y una columna vertical por la que se desplaza el cabezal motorizado que hace girar al husillo portaherramientas donde se sujetan las barrinas de mandrinar (Fig. 14).

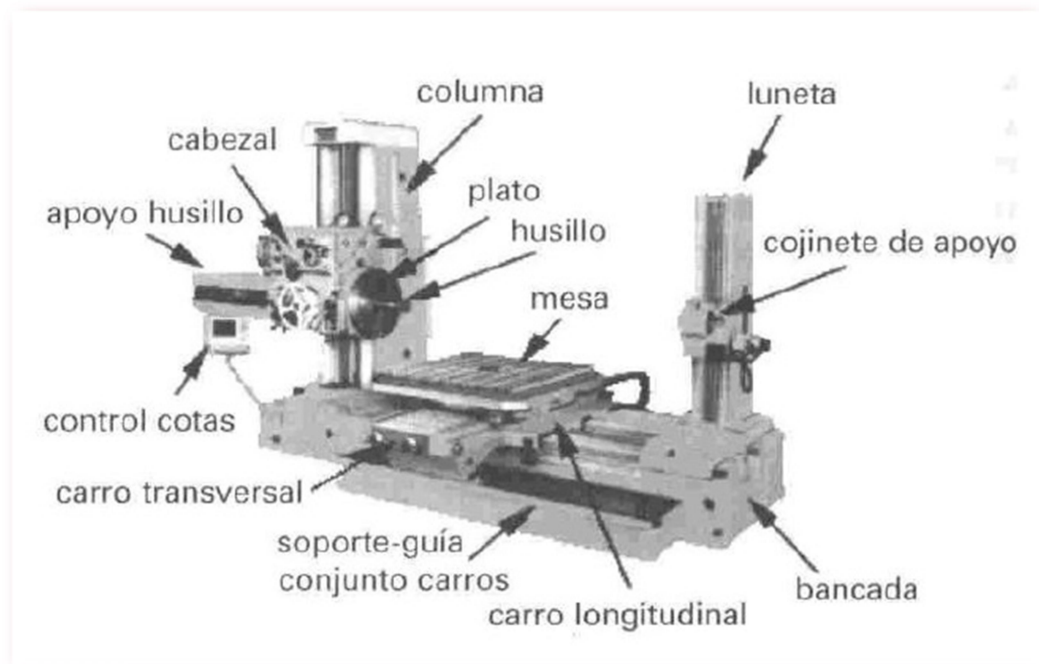


Fig. 1-14. Máquina herramienta mandrinadora horizontal (universal).

1.5.5. Tipos de máquinas herramientas mandrinadoras

Podemos establecer una primera clasificación según la disposición del husillo principal:

-Mandrinadora horizontal: La mandrinadora horizontal, que difiere de la vertical en que el trabajo es estacionario y la herramienta gira, se adapta al trabajo de agujeros horizontales. El husillo horizontal para sujetar a la herramienta, se encuentra soportado en un extremo y puede ajustarse verticalmente dentro de los límites de la máquina. Este movimiento y el rotatorio que se imparten a la herramienta, son los únicos que normalmente tiene esta. Una mesa de trabajo con movimiento longitudinal y transversal, se encuentra soportada sobre guías en la bancada de la máquina.

Dentro de esta existen las de columna fija (universales), columna móvil (mesa fija, cruzada e intercambiables), de precisión, especiales (de bielas, lineales para bloques de motores).

➤ Mandrinadora horizontal de columna móvil.

Las mandrinadoras horizontales de columna móvil son máquinas concebidas - habitualmente- para el mecanizado de piezas de mediana y gran envergadura. Partiendo de esta premisa existen tres tipos de mandrinadora horizontales de columna móvil.

❖ De columna móvil con mesa fija.

La estructura de las máquinas de mesa fija esta basada en dos bloques:

- Columna-cabezal, con movimiento en los 3 ejes.
- Mesa estática independiente, capaz de soportar el peso de las piezas a mecanizar, y con los sistemas de anclaje adecuados para inmovilizar dichas piezas.

Esta mesa tiene una cimentación especial independiente de la columna, y está perfectamente nivelada en toda su superficie.

Cuando por necesidades del mecanizado, el recorrido del barrón no es suficiente para llegar hasta la cota determinada, en la mesa fija suele montarse una mesa auxiliar - en el sentido que se precise- para poder realizar la operación. Ciertamente es que, el peso que pueden soportar no es el mismo que la mesa fija.

Estas mesas auxiliares actualmente tienen un grado de automatización considerable, lo que beneficia el manejo y posicionamiento de la pieza: orientación, giro, etc.

❖ De columna móvil con mesa cruzada.

En las máquinas de mesa fija (estática) los desplazamientos eran realizados por y desde la columna. Este otro tipo de mandrinadora combina los desplazamientos, de manera que:

- La columna se desplaza longitudinalmente.
- El cabezal verticalmente en la columna y el husillo, longitudinalmente dentro del cabezal.
- La mesa se desplaza transversalmente e incorpora el giro sobre su eje.

Esta arquitectura dota a estas mandrinadoras de una gran flexibilidad y, por consiguiente, de mucha maniobrabilidad a la hora de plantear procesos de mecanizado sobre piezas de mediana envergadura (5.000-8.000 kg), aunque actualmente ya se esta construyendo para piezas de más tonelaje, pero sin llegar al campo de las de mesa fija.

La evolución de este tipo de maquinas a conducido al diseño de un nuevo tipo, basado en la estructura de este, pero haciendo intercambiable la mesa para cuando es necesario mecanizar una serie de piezas.

❖ De columna móvil con mesas intercambiables.

Este tipo de máquina combina la estructura anterior con los sistemas modulares del diseño y construcción de maquinarias.

El cabezal es de tipo central (centrado en la columna) y la mesa cruzada, donde se incorpora una especie de muelles o estaciones en las que se encuentran instaladas mesas porta-piezas, que según el proceso de mecanizado seguirán incorporando y quitando del anclaje de la mesa porta-mesas (principal). A este tipo de mesa intercambiable, en el argot suele denominarse “pallet”.

Debido a los requerimientos del mecanizado, en un lateral de la columna suelen tener instalados el almacén automatizado de herramientas.

Esto convierte a este tipo de máquina en un centro horizontal de mecanizado, de medidas acorde con las de las piezas a mecanizar, aunque en algunos sectores y fabricantes prefieren denominarlo centro horizontal de mandrinado y fresado.

El control de todo el proceso requiere algo mas que CNC -que se encarga de los parámetros del mecanizado-, por lo que la gestión de tal automatización es mediante sistemas de autómatas programables.

Cabe recordar que al igual que en otros tipos de máquina ya mencionados, también en las mandrinadoras, exceptuando -en general- las universales, actualmente son maquinas diseñadas a medida mediante sistemas modulares, de los cuales puede resultar una infinidad de combinaciones.

➤ Mandrinadora horizontal de precisión.

Estas máquinas, de dimensiones reducidas comparadas con las anteriores, incorporan avanzadas técnicas de control dimensional que las hacen competentes para trabajos en piezas pequeñas: utillaje para maquinas herramientas, piezas para el sector del automóvil y electrodomésticos, etc.

Una característica a destacar es que monta dos cabezales de mandrinado, pudiendo regular la distancia entre centros -dentro de sus límites-.

➤ Mandrinadoras horizontales especiales.

Este tipo de máquinas son aplicaciones especiales para sectores muy concretos del mecanizado, en especial, talleres que su actividad principal es la de rectificado y reconstrucción de motores térmicos y de explosión, y de los elementos de los que se componen.

Ciertamente son mandrinados ya que se realizan los procesos de mandrinado, y se consideran especiales porque están diseñadas y construidas para un tipo de pieza concreto (especializado); por tanto, no son universales.

-Mandrinadora vertical: La mandrinadora vertical recibe este nombre, debido a que el trabajo gira sobre una mesa horizontal en forma similar al antiguo torno para cerámica. Las herramientas de corte son estacionarias, excepto para el avance, y están montadas sobre la cruceta de altura ajustable. Estas herramientas son del mismo tipo que las de torno y cepillo, y se adaptan al trabajo de refrentado horizontal, torneado vertical y mandrilado. Esta máquina se llama frecuentemente cepillo rotatorio, y su acción de corte sobre discos planos es idéntica a la de un cepillo. Clasificadas según el diámetro de la mesa varían en tamaños de 0.9 a 12 m.

-Mandrinadoras para plantillas: Está diseñada para localizar y hacer agujeros en plantillas, accesorios, matrices, calibradores y otras partes de precisión. Las máquinas mandrinadoras para plantillas, semejan una fresa vertical, pero se construyen con mayor precisión y van equipadas con dispositivos de medición muy precisos, para controlar los movimientos de la mesa. Se pueden hacer ajustes de 0.0025 mm (0.0001 pulg.) partiendo de los dibujos directamente. Cuenta con dos conjuntos de cuadrantes para lecturas directas, una para dimensionado longitudinal y otro para transversal.

Además, existe un tipo de mandrinadora auxiliar que no entra dentro de esta clasificación que podríamos denominar **portátil**. Como veremos, su aplicación está bastante centrada en el sector de reparación urgente de máquinas destinadas al movimiento de tierra.

Esta máquina, aunque es polivalente en lo referente al sector del mecanizado donde puede utilizarse, suele usarse para trabajos que requieren poca precisión y, sobre todo, en reparaciones en las que desmontar las piezas a mecanizar supone una serie de inconvenientes de todo tipo: técnicos, económicos, logísticos, etc. Incorpora la posibilidad de recargar mediante soldadura el agujero dañado para poder mecanizarlo a la medida solicitada.

1.5.6. Operaciones realizables

Las mandrinadoras se emplean principalmente para mandrinar agujeros de importancia sobre todo en piezas de formas irregulares como cilindros de máquinas de vapor, soportes de bielas, y en general, piezas que deben permanecer fijas y mandrinarse girando la herramienta.

-Mandrinado: Se realiza con herramientas en voladizo cuando son mandrinados cortos. Si se trata de mandrinados largos, se utiliza la barra de mandrinar.

-Taladrado: Aunque no es un trabajo propio de la mandrinadora, se realizan con frecuencia taladros utilizando brocas con mangos cónicos (Fig. 15).



Fig. 1-15. Brocas con mangos cónicos.

-Escariado: Se llama escariado o alesado a un proceso de arranque de viruta o una operación de mecanizado que se realiza para conseguir un buen acabado superficial con ciertas tolerancias dimensionales, o bien simplemente para agrandar agujeros que han sido previamente taladrados con una broca a un diámetro un poco inferior.

Un escariador es una herramienta cilíndrica de corte empleada para conseguir agujeros con una precisión elevada, normalmente de tolerancia H7. Llevan talladas unas ranuras y dientes a lo largo de toda su longitud, que suelen ser rectos o helicoidales. Esta herramienta puede tener la espiral a izquierdas, para agujeros pasantes, o a derechas, para agujeros ciegos.

Las principales partes de un escariador son:

- Mango: es la parte por la cual se coge el escariador para trabajar con él. Puede ser cilíndrico o cónico. Los cilíndricos se utilizan para escariar a mano y suelen llevar en su extremo una mecha cuadrada. Los cónicos son iguales a los mangos cónicos de las brocas.
- Cuerpo: es la parte cortante del escariador. Está cubierto por unas ranuras rectas o helicoidales.
- Punta: es el extremo del cuerpo que tiene una ligera conicidad para facilitar la entrada. Es la parte principal del escariador porque de ella depende el conseguir un buen rendimiento; el filo de los dientes de la punta son los que cortan la mayoría del material, mientras que los filos del cuerpo no hacen más que aislar y dejarlo a la medida precisa.

Si miramos detalladamente esta herramienta, podemos diferenciar diferentes zonas en los escariadores: Ahora bien, los escariadores se pueden clasificar en sólidos: Entre los que encontramos los de mango cilíndrico, empleados para calibrar, y los de mango cónico, empleados en el mecanizado de agujeros.

-Refrentado: Se realiza esta operación utilizando el plato con el portaherramientas desplazable radialmente.

-Roscado: En algunos tipos de mandrinadoras pueden darse avances al husillo, igual a los pasos normalizados de las roscas.

-Fresado: Es una operación frecuente en las mandrinadoras y se realiza con fresas montadas sobre el eje cuando son de pequeños diámetros o sobre el plato cuando se trata de fresas grandes. Utilizando un portaherramientas orientable especial puede fresarse en cualquier ángulo.

-Torneado: Si la mandriladora va equipada con mesa circular dotada de rotación independiente pueden realizarse torneados.

1.5.7. Tipos de operaciones de mandrinado

-Mandrinado de un solo filo: generalmente aplicado en operaciones de acabado, y para desbaste y acabado en materiales donde se requiere un control de virutas. El mandrinado con un solo filo puede ser también una solución cuando la potencia de máquina es el factor limitador.

-Mandrinado Multi-filo: implicando dos ó tres filos de corte, es utilizado en operaciones de desbaste donde la prioridad es el promedio de material arrancado. Se puede mantener un alto nivel de productividad trabajando con el avance por diente recomendado. Esto da como resultado un alto avance por revolución en el mecanizado del agujero.

-Mandrinado escalonado: éste se realiza con una herramienta de mandrinar con plaquitas situadas a diferentes alturas axiales y diámetros. Esto también mejora el control de viruta en materiales exigentes con las diferentes profundidades de corte entre 1.0 ó 1.5 veces la longitud del filo de corte. Profundidades de corte de 0.5 veces la longitud de filo pueden dividirse en dos cortes menores, generando virutas más pequeñas.

1.5.7.1. Factores de selección para operaciones de mandrinar

- Diseño y limitaciones de la pieza.
- Tamaño.
- Tolerancias.
- Tendencia a vibraciones.
- Sistemas de sujeción.
- Acabado superficial, etc.

1.5.7.2. Estabilidad y condiciones de mecanizado

- Cortes intermitentes.
- Voladizo de la pieza.
- Forma y estado de la pieza.
- Estado, potencia y accionamiento de la máquina, etc.

1.5.7.3. Disponibilidad y selección del tipo de máquina

- Posibilidad de automatizar el mecanizado.
- Poder realizar varias operaciones de forma simultánea.
- Serie de piezas a mecanizar.
- Calidad y cantidad del refrigerante, etc.

1.5.7.4. Disponibilidad de herramientas

- Calidad de las herramientas.
- Sistema de sujeción de la herramienta.
- Acceso al distribuidor de herramientas.
- Servicio técnico de herramientas.
- Asesoramiento técnico.

1.5.7.5. Aspectos económicos del mecanizado

- Optimización del mecanizado.
- Duración de la herramienta.
- Precio de la herramienta.
- Precio del tiempo de mecanizar.

1.5.8. Parámetros de la mandrinadora

Como toda máquina herramienta, siempre existirán parámetros al momento de realizar un trabajo específico, que requiera precisión y alcanzar la exactitud, con respecto a las instrucciones solicitadas.

1.5.8.1. Velocidad de corte

Se define como la velocidad lineal en la periferia de la herramienta que está mecanizando. Su elección viene determinada por el material de la herramienta, el tipo de material de la pieza y las características de la máquina.

La herramienta de mandrinar gira a un determinado número de revoluciones (n) por minuto, generando así un determinado diámetro (DC).

Esto proporciona una velocidad de corte específica (v_c) que se mide en m/min en el filo. v_c influye directamente en la vida útil de la herramienta.

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000}$$

1.5.8.2. Velocidad de rotación de la herramienta

Normalmente expresada en revoluciones por minuto. Se calcula a partir de la velocidad de corte y del diámetro mayor de la pasada que se está mecanizando.

1.5.8.3. Avance

El desplazamiento axial de la herramienta se denomina velocidad de avance (f_n) y se mide en mm/revolución. La velocidad de avance se calcula multiplicando el avance por diente (f_z), por el número eficaz de dientes (número de dientes que generan la superficie final). La velocidad de avance es el valor clave a la hora de determinar la calidad de la superficie mecanizada y para garantizar que la formación de viruta se encuentre dentro del ámbito de la geometría.

$$f_n = z_c \times f_z$$

1.5.8.4. Profundidad de pasada

La profundidad de pasada (A_p) es la distancia que penetra la herramienta en la pieza en cada una de las pasadas de un mecanizado. También es la distancia radial que abarca una herramienta en su fase de trabajo.

La profundidad de pasada tiene un valor máximo admisible. Para mecanizar profundidades mayores, deberás hacer varias pasadas repetitivas sobre la misma superficie a mecanizar, a diferentes profundidades.

Dependerá principalmente de la herramienta y la rigidez de su portaherramientas, pero también de la potencia de la máquina, de las creces del material a mecanizar, de la calidad a lograr y del avance.

$$p = \frac{D - d}{2}$$

$$A_p = \frac{p}{n} = \frac{D - d}{2 \cdot n}$$

- A_p : profundidad de pasada (en mm).
- p : profundidad de corte (en mm).
- D : diámetro antes de la pasada (en mm).
- d : diámetro después de la pasada (en mm.)
- n : número de pasadas.

1.5.8.5. Potencia de la máquina

Está expresada en kW, y es la que limita las condiciones generales del mecanizado, cuando no está limitado por otros factores.

1.5.8.6. Tiempo de mandrinado

Es el tiempo que tarda la herramienta en efectuar una pasada. Estos parámetros están generalmente relacionados por las fórmulas siguientes: la velocidad de corte óptima de cada herramienta y el avance de la misma vienen indicados en el catálogo del fabricante de la herramienta o, en su defecto, en los prontuarios técnicos de mecanizado.

CAPITULO II:

**“PRINCIPALES FALLAS MÁS CRÍTICAS DE LA MÁQUINA
HERRAMIENTA”**

2.1. HUSILLO PRINCIPAL DEL CABEZAL

El cabezal es un accesorio de la mandrinadora, en realidad es uno de los más importantes, diseñado para ser usado con el objetivo primordial de hacer la división de la trayectoria circular del trabajo y sujetar el material que se trabaja. Este accesorio se acopla al husillo principal de la máquina, permitiéndole realizar las más variadas operaciones de mandrinado.

Una de las razones por la cual se puede originar una falla con respecto al husillo, es debido al mal alojamiento o desalojamiento de este. Esto se puede dar en el caso de una mala instalación en los rodamientos o bujes, en los cuales va ubicado, o también por algún defecto o falla de estos. (Mala instalación, lubricación inadecuada, sellos defectuosos, etc.)

Otra razón, es por fallas producidas por desalineaciones debido a excesivas vibraciones, provocando irregularidades o imprecisiones en los trabajos a realizar, desajustes en los bujes o rodamientos debido a exceso de trabajo, y desgaste del husillo en los hilos.

Otra falla que se origina es por contaminación durante la operación, sobrecarga, golpes, falta o exceso de lubricación, aplicación errónea de trabajo, fatiga, etc.



Fig. 1-16. Husillo principal ubicado en el cabezal.

2.2. PLATO DE SUJECCIÓN CON EL CARRO PORTAHERRAMIENTA

Dentro de las fallas que podemos encontrar con respecto a este conjunto son:

- Desajustes ocasionados por vibraciones de la máquina herramienta.
- Perdida de excentricidad.
- Falta de pernos de sujeción del portaherramientas.

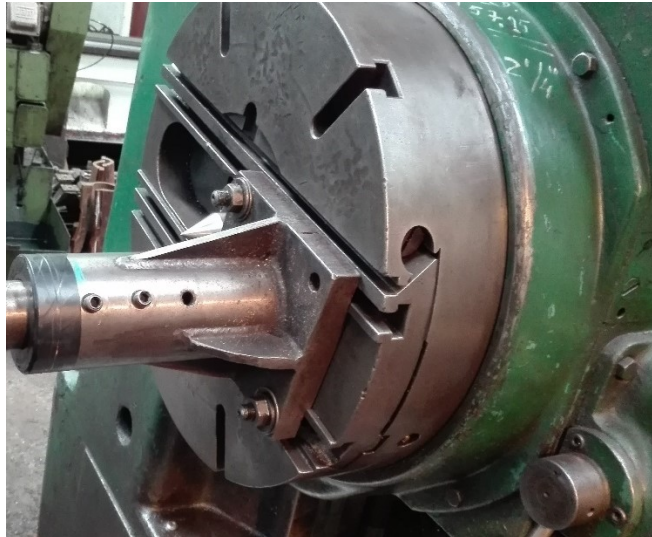


Fig. 1-17. Plato y carro portaherramientas.

2.3. CAJA DE CAMBIO DE VELOCIDADES DE LOS CARROS

La falla principal por la cual se ve afectada la caja de velocidades es por la inadecuada o inapropiada lubricación. Esto afecta directamente al conjunto de engranajes en cuanto al desgaste y al juego entre sus dientes, debido al choque o roce entre ellos.

Comúnmente, los tipos de engranajes que encontramos en la caja de velocidades (bajo la mesa), son de tipo rectos (2) y cónicos (4), con juegos de 2 o 2,5 décimas de milímetros. Todo esto va a variar según lo dicho por el fabricante y las dimensiones de la máquina.



Fig. 1-18. Caja de velocidades de los carros transversal y longitudinal.

2.4. BANCADA

La bancada para su óptimo funcionamiento debe mantener una capa de lubricante constantemente, con el objetivo de evitar desgaste de las superficies de deslizamiento. El no cumplimiento de esta lubricación, produce altas vibraciones y desnivelación con respecto a la superficie del equipo, obteniendo piezas defectuosas al momento de trabajar.



Fig. 1-17. Lubricación de la bancada transversal.

2.5. CONJUNTO CARRO-MESA DE TRABAJO

Fallas ocasionadas por desajustes debido a:

- Desplazamiento del centro de la mesa con respecto al eje del husillo de trabajo.
- Juego del carro longitudinal en la guía de la bancada.
- Juego axial del perno central de la mesa.

Asimismo, encontramos fallas debido a la contaminación o suciedad de la mesa. alguna deformación o ralladura ocasionada por golpes bruscos al instalar alguna pieza sobre ella.

2.6. MONTAJE INADECUADO DE LOS CARROS TRANSVERSALES Y LATERALES

Los efectos de un mal montaje suelen ocasionar ruidos mecánicos y marcha irregular del motor. Los ruidos anormales de origen mecánico, pueden distinguirse fácilmente de los ocasionados por anomalías eléctricas. Para diferenciarlos, una vez que el motor haya alcanzado la velocidad de régimen, desconectar la máquina de la red; si el ruido anormal persiste, solo puede tener una causa mecánica.

2.7. FALTA DE LUBRICACIÓN EN LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA

La función del lubricante es la de proteger las partes móviles de un mecanismo, reduciendo su fricción y desgaste. También actúa como refrigerador y se encarga de la limpieza, arrastre y eliminación de residuos.

Para que un aceite de motor, por ejemplo, pueda realizar con éxito este trabajo, necesitan unas sustancias químicas que son los aditivos. Estos componentes se añaden al aceite base (mineral o sintético) para formar, junto con los espesantes, el lubricante final con todas aquellas propiedades que posibilitan que la lubricación del equipo sea la correcta.

Los aditivos, por tanto, mejoran los parámetros de rendimiento del aceite base, potenciando las propiedades existentes; suprimiendo las que no sean válidas; o introduciendo nuevas propiedades que optimizan la eficacia del lubricante o aceite

Esta fuente de aditivos evita la oxidación del aceite, ralentizan los efectos negativos como el desgaste o el bloqueo de filtros, mejoran la fluidez del aceite. En un lubricante, la proporción de aditivos suele estar en el 15-30% del volumen del aceite formulado. Estos compuestos químicos pueden ser orgánicos o inorgánicos; estar disueltos o sólidos en el aceite.

También sabemos que las partículas se propagan por sí mismas. Las partículas generan más partículas de desgaste por abrasión de tres cuerpos, fatiga de superficie y así sucesivamente. La disminución de flujo de aceite dificulta la salida de estas partículas de las zonas de fricción. El resultado es una condición de desgaste acelerado.

Por último, el aceite en movimiento sirve como un intercambiador de calor al desplazar el calor generado en las zonas de carga hacia el exterior de las paredes de la máquina, depósito de aceite o un lugar más frío. La cantidad de calor transferido está en función de la velocidad de flujo. La falta de lubricante afecta tanto el flujo como la transferencia de calor. Esto incrementa el esfuerzo térmico en el aceite y en la máquina.

CAPITULO III:

**“SOLUCIÓN DE LAS PRINCIPALES FALLAS MÁS CRÍTICAS DE LA
MÁQUINA HERRAMIENTA”**

3.1. MANTENIMIENTO DEL HUSILLO PRINCIPAL

Si un sistema de mantenimiento no es llevado en función de un plan preventivo se presentarán continuas fallas que en algunos casos son tan graves que llegan a paralizar dichas máquinas por períodos prolongados afectando con la producción de piezas y con el consiguiente atraso en las entregas al cliente.

Se han determinado circunstancias en los cuales el tiempo de "para" de las máquinas por motivo de reparación resultaron más costosos por el tiempo perdido que los costos propiamente de reparación, de ahí la importancia con la necesidad de establecer un análisis para un programa de mantenimiento preventivo.

El husillo principal es de tipo retráctil, es decir, que puede avanzar y retroceder. Las fuerzas radiales que actúan sobre el sistema de alojamiento, van aguantadas por dos rodamientos de doble hilera de rodillos y dos rodamientos de hilera única de bolas. Para la compensación de las fuerzas axiales se utilizan dos rodamientos axiales unidireccionales.

3.1.1. Regulación del juego axial del husillo

- Quitar la cubierta.
- Sacar las tapas.
- Aflojar el tornillo de seguridad y apretar sensiblemente la misma después de la regulación del juego axial, que es de 5 a 7 centésimas de mm. Se asegura de nuevo la tuerca contra un aflojamiento espontáneo.

3.1.2. Regulación del juego radial del husillo de trabajo

El juego radial de trabajo, que es de 2 a 3 centésimas de mm, se regula apretando el buje cónico en el hueco cónico que se encuentra en el husillo principal. Según el procedimiento:

- Quitar el carro portaherramientas del plato de sujeción.
- Empujar el husillo de trabajo a la posición trasera.
- Inspeccionar el juego durante la expulsión del husillo de trabajo por medio del volante manual.

3.2. MANTENIMIENTO DEL PLATO DE SUJECCIÓN CON EL CARRO PORTAHERRAMIENTAS

- Regular el juego lateral de la excéntrica, ajustando correctamente los tornillos de ajuste de la cuña (bronce duro), considerando que tiene una carrera de 20 centímetros.
- Verificar que estén los 4 pernos, con sus tuercas de por medio, en las esquinas del carro portaherramientas.

3.3. MANTENIMIENTO DE LA CAJA DE VELOCIDADES DE LOS CARROS

La lubricación de los elementos de movimiento es por medio del tanque de aceite, provisto por cañerías recocidas en donde pasa el lubricante, y cerrada por medio del tapón.

3.4. MANTENIMIENTO DE BANCADA

Protección de las superficies de deslizamiento contra el desgaste, con lo cual se deberá mantener perfectamente lubricada.

3.5. MANTENIMIENTO DEL CARRO Y DE LA MESA

- Puesta en marcha de los avances automáticos.
- Sujeción de la pieza de trabajo con las ranuras de sujeción en T.
- Posición de trabajo de la mesa y su aseguramiento ajuste del centro de la mesa al eje del husillo de trabajo.
- Ajuste del juego del carro longitudinal en la guía de la bancada.
- Ajuste del juego axial del perno central de la mesa.
- Desmontaje del grupo carro-mesa, limpieza y cuidado de la máquina.

- Limpieza y cuidado de la máquina:

- Limpiar la máquina minuciosamente antes de ponerla en marcha por primera vez.
- No utilizar aire comprimido ni cabos de limpieza sino solamente trapos limpios.
- Limpiar cuidadosamente las guías, los husillos y los árboles, lubricándolos con aceite exento de resinas y de ácidos.
- Para el lavado no utilizar líquidos corrosivos o de fácil evaporación.
- Limpiar los engrasadores y los tornillos de cierre antes de lubricar para evitar la entrada de suciedad en las cámaras interiores
- Limpiar periódicamente los filtros de paso de aceite para evitar obturaciones del circuito.

3.6. MANTENIMIENTO DE LOS CARROS TRANSVERSALES

Los carros transversales se deslizan horizontalmente en sus guías y pestañas correspondientes, de haber un desajuste las guías se ajustan mediante regletas cónicas.

El carro queda aplicado a la guía a través del rodillo con muelle y van fijados con tal precisión que soportan el peso del carro. Se asegura además que las correderas queden aplicadas a la guía con la carga de la presión de corte, uno de los rodillos con resorte sirve al mismo tiempo para accionar la bomba a través del husillo de la bancada transversal y su doble tuerca, con esta tuerca se pueden ajustar el juego de la rosca al alcanzar las posiciones extremas al final de la bancada transversal, y al acercarse entre sí los carros se paran automáticamente.

Una vez efectuada esta maniobra debe moverse el carro en sentido contrario para que quede libre del interruptor al final de carrera.

El carro superior va alojado de forma giratoria encima de la corredera inferior soportando con tornillos en ranuras circulares.

El desplazamiento del carro superior se realiza girando la manivela que se introduce en el taladro. Además, el carro superior se puede mover manual o automáticamente desde la caja de cambio.

Una palanca sirve para desconectar el movimiento vertical del carro. Posición superior embragada, posición inferior igual desembragada.

Los carros laterales, disponen de accionamiento propio a través de un motor de corriente continua de la caja de cambio.

Los carros superiores del carro lateral corresponden a los carros transversales. La posición inferior y asimismo la marcha conjunta de la bancada transversal queda asegurada por interruptores al final de la carrera.

Los carros laterales se compensan mediante contrapesas en el montante.

La magnitud del avance se elige desde el tablero pendular.

El ajuste de las tuercas del husillo para el movimiento vertical se efectúa colocando un pivote en el taladro, bajando el manguito, girando hasta haber alcanzado el juego deseado.

Al retirar el pivote, el manguito sube por la fuerza de un resorte y las dos mitades de la tuerca se acoplan a través de un dentado ranurado.

El manguito sirve para alojar el volante manual para el desplazamiento vertical. Es preciso prestar atención que este suelte el bloqueo para cada movimiento manual de los carros.

Los árboles de la caja de cambio del carro van protegidos con pasadores rompibles, al igual que los árboles de la caja de cambio de la bancada transversal, levantando toda parte superior del carro lateral.

3.7. LUBRICACIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE LA BANCADA Y DE LAS GUIAS

El aceite es bombeado pasando por los filtros, siendo acumulado en la caja de transmisión de la bancada, pasando a la unidad de lubricación por el conducto. La instalación va protegida con una válvula de sobrecarga.

El distribuidor lleva los tornillos estranguladores (regulados por el fabricante). Existe un distribuidor y un grupo proveedor de lubricantes por cada suplemento de bancada. Estos distribuidores están situados debajo de las planchas de los puntos de acoplamiento de la bancada. Para vaciar el lubricante de la bancada se puede destornillar el tornillo.

Al accionar el interruptor principal se conecta la bomba, sin embargo, esta funciona solo durante corto tiempo y se desconecta luego por un relé.

El guardaflujo controla la lubricación de la bancada, si se interrumpe el circuito se detiene la mesa en su retroceso.

3.8. LUBRICACIÓN DE LA CAJA DE CAMBIO, BANCADA TRANSVERSAL Y DE LOS CARROS

La caja de cambios de la bancada transversal y carros laterales disponen cada uno de su propia bomba con circuito de aceite independiente para lubricar los rodamientos y engranajes. En los carros laterales se engrasan también así las superficies de deslizamiento del carro inferior del recipiente. Lleno de aceite se realiza la lubricación de todas las superficies de deslizamiento de la corredera.

Los carros superiores de la bancada transversal y carros laterales disponen de lubricadores que se llenan con la bomba de aceite. La lubricación es por impulsos cada vez que se suelta el bloqueo de la bancada transversal.

- Instrucciones de Lubricación.

Antes de poner en marcha la máquina es necesario lubricar todos los puntos de lubricación, así como el relleno del aceite para los espacios destinados.

El llenado de aceite comprenderá a:

- Sistema de lubricación de la bancada.
- Caja de engranajes cónicas y caja de cambios.
- Sistema de embrague de dientes curvos.
- Recipiente de aceite de los carros transversales.
- Recipiente de aceite hidráulico de la bancada transversal en el extremo izquierdo.
- Seguros de aliviadero de la bancada.
- Los conductos de lubricación y del sistema hidráulico deben purgarse cuidadosamente para conocer si sale aceite por los puntos de lubricación de las guías de la bancada transversal.

Para nuevos cambios de aceite en el recipiente hidráulico no es necesario purgar la instalación.

Los demás puntos de lubricación de los carros se lubrican con la bomba de aceite.

CAPITULO IV: “COSTOS DE MANTENIMIENTO”

4.1. TRABAJOS A REALIZAR

4.1.1. Mantenimiento preventivo

- Limpieza y cambio de rodamientos en sistema de transmisión del conjunto carro-mesa.
- Revisión del estado del husillo principal y nivel de aceite.
- Revisión del estado del sistema de transmisión de engranajes (pitting).
- Chequear límites mecánicos en eje X e Y.

4.1.2. Mantenimiento correctivo

- Revisión y diagnóstico del estado del husillo y carga mecánica de este por excesiva vibración en el mecanizado de ciertos tipos de trabajos. Se evaluará si se requiere desarmar cabezal de husillo, dependiendo de la disponibilidad de repuestos y complejidad en desarme.
- Revisión del sensor de aceite del husillo y en su caso reparación de este, debido a un ruido generado por falta de lubricación. Si hay que reemplazar el sensor, dependerá de la disponibilidad que exista y el tiempo en que demore para obtenerlo.
- Revisión de cañería de lubricación del carro transversal y longitudinal debido a una fuga de aceite. Se evaluará reparación y/o cambio de componentes dañados.

4.2. PERSONAL TÉCNICO

El personal que realizará estos trabajos estará compuesto por un técnico superior en mecánica industrial, con 23 años de experiencia, especializado en mantenimiento de máquinas-herramientas, y un ayudante mecánico con habilidades de precisión y rapidez manual, razonamiento lógico, metodicidad y orden, operación y manejo de equipos y herramientas de taller y herramientas especiales de acuerdo a lo requerido por los manuales y procedimientos correspondientes.

4.3. PROPUESTA ECONÓMICA

49

- a. Valor mantención preventiva \$ 1.176.384 + IVA. Se consideran tres días hábiles de trabajo de 9 horas por día (8:00 – 17:30).
- b. Valor mantención correctiva \$ 464.500 + IVA. Se considera un día hábil de trabajo de 10 horas (8:00 – 18:30).

A continuación, se dará a conocer cada detalle (mano de obra, insumos y energía eléctrica) de las respectivas mantenciones y su costo total (incluyendo IVA).

4.3.1. Detalle mantención preventiva

Para esta mantención se consideran tres días hábiles de trabajo, con un total de 9 horas por día (8:00-17:30).

ACTIVIDAD	DESARROLLO	CANTIDAD	MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO x HORA	HORAS
RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS	Limpieza	General	1 Técnico Especialista 1 Ayudante	\$ 25.000	2
	Metrología	2		\$ 15.000	4
	Cambio	2		\$ 63.000	7
TORNILLO DE TRABAJO	Peritar estado del tornillo	1	1 Técnico Especialista 1 Ayudante	\$ 15.000	2
	Recuperar Nivel de Aceite del Estanque	1 Visor		\$ 10.000	2
TRANSMISIÓN DE ENGRANAJES	Peritar Juegos de los Engranajes (Desgaste)	4	1 Técnico Especialista 1 Ayudante	\$ 15.000	4
	Peritar Estados de los Engranajes (Sin Piting)	4		\$ 15.000	2
LÍMITES DE CARRERA MECÁNICA	Peritar límite de carrera X	2	1 Técnico Especialista 1 Ayudante	\$ 10.000	2
	Peritar límite de carrera Y	2		\$ 10.000	2

Tabla 4-1. Actividades a realizar en el mantenimiento preventivo.

INSUMOS	PRECIO	ENERGÍA ELÉCTRICA
Desengrasante, paños, guantes de nitrilo y de cuero cabritilla, etc.	\$ 130.000	\$ 115.384
Uso de instrumentos metrológicos, pie de metro, micrómetro y reloj comparador de caratula.	Sin costo	
Rod.60002Z	\$ 80.000	
Medición de juegos mecánicos, uso de feller o galga mecánica.	Sin costo	
Tambor spartan 220, con 208 ltrs.	\$ 120.000	
Ensayos con tintas penetrantes; Uso de feller o galga mecánica; Uso de instrumentos metrológicos, pie de metro, micrómetro y reloj comparador de caratula.	Sin costo	
Juego de llave punta y corona, juego de destornilladores.		

Tabla 4-2. Insumos y energía del mantenimiento preventivo.

	PRECIO
MANO DE OBRA	\$ 731.000
INSUMOS	\$ 330.000
ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 115.384
TOTAL	\$ 1.176.384

Tabla 4-3. Precio total mantenimiento preventivo.

4.3.2. Detalle mantención correctiva

Para esta mantención se considera un día hábil de trabajo, con un total de 10 horas por día (8:00-18:30).

ACTIVIDAD	DESARROLLO	CANTIDAD	MANO DE OBRA	PRECIO UNITARIO x HORA	HORAS
VIBRACIÓN DEL HUSILLO	Revisión y diagnóstico	General	1 Técnico Especialista 1 Ayudante	\$ 25.000	0,5
	Desmontaje del cabezal del husillo	General		\$ 50.000	2,5
	Cambio de repuestos	2		\$ 25.000	1
LUBRICACIÓN EN EL HUSILLO	Revisión del sensor de aceite	General		\$ 16.000	0,5
	Cambio del sensor de aceite	2		\$ 10.000	2
FUGA DE ACEITE EN LA CAÑERÍA DE LUBRICACION DE LOS CARROS	Revisión del ducto (cañería) de lubricación del carro longitudinal	General		\$ 8.000	1
	Revisión del ducto (cañería) de lubricación del carro transversal	General		\$ 8.000	1
	Cambio de componentes dañados, tales como, nipple y cañería recocida	4		\$ 10.000	1,5

Tabla 4-4. Actividades a realizar en el mantenimiento correctivo.

INSUMOS	PRECIO	ENERGÍA ELÉCTRICA
Uso de instrumentos metrológicos, pie de metro, micrómetro, reloj comparador de caratula y linterna.	Sin costo	\$ 38.000
Juego de llave punta y corona, botadores y extractores.	Sin costo	
Rodamiento de contacto angular 32309.	\$120.000	
Cambio de mirilla y sensor.	\$ 60.000	
Llave de reapriete, juego de llaves de punta y corona, llave de boca ajustable (llave francesa), llave de tubo (stylson).	Sin costo	
Teflón, terminales, férula, cañería y expandidor.	\$ 25.000	

Tabla 4-5. Insumos y energía del mantenimiento correctivo.

	PRECIO
MANO DE OBRA	\$ 221.500
INSUMOS	\$ 205.000
ENERGÍA ELÉCTRICA	\$ 38.000
TOTAL	\$ 464.500

Tabla 4-6. Precio total mantenimiento correctivo.

En resumen, la suma de las mantenciones, tanto preventiva y correctiva, resulta un costo neto unitario de un total de \$ 1.640.884 + IVA.

CONCLUSIÓN

A la operación de mecanizado que se realiza en los agujeros de las piezas ya taladrados, para conseguir unas medidas muy estrechas, que no se puede obtener con la acción anterior, se le llama mandrinar (también conocida como mandrilar).

El mandrinado puede realizarse en varias máquinas-herramienta diferentes (tornos CNC, fresadoras CNC, centros de mecanizado CNC, etc.). Si la pieza es pequeña y tiene un solo agujero, el mandrinado se realiza en un torno, fijando la pieza en su plato e imprimiéndole un giro. Para las piezas cúbicas con uno o varios agujeros se utilizan mandriladoras verticales y centros de mecanizado CNC.

La limitación de las condiciones de corte en el mandrinado viene impuesta por la rigidez y voladizo que pueda tener la herramienta de corte, porque si no son los adecuados pueden producir vibraciones. También depende de la calidad del mecanizado deseado y de la precisión del agujero.

Hay diferentes elementos específicos en la mecanización para estos procesos siendo muy útiles los juegos de herramientas de mandrinar de acero que vienen montadas en sus correspondientes portaherramientas de mandrinar.

LINKOGRAFÍA

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2494/1/cantaro_ag.pdf

<http://noria.mx/lublearn/causas-mas-comunes-de-falla-de-las-maquinas/>

<https://www.maquinariamarquez.com/mandrinadora-horizontal-w-100-a/>

<https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/mandrinadoras-debemos-saber-ellas/>

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1195/Proyecto%20de%20una%20herramienta%20para%20mandrinado.pdf?sequence=1>

http://www.espatentes.com/pdf/2240899_t3.pdf

http://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/147239/mod_resource/content/1/67.15%20Unidad%206_B%20clase.pdf

http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/25062015/5e/es-an_2015062513_9132307/114la_mandrinadora.html

<https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/boring/formulas-and-definitions>

<https://es.slideshare.net/DEXMACK/mandrinado>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Mandriladora>

<http://www.sotec-sa.com/mandrinadora.html>

<https://www.maquinariamarquez.com/mandrinadora-tos-varnsdorf/mandrinadoras/>

<https://www.xing.com/communities/posts/10-fallas-mas-frecuentes-en-mantenimiento-1004975428>

<https://es.slideshare.net/cgsch/mantenimiento-industrial-yelkis-2066079>

<https://prezi.com/gwryl-5d6jrd/mandrinado-y-taladrado/>

<https://es.scribd.com/document/187489499/Monografia-Final-Sobre-La-Mandrinadora>

http://www.acebrongroup.com/caracteristicas_maquinaria.pdf

<http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/3/39/MecanizadoAgujeros.pdf>

<https://www.ecured.cu/Mandrinadora>

http://www.sitenordeste.com/mecanica/maquinas_herramientas_2a.htm

<https://www.nakase.com.ar/mandrinadoras-a47>

<https://www.danobatgroup.com/media/uploads/prensa/soraluce-fl-fresadoras-mandrinadoras-de-columna-movil.pdf>

<https://web.archive.org/web/20091007164748/http://www.aecim.org/new/files/centro/Mandrinadora.pdf>

<https://es.slideshare.net/JoseGomez246/94095547-mecejecucionyprocesosdemecanizadoconformadoymontaje>