



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS DE TALLER DE  
MÁQUINAS HERRAMIENTA, DEL INGENIO PALO GORDO, S.A.**

**José Miguel Esquibel Pérez**

Asesorado por el Ing. Víctor Manuel Mena Moreira

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS DE TALLER DE  
MÁQUINAS HERRAMIENTA, DEL INGENIO PALO GORDO, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JOSÉ MIGUEL ESQUIBEL PÉREZ**

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR MANUEL MENA MOREIRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Coronado Noj
EXAMINADOR	Ing. Héctor Alexander Juárez Reyes
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS DE TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTA, DEL INGENIO PALO GORDO, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería de Mecánica, con fecha 23 de mayo de 2012.



**José Miguel Esquivel Pérez**

Guatemala, 15 de julio del 2013.

**Señor Ingeniero  
Julio Cesar Campos Paíz  
Director de la Escuela de  
Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería. USAC.  
Su Despacho**

**Señor Director:**

Tengo el agrado de informarle que he realizado la revisión final del trabajo de Tesis titulado: **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS DE TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTA, DEL INGENIO PALO GORDO, S.A.**, realizado por el estudiante de Ingeniería Mecánica **José Miguel Esquibel Pérez**, en mi calidad de Asesor de Tesis, cargo para el cual fui designado.

El trabajo efectuado por el Ingeniero Infiere José Miguel Esquibel Pérez fue preparado con dedicación y esmero, así como presentado en buena forma. Se alcanzaron los objetivos y contenido fijados en el Protocolo de Tesis, aportando criterios y metodologías adecuados sobre el tema asignado.

Por ser un tema importante y novedoso en el medio, dada la necesidad que se manifiesta en las principales fábricas azucareras contar con este material aporta información valiosa, considero que la Tesis constituye un excelente aporte para el gremio azucarero y será de práctica para la Ingeniería Mecánica. Por estas razones extendiendo satisfactoriamente mi aprobación, siendo corresponsable de su contenido con el Autor.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad de saludarlo y me suscribo con las muestras de mi más alta consideración.

*ID Y ENSEÑAD A TODOS*

  
**Victor Manuel Mena Moreira**  
**Ingeniero Mecánico**

**ASESOR**

**Victor M. Mena M.**  
**Ing. Mecánico**  
**Colegiado No. 5586**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Coordinador del Área Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS DE TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTA, DEL INGENIO PALO GORDO, S.A.**, del estudiante **José Miguel Esquibel Pérez**, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



**Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Coordinador de Área**

Guatemala, agosto, de 2013.

/behdei.



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS DE TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTA, DEL INGENIO PALO GORDO, S.A., del estudiante **José Miguel Esquivel Pérez**, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



Ing. Julio César Campos Paiz

**DIRECTOR**

Guatemala, agosto de 2013.

JCCP/behdei

Universidad de San Carlos  
de Guatemala

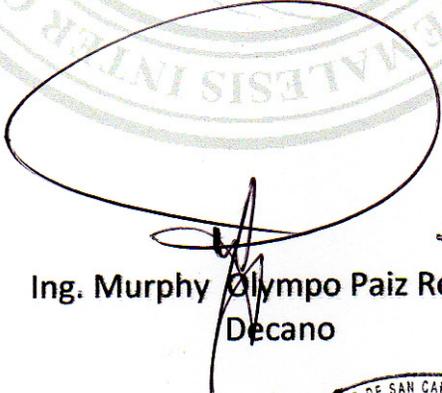


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG\_588.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA TRABAJOS DE TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTA, DEL INGENIO PALO GORDO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **José Miguel Esquibel Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 26 de agosto de 2013



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la capacidad de creer en mí y demostrar que tengo habilidades que me hicieron llegar a esta meta.
- Jesucristo** Por escucharme cuando te decía que me dieras una millonésima parte de tu inteligencia, eres una fuente de inspiración hijo de Dios.
- Mi madre** María del Rosario Esquibel Pérez, por ser la persona que hizo realidad este hecho.
- Mi hermana** Virginia del Rosario Esquibel Pérez, por ser una fuente de inspiración e influenciar en mi carrera.
- Mis padrinos** Jorge Villaseñor Valladares y María Noguera Rojas, por ser un apoyo durante toda mi vida.
- Mis tíos** Con cariño y dedicación es un acto que dedico también a ustedes.
- Mis primos** A todos, por apoyarme en todo momento, especialmente a tí Xiomara Fernández.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Reseña histórica de la empresa .....	1
1.2. Organización dentro de la empresa.....	3
1.2.1. Organigrama general de la empresa.....	3
1.3. Descripción del proceso de producción dentro del ingenio.....	4
1.3.1. Pesaje de la caña.....	4
1.3.2. Descarga de la caña .....	5
1.3.3. Preparación de caña .....	6
1.3.4. Extracción del jugo de caña .....	7
1.3.5. Clarificación .....	8
1.3.6. Evaporación .....	9
1.3.7. Cristalización.....	9
1.3.8. Centrifugación o purga.....	11
1.3.9. Diagrama de flujo del proceso .....	13
2. SITUACIÓN PROPUESTA, ELABORACIÓN DE LOS MANUALES OPERATIVOS .....	15
2.1. Fabricación de piezas torneadas .....	15
2.1.1. Proceso del torneado .....	15

2.1.2.	Procedimiento de torneado.....	16
2.1.3.	Partes principales del torno de puntos .....	16
2.1.3.1.	Cabezal fijo.....	17
2.1.3.2.	Carro portaútil.....	18
2.1.3.3.	Bancada .....	19
2.1.4.	Mecanismos para el movimiento de corte .....	20
2.1.4.1.	Transmisión por correa.....	20
2.1.4.2.	Transmisión por engranajes .....	21
2.1.4.3.	Transmisiones escalonadas .....	21
2.1.4.4.	Transmisión por polea escalonada.....	22
2.1.4.5.	Engranaje de ruedas escalonadas .....	23
2.1.4.6.	Acoplamiento de los engranajes.....	23
2.1.5.	Mecanismo del carro principal o de bancada .....	23
2.1.5.1.	Tornillo sin fin de caída o basculante .....	24
2.1.5.2.	Husillo de roscar.....	24
2.1.6.	Fuerzas de corte.....	25
2.1.7.	Cuchilla de torno.....	25
2.1.8.	Geometría en la cuña del filo.....	26
2.1.8.1.	Superficie de la pieza .....	26
2.1.8.2.	Filos y superficie en la cuña del filo .....	27
2.1.9.	Tipos de buriles de torno .....	27
2.1.9.1.	Cuchillas de torno rectas y curvas.....	27
2.1.10.	Elección de los metales duros .....	29
2.1.11.	Trabajos con herramienta de metal duro.....	29
2.1.12.	Consecuencias del desgaste.....	29
2.1.13.	Sujeción de la cuchilla .....	30
2.1.14.	Velocidad de corte.....	30
2.1.14.1.	Material de la pieza .....	30
2.1.14.2.	Material de la cuchilla .....	30

2.1.14.3.	Sección de viruta.....	31
2.1.14.4.	Refrigeración.....	31
2.1.14.5.	Tipo de construcción de máquina .....	31
2.1.15.	Mecanizado de ejes .....	31
2.1.15.1.	Preparación para tornejar ejes.....	32
2.1.15.2.	Medición y verificación de ejes .....	32
2.1.16.	Comparador .....	33
2.1.17.	Mecanizado de árboles excéntricos .....	34
2.2.	Manual para la fresadora .....	35
2.2.1.	Proceso del trabajo al fresar .....	35
2.2.2.	Procedimiento de fresado .....	35
2.2.3.	Fresado cilíndrico y fresado frontal .....	36
2.2.3.1.	Comparación entre los fresados cilíndrico y frontal .....	37
2.2.3.2.	Fresado contramarcha y a favor del avance .....	38
2.2.4.	Máquina fresadora horizontal.....	39
2.2.5.	Máquina de fresar vertical.....	40
2.2.6.	Herramientas para fresar .....	41
2.2.7.	Clases de fresas .....	42
2.2.7.1.	Fresas de dientes puntiagudos .....	42
2.2.7.2.	Fresas con despulla .....	43
2.2.8.	Sujeción de las fresas .....	43
2.2.8.1.	Verificación del giro concéntrico .....	44
2.2.9.	Fresado de desbastado y de afinado .....	44
2.2.10.	Lubricación refrigerante durante el fresado.....	45
2.2.11.	Fresado de cuñeros .....	45
2.2.11.1.	Mecanizado del cuñero .....	47
2.2.11.2.	Verificación del cuñero.....	47

2.3.	Cepillado de piezas .....	47
2.3.1.	Cepillo horizontal .....	48
2.3.2.	Movimiento principal o movimiento de corte.....	49
2.3.2.1.	Movimiento de avance.....	50
2.3.2.2.	Movimiento de ajuste.....	50
2.3.3.	Constitución de un cepillo horizontal .....	50
2.3.3.1.	El carro .....	50
2.3.3.2.	La mesa.....	51
2.3.3.3.	Accionamiento principal.....	51
2.3.4.	Cuchilla para cepilladora .....	51
2.3.4.1.	Cuchilla de cepillar para desbastar.....	52
2.3.4.2.	Cuchilla de cepillar para afinar .....	52
2.3.5.	Sujeción de las piezas.....	53
2.3.6.	Cepillado en cepilladoras .....	54
2.3.7.	Constitución de la cepilladora.....	54
2.3.7.1.	Accionamiento principal.....	55
2.4.	Fabricación de piezas perforadas .....	56
2.4.1.	Taladros en las piezas.....	56
2.4.2.	Movimientos al perforar con taladradora .....	57
2.4.2.1.	Rotación de la broca.....	58
2.4.2.2.	Movimiento rectilíneo contra la pieza .....	58
2.4.3.	Taladradora vertical.....	59
2.4.3.1.	Mecanismo de movimiento principal.....	60
2.4.3.2.	Mecanismo para el avance.....	60
2.4.3.3.	Mesa de taladrar.....	61
2.4.4.	Herramientas para taladrar.....	62
2.4.4.1.	Broca espiral.....	62
2.4.5.	Elección de la broca .....	62
2.4.6.	Herramientas especiales para taladrar .....	63

2.4.6.1.	Broca para agujeros profundos.....	63
2.4.6.2.	Broca de centrar.....	63
2.4.6.3.	Broca hueca.....	63
2.4.6.4.	Barra portaherramientas .....	63
2.4.7.	Sujeción de la broca.....	64
2.4.8.	Taladrado del agujero .....	65
2.4.9.	Medición del taladro .....	65
2.4.10.	Sujeción de las piezas en la taladradora.....	66
2.4.11.	Taladrado y avellanado.....	67
2.4.11.1.	Trazado.....	67
2.4.11.2.	Taladrado y penetrado .....	67
2.4.12.	Medición y verificación de taladros y alojamientos .....	69
2.4.13.	Avellanador o penetrador con útiles de espiral .....	69
2.4.14.	Avellanadores cónicos .....	70
2.4.15.	Avellanador cilíndrico con espiga de guía.....	70
2.5.	Esmerilado de piezas.....	71
2.5.1.	Composición de las muelas .....	72
2.5.2.	Materiales abrasivos .....	72
2.5.2.1.	Clases .....	72
2.5.2.2.	Corindón artificial .....	72
2.5.2.3.	Carburo de silicio .....	73
2.5.3.	Elección de los materiales abrasivos .....	73
2.5.4.	Grano de los materiales abrasivos.....	73
2.5.5.	Muelas de esmerilar.....	73
2.5.5.1.	Formas de las muelas.....	74
2.5.6.	Manejo de las muelas de esmerilar.....	74
2.5.7.	Sujeción de las muelas de esmerilar.....	74
2.5.8.	Afilado de herramientas .....	75
2.5.9.	Lubricación refrigerante durante el esmerilado .....	76

2.5.10.	Rectificado cilíndrico.....	76
2.5.11.	Rectificado cilíndrico exterior.....	77
2.5.12.	Rectificado longitudinal.....	78
2.5.13.	Acabado de piezas .....	78
2.5.13.1.	Pulido .....	79
2.5.13.2.	Bruñido .....	79
2.6.	Roscado de piezas.....	80
2.6.1.	Empleo de piezas roscadas.....	80
2.6.1.1.	Roscas de fijación .....	80
2.6.1.2.	Roscas de movimiento .....	81
2.6.2.	Características de las roscas.....	81
2.6.2.1.	Constitución de las roscas.....	81
2.6.2.2.	Paso de la rosca.....	81
2.6.2.3.	Perfil de las roscas .....	81
2.6.2.4.	Sentido de la rosca.....	82
2.6.3.	Roscas normalizadas .....	83
2.6.3.1.	Rosca triangular .....	83
2.6.3.2.	Rosca métrica ISO .....	84
2.6.3.3.	Rosca Whitworth .....	84
2.6.3.4.	Rosca fina.....	84
2.6.3.5.	Rosca Whitworth para tubos.....	84
2.6.3.6.	Rosca trapecial.....	85
2.6.3.7.	Rosca de sierra .....	85
2.6.3.8.	Rosca redondeada .....	86
2.6.4.	Tolerancia de roscas .....	86
2.6.5.	Mecanizado de roscas.....	87
2.6.6.	Mecanizado de piezas roscadas en el torno.....	87
2.6.6.1.	Tallado de roscas con achos de roscar .....	87
2.6.6.2.	Roscado con cuchilla de roscar.....	88

2.6.7.	Roscas interiores .....	88
2.6.7.1.	Preparación del agujero del núcleo.....	89
2.6.7.2.	Elección de la terraja.....	89
2.6.7.3.	Tallado de la rosca.....	89
2.7.	Mecanizado de ruedas dentadas.....	90
2.7.1.	Ruedas dentadas.....	91
2.7.1.1.	Engranajes y formas de las ruedas dentadas .....	91
2.7.1.2.	Engranajes de ruedas frontales .....	91
2.7.1.3.	Engranajes cónicos.....	92
2.7.1.4.	Engranaje de tornillo sin fin.....	92
2.7.1.5.	Engranaje de ruedas helicoidales .....	93
2.7.2.	Perfil de los dientes.....	93
2.7.3.	Material para ruedas dentadas .....	94
2.7.3.1.	Materiales metálicos .....	94
2.7.3.2.	Materiales no metálicos .....	95
2.7.4.	Fabricación de los dentados .....	95
2.7.4.1.	Modelado .....	95
2.7.4.2.	Conformación.....	95
2.7.5.	Ejecución de dentados por arranque de viruta.....	96
2.7.5.1.	Fresado de dientes .....	96
2.7.5.2.	Fresado de forma.....	96
2.7.6.	Fresado de ruedas por el procedimiento continuo .....	97
2.8.	Mantenimiento preventivo de para las máquinas.....	98
2.8.1.	Definiciones .....	99
2.8.2.	Propósito y alcance.....	99
2.8.3.	Responsabilidades.....	100
2.8.4.	Recursos necesarios.....	100
2.8.5.	Planificación de tareas de mantenimiento.....	101

2.8.5.1.	Tareas de mantenimiento .....	101
2.8.5.2.	Rutinas de inspección .....	102
2.8.6.	Registros .....	102
2.8.6.1.	Fichas de control de mantenimiento .....	103
2.8.6.2.	Fichas de control de repuestos y/o suministros .....	103
2.8.6.3.	Control diario de operación de las máquinas .....	103
3.	METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN .....	105
3.1.	Sistema de capacitación para los operarios .....	105
3.1.1.	Conferencias .....	105
3.1.1.1.	Mandos medios .....	105
3.1.1.2.	Operadores.....	106
3.1.2.	Inducción .....	106
3.1.2.1.	Operadores.....	106
4.	SISTEMA DE SEGUIMIENTO .....	107
4.1.	Sistema de información, evaluación de los índices de medición de la implementación .....	107
4.1.1.	Parámetros de medición de eficiencia de operadores..	108
4.1.2.	Parámetros de medición de eficiencia de mantenimiento .....	108
4.1.3.	Mejoramiento continuo .....	109
	CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES .....	113
	BIBLIOGRAFÍA .....	115
	ANEXOS .....	117

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama general de la empresa.....	4
2.	Organigrama de la fábrica.....	13
3.	Proceso de torneado.....	16
4.	Cabezal fijo.....	18
5.	Carro portaútil.....	19
6.	Bancada.....	20
7.	Transmisión por engranajes.....	21
8.	Transmisiones escalonadas.....	22
9.	Tornillo sin fin de caída o basculante.....	24
10.	Superficie de la pieza.....	26
11.	Cuchillas de torno rectas o curvas.....	28
12.	Procedimiento del fresado.....	36
13.	Fresado cilíndrico y fresado frontal.....	37
14.	Fresado contra marcha y a favor del arranque.....	38
15.	Máquina fresadora horizontal.....	40
16.	Maquina de fresar vertical.....	41
17.	Fresas de dientes puntiagudos.....	42
18.	Sujeción de las piezas.....	44
19.	Fresado de cuñeros.....	46
20.	Cepillado de piezas.....	48
21.	Cepillo horizontal.....	49
22.	Cuchilla para cepilladora.....	52
23.	Sujeción de piezas.....	53

24.	Accionamiento principal.....	55
25.	Taladros en las piezas.....	56
26.	Taladradora vertical.....	59
27.	Mesa de taladrar.....	61
28.	Sujeción de piezas a las taladradoras.....	66
29.	Rectificador cilíndrico exterior.....	68
30.	Constitución de las roscas.....	69
31.	Esmerilado de piezas.....	71
32.	Perfil de la rosca.....	75
33.	Sentido de la rosca.....	76
34.	Rectificado cilíndrico.....	77
35.	Mecanizado de ruedas dentadas.....	80
36.	Perfil de roscas.....	82
37.	Sentido de la rosca.....	82
38.	Rosca Whitworth para tubos.....	85
39.	Mecanizado de ruedas dentadas.....	90
40.	Engranajes cónicos.....	92
41.	Engranajes de tornillo sin fin y ruedas helicoidales.....	93
42.	Fresado por movimiento continuo.....	98

## GLOSARIO

<b>Alcalizado</b>	Proceso mediante el cual se le agrega al jugo extraído de la caña, cierta cantidad de una dilución de cal con agua para neutralizar la acidez del jugo.
<b>Bagazo</b>	Pasta con alto grado de densidad que se forma en el proceso de clarificación, por la sedimentación de los sólidos en suspensión contenidos en el jugo clarificado.
<b>Clarificación</b>	Proceso en el cual, mediante la adhesión de un químico floculante y el reposo dentro del clarificador, se obtiene la separación de la mayor cantidad de sólidos en suspensión e impurezas del jugo volviéndolo de un color turbio a un color ámbar.
<b>Evaporador</b>	Intercambiador de calor que utiliza vapor para extraer el exceso de humedad contenida en el jugo, en este se forma la meladura.
<b>Extracción</b>	Proceso mediante el cual se separa el jugo de la caña de la fibra de la caña, por medio de la molienda.
<b>Guarapo</b>	Es el jugo de la caña que se obtiene directamente del proceso de extracción dentro de los molinos.

<b>Imbibición</b>	Proceso mediante el cual se aplica cierta cantidad de agua a una temperatura determinada al bagazo que sale del penúltimo molino para poder extraer de esta manera la mayor cantidad de azúcar contenido en este.
<b>Lechada de cal</b>	Dilución de la cal en agua.
<b>Magma</b>	Resultado del producto que se obtiene de los tachos y es la mezcla de cristales de azúcar y miel.
<b>Meladura</b>	Miel con alto grado de densidad y pureza que se obtiene de los evaporadores, la cual se utiliza en la formación de los granos de azúcar dentro de los tachos.
<b>Molienda</b>	Proceso de extracción del jugo de caña en los molinos.
<b>Sulfitación</b>	Proceso mediante el cual se le agrega gas de azufre al jugo de caña, para disminuir su color y devolverle su acidez a un nivel adecuado.
<b>Tacho</b>	Intercambiador de calor de cuerpo cilíndrico dentro del cual se obtiene magma.
<b>Templa</b>	Es el <i>batch</i> o lote obtenido por cada cocimiento dentro de un tacho.

**Virador**

Equipo mecánico que consta de un cilindro hidráulico y una serie de cables acerados, que se utilizan para voltear los carretones que transportan la caña y la deposita en las mesas de recepción de caña.



## RESUMEN

La elaboración de azúcar dentro del ingenio, se inicia con el corte de la caña, para luego ser transportada hacia la fábrica del ingenio, donde se le da un manejo adecuado para la extracción eficiente del jugo y transformación en azúcar.

El proceso de la elaboración de azúcar consta de una serie de pasos ordenados: pesaje, descarga, preparación y extracción, clarificación o purificación, evaporación, cristalización y centrifugación o purga; todos y cada uno son de vital importancia y cuidado para poder obtener un azúcar de calidad, con las características correspondientes.

Ingenio Palo Gordo tiene una serie de equipos necesarios para el proceso de fabricación del azúcar; entre los equipos principales que se pueden mencionar están: las mesas de alimentación de caña, conductores de caña, precuchillas y picadoras, molinos, clarificadores, precalentadores, evaporadores, tachos, centrifugas, cristalizadores, turbinas y calderas.

Las instalaciones de la fábrica del ingenio Palo Gordo, cuenta con un taller de máquinas herramientas, encargada del mantenimiento del equipo necesario para mantener en operación a la fábrica, las cuales son de vital importancia. Dentro del *tacher* se realizan los trabajos de reparación y fabricación de piezas de los equipos que operan en la fábrica.

La piezas de mayor fabricación que se realizan en el taller de máquinas y herramientas son: ejes para soporte de portacuchillas de las picadoras, ejes de

las cuchillas de las masas de molinos, cuñeros, vástagos de válvulas; se maquinan y tallan dientes a las mazas de molinos, se fabrican engranes, poleas y piezas prismáticas necesarias en los equipos dentro de la fábrica

Para una buena eficiencia en la operación de los trabajos que se realizan dentro del taller de máquinas herramientas, se estandarizan los procesos de fabricación y reparación, por esto, se ven en la necesidad de elaborar manuales operativos, donde se estandaricen los procesos de los trabajos, anotando los objetivos y alcances, etapa a etapa de los procedimientos para la ejecución, especificando las características y dimensiones de las piezas a fabricar.

# OBJETIVOS

## General

Elaborar un manual de procedimientos para trabajos de taller de máquinas herramientas, del ingenio Palo Gordo.

## Específicos

1. Establecer la situación en que se encuentra el taller de máquinas herramientas, parametrizando en las situaciones que actualmente se encuentra, describiendo las funciones y características de la maquinaria y equipo.
2. Detallar los procedimientos operativos de la maquinaria, para la manufactura de las piezas que son utilizadas para las diferentes máquinas del ingenio.
3. Establecer un sistema de mantenimiento preventivo al taller de máquinas herramientas, con la finalidad de familiarizarse con estas máquinas y con las posibilidades de trabajo que estas ofrecen, puesto que su ámbito de trabajo abarca, principalmente, el montaje de máquinas y de aparatos, y el manejo constante de piezas mecanizadas dentro del taller.
4. Brindar al personal técnico y a operarios, los fundamentos teóricos y prácticos adecuados aplicables a los procesos de diseño y manufactura, para mejorar y aplicar en el taller de máquinas herramientas.



## INTRODUCCIÓN

Las máquinas, los montajes y demás productos de carácter técnico están, en general, constituidos por piezas sueltas unidas entre sí. La obtención de objetos a partir de piezas sueltas y de herramientas es llamada fabricación. Durante el proceso de fabricación los elementos comunes son llamados como piezas. Para fabricar se elige el procedimiento más adecuado para cada caso. Con el fin de que las piezas fabricadas resulten utilizables, tienen que satisfacer ciertas condiciones en lo que respecta a materiales, forma, dimensiones, estado y naturaleza de la superficie para la cual va a ser aplicado.

El desarrollo de manuales de operación para los talleres de máquinas herramientas del ingenio Palo Gordo, se debe a que la mayoría de empresas, ingenios azucareros, plantas de energía eléctrica, se dedican a la manufactura de un producto, contando con un área para la fabricación de un producto y al mantenimiento dentro de sus instalaciones, maquinaria y equipo en general.

Con el desarrollo de manuales aplicados al Área de Maquinaria y Herramienta, será de mucha utilidad a sus operarios, que actualmente se encuentran laborando dentro del ingenio Palo Gordo y así para futuras contrataciones, para una eficiente operación en la elaboración de piezas que se fabrican dentro del taller de máquinas herramientas. Tomando como un material didáctico a presto y de apoyo a operarios, profesionales y estudiantes que se interesen en este tipo de trabajos para el conocimiento del mantenimiento por parte del taller de máquinas herramientas en el ingenio Palo Gordo.

Dentro del manual, también se encuentran los trabajos realizados para el mantenimiento aplicado a los equipos y maquinaria para obtener el desempeño durante la reparación de todos los equipos instalados en el ingenio en reparación.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Reseña histórica de la empresa**

Palo Gordo, una hacienda de 17 caballerías ubicada en Guatemala, Centro América, cerca del municipio de San Antonio, Suchitepéquez, fue adquirido en 1929 por la Central American Plantations Corporation-CAPCO-. Comenzó a cultivar caña de azúcar en Palo Gordo; instaló un ingenio para moler mil toneladas de caña diaria, que inició operaciones en 1930.

El Estado de Guatemala lo adquirió y estuvo bajo administración del Departamento de Fincas Rústicas Nacionales e Intervenidas. En la cosecha de 1961/62 molió 20 000 toneladas de caña propia y 162 957 toneladas de particulares, habiendo producido 342 820 quintales de azúcar de diferentes clases, con un rendimiento de 186 libras por tonelada de caña.

El 12 de julio de 1962, el Crédito Hipotecario Nacional puso en remate el ingenio Palo Gordo. Fue adquirido en subasta pública por un grupo de 186 agricultores cañeros y empresarios, organizados en la Cooperativa Agrícola Industrial Ingenio Palo Gordo, S.A. Que entregaban su caña al ingenio.

El nuevo grupo propietario de Ingenio Palo Gordo, ubicado en el kilómetro 142 ½ de la carretera CA-2 hacia Mazatenango, inició programas para aumentar su capacidad de molienda y logro una ampliación significativa aumentando su capacidad de molienda a 4 000 toneladas diarias de caña de azúcar.

En 1975, la Empresa Agrícola Industrial Ingenio Palo Gordo adquirió un nuevo tándem de cinco molinos con mazas de 72 pulgadas, se agregaron cuartas mazas y se amplió la capacidad de molienda a 7 000 toneladas diarias de caña. Asimismo se adquirió un taller de fundición y paileria con herramienta pesada, con el cual se construyó una buena parte del equipo del ingenio.

En el área de campo, en 1988 comenzó a trabajar la cosecha con el sistema de corte, alce y transporte a granel, mejor conocido como CAT. Se introdujo tecnología en el control de plagas y enfermedades, incorporando la prohibición total del uso de insecticidas químicos en el cultivo de la caña, se incrementó el uso de riego, se analizaron todos los suelos del área de influencia para implementar la fertilización específica con base en requerimientos de cultivo. La producción de semilla purificada se desarrolló hasta llegar a tener el 100 por ciento de las renovaciones con base en esta semilla y se incrementó en 50 por ciento del área con madurante.

- 2000-2002: se instala un sistema de clarificación de meladura Tate & Lyle para producir mejor calidad de azúcar y gradualmente se procedió a la automatización del ingenio. En el 2002 se obtuvieron dos molinos nuevos, de seis mazas de 84 pulgadas para la primera y última posición del tándem, para moler con un tándem de seis molinos movidos por turbinas Elliot de 1 000 HP, lo cual aumentó la capacidad de molienda a 10 000 toneladas diarias.

El aumento significativo en la producción permitió el desarrollo agrícola de la zona. En la reciente zafra de 2003/04, Ingenio Palo Gordo, S.A., produjo 1 867 000 quintales de azúcar, un crecimiento de 9,33 veces.

- 2008-2009: por primera vez en la historia de IPG, realiza una zafra récord en la producción de 2 000 000 quintales a solo 149 días de zafra, recibiendo 925 000 toneladas de caña, mejorando su eficiencia en la obtención de azúcar.
- 2011-2012: IPG, en su proceso de mejora continua supera sus expectativas en la producción de azúcar a 2 773 000 quintales, mejorando inclusive en un 40 por ciento la producción de alcohol de primera obteniendo una producción récord de 12 000 000 litros. Teniendo una mejora integral en los departamentos que son el engranaje que mueve a IPG en sus retos.

## **1.2. Organización dentro de la empresa**

El esquema organizacional de la empresa consta de diversas áreas, las cuales están ordenadas de acuerdo a las funciones específicas que cada una desempeña en el proceso de producción de caña de azúcar.

### **1.2.1. Organigrama general de la empresa**

El esquema organizacional de la empresa Palo Gordo S.A. es presentado en la figura 1.



efectúa en la fábrica utilizando una báscula de puente o una báscula de plataforma grande. Normalmente el vehículo también es pesado después de la descarga para establecer la cantidad neta de caña entregada.

Si la caña es entregada en atados, el mismo número de cadenas debe ser cargado en el vehículo antes de medir la masa de tara del vehículo vacío. Actualmente, la mayoría de básculas de puente emplean celdas de carga, lo que las hace más confiables y reduce la necesidad de ajustes frecuentes. Sin embargo, se requiere un sistema para la verificación rutinaria y calibración de las básculas. Es necesario revisar permanentemente que la plataforma de pesaje esté libre de residuos y que la holgura entre la plataforma y la estructura de soporte permanezca libre de obstrucciones.

En algunos casos el sistema de pesaje está ligado con el volteador, de modo que el pesaje y la descarga pueden ser incorporados en un solo sistema automático.

### **1.3.2. Descarga de la caña**

La manipulación en la fábrica de caña cosechadora con combinadas es mucho más fácil que manipular tallos de caña entera. La caña trozada, generalmente se almacena bien en remolques y puede ser manipulada con menos material perdido por caída. Además, los trozos fluyen más fácilmente, con una menor propensión a formar atascamientos y tacos que son particularmente frecuentes con tallos de caña entera sin quemar.

### **1.3.3. Preparación de caña**

El proceso de reducir la caña alimentada al molino hasta partículas de menor tamaño, adecuadas para el proceso de extracción, se denomina preparación de la caña. La reducción de tamaño es conseguida generalmente con el uso de picadoras o cuchillas rotativas localizadas sobre el sistema de conductores de caña y/o el paso de la caña por una desfibradora con martillos basculantes. La eficiencia y la capacidad de la planta de extracción dependen considerablemente de la preparación de la caña.

El equipo de preparación de caña puede representar más del 25 por ciento de la demanda total de potencia en una fábrica. El tipo de accionamiento empleado y la eficiencia con la cual la potencia es utilizado, son por lo tanto muy importantes.

En conductores de tallos enteros de caña, normalmente se instala un nivelador antes de cualquier equipo de preparación para lograr una alimentación uniforme a las picadoras. Con trozos de caña cosechada mecánicamente esto usualmente no es necesario debido a que la manipulación de trozos facilita lograr un nivel uniforme en los conductores alimentadores en forma consistente.

La sacarosa se encuentra contenida como parte del jugo dentro de las células de paredes del tallo. La extracción de sacarosa por molienda consiste casi por completo en la ruptura de las fibras y posteriormente física compresión y luego mediar la extracción.

#### **1.3.4. Extracción del jugo de caña**

El objetivo de la molienda de caña es separar al jugo que contiene sacarosa del resto de la caña, constituido principalmente por fibra. El termino extracción se utiliza para expresar el porcentaje de sacarosa que ha sido extraído de la caña en los molinos y es igual a la sacarosa en el jugo crudo o diluido, expresado como porcentaje de la sacarosa en caña.

En los molinos la caña es exprimida utilizando elevadas presiones entre pares de mazas o rodillos consecutivos. Estos están diseñados para extraer tanto jugo (agua disponible + sacarosa + no-azucares) como sea posible de la fibra insoluble. El residuo de la caña después de que se ha extraído al jugo se denomina bagazo.

El porcentaje de sacarosa que se remueve por la molienda, en el jugo diluido, con respecto a la sacarosa presente en la caña inicial se denomina: extracción de sacarosa.

Una parte de las no-sacarosas es más difícil de extraer que la sacarosa. Esto se evidencia en el hecho de que el jugo extraído en el primer molino (jugo de primera extracción) tiene siempre una mayor pureza que el jugo diluido, mientras que el jugo extraído al final del tándem de molinos (jugo de última extracción) es siempre de menor pureza. El jugo residual que queda en el bagazo tiene inclusive una menor pureza. En consecuencia, la extracción medida sobre la base de Brix es siempre menor que la extracción de sacarosa.

A partir de caña razonablemente bien preparada, es posible extraer normalmente entre 60 y 75 por ciento de la sacarosa, utilizando un primer molino convencional. Si la caña se pasa entonces a un segundo molino, es poco

el jugo que ha quedado libre en el bagazo y debido a esto la recuperación de sacarosa será mucho menor. Para permitir a los molinos siguientes extraer mayor cantidad de sacarosa se añade al bagazo agua adicional. Este proceso se denomina imbibición. El agua añadida en la imbibición se mezcla con el jugo que queda en la caña, diluyéndolo y constituyendo un material a partir del cual los molinos pueden extraer más.

### **1.3.5. Clarificación**

Consiste en remover algunas impurezas insolubles y las que se encuentran disueltas. El jugo de color verde oscuro procedente de los molinos es ácido y turbio. El proceso de clarificación (o defecación) diseñado para remover las impurezas tanto solubles como insolubles, emplea en forma universal cal y agentes clarificantes.

La clarificación de meladura no es una operación estándar en todas las fábricas de azúcar crudo. Sin embargo, sus aplicaciones se están extendiendo, particularmente para la producción de azúcares de consumo directo, sea para remover sólidos suspendidos o color o ambos. Debido a que la meladura o jarabe tiene viscosidad y una densidad muy elevada, no es posible en su caso sedimentar los finos sólidos suspendidos. Sin embargo, la clarificación por flotación funciona efectivamente sobre la meladura, sin requerir procesos sofisticados. La fase aireada es bastante estable y no requiere un uso intensivo de insumos químicos para formar y estabilizar la capa de espuma de escoria que se forma.

La clarificación de meladura en fábricas de azúcar crudo produce una capa de espuma de escoria muy estable, siendo posible alcanzar una elevada remoción de turbiedad simplemente adicionando un floculante polielectrolito. El

análisis con microscopio ha mostrado que la mayoría de las partículas en meladuras sin clarificar se encuentran en un rango de 1-10 micrómetros. En la espuma, el tamaño de los *flocs* es mucho mayor, comprendiendo burbujas de aire y partículas sólidas que se mantienen unidas por el floculante.

### **1.3.6. Evaporación**

En este paso se remueve una considerable cantidad de agua del jugo clarificado, este tiene más o menos la misma composición que el jugo extraído, excepto las impurezas extraídas en la clarificación por el tratamiento en el alcalizado y contiene aproximadamente un 85 por ciento de agua.

La evaporación es una operación esencial en todas las fábricas de azúcar, y es un factor que determina ampliamente la eficiente energética. Estas operaciones incrementan la concentración del jugo clarificado hasta un contenido de sólidos disueltos alrededor de 65 a 68 por ciento, lo cual la convierte en el principal consumidor de vapor. La configuración de la estación de evaporación determina la cantidad de vapor que la fábrica requiere, y por lo tanto el arreglo de los evaporadores es de gran importancia. El uso de múltiples efectos de evaporación en serie hace posible reducir la demanda de vapor, por lo cual la mayor parte del agua mediante este proceso. El máximo límite de concentración de la meladura se encuentra en las condiciones de saturación donde comienza la cristalización.

### **1.3.7. Cristalización**

La cristalización tiene lugar en los tachos al vacío de simple efecto, donde el agua en el jarabe se evapora hasta quedar saturado de sacarosa. En este

momento se añaden semillas a fin de que sirvan de núcleos para los cristales de azúcar y se agrega más jarabe según se evapora el agua.

El crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho, de tal manera que cuando el tacho está totalmente lleno, todos los cristales tienen el tamaño deseado. La función de los tachos al vacío es producir cristales de azúcar satisfactorios a partir del jarabe o las mieles. La concentración de la alimentación suministrada a los tachos es, por lo general de 60 a 65 Brix.

Las altas densidades reducen el consumo de vapor y acortan la duración del ciclo, pero una densidad demasiado alta puede implicar el riesgo de producir conglomerados y falso grano. Cuantos más pequeños sean los cristales mayor será el área superficial por unidad de peso disponible para el depósito de sacarosa proveniente de las mieles durante el cocinado y el enfriamiento.

Si otros factores permanecen constantes, la rapidez con que las mieles madres son agotadas en cuanto a sacarosa recuperable es directamente proporcional al área superficial de los cristales en la masa cocida. Por tanto, con cristales más pequeños debe ser posible obtener la ventaja, ya sea de una miel final de menor pureza o bien de una miel de la misma pureza en menos tiempo.

Por otro lado, mientras más pequeños sean los cristales menor será la eficiencia de las centrífugas y mayor la cantidad de mieles que se volverán a evaporar con el azúcar crudo de baja pureza. A pesar de que el tamaño óptimo de los cristales durante el purgado de masas cocidas de baja pureza varía considerablemente, dependiendo de las condiciones locales, el tamaño promedio usualmente está entre 0,2 y 0,4 milímetros.

El objetivo de la cristalización es producir cristales de sacarosa en condiciones óptimas para separación posterior, agitar al máximo el contenido de sacarosa del producto residual del proceso, melaza o miel final, operar la evaporación con el tipo y cantidad de vapor disponible y evitar hasta donde sea posible la descomposición térmica de sacarosa. En el proceso están involucrados los siguientes productos: masa cocida, miel y meladura.

La sacarosa tiene una elevada solubilidad en agua. Una solución saturada de sacarosa, se encuentra en equilibrio termodinámico con la fase sólida de sacarosa y contiene alrededor de dos partes de sacarosa por cada parte de agua a temperatura ambiente y casi cinco partes de agua a 100 grados centígrados. Para cristalizar la sacarosa se requiere elevar su concentración por encima de aquella correspondiente a una solución saturada, y llevarla en forma regulada y con precisión a la concentración requerida para lograr la cristalización deseada. Por lo tanto es importante establecer la concentración de sacarosa en solución saturada bajo las condiciones de operación.

### **1.3.8. Centrifugación o purga**

La masa cocida proviene del cristalizador se carga a máquinas giratorias de alta velocidad, conocidas como centrifugas, que es un tambor cilíndrico suspendido de un eje con paredes laterales perforadas. Este revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar lavada y la miel pasa a través de las telas debido a la fuerza centrífuga.

El objetivo de la centrifugación es separar completamente la miel madre y los cristales presentes en la masas y mantener hasta donde sea posible el tamaño y características de los cristales que se encuentren presentes y efectuar

la separación del azúcar y la miel en el menor tiempo posible, con el menor uso de energía y agua.

Luego de la cristalización, los cristales de azúcar son separados de la masa cocida mediante centrifugación. Debido a las características del licor madre, particularmente el elevado contenido de sólidos disueltos y la elevada consistencia, es necesario aplicar fuerzas centrifugas elevadas, requiriendo máquinas de alta velocidad que usualmente se denominan simplemente como máquinas centrífugas.

Existen esencialmente dos tipos de centrífugas utilizadas, las máquinas discontinuas (o *Batch*) y las continuas. Las máquinas continuas son de menor precio, más fáciles de operar y tienen menores costos de mantenimiento. Sin embargo, producen rompimiento de los cristales a la descarga y en consecuencia normalmente no son utilizadas para la producción de azúcares que requieren tamaños de grano específicos. Algunos desarrollos recientes han dado como resultado centrífugas continuas aptas para azúcares de alto grado o pureza, pero las cuales aún tienen algunas desventajas asociadas a ellas.

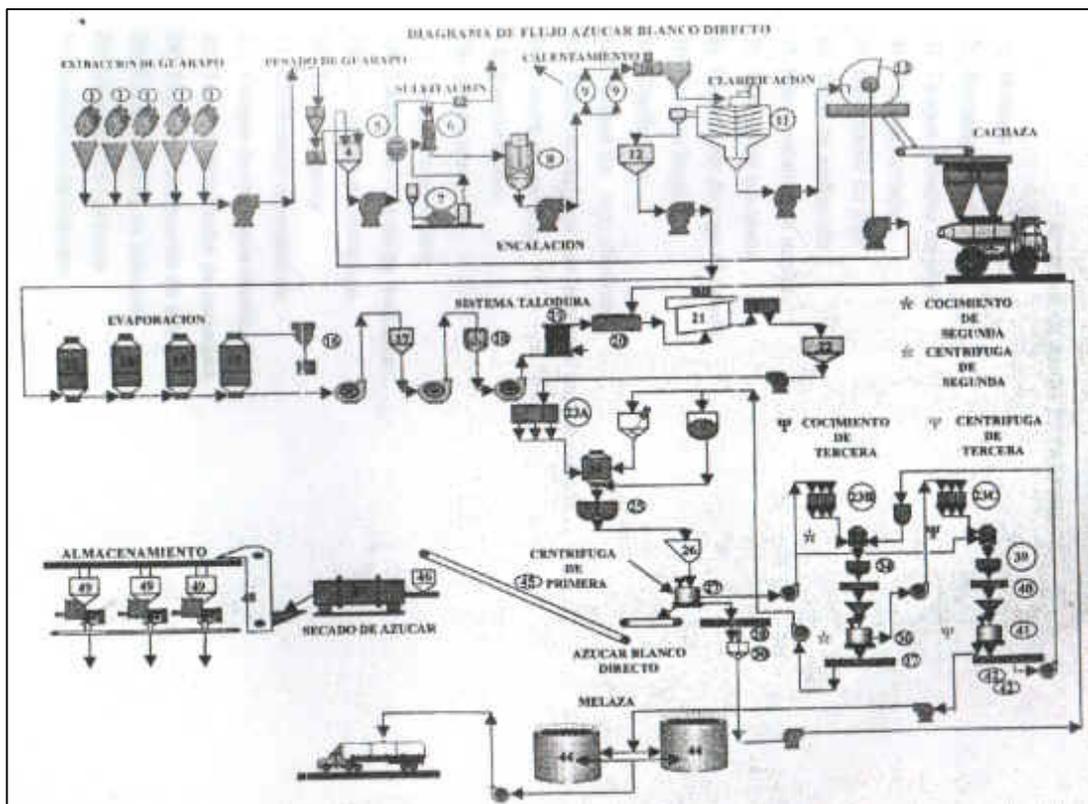
El proceso de separación mediante centrífugas debe ser antecedido por una etapa donde la masa cocida se acondiciona para poder lograr una separación óptima. Con masas cocidas de alta pureza esto puede consistir simplemente en asegurar que la masa se encuentre a la temperatura adecuada. Debido a la consistencia extremadamente elevada del licor madre en las masas cocidas C, es normal instalar algún tipo de calentador de masa precediendo a las centrifugas de C. A la descarga de los cristalizadores por enfriamiento, la supersaturación del licor madre es alta, por lo que es posible efectuar cierto recalentamiento de la masa cocida sin que se presente disolución de cristales.

Luego de centrifugar a las masas cocidas, el azúcar obtenido generalmente se envía a las secadoras de azúcar, mientras que los azúcares de baja pureza se funden o convierten en magma para ser retornados a los tachos como semillas o pie de templa. Fundido es el término utilizado para referirse a la disolución del azúcar en agua o jugo clarificado.

### 1.3.9. Diagrama de flujo del proceso

En la figura 2 se muestra un diagrama general de lo descrito en los párrafos anteriores, mostrando cada parte del proceso de extracción de azúcar.

Figura 2. Organigrama de la fábrica



Fuente: organigrama de la fábrica. Ingenio Palo Gordo.



## **2. SITUACIÓN PROPUESTA, ELABORACIÓN DE LOS MANUALES OPERATIVOS**

### **2.1. Fabricación de piezas torneadas**

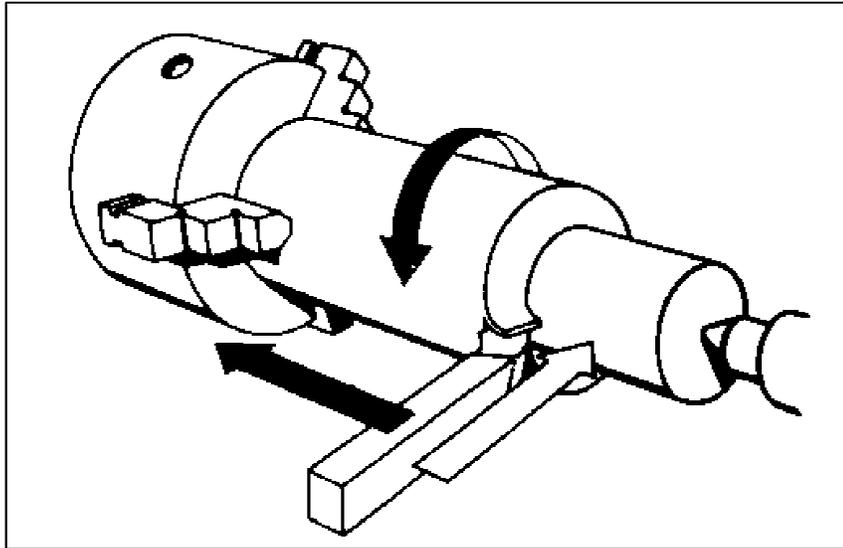
Las piezas torneadas, como los árboles, ejes, tienen generalmente secciones transversales circulares. Pero por torneado pueden conseguirse también piezas con secciones ovales o con otra clase de formas curvas. Las superficies laterales de las piezas pueden, lo mismo las exteriores que las interiores, ser cilíndricas, cónicas, planas o curvas.

El torneado es un importante procedimiento de fabricación por las siguientes razones: en muchas piezas se encuentran superficies torneadas; el torneado permite pequeñas tolerancias y superficies poco rugosas; las herramientas de torno son relativamente sencillas; el arranque ininterrumpido de virutas es económico.

#### **2.1.1. Proceso del torneado**

El tornear es arrancar virutas con un útil filo, de forma geoméricamente determinada, que ataca constantemente a la pieza que se trabaja. Los movimientos necesarios para el arranque de viruta descritos.

Figura 3. **Proceso de torneado**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 6.

### **2.1.2. Procedimiento de torneado**

La diversidad de formas de la pieza de revolución se obtiene mediante distintos procedimientos de torneado. Según que las piezas sean trabajadas exterior o interiormente se habla de torneado exterior o de torneado interior. Las piezas cilíndricas se obtienen mediante torneado al aire, los conos mediante torneado cónico, las piezas perfiladas o de forma, mediante torneado de forma, las roscas mediante roscado o tallado de rosca al torno.

### **2.1.3. Partes principales del torno de puntos**

Esta máquina es una de las más útiles, pues por sus movimientos rotatorios permite fabricar las más variadas formas.

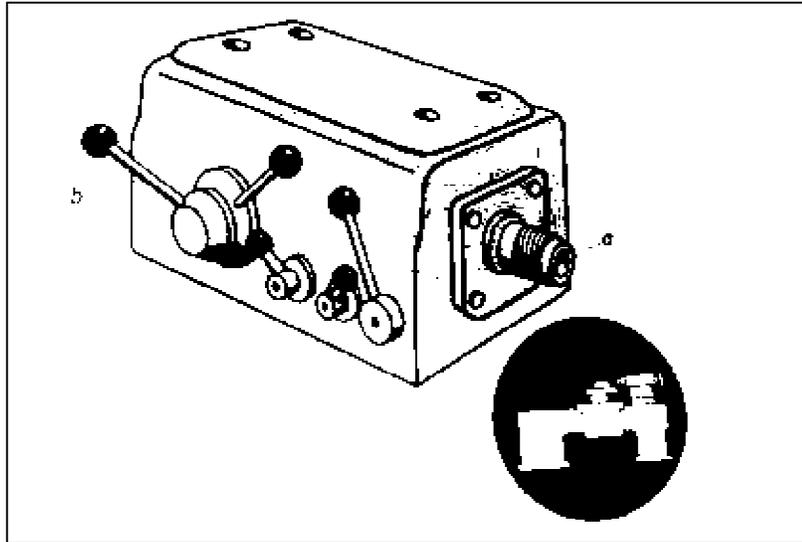
### **2.1.3.1. Cabezal fijo**

Este está colocado en el husillo principal o de trabajo por medio del cual recibe la pieza su movimiento de rotación. El husillo va sobre buenos cojinetes, está bien sujeto y se construye del mejor acero. Por lo general, es hueco para que, en caso dado pueda pasarse a su través alguna barra que se vaya a trabajar. Los puntos de apoyo de los husillos están templados y rectificadas.

Como soportes del husillo principal es usual emplear cojinetes de deslizamiento y de rodamiento. Los cascillos, o cojinetes propiamente dichos cuando de cojinetes de deslizamiento de deslizamiento se trata, son generalmente de bronce. Los cojinetes de rodadura o rodamiento ofrecen rozamiento muy pequeño. El husillo principal debe girar en los cojinetes sin juego alguno. Si existe juego, resultan en la superficie de la pieza que se trabaja señales producidas por la herramienta como consecuencia de la vibración que transmite el husillo a la pieza; además de esto, las piezas torneadas pueden no resultar bien redondas. El juego de los cojinetes puede disminuirse mediante reajuste. El rodamiento axial tiene por objeto resistir el empuje que durante el torneado se produce en la dirección del eje de rotación (empuje axial).

La cabeza del husillo va provista de una rosca que sirve para atornillar a ella la herramienta de sujeción. Hay tipos constructivos en los cuales la herramienta de sujeción se centra mediante un cono de centrado y se atornilla a la brida del husillo. El mandrilado cónico puede alojar un punto

Figura 4. **Cabezal fijo**

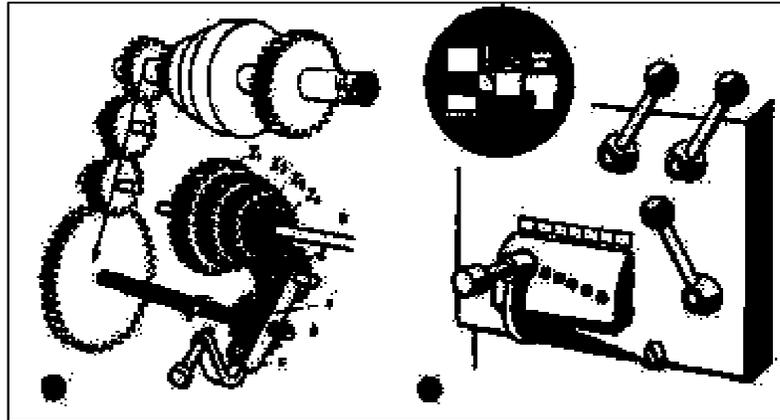


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 09.

### 2.1.3.2. **Carro portaútil**

Este lleva la herramienta o útil de torneado y proporciona los movimientos de avance y de penetración. Es lo que se llama un carro cruzado y está compuesto por el carro principal o de bancada, el carro transversal o de refrentar y la torreta que es la que lleva propiamente el portátil figura 5. Los carros deben moverse en las guías prismáticas y en las rectangulares, o planas, sin juego alguno. El carro de bancada y el transversal pueden ser movidos a mano a por medio de los husillos de cilindrar o de roscar accionados por el husillo principal.

Figura 5. **Carro portaútil**

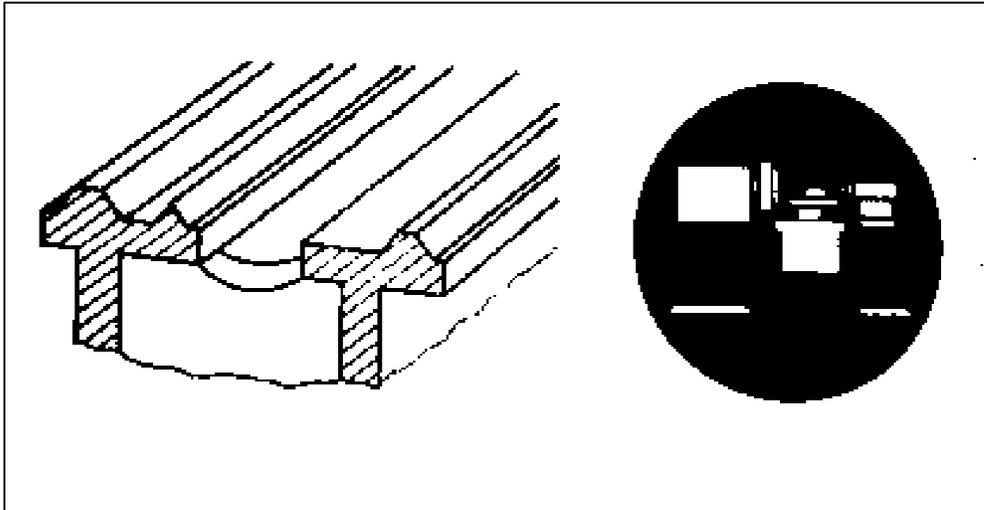


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 11.

### 2.1.3.3. **Bancada**

Soporta todas las piezas del torno y reposa sobre los zócalos. El carro portaútil y el cabezal móvil se mueven sobre superficies de guía. Estas adoptan generalmente, la forma de planos inclinados a modo de tejado figura 6. Existen también guías planas, con el objeto de poder tornear diámetros mayores, va la bancada frecuentemente provista de un puente adicional que se puede quitar.

Figura 6. **Bancada**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 12.

#### **2.1.4. Mecanismos para el movimiento de corte**

El husillo tiene que girar durante el torneado de piezas, según sean las condiciones, con diferente número de revoluciones. Para conseguir diferentes números de revoluciones se utiliza el llamado mecanismo principal. Este va generalmente dispuesto en el cabezal fijo, pero puede ir también parcialmente en el zócalo de la máquina. Mediante transmisiones por correa y por engranajes puede variarse el número de revoluciones.

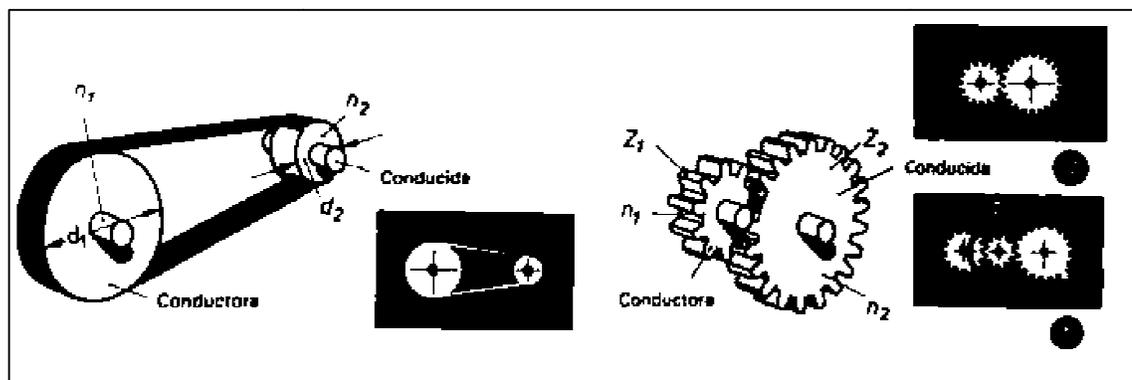
##### **2.1.4.1. Transmisión por correa**

La fuerza y el movimiento se transmiten de un árbol a otro en virtud del rozamiento entre la correa de trasmisión y la pole. Hay correas planas y otras correas trapezoidales.

### 2.1.4.2. Transmisión por engranajes

Mediante el engrane de los dientes se da origen a una transmisión exenta de deslizamiento.

Figura 7. Transmisión por engranajes

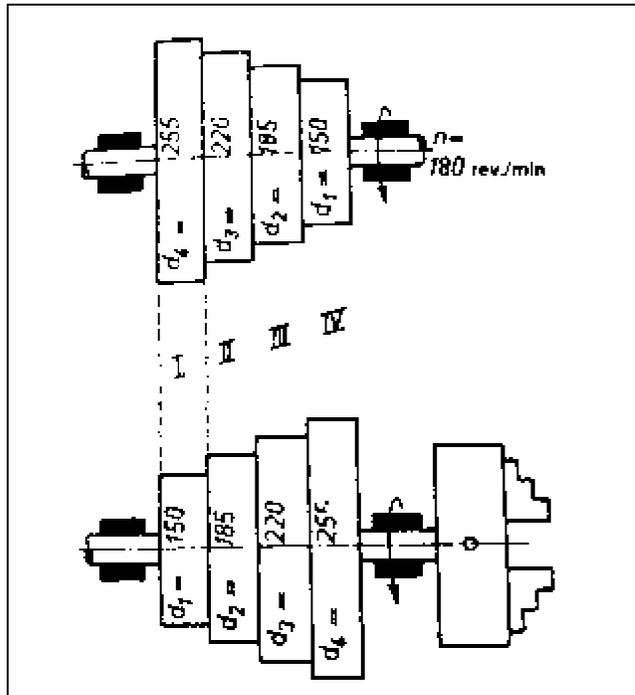


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 13.

### 2.1.4.3. Transmisiones escalonadas

Las piezas con gran diámetro exigen para ser torneadas en condiciones iguales de material y de cuchillas, un número de revoluciones menor que las piezas de diámetro menor. La causa de ello es la velocidad de corte. Es necesario, por lo tanto poder establecer en el husillo del cabezal diversos números de revoluciones. Con objeto de disponer de estos diferentes números de revoluciones, cuando hagan falta, dentro de un determinado campo de revoluciones, como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Transmisiones escalonadas



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 14.

#### 2.1.4.4. Transmisión por patea escalonada

La transmisión por patea escalonada es sencilla y resulta barata. Constituyen sendos inconvenientes la pérdida de tiempo del desplazamiento de correa y el peligro que esta operación entraña. En los tornos modernos se emplea raramente este mecanismo de accionamiento. Generalmente se emplean engranajes.

#### **2.1.4.5. Engranaje de ruedas escalonadas**

Para variar el número de revoluciones se utilizan ruedas dentadas que pueden hacerse engranar, por embrague, giro o desplazamiento mediante una palanca.

Lo más empleado es el mecanismo de desplazamiento de ruedas. Los tres números de revoluciones conseguidos mediante un mecanismo de engranajes de tres escalones no son, por lo general, suficientes. El mecanismo principal de un torno consta generalmente de varios engranajes de dos o de tres escalones montados en un cárter cerrado.

#### **2.1.4.6. Acoplamiento de los engranajes**

Los mecanismos de ruedas dentadas no deben acoplarse nada más que en estado de reposo. Para ello hay que realizar las siguientes operaciones: desacoplar el mecanismo principal; inversión del mecanismo, desplazamiento del bloque de ruedas; acoplamiento del mecanismo principal. Para acoplar y desacoplar el mecanismo principal se utilizan casi siempre embragues que pueden ser accionados durante el servicio, es decir, mientras sigue funcionando el motor de accionamiento, pudiendo ser embrague de conos, o también de láminas o electromagnético. Que se acopla por medio de teleinterruptores como un pulsador.

#### **2.1.5. Mecanismo del carro principal o de bancada**

La caja de mecanismos está incorporada en el carro principal. Exteriormente lleva las piezas de maniobra como lo son palancas y volantes de mano. El mecanismo de bancadas tiene principalmente la misión de transformar



### **2.1.6. Fuerzas de corte**

Para la penetración del filo de la cuchilla de torno en el material y arranque de las virutas se necesita una fuerza total de corte o fuerza de arranque de viruta  $F$ , que puede descomponerse en las fuerzas  $F_s$ ,  $F_v$  y  $F_p$ .

### **2.1.7. Cuchilla de torno**

Lo mismo que casi todas las herramientas con filos geoméricamente determinados, también la cuchilla de torno consta de una parte cortante y de una parte para la sujeción de las herramientas.

Las herramientas tienen que satisfacer dos condiciones importantes:

- El lugar del arranque de virutas tiene que ser con filo.
- El material de la parte cortante, llamado material cortante, tiene que ser apropiado para el arranque de virutas.

La cuña del filo es solicitada por esfuerzos de corte, calentamiento y desgaste. Los materiales cortantes tienen que ser duros, tenaces, duros a altas temperaturas (resistentes al recocido o revenido) y resistentes al desgaste. La dureza es importante para que el filo pueda penetrar en el material. Cuando la tenacidad es escasa, el filo se rompe. Se necesita una determinada dureza térmica con el objetivo de que se mantenga el filo cuando este se calienta con el arranque de viruta. La resistencia al descaste debe evitar la rápida inutilización del filo.

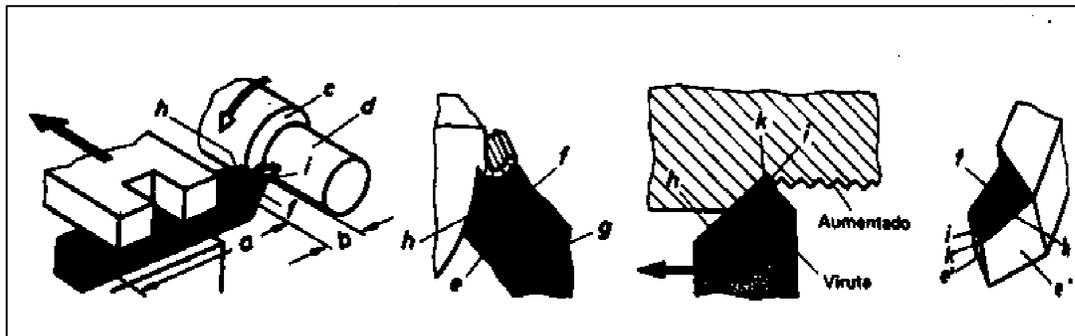
### 2.1.8. Geometría en la cuña del filo

En la cuchilla del torno se distinguen el vástago o mango y la cabeza cortante del buril. El vástago sirve para sujetar el buril. En la cabeza cortante se encuentra la cuña del filo. La forma del filo se ocupa de las superficies, filos y ángulos que se presentan en la cuña del filo.

#### 2.1.8.1. Superficie de la pieza

Las superficies que ininterrumpidamente se forman bajo el filo, en la pieza, se llaman superficies de corte. Las superficies de corte que permanecen en la pieza constituyen de acuerdo con DIN 4760, la superficie exterior de la pieza que se trabaja. Ver figura 10.

Figura 10. Superficie de la pieza



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 22.

### **2.1.8.2. Filos y superficie en la cuña del filo**

Las lneas de corte de las superficies que limitan la cuña son los filos.

El filo o corte principal va dirigido en la direcci3n del avance y arranca, generalmente la viruta del lado ancho.

Los filos o cortes secundarios son los que no apuntan en la direcci3n del avance, el filo principal y el secundario se juntan en la punta y esta punta, frecuentemente se le llama bisel.

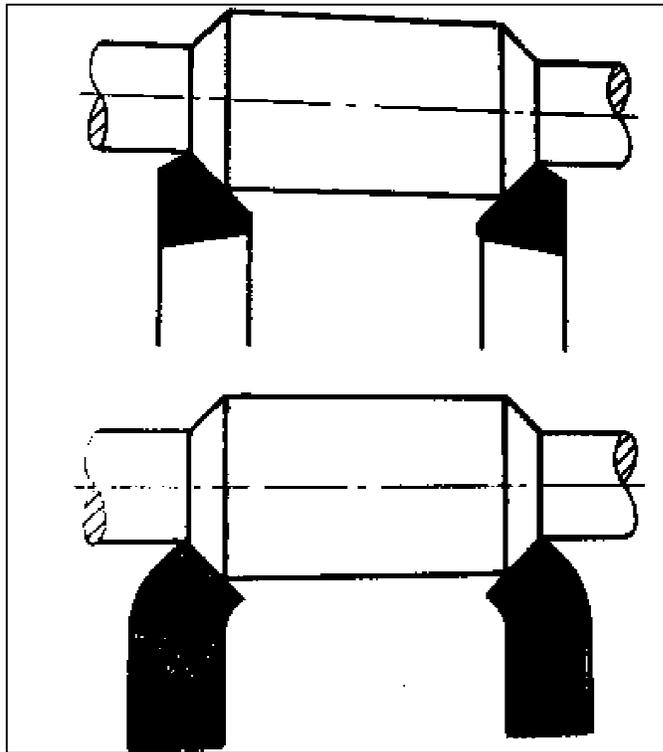
### **2.1.9. Tipos de buriles de torno**

Cada trabajo de torno exige el buril m1s apropiado de modo que habr1a que escoger el cuya forma se adapte convenientemente a esos trabajos seg1n se trate de desbastar, afinar, taladrar, tallar engranajes, etc.

#### **2.1.9.1. Cuchillas de torno rectas y curvas**

Al desbastar se trata de arrancar en poco tiempo una gran cantidad de viruta y por esta raz3n los buriles de desbastar tienen que ser de construcci3n robusta. La calidad de la superficie de corte basta que corresponda a la de desbastado. Ver figura 11.

Figura 11. Cuchillas de torno rectas o curvas



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 25.

Según la posición del corte principal, puede distinguirse entre herramientas con corte a la derecha o con corte a la izquierda.

Para la distinción entre buriles con corte a la derecha o a la izquierda ha de tenerse en cuenta lo siguiente: el buril se considera con su cabeza, dirigida contra uno mismo y con la cara del corte hacia arriba; si entonces se tiene el corte o filo principal hacia la derecha se dice que el buril es de corte a la derecha y si el corte o filo principal cae a la izquierda el útil se llamado corte a la izquierda.

### **2.1.10. Elección de los metales duros**

Los distintos materiales como acero (viruta larga), fundición gris (viruta corta), exigen para ser trabajados el tipo de metal duro adecuado para cada caso.

### **2.1.11. Trabajos con herramienta de metal duro**

El metal duro es sensible frente a sollicitaciones de flexión. Al torno se le exigen las siguientes condiciones: tipo constructivo estable; funcionamiento exento de sacudidas; el circuito de refrigeración tiene que funcionar sin perturbaciones.

Al tornear hay que tener en cuenta las siguientes condiciones fundamentales:

- Elección del tipo correcto de metal duro.
- Sujeción firme de la herramienta de modo seguro.
- Arranque de viruta a plena velocidad de corte.
- Necesidad o no de lubricación refrigerante.
- Puesta en marcha la circulación del refrigerante antes de ajustar el arranque de viruta.
- Antes de parar la máquina retira el avance pues en caso de no hacerlo se romperá el filo.

### **2.1.12. Consecuencias del desgaste**

Los filos romos penetran difícilmente en el material. La temperatura aumenta y con ello actúa en un círculo vicioso, aumentando más el desgaste. La

superficie exterior de la pieza resulta áspera. A causa del desgaste de la superficie de incidencia disminuye la profundidad de viruta.

### **2.1.13. Sujeción de la cuchilla**

Es necesario que la sujeción sea firme y segura. En el arranque de viruta las fuerzas y sobre todo, la de avance  $F_v$ , y la pasiva  $F_p$ , puede desplazar de sitio de la cuchilla si no está suficientemente bien sujeta. A consecuencia de esto puede quebrarse el filo, inutilizarse la pieza que se trabaja, salir disparada de su asiento la cuchilla y ocasionar un accidente. El desplazamiento se evita mediante la fricción entre las superficies de sujeción que produce la fuerza de sujeción.

### **2.1.14. Velocidad de corte**

La velocidad de corte es el módulo de movimiento de corte o movimiento principal. A cada revolución de la pieza que se trabaja pasa su perímetro ( $\pi \cdot d$ ) una vez por la cuchilla del buril correspondiente.

#### **2.1.14.1. Material de la pieza**

Los materiales duros desarrollan en el arranque de virutas más calor que los blandos y por esta razón se deben de trabajar con velocidad de corte más reducida que estos últimos.

#### **2.1.14.2. Material de la cuchilla**

El material duro soporta más calor que los aceros rápidos y permite el empleo de velocidades de corte mayores.

#### **2.1.14.3. Sección de viruta**

Cuando se torneá con virutas pequeñas (afinado, alisado) la velocidad de corte puede ser mayor que cuando las virutas son gruesas (desbastado) porque las grandes secciones de viruta desarrollan más calor que las pequeñas.

#### **2.1.14.4. Refrigeración**

Con una buena refrigeración se puede emplear una velocidad de corte mayor que torneado en seco.

#### **2.1.14.5. Tipo de construcción de máquina**

Una máquina robusta puede soportar velocidades de corte más altas que otra de construcción más ligera. Las máquinas deben estar dispuestas de tal modo que pueda aplicarse en ella la velocidad de corte elegida.

Cuando se elige la velocidad de corte hay que tener en cuenta, a veces, otros puntos, por ejemplo, una pieza grande o con muchos salientes. Se tiene que tener en cuenta también la clase de torneado. Si, por ejemplo, hay que torneá un gran agujero sin cambio de herramienta, habrá que mantener la velocidad convenientemente reducida con el objetivo de que la cuchilla no se quiebre durante el trabajo.

#### **2.1.15. Mecanizado de ejes**

Los ejes se emplean para transmitir movimientos de rotación y esfuerzos de torsión, estos esfuerzos tienden a retorcer el eje. En este efecto, no solamente entran en juego la magnitud del esfuerzo de torsión, sino que también tiene

gran importancia la distancia del punto de aplicación de la fuerza al centro del eje, es decir, el brazo de palanca con que actúa la fuerza. El producto de la fuerza por la distancia del punto de aplicación centro del eje se designa con el nombre de momento de torsión.

Cuando mayor es el momento de torsión, tanto mayor es la sollicitación que ha de aguantar el eje.

Sobre el eje pueden actuar, además, fuerzas tales como la fuerza de tirar de correas o fajas de transmisión o el peso de grandes poleas, catarinas, porta cuchillas, etc. que pueden flexionarlo, con el objetivo de que los ejes sean capaces de resistir las sollicitaciones de torsión y de flexión a que puedan estar sometidos, se fabrican materiales apropiados como: los aceros 1040 o aceros aleados.

#### **2.1.15.1. Preparación para tornear ejes**

La pieza en bruto se corta de la barra unos 5 milímetros más larga que la medida nominal. Para ello puede utilizarse la sierra mecánica. Los taladros de centrado deben practicarse en el centro de las caras frontales, las cuales deben ser planas y perpendiculares al eje de la pieza, por lo cual se refrentan antes de proceder al centrado.

#### **2.1.15.2. Medición y verificación de ejes**

Los diámetros sin indicaciones de ajuste y las longitudes se miden del modo ya conocidos utilizando los instrumentos apropiados. Frecuentemente hay que comprobar durante el trabajo si el torno gira y tornea concéntricamente.

Para esto se presta el comprar de exteriores. Para comprobar la medida se emplea el calibre de tolerancias o calibre de herradura.

#### **2.1.16. Comparador**

En un comparador o micrómetro el movimiento rectilíneo del palpador hace girar por medio de un mecanismo de cremallera y ruedas dentadas un índice que presenta sobre una escala el movimiento amplificado del citado palpador.

La escala de lectura abarca toda la caratula. El valor de la escala es generalmente de 0,01 milímetros, es decir, que la distancia entre dos trazos de la esfera corresponde a un recorrido de 0,01 milímetros del palpador. La carátula se puede girar de modo que el cero quede cubierto por el índice. Estos comparadores, también llamados relojes de medición, están normalizados según (DIN 878). El tipo constructivo más corriente tiene las siguientes características: diámetro de la caja 60 milímetros; alcance de medición 10 milímetros; rango graduado en 100 divisiones, una vuelta del índice correspondiente a un recorrido del palpador de 1 milímetros; el índice pequeño sirve para registrar los milímetros enteros. En algún tipo constructivo más pequeño la caja es de 40 milímetros y el campo de lectura de 3 milímetros.

El comparador se utiliza en la práctica fijando el vástago de sujeción en un soporte adecuado, el comparador no indica en general, la medida real sino la diferencia (discrepancia) de la medida real respecto a una medida normal.

### **2.1.17. Mecanizado de árboles excéntricos**

Para realizar el trabajo, se sujeta la pieza en el plato de tres garras y se tornea en cuanto a longitud. Después de taladrar en ambas caras frontales los puntos de centrado correspondientes, se desbasta la pieza dejándola al diámetro mayor, aproximadamente a unos 33 milímetros. A continuación se trazan los puntos de centrado para los puntos descentrados y se taladran.

Con los compas de puntas se traza en ambas bases o caras frontales la circunferencia de excentricidad. El radio de estas circunferencias es igual a la excentricidad. La circunferencia puede también ser trazada con el gramil de trazador entre puntos del torno. La pieza se coloca sobre la uve y con la punta de trazar del gramil situado exactamente a la altura del centro, se traza sobre cada una de las caras una línea. Los puntos de intersección de las líneas con la circunferencia de excentricidad son las posiciones que se buscan de los puntos de centrado. Hay que observar que ambas líneas horizontales deben estar situadas en un mismo plano.

Cuando la excentricidad es grande pueden establecerse ambos taladros de los puntos de centrado necesarios. Se tornea primeramente el diámetro mayor y después las partes excéntricas.

## **2.2. Manual para la fresadora**

Es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa .

### **2.2.1. Proceso del trabajo al fresar**

Mediante el fresado puede proveerse a piezas de los más diversos materiales como: el acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos de superficies planas o curvas, de entalladuras, de ranuras, de dentados, entre otros.

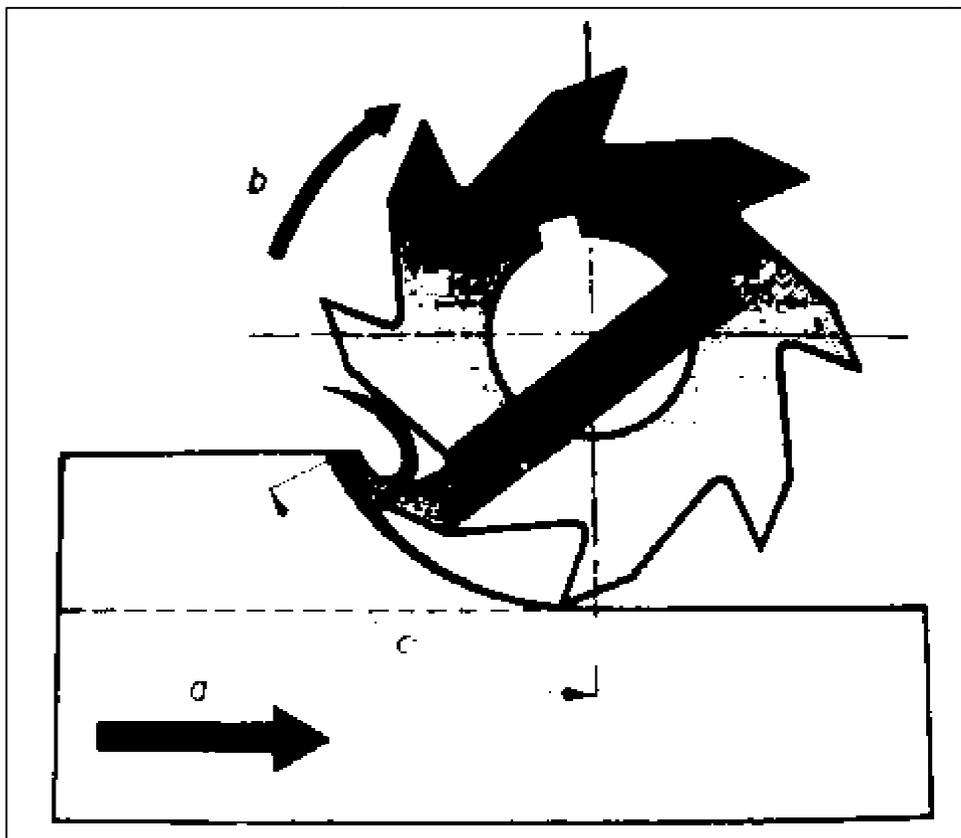
La superficie de las piezas fresadas puede ser desbastada o afinada. Las piezas que tienen mejor calidad superficial, como las guías de máquinas, se acaban frecuentemente por rectificado.

### **2.2.2. Procedimiento de fresado**

Fresar es arrancar viruta con una herramienta (fresa) dotada de múltiples filos de corte en movimiento de rotación. Los dientes de la fresa en forma circular tienen la forma de cuñas cortantes. La fresa realiza el movimiento circular de corte. Los movimientos de avance y de aproximación son realizadas por la pieza que se trabaja. Cuando se fresa, cada filo no está constantemente en acción sino únicamente durante un aparte de la revolución de la fresa. Es decir, no está el filo o diente constantemente en acción sino únicamente durante una parte de la revolución de la fresa. Es decir, no está el filo o diente constantemente dedicado a arrancar viruta. El resto del tiempo el filo gira en vacío y puede refrigerarse. El trabajo, no es por lo tanto tan fuerte como el de la

cuchilla de torno o de la broca helicoidal cuyos filos están constantemente en acción. La fuerza de arranque de viruta no es siempre la misma, de modo que pueden producirse vibraciones que perjudican tanto a la máquina como a la herramienta y a la superficie que se trabaja. Ver figura 12.

Figura 12. **Procedimiento del fresado**



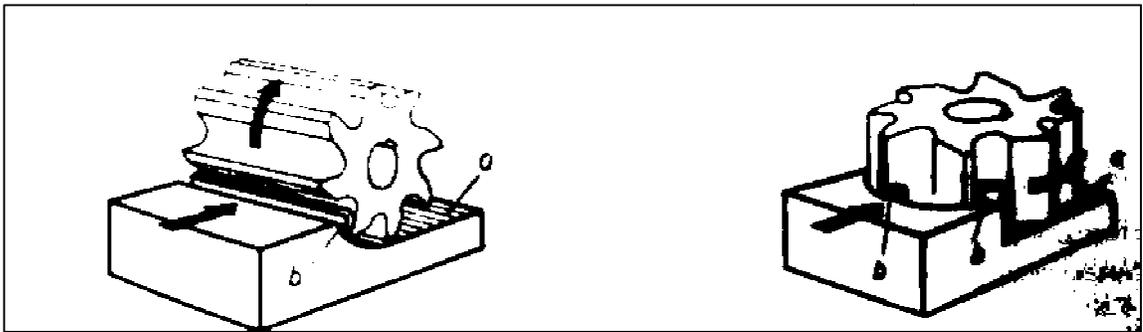
Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 140.

### 2.2.3. **Fresado cilíndrico y fresado frontal**

En el fresado cilíndrico el eje de la fresa se halla dispuesto paralelamente a la superficie de trabajo en la pieza. La fresa es de forma cilíndrica y arranca las

virutas con los dilos de su periferia como se muestra en la figura 13. Las virutas producidas tienen forma de coma.

Figura 13. **Fresado cilíndrico y fresado frontal**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 141.

En el fresado frontal, el eje de la fresa es normal a la superficie de trabajo. La fresa no solo corta con filos de su periferia, sino también con dientes frontales. Las virutas son de espesor uniforme.

### **2.2.3.1. Comparación entre los fresados cilíndrico y frontal**

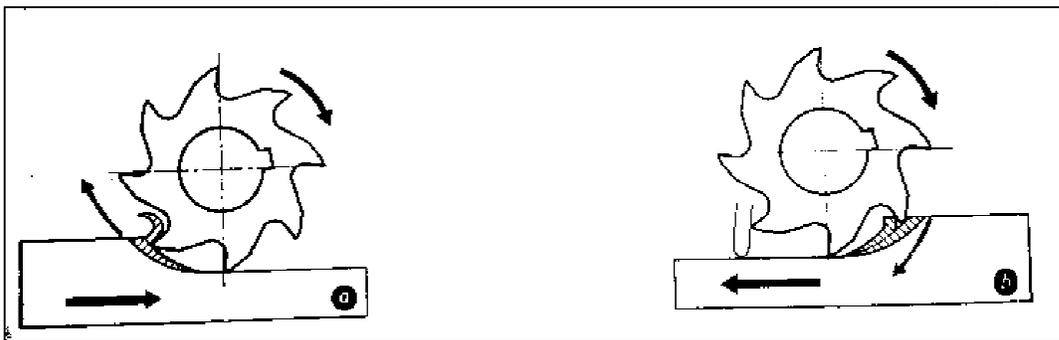
En el fresado cilíndrico la máquina fresadora experimenta una carga irregular en virtud de la forma de coma de las virutas. Es difícil evitar un ligero golpe en la periferia, cuya consecuencia es una señal ondulada que se forma a cada revolución de la fresa. En el fresado frontal cada diente arranca una viruta de espesor uniforme. La carga de la fresadora es por esta razón uniforme. El rendimiento de viruta es, por lo general, un 15 a 20 por ciento más alto que en el fresado cilíndrico. El pequeño golpe que pueda producirse en la periferia de la fresa frontal no tiene influencia alguna sobre la lisura de la superficie de la

superficie y las superficies obtenidas presentan, por eso, una superficie más lisa. Siempre que sea posible deben mecanizarse las superficies planas mediante fresado frontal.

### 2.2.3.2. Fresado contramarcha y a favor del avance

El movimiento de avance en el fresado cilíndrico tiene lugar, generalmente contra el sentido de giro de la fresa, pero puede verificarse también, en el mismo sentido que este. Ver figura 14. Se distinguen de acuerdo con esto, el fresado en contra y a favor del avance.

Figura 14. Fresado contra marcha y a favor del arranque



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 142.

El fresado de contramarcha es el procedimiento corrientemente empleado en el fresado cilíndrico. La viruta se arranca aquí primeramente por el sitio más delgado. Antes de que los dientes de la fresa penetren en el material, resbalan sobre la superficie que se trabaja. Con esto se produce un fuerte rozamiento. El esfuerzo de corte tiende a levantar la pieza.

En el fresado en favor del avance los filos de la fresa atacan la viruta por su sitio más grueso. Como la pieza es fuertemente presionada contra su apoyo, se presta el procedimiento para el fresado de piezas delgadas. Se emplean también grandes profundidades de corte. La máquina debe, sin embargo, ser apropiada para este modo de trabajar. Ante todo la mesa no debe tener juego alguno, pues en caso contrario la fresa tiraría de la pieza hacia adentro.

#### **2.2.4. Máquina fresadora horizontal**

Esta máquina se presta para toda clase de trabajos de fresado. Su característica es el husillo de fresar dispuesto horizontalmente.

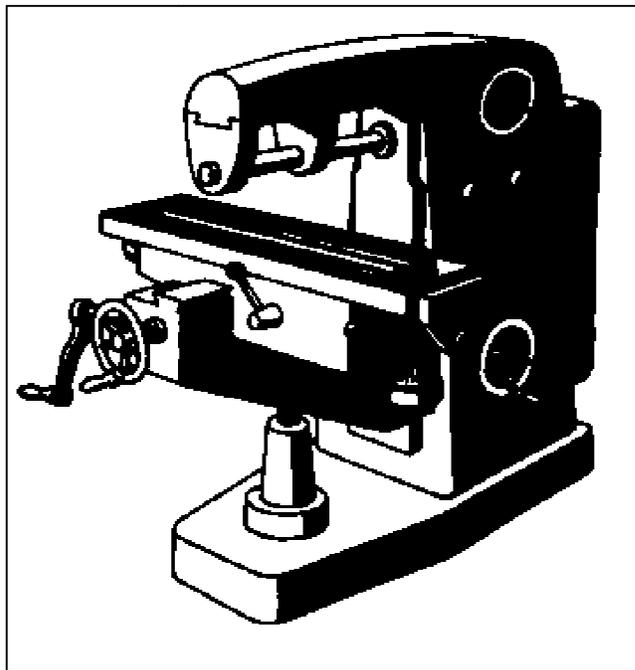
El cuerpo de la fresadora soporta el husillo de fresar horizontalmente dispuesto, los accionamientos principal y de avance, la mesa de consola móvil con carro transversal y mesa fresadora, que suelen ir apoyados en un soporte.

El husillo de fresar es soportado por cojinetes de fricción o de rodadura. Para garantizar un funcionamiento sin vibraciones, se realiza en dimensiones que le den robustez. Para sujetar el útil de fresar, la cabeza del husillo tiene un cono exterior y un cono interior.

El mecanismo del accionamiento principal da al husillo de fresar el movimiento de corte o movimiento principal. Con el objetivo de que la fresa pueda funcionar con la velocidad de corte más apropiada, el número de revoluciones es variable. Las máquinas, la mayoría, son accionadas por un motor eléctrico y a través de juegos de ruedas dentadas se puede conseguir hasta 12 o más números de revoluciones accionando una palanca.

El mecanismo de accionamiento del avance es la pieza que sujeta a la mesa de fresar. Para poderla acercar a la fresa, la consola se desplaza en altura, el carro transversal lo hace en sentido lateral y la mesa de fresar en sentido longitudinal. Ver figura 15.

Figura 15. **Máquina fresadora horizontal**

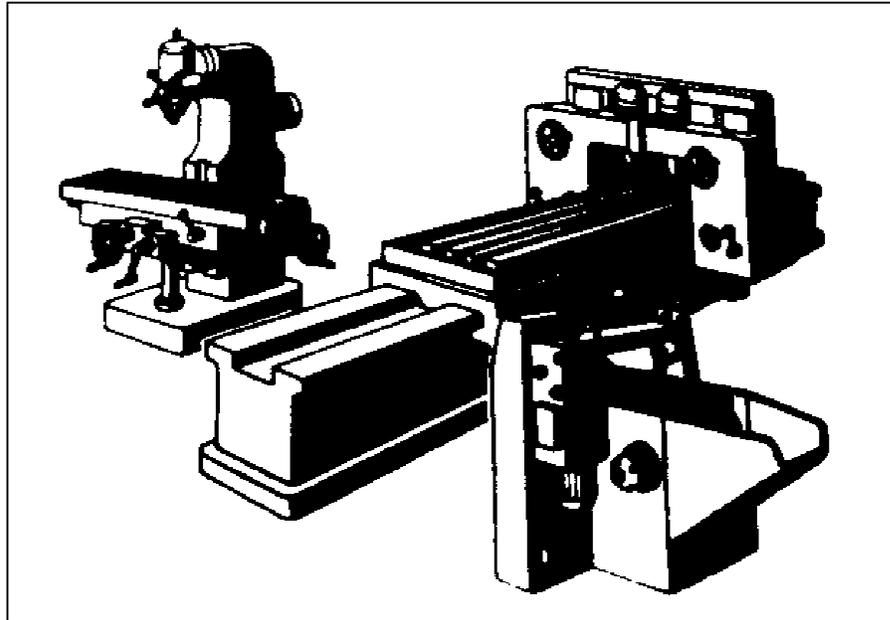


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 143.

### **2.2.5. Máquina de fresar vertical**

Con esta máquina se realizan, principalmente trabajos de fresado frontal. El husillo de fresar está dispuesto verticalmente en el cabezal porta-fresas. Este cabezal puede girar de tal modo que el husillo puede adoptar también una posición inclinada. Los mecanismos de accionamiento principal y de avance no se diferencian de la máquina de fresar horizontal. Ver figura 16.

Figura 16. **Máquina de fresar vertical**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 143.

### **2.2.6. Herramientas para fresar**

Las fresas se hacen preferentemente de acero. Para grandes rendimientos de viruta se emplean fresas, como son las cilíndricas y los platos o cabezales de cuchillas, con filos de metal duro.

Como el acero es un material caro, en el caso de fresas grandes se hace el cuerpo de la fresa con acero de construcción y se le insertan cuchillas de acero rápido. En los platos o cabezales de cuchillas, en vez de las cuchillas insertadas, pueden emplearse también placas de corte rotatorias de metal dura.

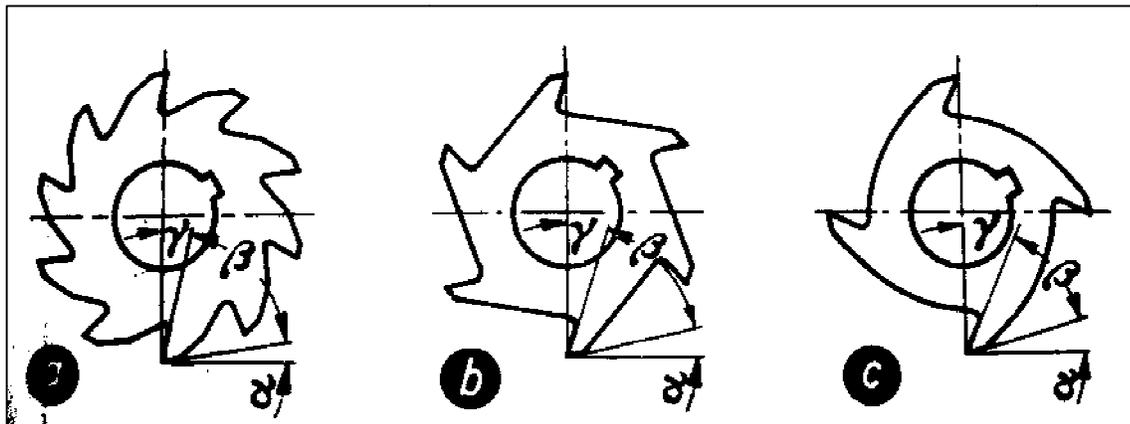
## 2.2.7. Clases de fresas

Según la forma de los dientes se distingue entre fresas de dientes puntiagudos y fresas con despulla. La mayoría de ellas están normalizadas.

### 2.2.7.1. Fresas de dientes puntiagudos

El rendimiento de corte de la fresa y la calidad superficial de la pieza dependen principalmente de los filos de las fresa. Estos son cuneiformes y se obtiene por fresado (ver figura 17). La magnitud de los ángulos de corte está relacionada con el material que se vaya a trabajar. La distancia o paso entre los dientes queda también determinada por el material.

Figura 17. Fresas de dientes puntiagudos



Fuente: GERLING, Heinrick. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 145.

Al fresar materiales blandos se pueden producir grandes cantidades de virutas que pueden ser recibidas y separadas gracias a los grandes huecos existentes entre diente y diente. Las fresas normalizadas se clasifican en los

tipos N, H y W. Los filos pueden estar dispuestos paralelamente al eje de la fresa o tener forma helicoidal.

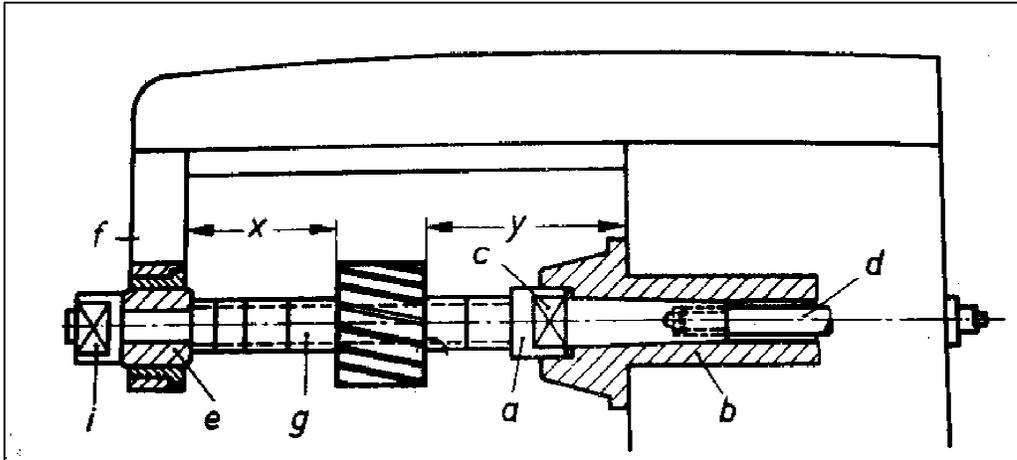
### **2.2.7.2. Fresas con despulla**

Para fresar superficies sinuosas no se pueden emplear las fresas de dientes en punta, ya que al afilar la fresa se cambiaría su perfil. Para curvas, arcos circulares y toda clase de perfiles, así como, con frecuencia, también para fresado de ranuras, se emplean estas fresas de forma retorneadas. El retorneado resulta necesario para mantener el ángulo de incidencia. El ángulo de ataque vale, generalmente, cero grados. El refilado se verifica a costa de la superficie de ataque, con lo cual el perfil se mantiene invariable.

### **2.2.8. Sujeción de las fresas**

La fresa debe trabajar sin sacudidas, pues de lo contrario se desgastan rápidamente los dientes más salientes, por lo que el tiempo de duración resulta acortado. Aparte de esto, cuando una fresa gira excéntricamente, es decir, cuando no gira bien redonda como corrientemente se dice en los talleres, cada diente trabaja a distinta profundidad, con lo cual se producen ondulaciones en la superficie de la pieza que se mecaniza. La sujeción de la fresa es una operación que hay que realizar con el mayor cuidado. Ver figura 18.

Figura 18. Sujeción de las piezas



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 170.

### 2.2.8.1. Verificación del giro concéntrico

Una fresa cuando gira no debe presentar una desviación superior a 0,05 milímetros. Para efectuar la verificación se emplea el comparador. Para eso se hace girar el husillo lentamente a mano.

### 2.2.9. Fresado de desbastado y de afinado

En el fresado de desbastar se trata de eliminar el exceso de material en el tiempo más corto posible. Por esta razón se elige una velocidad de avance grande. Para el trabajo as corto posible. Por esta razón se elige una velocidad de avance grande. Para el trabajo siguiente de acabado se deja de 0,5 a 1 milímetros de material. Con vistas a la conservación de la fresa se elige una velocidad de corte pequeña.

Mediante el fresado de acabado debe obtener la pieza sus dimensiones finales y la calidad superficial deseada. Para esto es necesaria una mayor velocidad de corte y una velocidad de avance pequeña. Cuando el exceso de material no es demasiado grande, la pieza puede obtener sus dimensiones definitivas y su calidad superficial con una sola pasada. En este caso se eligen unos valores intermedios para las velocidades de corte y de avance.

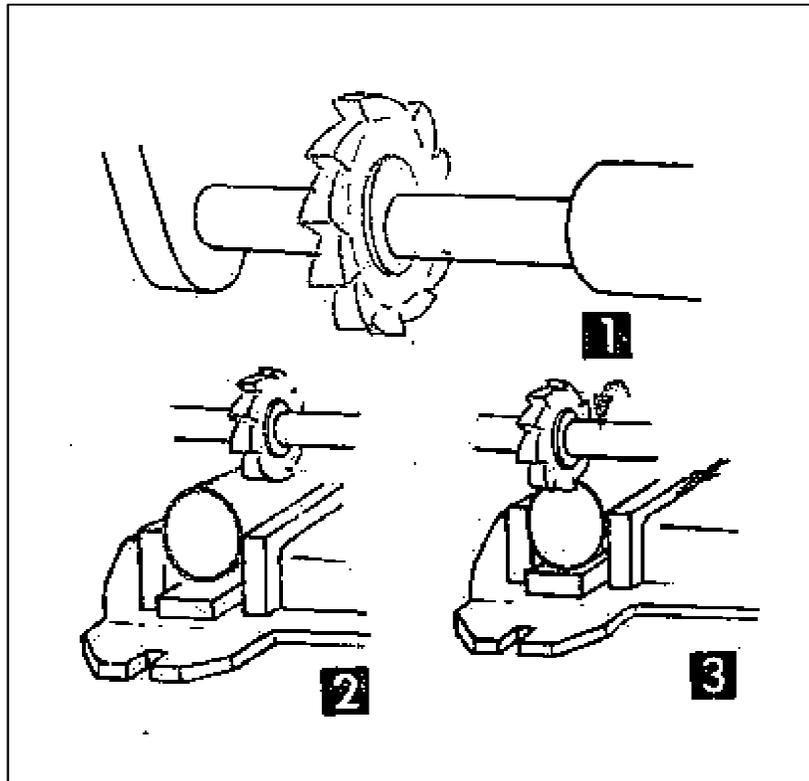
#### **2.2.10. Lubricación refrigerante durante el fresado**

Una buena lubricación refrigerante se traduce en mejora de la calidad superficial y mayor duración de la fresa. Aparte de eso, el medio refrigerante, proyectado con un chorro fuerte sobre el punto de corte, arrastra las virutas que se desprenden de modo que estas no quedan enganchadas entre la superficie de trabajo y los dientes de la fresa.

#### **2.2.11. Fresado de cuñeros**

Los cubos de acoplamiento, poleas, ruedas dentadas, etc. Pueden hacerse solidarios al árbol por medio de cuñeros o pasadores. Ver figura 19.

Figura 19. **Fresado de cuñeros**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 159.

Las chavetas sirven para afianzar, tienen todo ajuste y han de ser introducidas a golpes.

Los pasadores sirven para establecer un enlace de arrastre y no tienen cono. Se emplean cuando el cubo deba poderse desplazar como en acoplamientos desembragables.

Tanto la altura y la anchura de las chavetas y pasadores como las profundidades de las chaveteras en árboles y cubos están normalizadas.

### **2.2.11.1. Mecanizado del cuñero**

La fresa a emplear puede ser de ranura de dientes puntiagudos o con despulla. El árbol hay que disponerlo con todo cuidado horizontalmente y en posición longitudinal. Una vez ajustada la pieza, al centro de la fresa se fija el carro transversal. Para ajustar la profundidad de la chavetera se puede utilizar el anillo divisor.

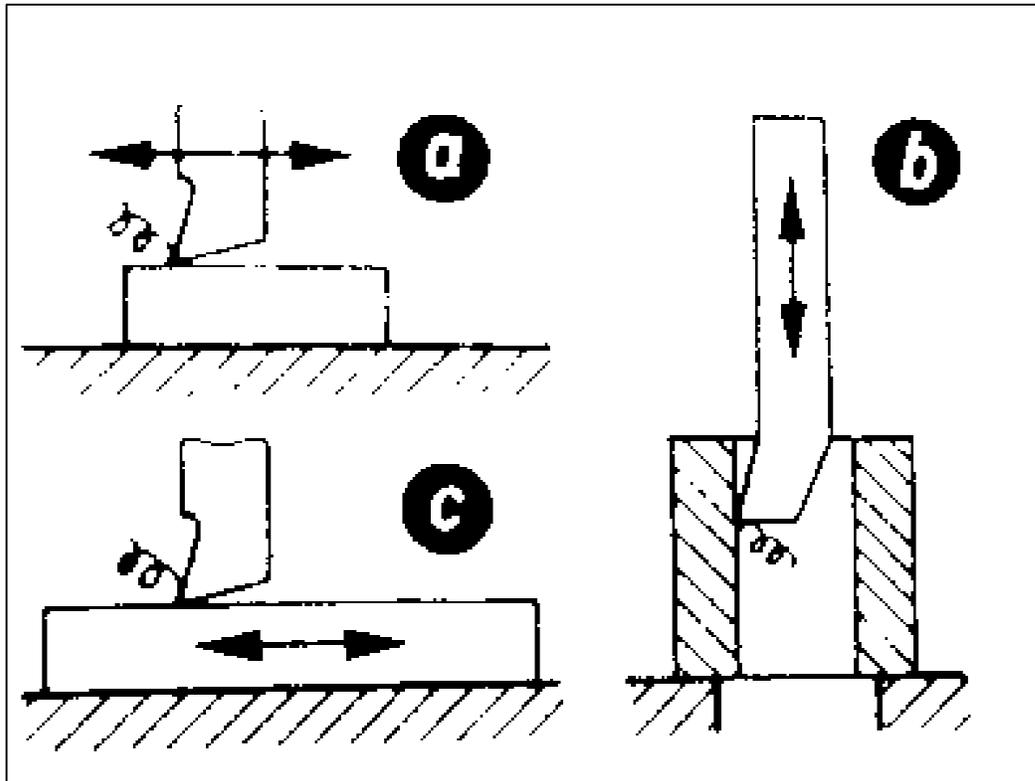
### **2.2.11.2. Verificación del cuñero**

La anchura del cuñero puede verificarse por medio de calibres normales de caras paralelas. Para medir la profundidad de la ranura viene bien el empleo del calibre de profundidades para ranuras exteriores. La posición centrada de la ranura se verifica con calibres normales de caras paralelas y con el comparador.

## **2.3. Cepillado de piezas**

El cepillado constituye un importante procedimiento de trabajos para conseguir superficies planas y curvas. Ver figura 20.

Figura 20. Cepillado de piezas



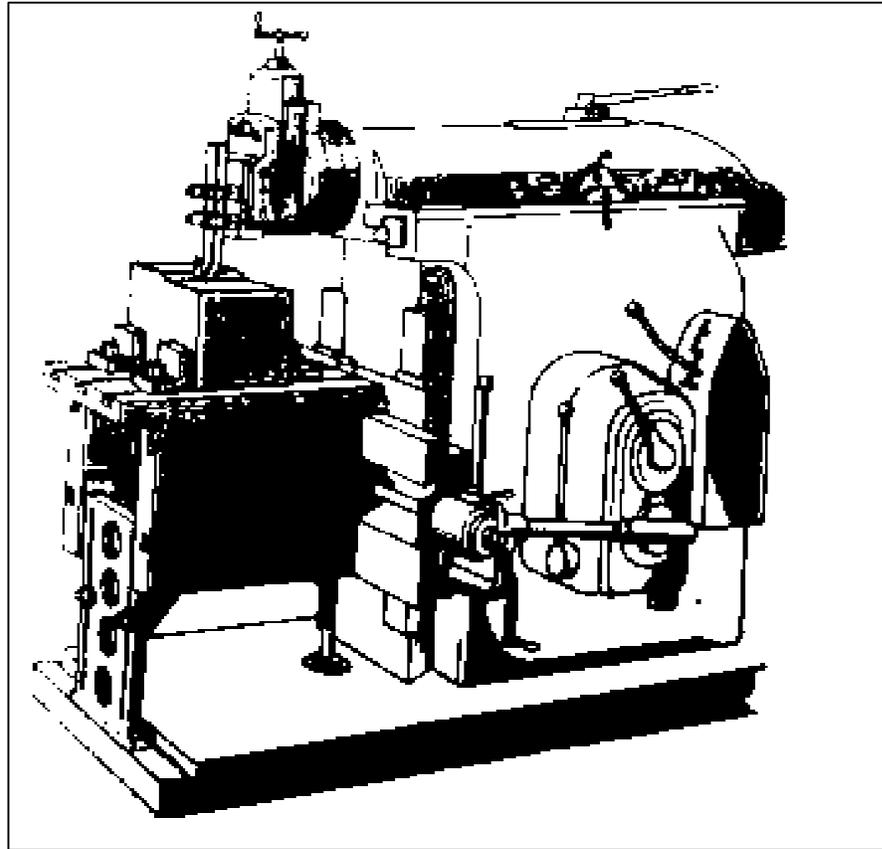
Fuente: GERLING, Heinrich. Alrededor de las máquinas-herramientas p. 169.

El cepillado consiste en arrancar virutas con un buril de un solo filo que no está continuamente en acción. Las virutas se arrancan de la pieza en forma de tiras en cada carrera de trabajo.

### 2.3.1. Cepillo horizontal

Esta máquina se presta para trabajar piezas pequeñas; por ejemplo hasta una longitud de 800 milímetros. El arranque de viruta con la mortajadora horizontal es llamado también cepillado figura 21.

Figura 21. Cepillo horizontal



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 170.

### 2.3.2. Movimiento principal o movimiento de corte

Es realizado por el buril de cepillar. Se distingue entre carrera de trabajo y carrera en vacío. La viruta es arrancada durante la carrera de trabajo. Por medio de la carrera en vacío (retroceso) el buril vuelve hacia atrás sin arranque de virutas. Ambas carreras juntas constituyen la doble carrera.

### **2.3.2.1. Movimiento de avance**

Es intermitente y es el que da lugar al avance. Para cepillar en dirección horizontal, la pieza, ya sujeta, que se va a trabajar, es movida contra el buril. En el cepillado vertical, es el buril es el que se mueve contra la pieza.

### **2.3.2.2. Movimiento de ajuste**

Sirve para graduar el espesor de la viruta. En el cepillado horizontal se obtiene, generalmente, mediante movimiento del buril en altura y en el cepillado vertical, por movimiento lateral de la pieza que se mecaniza.

### **2.3.3. Constitución de un cepillo horizontal**

Es una máquina herramienta que se usa para maquinar una superficie plana que se encuentra en posición horizontal, además se emplea para maquinar superficies irregulares y especiales que serían difíciles producir en otras máquinas.

#### **2.3.3.1. El carro**

Está dispuesto en una guía y produce el movimiento principal; en su cabezal lleva el carro portaburiles. El buril va sujeto en el portaburiles que está colocado en una placa articulada con una charnela.

En la carrera de trabajo, la placa articulada es apretada por el esfuerzo de corte contra el soporte de la misma y en el movimiento de retroceso, se levanta algo en virtud de su articulación con bisagra, con lo cual se evita el deterioro del buril y de la superficie que se trabaja.

### **2.3.3.2. La mesa**

Sirve para sujetar a ella la pieza. Puede desplazarse lateralmente y en altura por medio de husillos.

### **2.3.3.3. Accionamiento principal**

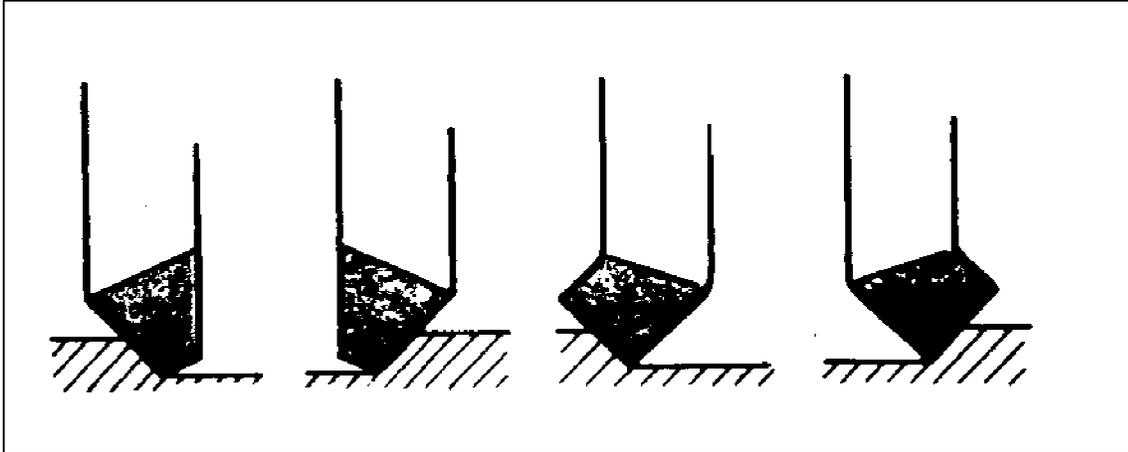
Da lugar al movimiento de ida y de vuelta del carro de la limadora. El movimiento motor giratorio es transformado, generalmente, mediante una biela oscilante de corredera, en el movimiento rectilíneo del carro de la limadora.

Un motor imprime movimiento rotatorio uniforme al disco-manivela está dispuesta una espiga que puede desplazarse hacia el centro mediante accionamiento de un husillo. La espiga lleva un pivote o taco de corredera que desliza en la guía de la biela oscilante. En virtud al pie de la máquina, oscila a un lado y a otro con su extremo libre. Una articulación transmite al carro ese movimiento oscilante.

### **2.3.4. Cuchilla para cepilladora**

Para arrancar virutas en las cepilladoras horizontales y en las cepilladoras se emplean los mismos buriles. Estos buriles reciben el nombre de cuchillas de cepillar. Se diferencian en cuanto a forma y material de corte solo en casos excepcionales de las cuchillas torno. La carga que se produce a modo de percusión al iniciar el corte exige tipos de material tenaces. Ver figura 22.

Figura 22. **Cuchilla para cepilladora**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 174.

#### **2.3.4.1. Cuchilla de cepillar para desbastar**

Deben arrancar en poco tiempo la mayor cantidad posible de viruta. Las grandes secciones de viruta exigen una forma robusta de filo.

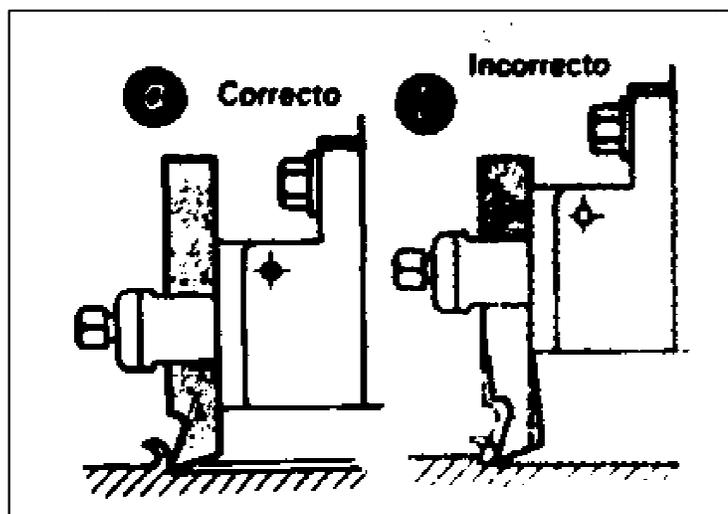
#### **2.3.4.2. Cuchilla de cepillar para afinar**

Dan a la superficie trabajada un aspecto limpio y por esta razón los filos son redondeados o planos. Una cuchilla curvada hacia atrás se flexa separándose de la pieza al encontrar en esta un punto duro, no deteriorándose la superficie trabajada como ocurriría al clavarse en ella si no se tuviera esa curvatura hacia atrás.

### 2.3.5. Sujeción de las piezas

Mediante la sujeción se origina entre la pieza y los apoyos o calces un fuerte rozamiento que impide el deslizamiento de la misma al obrar sobre ella la fuerza de corte. La magnitud del rozamiento crece con la aspereza o rugosidad de las superficies de sujeción y con la precisión ejercida por las mordazas. Esta última no puede, sin embargo, ser extraordinariamente grande, pues podría darse el caso de que se deformaran las piezas cuando son delgadas. La superficie de sujeción tiene que ser suficientemente grande, pues si es demasiado pequeña la presión por unidad de superficie podría resultar excesivamente grande y quedar, como consecuencia de ello, señaladas en la pieza las marcas de los sitios oprimidos. Las virutas y demás cuerpos extraños interpuestos hacen que la sujeción no sea buena y por esta razón deben limpiarse las superficies correspondientes antes de proceder a la sujeción. Ver figura 23.

Figura 23. Sujeción de piezas



Fuente: GERLING, H. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 175.

### **2.3.6. Cepillado en cepilladoras**

Las cepilladoras se prestan para trabajar con piezas largas, por ejemplo, bandas de guías. Para conseguir grandes rendimientos de viruta trabajar con varias cuchillas simultáneamente, pero desplazadas entre sí (por ejemplo, el cepillado en reja de arado).

### **2.3.7. Constitución de la cepilladora**

El movimiento de avance lo verifica en estas máquinas la pieza a trabajar sujeta sobre la mesa.

Hay cepilladoras con carrera de corte hasta de 20 metros.

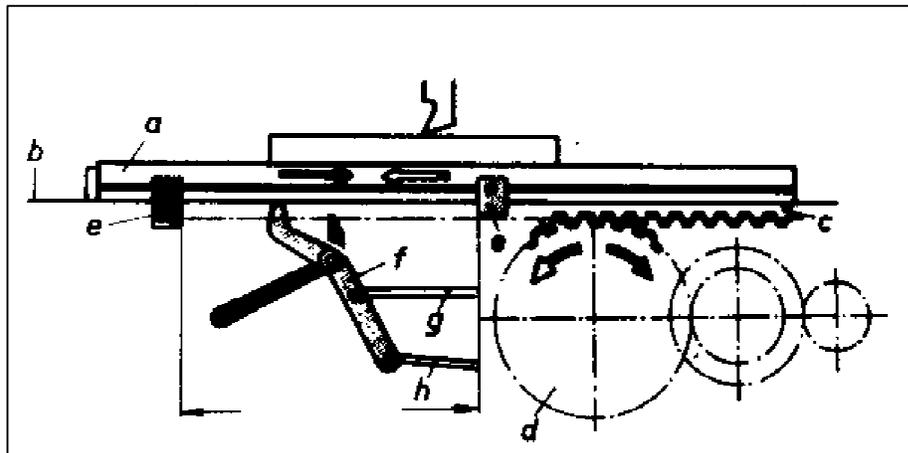
La mesa se desliza en las guías de la bancada. Para sujeción de la pieza está la mesa provista de ranuras en T. El carro portaherramientas se utiliza una placa o charnela. El carro transversal va soportado por dos montantes y puede desplazarse en altura mediante husillos. En las grandes máquinas de cepillar corren a lo largo del carro transversal dos carros portaherramientas. Parte de esto, existen frecuentemente dos portaherramientas laterales que se utilizan para el mecanizado de las superficies verticales.

Las piezas de mucho tamaño que no caben entre los bastidores laterales se cepillan en la máquina de cepillar de un solo brazo.

### 2.3.7.1. Accionamiento principal

Está dispuesto en la bancada de la máquina y transmite a la mesa el movimiento principal de ida y vuelta. Existen accionamientos de engranajes y accionamientos hidráulicos.

Figura 24. Accionamiento principal



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 183.

La mesa tiene en su parte inferior unas cremalleras en la cual engrana una rueda dentada que es accionada, a través de un sistema de engranajes, por el motor de accionamiento. Después de cada carrera de trabajo debe retroceder la mesa, para lo cual es necesario que cambie el sentido de rotación del accionamiento. La inversión es provocada por la mesa de cepillado, correspondiente con la longitud de la carrera se disponen en la mesa dos topes graduales que chocan contra una palanca de inversión. Por medio de una barrilla de mano se transporta el movimiento de las palancas a un sistema de transmisión por correas que realiza el cambio del sentido de rotación. Las máquinas más modernas tienen para la inversión del sentido de marcha un

acoplamiento electromagnético. Para ahorrar tiempo, la velocidad de la mesa es mayor en la carrera de retroceso que en la carrera de trabajo.

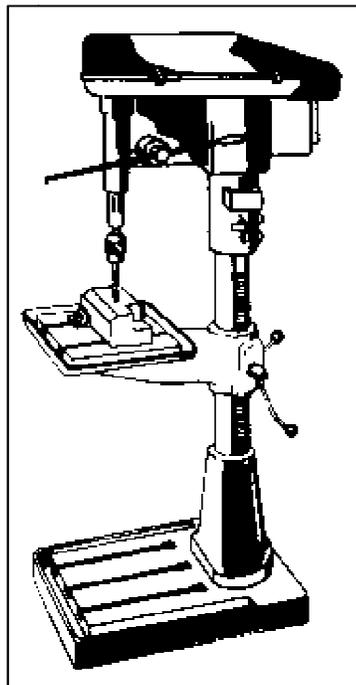
## 2.4. Fabricación de piezas perforadas

Para su fabricación se utiliza principalmente el taladro, son piezas a las cuales se les ha abierto un agujero de forma mecánica.

### 2.4.1. Taladros en las piezas

Los taladros que se pueden encontrar en las piezas son algunas veces agujeros pasantes y otros agujeros ciegos. Ver figura 25.

**Figura 25.** Taladros en las piezas



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 89.

Los taladros tienen los más diversos fines; por ejemplo, se utilizan para alojar remaches, tornillos, pernos, árboles, émbolos, o para dar paso a gases, líquidos, etc.

Taladrar es arrancar virutas con buriles de uno o de varios filos (brocas). Los filos están constantemente en acción. Se practican agujeros con superficie interior cilíndrica. El taladrar es arrancar viruta en plan de desbastar.

Como máquinas herramientas para este trabajo se emplean, preferentemente, las taladradoras, pero también a veces los tornos, tipos revolver, los automáticos, etc.

Además, por arranque de viruta, se pueden practicar agujeros en las piezas por otros procedimientos que no entrañen formación de viruta, por ejemplo, por estampado y punzonazo, por medio de soplete, por medio de un hoyo de fundir, entre otros.

El taladrado constituye uno de los procedimientos de trabajo por arranque de virutas más importante de la industria metalúrgica. Alrededor de un 30 por ciento de las máquinas son taladradoras.

A veces los agujeros taladrados se terminan de mecanizar por medio de procedimientos de afino, tales como: el escariado, el esmerilado y el bruñido.

#### **2.4.2. Movimientos al perforar con taladradora**

Como herramienta para taladrar en material macizo se utiliza preferentemente, las brocas en espiral formada por dos cortes. Con el objetivo

de que los cortes o filos puedan arrancar virutas se necesitan dos movimientos simultáneos.

#### **2.4.2.1. Rotación de la broca**

- El movimiento de giro se llama también, movimiento de corte o movimiento principal.
- En caso especiales el movimiento de corte, o movimiento principal, lo realiza la pieza a mecanizar, que está animada por un movimiento de rotación, como ocurre, por ejemplo, cuando se hacen taladros en el torno.
- El movimiento principal se mide por la velocidad de corte en metros por minuto. Esta es máxima en la periferia de la broca y disminuye hacia el eje de la misma.

#### **2.4.2.2. Movimiento rectilíneo contra la pieza**

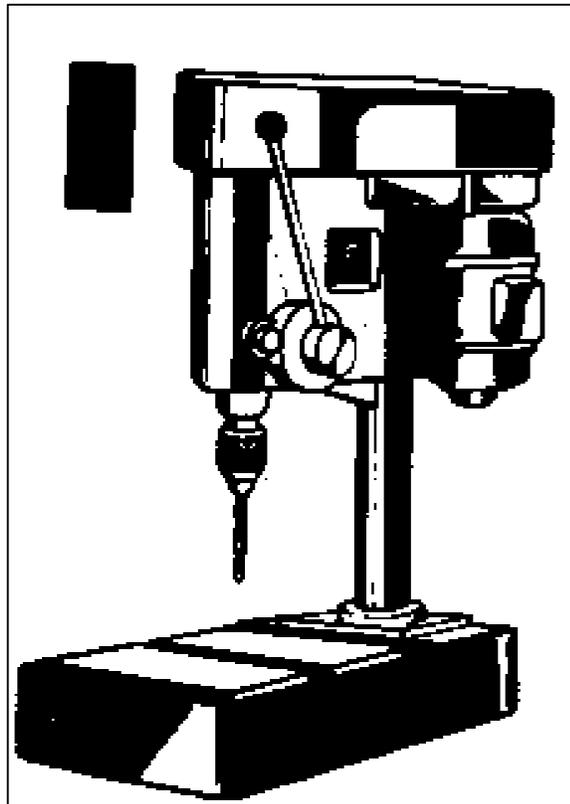
- Este movimiento determina el espesor de la viruta.
- El avance puede, también tener lugar por movimiento de la pieza contra la broca animada de movimiento de rotación; esto ocurre, por ejemplo, en algunas máquinas de mesa pequeñas por elevación de la mesa.
- Con una broca de dos filos, el espesor de viruta es igual a la mitad del avance. Mediante la combinación de los movimientos de corte y de avance los filos de corte de las brocas siguen un camino helicoidal, lo que da lugar a la formación de virutas continuas.

- En los trabajos de taladrado cabe distinguir entre la ejecución de taladros en material macizo (o sea, en sitio no previamente perforado) y la segunda pasada a un agujero practicado con anterioridad.

### 2.4.3. Taladradora vertical

Existen diversos tipos de máquinas de taladrar con el husillo dispuesto en posición vertical. Ver figura 26.

Figura 26. Taladradora vertical



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 93.

#### **2.4.3.1. Mecanismo de movimiento principal**

Transmite al husillo el movimiento de giro procedente de un motor eléctrico o de una transmisión. Con el objetivo de poder utilizar distintas velocidades de rotación va dispuesto ese mecanismo en forma de poleas escalonadas o de engranajes. Hay también máquinas cuyo accionamiento es regulable sin escalonamiento.

#### **2.4.3.2. Mecanismo para el avance**

Da al husillo el movimiento de avance rectilíneo. En el casquillo guía del husillo va dispuesta una cremallera, en la cual engrana una rueda dentada que recibe su giro por medio de una palanca de mano. El casquillo puede moverse en un soporte hacia arriba y hacia abajo. Con el objetivo de que el husillo de taladrar pueda seguir este movimiento, va sujeto arriba por dos tuercas de anillo y abajo por la brida de la cabeza del husillo. Con el objetivo de disminuir los rozamientos va dispuesto un cojinete de rodamientos entre la brida y el casquillo. La parte superior del husillo de taladra puede desplazarse en la polea para correa o en la rueda dentada que arrastran al husillo mediante una ranura longitudinal y una chaveta fija que se desliza a lo largo de ella, para conseguir el movimiento vertical del husillo se hace uso en las máquinas grandes de un tornillo sin fin y una rueda helicoidal. El avance automático es producido, frecuentemente por un trinquete de acoplamiento o una rueda de trinquete que obtiene su movimiento del mecanismo del movimiento principal. Mediante accionamiento de palancas se pueden obtener distintos avances.

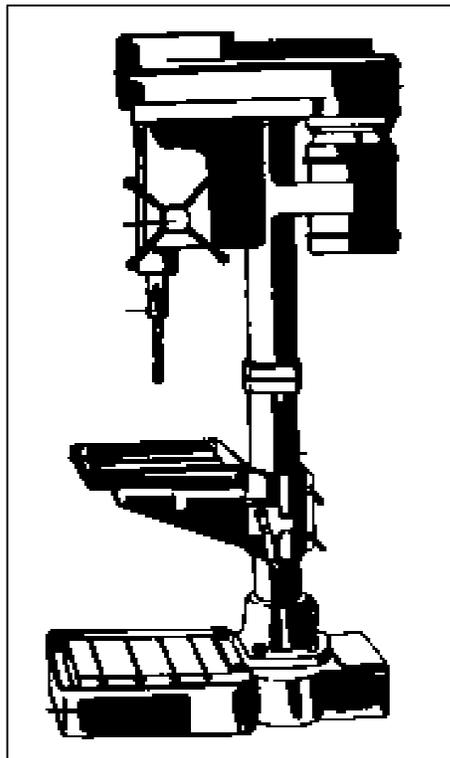
Con el objetivo de taladrar una agujera a una determinada profundidad se utiliza un tope. A veces se prevé un desembrague automático que acota sobre el

avance cuando se ha obtenido una determinada profundidad del agujero.

### 2.4.3.3. Mesa de taladrar

Soporta la pieza a taladrar. La pieza se sujeta por medio de ranuras de fijación. Un canal de captación recoge el líquido utilizando para refrigerar. Mediante una manivela que actúa sobre un mecanismo de rueda dentada y cremallera se mueve la mesa hacia arriba y hacia abajo. Con auxilio de una palanca puede dejarse la mesa firmemente sujeta a la columna. Ver figura 27.

Figura 27. Mesa de taladrar



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 92.

#### **2.4.4. Herramientas para taladrar**

Para taladrar se emplea preferentemente la broca espiral. Pero además existen también, para diversos fines un gran número de brocas especiales.

El material adecuado para las brocas es el acero rápido. El mango soldado a la parte cortante puede ser de acero (St 70). Hay también brocas con filos de metal duro.

##### **2.4.4.1. Broca espiral**

Las brocas espirales más usuales están normalizadas. El vástago sirve para sujeción en la máquina. Este vástago o mango puede ser cilíndrico o cónico. La parte cortante obtiene su forma fundamental mediante dos ranuras helicoidales.

#### **2.4.5. Elección de la broca**

En la elección de la broca para la ejecución de un determinado trabajo de taladrado, hay que tener en cuenta lo siguiente: tamaño del agujero a taladrar, material en que se trabaja y afilado de la broca.

El tamaño del agujero a taladrar es decisivo para fijar el diámetro de la broca. Toda broca da lugar a un taladro de diámetro algo mayor al de la broca, porque las fajas arrancan algo de material de las paredes del agujero. El material de la pieza a taladrar determina el ángulo de ataque o de desprendimiento de las virutas y de la punta.

## **2.4.6. Herramientas especiales para taladrar**

Se utilizan distintos tipos de herramientas para realizar el taladrado, en esta sección se hará referencia, específicamente al taladro y las brocas que son mayoritariamente utilizadas.

### **2.4.6.1. Broca para agujeros profundos**

Es adecuada para la ejecución de talaros profundos y exactos. No trabaja sino por un solo filo.

### **2.4.6.2. Broca de centrar**

Se emplean cuando los agujeros han de tener un fondo plano. Llevan una punta que sirve de guía.

### **2.4.6.3. Broca hueca**

Recorta un núcleo en el material y se emplean, predominantemente en máquinas especiales para taladrar.

### **2.4.6.4. Barra portaherramientas**

Provistas de cuchillas postizas se utilizan también, para ejecutar agujeros. Para trabajar en máquinas horizontales de taladrar se emplean barras de taladrar al aire y también otras guiadas. Estas barras van templadas y rectificadas con objeto que en cualquier sitio puedan deslizarse dentro de guías.

#### **2.4.7. Sujeción de la broca**

Al sujetar la broca, lo más importante es conseguir que esta gire redondo, o sea concéntricamente, pues en caso contrario el buril se quiebra con facilidad.

Las brocas provistas de mango cónico se introducen en la cavidad cónica del husillo. La mecha se aloja en el agujero largo del husillo. Las diferencias de tamaño entre el mango cónico y la citada cavidad cónica del hilo portaútil se compensa mediante casquillos cónicos normalizados. Durante el trabajo, la broca es arrastrada en virtud del rozamiento con las superficies cónicas interiores del casquillo o del husillo en que se ha introducido a presión. Pero esta no resulta posible nada más que cuando el cono exterior y el interior están exentos de deterioros o de materias extrañas. La existencia de cuerpos extraños entre las superficies cónicas tiene como consecuencia el giro excéntrico de la broca, por lo cual antes de introducir la broca en el alojamiento correspondiente han de ser limpiados cuidadosamente ambos conos. La mecha del mango de la broca no tiene por objetivo actuar como elemento de arrastre, sino que se utiliza para soltar la broca por medio de un expulsor o sacabrocas. Antes de extraer la broca, disponer debajo de ellas un trozo de madera con el objetivo de que al caer no se deteriore su punta.

Para sujetar brocas provistas de mango cilíndrico se utilizan portabrocas con dos o tres mordazas de sujeción. Hay que prestar atención a que la broca llegue al fondo del portabrocas con el objetivo de que no resbale hacia adentro durante el trabajo. Los portabrocas tienen frecuentemente, en el fondo, dos superficies de las cuales se adaptan las del extremo del mango de la broca, consiguiéndose de este modo un arrastre más seguro.

Los portabrocas de cambio rápido permiten la sujeción y la extracción de los buriles sin necesidad de tener que parar la máquina y se utilizan en los trabajos en serie.

#### **2.4.8. Taladrado del agujero**

Para taladrar el agujero se escoge una broca helicoidal de acero rápido adecuada de 16 milímetros de diámetro. Para realizar el trabajo propuesto se presta bien una taladradora de columna de tamaño mediano. Para una velocidad de corte de 22 metros por milímetro es necesario un número de revoluciones igual a 475 por minuto. El avance es de 0,25 milímetros por revolución. Hay que prestar una atención especial, tanto a la sujeción de las brocas como a la de la pieza.

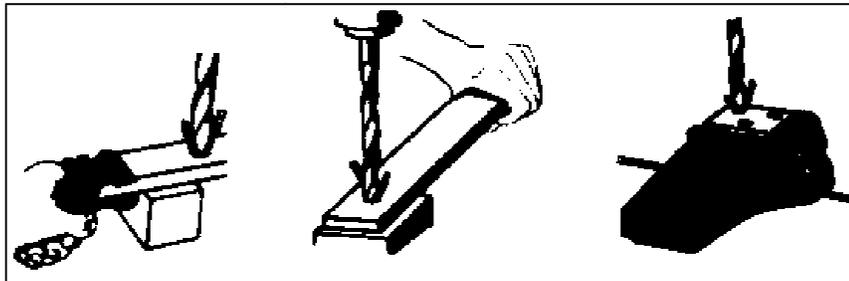
#### **2.4.9. Medición del taladro**

En el taladro realizado deberán verificarse el tamaño y la posición. La medición del tamaño del taladro puede realizarse con las puntas dispuestas para esta clase de operaciones en el calibre o con las patas del mismo, convenientemente desplazadas entre sí. La medición de la posición del agujero se mide tomando como base la arista a partir de la cual se ha anotado la corta correspondiente en el dibujo (arista de referencia). La posición del agujero puede medirse de diferentes modos. La regla de acero es suficiente en los casos sencillos. Cuando en las piezas sencillas no se haya indicado en el dibujo tolerancia alguna, se guiará por las diferencias de medidas admisibles en el taller para las distancias entre centros de agujeros.

#### 2.4.10. Sujeción de las piezas en la taladradora

El centro, marcado con granete, del agujero que se quiera taladrar, tiene que hallarse exactamente debajo de la punta de la broca. No se puede conseguir un taladrado vertical si no se parte de un apoyo horizontal y bueno de la pieza. Por esta razón la meza de taladrar tiene que hallarse libre de virutas y de toda clase de cuerpos pequeños. Cuando se practican agujeros pasantes puede ser deteriorada la mesa por agujerearla con la broca. Para evitar esto, la broca, al salir del agujero que se ha practicado en la pieza, debe considerarse con un agujero o lumbrera que lleva la mesa, y si la mesa no lo lleva se colocará debajo de la pieza un trozo de madera o piezas paralelepípedicas de igual altura, de modo que dejen entre sí el hueco necesario para alojar la punta de la broca.

Figura 28. Sujeción de piezas a las taladradoras



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 106.

Al taladrar se engendran momentos de giro que tienen tendencia a hacer girar la pieza. Estos esfuerzos se hacen, especialmente sensibles cuando la punta de la broca sale del taladro. La pieza debe ser asegurada contra ese giro. Cuando se trata de piezas muy grandes, su mismo peso las mantienen fijas. Para sujetar piezas pequeñas se presentan bien las entalladas. A veces sirve

también un perno o ángulo fijado en las ranuras de la mesa de taladrar para hacer tope. Lo más seguro es sujetar de modo fijo las piezas redondas, que se deben apoyar en lo que se llama: prisma o pieza uve.

### **2.4.11. Taladrado y avellanado**

El taladrado y el avellanado consisten en la apertura de agujeros mediante acción mecánica utilizando una broca en diferentes materiales, tales como: madera, metal o concreto.

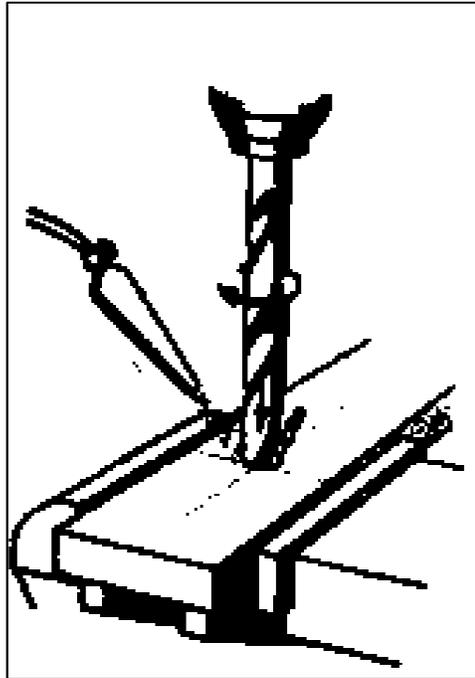
#### **2.4.11.1. Trazado**

La pieza de articulación se prepara para el trazado. Los ejes para los taladros pueden trazarse sobre el mármol de trazador. Para que se pongan de manifiesto las desviaciones de la broca es necesario para el taladro de D 18 trazar las circunferencias de taladro y de comprobación. Después de taladrar no deben verse, sino las mitades exteriores de las marcas hechas con el granete. Para los agujeros de los tornillos no es necesario el trazado de las circunferencias.

#### **2.4.11.2. Taladrado y penetrado**

Se sujetan ambas piezas juntas en los tornillos de banco, teniendo en cuenta la superficie trabajada (ver figura 29). El número de revoluciones y el avance se ajustan del modo conocido.

Figura 29. **Rectificador cilíndrico exterior**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 114.

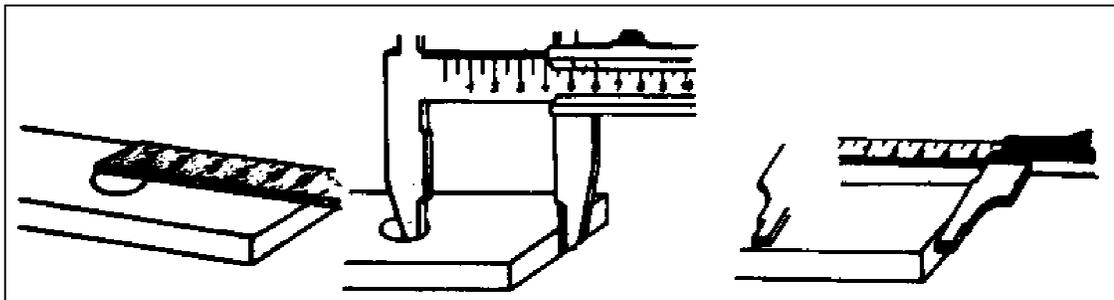
Para taladrar el agujero pasante, previamente taladrado, hay que elegir un penetrador de la medida definitiva (D18), puesto que el agujero así terminado debe corresponder a la dimensión final exigida.

Al hacer los taladros y los avellanados para los tornillos cilíndricos hay que seguir el orden de sucesión de operaciones especificado en el plan de trabajo. Si, por ejemplo, se realizan primeramente el avellanado con el avellanador de D 10,5, la punta del de D 16,5 no tendría ninguna guía, ya que ambos tienen el mismo diámetro para la espiga. Al ejecutar el avellanado puede graduarse la profundidad del mismo gracias al tope existente en la taladradora.

#### 2.4.12. Medición y verificación de taladros y alojamientos

Los diámetros pueden medirse con el vernier y la profundidad de las cajas o alojamientos practicados, con el calibre de profundidades. A veces basta comprobar esas profundidades por medio de los mismos tornillos cilíndricos que han de ir en la pieza. La verticalidad del taladro se verifica por medio de la escuadra y de la espiga de verificación que se introduce en el agujero, ver figura 30. Entre esta espiga y la escuadra no debe verse ninguna hendidura de luz.

Figura 30. Constitución de las roscas



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 116.

No se exigen condiciones especiales respecto a la calidad de la superficie de agujero practicados con brocas helicoidales. Las paredes de los agujeros barrenados o penetrados responden a la calidad de desbastado. Hay que tener esto en cuenta al verificar la naturaleza o constitución de las superficies.

#### 2.4.13. Avellanador o penetrador con útiles de espiral

Se emplean estos buriles de espiral para ensanchar los agujeros previamente taladrados o dejados de fundición.

Los avellanadores o penetradores de espiral se asemejan en su forma exterior a la broca helicoidal. Carecen, no obstante de punta. Por medio de tres o cuatro filos y otras tantas fajas de guía se consigue un trabajo suave u se reducen las posibles desviaciones en el taladro. Los útiles de quita y pon se fijan en un mandril. Tienen, generalmente cuatro filos y el diámetro nominal suele oscilar entre los 24 y los 100 milímetros.

Existen penetradores bajos de medida y otros que son para medida definitiva. Con los primeros se barrean agujeros que han de ser todavía escariados, mientras que con los segundos se consigue la medida final deseada.

Los avellanadores deben trabajar con movimiento rigurosamente concéntrico. Las normas fundamentales apuntadas al hablar de la fijación de las brocas son también aplicables a los avellanadores. La pieza a trabajar debe, igualmente, estar bien sujeta. Generalmente, sin soltar la pieza, se taladra y se da una segunda pasada con el avellanado.

#### **2.4.14. Avellanadores cónicos**

Este tipo de avellanadores se emplean para la consecución de alojamientos cónicos. La magnitud del ángulo de la punta varía según el objeto perseguido con la operación.

#### **2.4.15. Avellanador cilíndrico con espiga de guía**

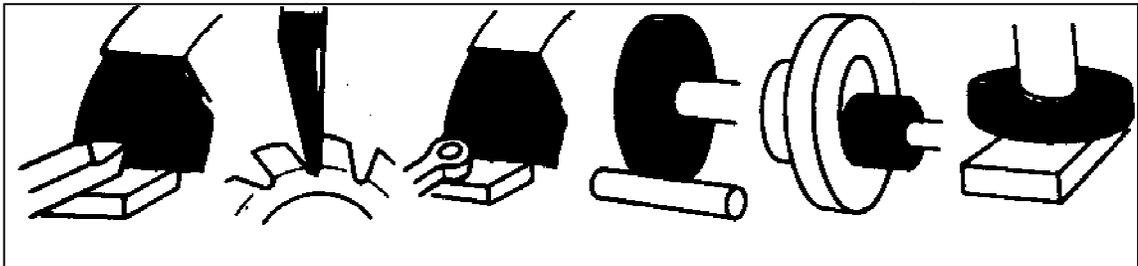
Se emplean para practicar alojamientos cilíndricos. Estas herramientas cortan por la superficie frontal. La espiga sirve de guía dentro del taladro. Para barrenar estos rebajos para los tornillos cilíndricos se utilizan avellanadores

cilíndricos de diversos tamaños. Los de espiga-guía recambiable permiten ser afilados más fácilmente que los corrientes de espiga fija y pueden utilizarse para taladros de distinto tamaño. Para refrentar superficies de apoyo se presta bien la cuchilla plana. En la operación hay que procurar que la espiga esté bien engrasada, pues en caso contrario se rayaría el agujero.

## 2.5. Esmerilado de piezas

Los trabajos corrientes que se hacen con la muela son el agilado de herramientas y el mecanizado de piezas templadas y sin templar. En el esmerilado de piezas se trata de eliminar las irregularidades o de conseguir piezas redondas o planas de gran exactitud y de elevada calidad superficial (rectificado)

Figura 31. Esmerilado de piezas



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 195.

El esmerilado es un procedimiento de trabajo con arranque de viruta mediante forma geoméricamente indeterminada de los filos cortantes (granos abrasivos). Como útil de esmerilado se emplea, generalmente un disco rotativo llamado muela. De su superficie resaltan granos de material abrasivo que dan lugar con sus aristas y vértices al arranque de virutas.

### **2.5.1. Composición de las muelas**

Las muelas están compuestas por granos abrasivos duros y de cantos afilados (medio esmerilante) reunidos entre sí por un material.

### **2.5.2. Materiales abrasivos**

Son materiales que tienen como finalidad actuar sobre otros materiales con diferentes clases de esfuerzo mecánico (triturado, molienda, corte, pulido, etcétera). Son de elevada dureza y se emplean en todo tipo de procesos industriales y artesanos

#### **2.5.2.1. Clases**

Existen materiales abrasivos naturales y artificiales. Los materiales abrasivos naturales son: el corindón natural y el esmeril; el cuarzo está contenido como material abrasivo natural en la piedra arenisca.

Se emplean, preferentemente los materiales abrasivos artificiales siguientes:

#### **2.5.2.2. Corindón artificial**

(Óxido de aluminio); se obtiene de la arcilla en el horno eléctrico; existen el normal (NK), el semiduro (HK), y el puro (EK).

### **2.5.2.3. Carburo de silicio**

(SC); se obtiene partiendo de arena de cuarzo y polvo de carbón; tiene colorante gris o verde.

### **2.5.3. Elección de los materiales abrasivos**

El corindón artificial se emplea para materiales tenaces, por ejemplo: el acero; el carburo de silicio, para materiales frágiles, por ejemplo, la fundición el diamante, para afilar metal duro.

### **2.5.4. Grano de los materiales abrasivos**

Los materiales abrasivos se desmenuzan en molinos. Los distintos tamaños de las partículas obtenidas se llaman granulados, este se utiliza para fabricar las muelas más bastas o más finas que clasifican el grano según sus distintos tamaños por medio de cribado. El grano se designa por medio del número de la criba a través de cuyas mallas pasa, indicándose con números arábigos.

### **2.5.5. Muelas de esmerilar**

Están compuestas por granos abrasivos aglomerados en dispersión en un cemento que define la forma de la herramienta. Los granos representan infinitos filos que, al actuar con elevada velocidad sobre la pieza en elaboración, arrancan minúsculas partículas de material.

### **2.5.5.1. Formas de las muelas**

Para los distintos trabajos de esmerilado existen muelas de formas adecuadas a ellos. La forma y las dimensiones de las muelas están normalizadas.

### **2.5.6. Manejo de las muelas de esmerilar**

Las muelas son frágiles y deben ser protegidas contra choques y golpes y guardarse en sitio seco.

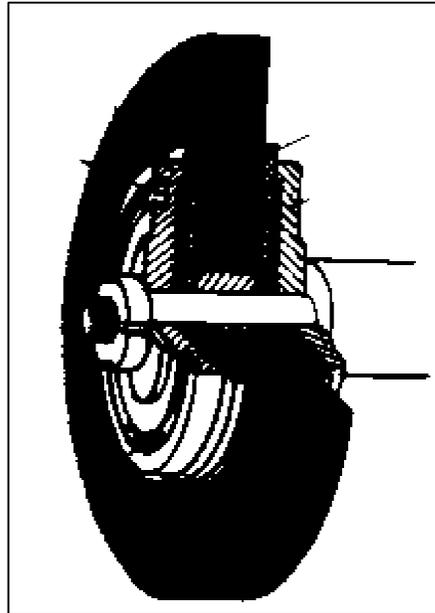
### **2.5.7. Sujeción de las muelas de esmerilar**

Antes de sujetarla en el husillo portañuela hay que comprobar por una prueba de sonido, si está rajada.

Con el objeto de que la muela trabaje uniformemente y se obtenga una superficie esmerilada limpia, debe ser equilibrada previamente.

La muela se fija al husillo portañuela entre dos bridas vaciadas en su parte central por torneado. Ver figura 32.

Figura 32. **Perfil de la rosca**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 198.

### **2.5.8. Afilado de herramientas**

Las herramientas, por ejemplo las fresas, llevan muchas veces un rótulo con la indicación: afilar con frecuencia. Las herramientas embotadas aumentan el tiempo invertido en el trabajo y dan un mecanizado sucio. Cuando el filo de una herramienta está fuertemente desgastado hay que llevarse con el abrasivo mucho material. Con esto, no solamente se pierde un valioso acero de herramientas, sino que se corre el peligro de que la herramienta pierda su poder cortante por el fuerte calentamiento que experimenta durante el afilado. Resulta en definitiva más ventajoso eliminar los pequeños desgastes mediante un afilado frecuente.

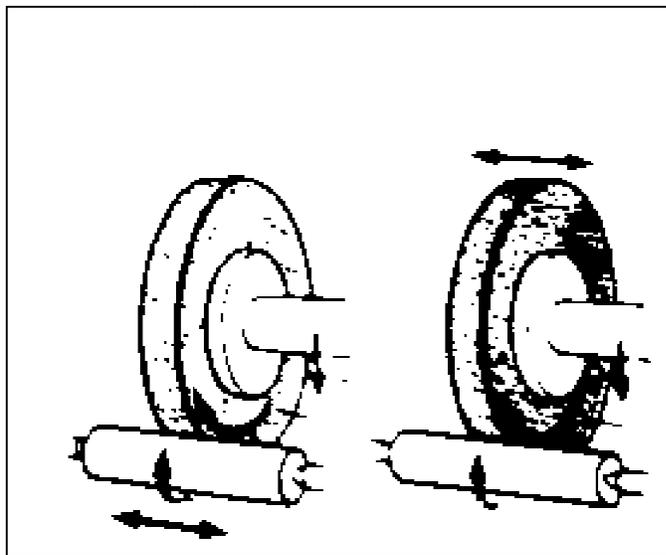
### 2.5.9. Lubricación refrigerante durante el esmerilado

Las chispas que se producen durante el esmerilado (virutas metálicas incandescentes) muestran claramente que, en virtud del rozamiento entre la pieza y la muela se producen altas temperaturas. El calor se transmite a la muela y a la pieza. La muela puede estallar en pedazos a causa del calentamiento la pieza puede deformarse y si está templada puede perder el temple. El color que adquiere la pieza es señal que hay sobrecalentamiento.

### 2.5.10. Rectificado cilíndrico

Mediante el esmerilado puede conferirse a las piezas exactitud de medidas y elevada calidad superficial. Se distingue entre rectificado cilíndrico exterior e interior.

Figura 33. Sentido de la rosca



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 202.

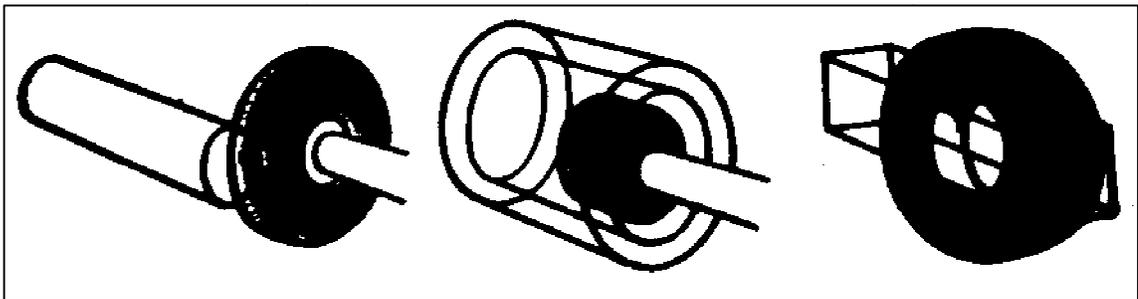
La exactitud de medidas puede conseguirse mediante el esmerilado mucho más fácil que en el torneado, ya que el espesor de viruta es en el esmerilado muy pequeño, por ejemplo, del orden de 0,0025 a 0,03 milímetros. El mantenimiento de pequeñas tolerancias es muy importante cuando se trata de fabricar piezas o herramientas intercambiables. Una elevada calidad superficial disminuye el rozamiento en piezas deslizantes y favorece con ello las condiciones del movimiento y del apoyo; además, aumenta con ello la resistencia por disminución del efecto de entallado.

### 2.5.11. Rectificado cilíndrico exterior

Mediante el esmerilado puede trabajarse cuerpos de revolución cilíndricos y cónicos.

Durante el proceso de esmerilado, tanto la muela como la pieza que se trabaja, realizan determinados movimientos.

Figura 34. Rectificado cilíndrico



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 197.

El avance lateral es realizado, según el tipo de las máquinas, unas veces por la pieza (tipo Norton) y otras por la muela (tipo Landis).

### **2.5.12. Rectificado longitudinal**

La forma y las dimensiones de la pieza exigen en el rectificado cilíndrico exterior el empleo de distintos procedimientos de trabajo. Las piezas largas, como, por ejemplo; árboles, émbolo, vástagos, etc., se trabajan mediante rectificado longitudinal. Las piezas se sujetan entre puntos.

Para realizar un trabajo económico hay que tener en cuenta, además de la elección de una muela adecuada, la velocidad de corte de la muela, la velocidad de rotación de la pieza, la profundidad de la pasada, el avance lateral y la refrigeración.

### **2.5.13. Acabado de piezas**

Los árboles, taladros o superficies planas, aun después de haber sido rectificadas, conservan todavía pequeñas irregularidades. Cuando resbalan estas piezas una sobre otra, se agarran entre sí esas irregularidades y dan lugar a rozamientos. Las protuberancias se desgastan con el frote. Las partículas de material arrancadas por esta acción abrasiva forman con el medio lubricante una pasta que en virtud de su acción de esmerilado favorece la progresión del desgaste. La consecuencia es que piezas que ajustaban al principio correctamente, por ejemplo, los árboles y gorriones en sus cojinetes, acaban por tener un juego exagerado que pone en peligro la seguridad del funcionamiento. Si, por ejemplo, se hace que las piezas mecanizadas salgan ya provistas de una elevada calidad superficial desaparece el frotamiento de las superficies que deslizan una sobre otra y con el desgaste que es su consecuencia. Las piezas tienen una vida más larga y ofrecen una mejor seguridad de servicio.

Mediante el acabado se trata de hacer que las piezas que se fabrican respondan a las más altas exigencias en cuanto a exactitud de dimensiones (calidad ISO 01 a 5) y a calidad superficial (rugosidad menor que 0,5 micrómetros). Estas exigencias se fijan, por ejemplo, en las superficies de deslizamiento de máquinas y en las de medida de los instrumentos de medición (calibres prismáticos, calibres de tolerancias).

El pulido, bruñido y el torneado y taladrado de precisión, constituyen otros procedimientos importantes de trabajo de acabado.

#### **2.5.13.1. Pulido**

Es un esmerilado fino de piezas redondas o planas realizado por medio de un abrasivo suelto, en polvo (material de pulir). La elección del material de pulir se rige por el material a trabajar y por la calidad superficial deseada.

Para el pulido previo de aceros sin templar o templado, fundición de hierro o bronce se emplea polvo de corindón de rango n.º 280 a 600. Para el acabado se presta el ácido de cromo (coloración verde) o la pasta para pulir (rojo inglés). El material de pulir se convierte en papilla fina con petróleo y aceite. Las superficies de metal duro se pulen con polvo de diamante.

#### **2.5.13.2. Bruñido**

En el bruñido se mueve una piedra (cuerpo abrasivo en forma de barra) con movimientos rotatorio y longitudinal con presión leve sobre la superficie previamente trabajada. Con esto se arrancan de la superficie aproximadamente 0,1 milímetros. Hay bruñido interior y bruñido exterior.

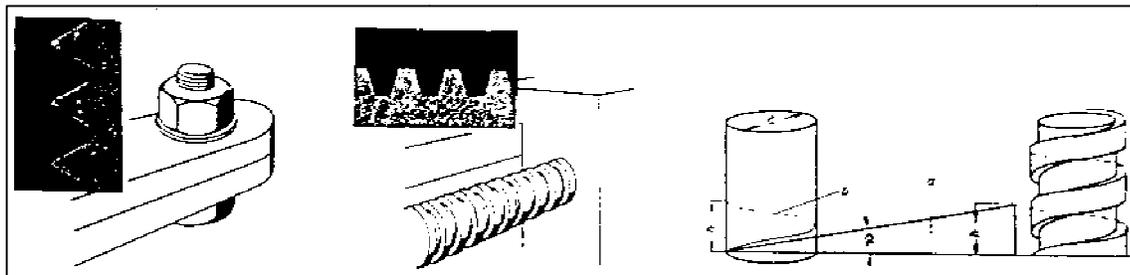
## 2.6. Roscado de piezas

Consiste en la elaboración de rosca en los distintos elementos, para que los mismos puedan ser unidos mediante roscas.

### 2.6.1. Empleo de piezas roscadas

Existen piezas roscadas con rosca exterior (pernos roscados, husillos roscados) y otras en que la rosca es interior (hembra o tuerca). Los pernos roscados y las tuercas se corresponden siempre entre sí. Según el fin o aplicación se distingue entre roscas de fijación y roscas de movimiento. Ver figura 35.

Figura 35. **Mecanizado de ruedas dentadas**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 223.

#### 2.6.1.1. Roscas de fijación

Sirven para unir y fijar piezas. Las roscas para unir tuberías tiene que ser estanca (rosca de estanquidad).

### **2.6.1.2. Roscas de movimiento**

Tiene, por regla general, la misión de hacer mover con movimiento de avance piezas mediante el giro de un husillo o una tuerca, como en los carros de las máquinas-herramientas.

### **2.6.2. Características de las roscas**

A continuación se presentan las características más importantes en la elaboración de las roscas, estas deben ser consideradas y evaluadas al momento de su elaboración para asegurar una rosca de calidad.

#### **2.6.2.1. Constitución de las roscas**

Si se arrolla sobre un cilindro un triángulo rectángulo de papel, queda constituida sobre aquel una hélice o línea helicoidal. A lo largo de esta línea puede tallarse una ranura. Las ranuras y salientes (filetes) de forma helicoidal situados en un cilindro (macho) y en una tuerca (hembra) se llaman roscas.

#### **2.6.2.2. Paso de la rosca**

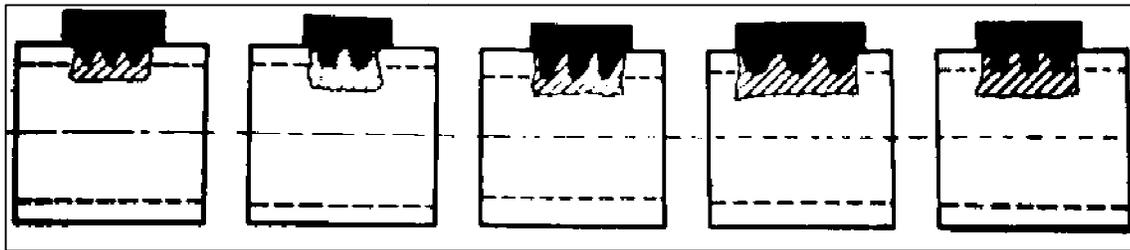
La vuelta sencilla de una rosca alrededor del cilindro se llama espira. El camino recorrido en dirección axial se llama paso de la rosca.

#### **2.6.2.3. Perfil de las roscas**

En la figura 36. El perfil de las ranuras talladas (perfil de la rosca o del filete) viene determinado por la aplicación que haya de tener la pieza. Los

tornillos de fijación tienen filetes triangulares. Para las roscas de movimientos son adecuadas las roscas trapeciales, las de sierra y tasa de filete redondos.

Figura 36. Perfil de roscas

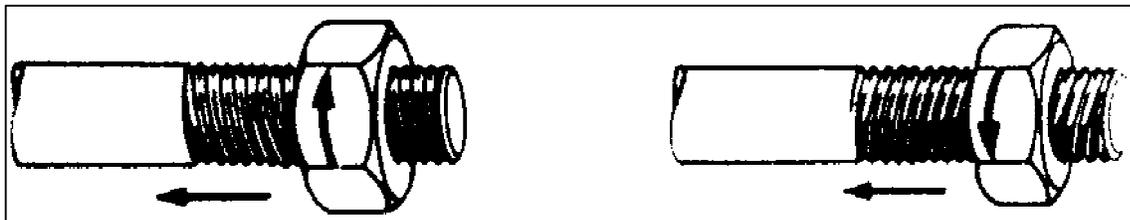


Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 223.

#### 2.6.2.4. Sentido de la rosca

El sentido de paso del filete puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda, distinguiéndose, de acuerdo con esto, roscas de paso a la derecha y roscas de paso a la izquierda. Ver figura 37.

Figura 37. Sentido de la rosca



Fuente: GERLING, H. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 224.

La que corrientemente se emplea es la rosca de paso a la derecha y en ella el filete sube hacia la derecha cuando se tiene el tornillo en posición vertical. Para atornillar una tuerca en un perno roscado, aquella girará en el sentido de las agujas del reloj. En las roscas de paso a la izquierda sube el filete hacia la izquierda. En este caso, una tuerca que haya de atornillarse en un perno roscado tendrá que fijar en sentido contrario al de las agujas del reloj.

### **2.6.3. Roscas normalizadas**

Las formas y dimensiones de las roscas están fijadas por normas para los siguientes tipos de rosca: aguda o de filete triangular, trapecial, de sierra o redondeado.

#### **2.6.3.1. Rosca triangular**

Las roscas de los tornillos de fijación han de generar un gran esfuerzo y no aflojarse por sí solas. La rosca triangular responde a estas exigencias y es adecuada, por lo tanto para tornillos de fijación.

La sección triangular del filete da lugar a un paso reducido, cosa que es conveniente para la obtención de un gran esfuerzo de aprieto. El rozamiento entre los flancos de los dientes exteriores e interiores es relativamente grande y da lugar juntamente con lo reducido del paso a una autorretención eficaz; el peligro de que el enlace entornillado se afloje por sí mismo queda así reducido. La gran sección en la base del filete da a la rosca triangular la necesaria resistencia.

### **2.6.3.2. Rosca métrica ISO**

Todas las cotas vienen dadas en milímetros. El ángulo de los flancos  $\alpha_1 + \alpha_2$  vale 60 grados. En las roscas de perno la base de la rosca es redondeada para evitar el efecto de entalladura. La rosca métrica ISO está internacionalmente adoptada y sustituye a la rosca métrica. Se distingue entre la rosca normal y rosca fina; en la rosca normal a cada milímetro exterior le corresponde un paso determinado.

### **2.6.3.3. Rosca Whitworth**

El ángulo de los flancos es de 55 grados. El diámetro exterior viene dado en pulgadas; por ejemplo, 5/8 de pulgada. El paso se designa mediante el número de hilos (o filetes) por pulgada, por ejemplo 11 hilos por 1 pulgada. En los países que utilizan el sistema métrico decimal no se emplea ya la rosca Whitworth. Conserva su campo de aplicación como rosca de tubería.

### **2.6.3.4. Rosca fina**

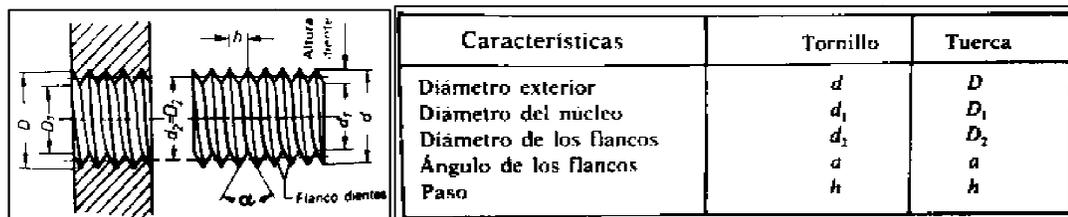
Tiene pasos más pequeños y profundidades de roscas menores que las corrientes métricas. En virtud de lo reducido del paso se obtiene una mejor autorretención, cosa interesante en roscas que han de estar expuestas a sacudidas o vibraciones. La pequeña profundidad de roscas es cosa necesaria en piezas de paredes delgadas.

### **2.6.3.5. Rosca Whitworth para tubos**

Se utiliza para roscas de tubos, de armaduras, accesorios y bridas roscadas figura 38. Tiene un ángulo de los flancos de 55 grados y un paso

proporcionalmente menor. Las roscas para tubo no tienen juego en las puntas cuando se persigue la estanquidad. El diámetro nominal no se refiere al diámetro exterior de la rosca, sino al interior del tubo.

Figura 38. Rosca Whitworth para tubos



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 225.

### 2.6.3.6. Rosca trapecial

Esta rosca se presta bien para tornillos de movimiento. El ángulo de los flancos es de 30 grados. El diámetro exterior y del núcleo deja juego entre sí. Los flancos han de soportar carga. Están normalizadas roscas de uno y de varios filetes. Las dimensiones de la rosca deben tomarse de la tabla correspondiente.

### 2.6.3.7. Rosca de sierra

Esta forma de rosca se emplea en el caso de fuertes presiones unilaterales, por ejemplo, en los husillos de presión de prensas. El flanco activo tiene una inclinación de 3 grados y el dorso que no trabaja una inclinación de 30 grados.

### **2.6.3.8. Rosca redondeada**

En virtud de su perfil redondeado resulta esta rosca poco sensible a deterioros. Se emplea para husillos de válvula, acoplamientos ferroviarios, roscas de mangueras.

### **2.6.4. Tolerancia de roscas**

Las piezas roscadas de la misma magnitud tienen que ser intercambiables. Como todas las demás cotas de una pieza, las medidas teóricas de una rosca no pueden mantenerse en la fabricación con toda exactitud. La intercambiabilidad se obtiene mediante las tolerancias de las roscas.

En las roscas métricas ISO se han fijado tolerancias para los diámetros exterior, del núcleo y de los flancos, así como para la posición de la tolerancia respecto al perfil cero (perfil ideal). Existen tres clases de tolerancias (grados de calidad):

- Fino (f): para alta precisión
- Medio (m): para fines de carácter general
- Basto (g): para casos en que no existen condiciones generales

La magnitud de la tolerancia se designa mediante cifras (desde 3 hasta 9); por ejemplo, fino (f) 3,4 y 5; medio (m) 6; basto (g) 7, 8 y 9.

El lugar del campo de tolerancia se designa con letras: letras minúsculas para roscas de pernos o tornillos: h, g, e; letras mayúsculas para roscas de tuercas: H, G.

### **2.6.5. Mecanizado de roscas**

Las roscas pueden obtenerse por distintos procedimientos; por ejemplo, con machos de roscar y con terrajas a mano o a máquina; con útiles de roscar en el torno, por fresado, por esmerilado y por laminado. Con frecuencia se hacen también roscas por prensado y por colada (por ejemplo, por fundición inyectada).

La elección del procedimiento de fabricación se rige por el número de piezas, por la exactitud y calidad superficial exigidas y por economía.

### **2.6.6. Mecanizado de piezas roscadas en el torno**

Para roscar en el torno se emplean machos de roscar, terrajas o cuchillas de roscar. Generalmente se ejecuta el roscado en combinación con otros trabajos de torno.

#### **2.6.6.1. Tallado de roscas con achos de roscar**

Es sencillo y barato. Se emplea preferentemente para el mecanizado de roscas de perfil triangular.

Con machos de roscar se logra la calidad media; con rectificad, la calidad fina.

A veces se tallan también, otras formas de filete, por ejemplo, de perfil trapecial, empleando machos adecuados.

El movimiento principal lo realiza la pieza. Con el objetivo de que la rosca no resulte oblicua se conducen el macho de roscar o la terraja con la del cabezal móvil.

El macho de roscar se atornilla en el agujero del núcleo previamente taladrado y va tallando los filetes de rosca.

La terraja corta los filetes atornillándose en el perno previamente mecanizado. Puede hacerse con una sola pasada roscas de hasta M 16.

#### **2.6.6.2. Roscado con cuchilla de roscar**

Requiere más tiempo que el roscado en que se emplean machos de roscar o terrajas, porque el útil de rosca tiene que dar varias pasadas para dejar la rosca completamente mecanizada. Tiene, no obstante, la ventaja de que pueden realizarse por este procedimiento con mayor exactitud roscas de cualquier tamaño y forma como: roscas de perfil triangular, trapecial, de sierra, etc. Con el objetivo de que resulte el paso deseado deberá recibir el útil un avance automático por medio del husillo de roscar o por medio de una plantilla de roscar.

#### **2.6.7. Roscas interiores**

Es la rosca elaborada en la parte interna del material, constituyendo un cilindro cuya textura interna es la de un canal en forma de rosca.

### **2.6.7.1. Preparación del agujero del núcleo**

En virtud del levantamiento de material producido por el roscado, se torne el perno a diámetro más pequeño que el exterior de la rosca, en 1/10 del paso. El bisel hace que la terraja agarre bien.

El diámetro demasiado grande del perno conduce a rotura de los filetes.

### **2.6.7.2. Elección de la terraja**

La magnitud de la rosca a cortar está limitada: la rosca métrica hasta los 30 milímetros. Las roscas a partir de M 16 deben iniciarse con un roscado previo, porque de lo contrario el arranque de viruta sería demasiado grande y se romperían los filetes. Las terrajas están normalizadas. Las hay cerradas y hendidas. Las hendidas pueden, dentro de reducidos límites, ajustarse mediante tornillos de esparrancar o de expansionar y tornillos de presión. Los filos se forman mediante agujeros dentados de corte: en las superficies frontales hay entradas cónicas mediante agujeros dentados de corte: en las superficies frontales hay entradas cónicas.

### **2.6.7.3. Tallado de la rosca**

- La superficie frontal del cojinete debe estar bien enrasado con la de la terraja o soporte; la pieza debe tener giro redondo, la terraja hay que colocarla recta para que la rosca no salga ladeada o inclinada.
- Las tarrajas embotadas dan lugar a flancos rugosos y agrietados.

- Las virutas deterioran los flancos de los filetes cuando llenan las lumbreras dispuestas para darles salida.

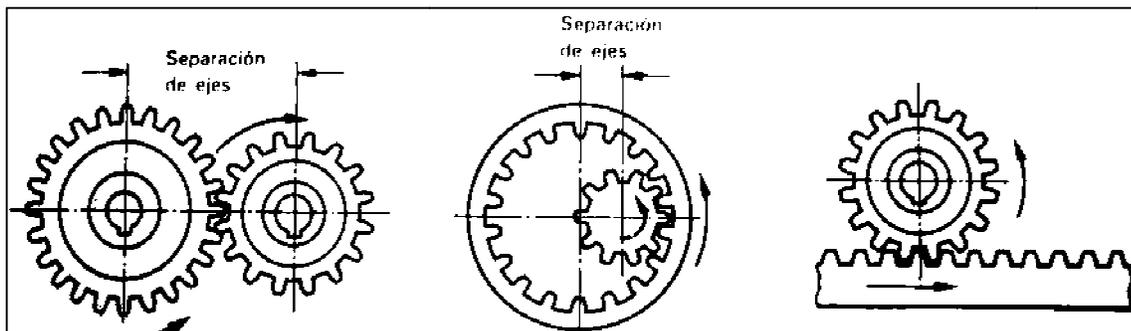
## 2.7. Mecanizado de ruedas dentadas

Por medio de ruedas dentadas se transmite movimientos de rotación y momentos de torsión. La transmisión es desmodrómica porque engrana entre sí los dientes y los espacios entre dientes y diente.

Hay rueda dentadas interior y exteriormente. Ver figura 34.

En las ruedas dentadas exteriormente el sentido de rotación es opuesto cuando van acopladas.

Figura 39. **Mecanizado de ruedas dentadas**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 251.

Las ruedas dentadas interiormente tiene el mismo sentido de giro que las ruedas interiores que engrana entre ellas, y la distancia entre sus ejes es pequeña.

Mediante una rueda dentada y una cremallera se transforma el movimiento de rotación en un movimiento rectilíneo del mismo sentido.

### **2.7.1. Ruedas dentadas**

Son ruedas utilizadas como mecanismo para transmitir potencia mecánica de un elemento a otro dentro de una máquina.

#### **2.7.1.1. Engranajes y formas de las ruedas dentadas**

Dos o más ruedas dentadas que engranan entre sí constituyen un engranaje. La rueda más pequeña se llama piñón. Según la posición de los ejes existen distintas formas fundamentales de ruedas dentadas.

#### **2.7.1.2. Engranajes de ruedas frontales**

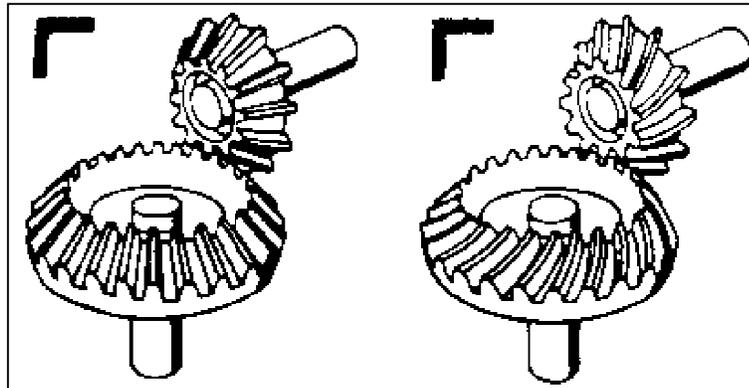
Los árboles tiene posición paralela. La forma fundamental de las ruedas dentadas es un cilindro. Los dientes pueden ser rectos, inclinados o de flecha (dientes en V)

- Los dientes rectos son los más empleados.
- Los dientes inclinados funcionan con menos ruido porque el engrane tiene lugar de un modo paulatino. Se produce, no obstante, un empuje axial que ha de ser soportado por un cojinete de empuje.
- Los dientes en forma de flecha se emplean para grandes potencias. El empuje axial queda compensado en estos engranajes.

### 2.7.1.3. Engranajes cónicos

Los árboles se cortan aquí en un punto. Las ruedas tienen una forma fundamental cónica. Existen ruedas cónicas con dientes rectos, inclinados y curvos.

Figura 40. Engranajes cónicos



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 252.

### 2.7.1.4. Engranaje de tornillo sin fin

Los árboles se cruzan. El engranaje consta de tornillo sin fin y rueda helicoidal y es apropiado para grandes relaciones de transmisión. Tiene un funcionamiento silencioso y ocupa poco sitio. La rueda helicoidal es siempre arrastrada por el tornillo sin fin.

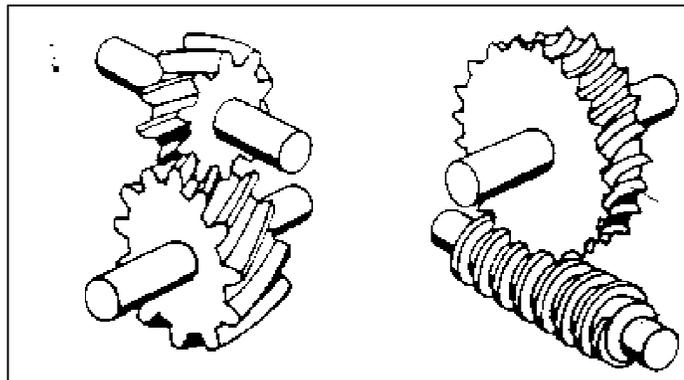
Los tornillos sin fin rosca trapecial y paso de módulo, pueden ser de un filete (un diente) o de varios filetes (varios dientes).

Los engranajes de ruedas frontales y los de ruedas cónicas son engranajes de rodadura porque en ellos las ruedas, ruedan una sobre la otra. Los engranajes de ruedas helicoidales y de tornillos sin fin se designan como engranajes helicoidales.

#### **2.7.1.5. Engranaje de ruedas helicoidales**

Los árboles se cruzan, las ruedas helicoidales son ruedas frontales con el dentado inclinado y con el mismo sentido en la inclinación de los filetes.

Figura 41. **Engranajes de tornillo sin fin y ruedas helicoidales**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 252.

#### **2.7.2. Perfil de los dientes**

Con el objetivo de que las ruedas dentadas que engranan entre sí trabajen sin sacudidas y produciendo poco ruido y rozamiento, los dientes tienen que tener un determinado perfil, el más corriente es el envolvente. Una envolvente es la curva que se produce al desarrollar un hilo de una circunferencia en que estuviera arrollado, manteniéndolo tirante, o lo que es lo mismo, la curva

descrita por un punto de una recta que gira sin resbalar sobre una circunferencia. En una cremallera con dentado de evolvente el flanco de los dientes es recto. El dentado de evolvente esta normalizado. Existe también el dentado cicloidal, pero este no se emplea en construcción de máquinas.

### **2.7.3. Material para ruedas dentadas**

Las ruedas dentadas se fabrican con materiales metálicos, pero también en muchos casos con materiales no metálicos.

#### **2.7.3.1. Materiales metálicos**

Como materiales se emplean: fundición de hierro, fundición maleable, acero fundido, aceros sin alear o aleados, cementados y mejorados; en casos especiales, también bronce. La elección del material se rige sobre todo por la sollicitación a que ha de estar expuestas las ruedas.

Los flancos de los dientes de las ruedas dentadas se templean en muchos casos para disminuir el desgaste. En un mecanismo de tornillo sin fin, para obtener buenas propiedades de deslizamiento, el material del tornillo sin fin tiene que ser más duro que el de la rueda helicoidal de hierro fundido o de bronce. Para mecanismos de tornillo sin fin, frecuentemente sollicitados se emplea para el tornillo acero de cementación (templado, pulimentado) y para la rueda helicoidal bronce fosforoso. Por razones de economía de material se hace muchas veces la rueda helicoidal solamente con la corona de bronce.

### **2.7.3.2. Materiales no metálicos**

Materiales corrientes son sobre todo la tela prensada. Las ruedas de este tipo de materiales son de poco peso y de funcionamiento muy silencioso. Son resistentes contra el aceite. Cada rueda trabaja con una contra rueda de material metálico. Estas ruedas dentadas no son adecuadas para mecanismo de cambio de marchas porque pueden romperse los dientes.

La tela prensada, como Novotext o Resitext, está compuesta por bandas de tejidos superpuestas en capas sucesivas y prensadas con resina sintéticas bajo la acción del calor y la presión.

### **2.7.4. Fabricación de los dentados**

Los dientes de las ruedas pueden obtenerse por modelado, por conformado y por arranque de viruta. La clase de fabricación se rige por las condiciones exigidas (por ejemplo: marcha silenciosa) y por los costos de fabricación.

#### **2.7.4.1. Modelado**

Aquí se trata de fundir (colar) y sinterizar a presión los dentados según moldes.

#### **2.7.4.2. Conformación**

Para conseguir por laminación el perfil de los dientes (deformación en frío) se utilizan laminadores de forma. Para ello se empuja una pieza de forma cilíndrica, por ejemplo, de 1 metro de longitud, para que pase entre cilindros de

forma opuestos entre sí y con velocidad, por ejemplo de unos 70 milímetros por minuto. La profundidad de aspereza de los flancos de los dientes así laminados es de aproximadamente 1 micrómetro. Después de haber laminado el perfil del dentado se cortan las ruedas de la barra utilizada, se refrentan y se proveen del taladro. El procedimiento de conformado es apropiado para la fabricación de gran cantidad de piezas.

### **2.7.5. Ejecución de dentados por arranque de viruta**

En el procedimiento de fabricación mediante arranque de viruta se obtienen los dientes mediante el vaciado de los espacios entre dientes, por ejemplo, por fresado y mortajado. En casos especiales se rectifican después los flancos de los dientes. Los procedimientos por arranque de viruta son los que más se emplean.

#### **2.7.5.1. Fresado de dientes**

Los procedimientos de fresado pueden ser el fresado de forma (fresado con plato divisor) y el procedimiento de fresado continuo.

#### **2.7.5.2. Fresado de forma**

Como útiles se emplean fresas para tallar engranajes que han de tener la forma del hueco entre diente y diente.

Al aumentar el número de dientes se alterna, para el mismo paso, la forma del hueco entre diente y diente. Con el objetivo de poder construir ruedas de diferentes números de dientes, es necesario tener para cada módulo un juego completo de fresas. Según la exactitud que tenga la rueda dentada acabada, así

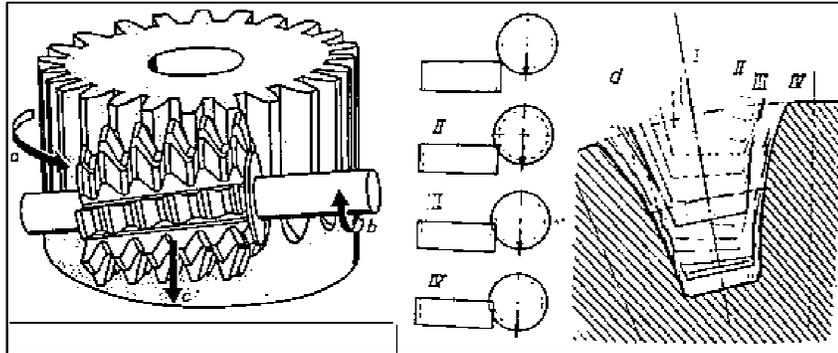
se tomará la fresa del juego de 8 o del de 15 fresas. En la fresa para tallar engranajes se indican los siguientes datos: módulo, número de la fresa y para qué número de dientes es apropiada, paso en milímetros y altura del diente=profundidad de la fresa en milímetros.

Las ruedas dentadas pequeñas se fresan en la fresadora horizontal. Después de fresar un hueco entre los dientes, se hace avanzar el cuerpo de rueda con ayuda del plato divisor en la magnitud del paso y se fresa el siguiente hueco. El procedimiento se repite hasta que estén todos los dientes terminados. Para fresar ruedas grandes se necesitan máquinas fresadoras para ruedas dentadas, de construcción especial. Se pueden fresar también ruedas frontales con dentado oblicuo. En el fresado de forma pueden presentarse defectos de división y defectos de marcha concéntrica. Como cada hueco entre dientes tiene que ser fresado por separado, el procedimiento resulta inapropiado para gran número de piezas. Los principales procedimientos de arranque de viruta para dentados son el fresado por rodadura y el mortajado, también por rodadura.

#### **2.7.6. Fresado de ruedas por el procedimiento continuo**

En el procedimiento continuo de fresado se configuran los dientes de la rueda dentada mediante rodamiento del cuerpo de rueda sobre una fresa de forma helicoidal. El perfil del diente de la fresa helicoidal no corresponde, como en la fresa de forma, al hueco que queda entre diente y diente, sino que es de forma trapecial como el perfil de los dientes de una cremallera.

Figura 42. **Fresado por movimiento continuo**



Fuente: GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. p. 258.

El fresado por el procedimiento continuo se realiza, generalmente en máquinas especiales para el fresado de ruedas dentadas.

Para fresar ruedas frontales de dientes inclinadas hay que dar a la fresa la inclinación correspondiente a la de los dientes de la rueda.

Además, el cuerpo de rueda recibe un movimiento de rotación adicional correspondiente a la inclinación.

## 2.8. **Mantenimiento preventivo de para las máquinas**

Serie de actividades que se realizan para evitar que las máquinas fallen inesperadamente, este tipo de mantenimiento se realiza de acuerdo a un programa establecido tomando en cuenta que todas las partes de la máquina se desgastan por igual, realizando cambio de cojinetes, retenedores, correas etc., sin hacer previamente un análisis de las condiciones de la máquina.

### **2.8.1. Definiciones**

- **Mantenimiento:** conjunto de actividades de revisión, reparación o mejora que se realizan de una manera planificada en una maquinaria y/o equipo e instalaciones, para obtener de estas un óptimo servicio de trabajo.
- **Mantenimiento preventivo:** conjunto de actividades que utiliza el principio de que todas las partes de una maquinaria se gastan por igual y que es necesario hacer algunos cambios de partes de acuerdo al número de horas trabajadas de la maquinaria según las especificaciones del fabricante.
- **Bitácora de operaciones:** es un registro diario que se lleva de una maquinaria o equipo, para determinar el número de horas trabajadas de dicha maquinaria, en la bitácora se anotan cualquier tipo de falla o suceso que se presente para poder tener un control de los paros forzados y anomalías para poder programar sus mantenimientos.

### **2.8.2. Propósito y alcance**

El mantenimiento preventivo se realizará para que todas las máquinas herramientas y equipo en general brinde un óptimo rendimiento y servicio de trabajo, evitando así los paros por fallas inesperadas y acciones correctivas que perjudican la eficiencia de las operaciones del ingenio, este mantenimiento se realizará de una manera programada a todas las máquinas herramientas del taller y equipo auxiliar que se utiliza dentro del taller.

Se recomienda que se programe un primer mantenimiento general de la maquinaria y equipo en general, para poder evaluar las condiciones de estas y

así obtener información acerca de las partes como fajas, poleas, cojinetes, buges, engranes, retenedores, y obtener información para hacer un inventario de las partes de las máquinas y poder formar un *stock* de repuestos en almacén para cualquier trabajo de mantenimiento que se realice a cualquiera de las máquinas.

El primordial fin de este primer mantenimiento es el de obtener la mayor cantidad de información con respecto a las cantidades de partes, sus número de especificaciones y medidas.

### **2.8.3. Responsabilidades**

Estas son las principales actividades de las cuales se encuentra a cargo una determinada persona como lo pueden ser tanto el jefe de maquinaria, encargado de taller o hasta el operador o mecánico tornero, definiendo de una manera clara sus responsabilidades y actividades asignadas a su puesto de trabajo.

### **2.8.4. Recursos necesarios**

Se describe detalladamente los diferentes recursos que utilizan cada persona que labora dentro del taller, incluyendo recursos de consumo, como los materiales utilizables y equipo en general, asimismo, las diferentes máquinas y equipo o herramientas que son importantes para la ejecución de sus distintas tareas.

### **2.8.5. Planificación de tareas de mantenimiento**

El mantenimiento preventivo de las máquinas herramientas se programaran para la temporada de producción o zafra de acuerdo a la necesidad del caso, tomando en cuenta las fallas de las máquinas en operación, el diagnóstico de la verificación realizadas en las rutinas diarias de inspección, debido a que en este período es cuando existe la menor cantidad de trabajos para el taller de máquinas herramientas, teniendo así el tiempo necesario para poder realizar las revisiones y reparaciones si fueran necesarias, programando el mantenimiento de una máquina a la vez, para que siempre existan máquinas disponibles en caso de cualquier emergencia o falla inesperada dentro de las operaciones de la fábrica.

#### **2.8.5.1. Tareas de mantenimiento**

Estas tareas se programarán de acuerdo a las necesidades o a la del número de horas trabajadas por máquina, siendo estas las siguientes:

- Desmonte de piezas, cojinetes, poleas, engranes, fajas, buges, etc., para su cambio por desajuste y desgaste.
- Ajuste de partes, apriete de tornillos y tuercas, ajuste de cuñas, tornillos opresores, tensores de fajas, ajustes de guías, etc.
- Lubricación, cambio de aceite lubricante en las cajas de transmisión de movimiento y recambio de velocidades, engrase y lubricación de partes deslizantes, guías, cojinetes, cadenas y *esprocket*, tornillos de desplazamiento.

- Limpieza en general de la máquina herramienta.

#### **2.8.5.2. Rutinas de inspección**

Las tareas de inspección se limitan a la verificación visual y sonora de las máquinas herramientas, para determinar cualquier anomalía de ruidos extraños y vibraciones severas o desgaste de partes deslizantes como pueden ser guías de bancadas y mesas de máquinas herramientas.

#### **2.8.6. Registros**

Se deberá llevar una serie de registros y fichas de control de los diferentes trabajos de mantenimiento y/o reparaciones que se le efectúen a las máquinas herramientas, como: las fichas de registros de inspección diaria, las fichas de verificación de trabajo, hojas de control de eficiencias de mantenimiento y las hojas de control de repuestos y/o suministros según se muestran en las figuras 43, 44, 45 y 46, las cuales deberán de ser autorizadas y asignadas por el jefe de maquinaria, indicando las actividades a realizarse en cada máquina de acuerdo al número de horas trabajadas o dependiendo de la necesidad o las condiciones de la misma. Estos registros deben de ser archivados para que, posteriormente puedan ser utilizados y poder determinar una tendencia en las fallas más comunes de cada máquina, así como evaluar el costo del mantenimiento y poder determinar la eficiencia de dicho mantenimiento con respecto al número de horas trabajadas por máquina.

### **2.8.6.1. Fichas de control de mantenimiento**

Estas son hojas técnicas donde se describen las actividades de mantenimiento que se deberán realizar a las máquinas, indicando a qué máquina, fecha, mecánico a cargo, además en ella se harán las anotaciones como observaciones que sean de importancia para el buen funcionamiento del equipo. deberán llevar el visto bueno del encargado del taller o del jefe de maquinaria del ingenio quien supervisa y acepta el trabajo de mantenimiento realizado a la máquina.

### **2.8.6.2. Fichas de control de repuestos y/o suministros**

Estas fichas son hojas donde se registran detalladamente las partes o repuestos que se utilizan dentro de una rutina de mantenimiento a una máquina, en ella se describen el número de partes, tipo y código, para poder obtener de esta manera información y mantener una cantidad mínima de repuestos en el almacén.

### **2.8.6.3. Control diario de operación de las máquinas**

En esta se registran diariamente las distintas operaciones o trabajos que se ejecutan en cada una de las máquinas, especificando la pieza de trabajo, material y tiempo de trabajo.

La bitácora diaria se llevará en una libro de actas debidamente autorizado por el jefe de maquinaria, de estos se tendrá uno para cada máquina identificado debidamente.



### **3. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN**

#### **3.1. Sistema de capacitación para los operarios**

Se le dará capacitación técnica y teórica tanto a los mecánicos como a los operadores para una eficiente aplicación de los manuales dentro del taller, dándoles a conocer los procedimientos básicos para la ejecución de sus operaciones a través de conferencias y cursos impartidos por personal con conocimiento en el tema e instructores capacitados o asesores. Las capacitaciones se llevarán a cabo periódicamente en periodos no mayores de un mes para personal nuevo y reforzamiento cada seis meses para todo el personal involucrado.

##### **3.1.1. Conferencias**

Las conferencias se deberán impartir en una forma obligatoria para todo el personal, debido a que debe ser de conocimiento de todos los interesados, mandos medios y operadores, para obtener de esta manera el resultado deseado en la implementación de los manuales operativos en el taller de máquinas herramientas.

##### **3.1.1.1. Mandos medios**

Las conferencias hacia los mandos medios deben impartirse desde el punto de vista administrativo y de supervisión, dando a conocer los principales puntos de control llevando los registros correspondientes de las actividades que

se ejecuten en la implementación de dichos manuales.

### **3.1.1.2. Operadores**

Las conferencias que se impartirán hacia los operadores serán de carácter instructivo técnico, dando a conocer los diferentes procedimientos que se deberán de ejecutar en las diferentes operaciones dentro del taller de máquinas herramientas, para lograr de esta manera, una eficiente implementación y colaboración del personal operativo, alcanzando así una rápida implementación de los manuales.

### **3.1.2. Inducción**

La inducción se impartirá al personal con poca o ninguna experiencia en lo que al contenido de los manuales se refiere, personal de nuevo ingreso en la planta, indicándoles las generalidades del contenido de estos, dándoles a conocer los objetivos, propósitos y alcance para que participen de una forma correcta sobre la implementación de los manuales.

#### **3.1.2.1. Operadores**

La inducción se impartirá específicamente con el personal operativo, ya que es a estos quienes tendrán un contacto directo con las operaciones que en los manuales se describen, participando de una forma directa y colaborando con ello a logro de la implementación de los manuales.

## **4. SISTEMA DE SEGUIMIENTO**

### **4.1. Sistema de información, evaluación de los índices de medición de la implementación**

Se deberá contar con una serie de índices o parámetros contra los cuales se hagan comparaciones de la eficiencia de la implementación, midiendo de esta manera el porcentaje de aplicación y cumplimiento de la ejecución de los manuales.

Los índices son:

- Calidad en el acabado de los trabajos , uniformidad
- Tiempo de entrega de los trabajos
- Orden y capacidad de cubrir o realizar los trabajos que se presenten
- Facilidad de realizar los trabajos por parte de los operadores
- Disponibilidad de máquinas en óptimas condiciones
- Porcentaje de cumplimiento con los trabajos que se soliciten

Se programará una serie de auditorías tanto internas como externas para verificar que se esté gestionado la implementación de los manuales, teniendo así una manera más de medir la eficiencia de la ejecución y cumplimiento de los métodos aplicables de operación dentro del taller de máquinas herramientas, tomando en cuenta el número de horas hombre trabajadas y calidad en el trabajo dentro del taller.

Las auditorías internas serán realizadas por el encargado del área verificando que los tiempos de realización de los trabajos se cumplan al igual que las características y procedimientos de los trabajos a realizar.

Las auditorías externas se llevarán a cabo cada seis meses por personas técnicas que se especialicen en la materia conocedores del ramo de metal mecánica y trabajos de máquinas herramientas, personal subcontratado de otras empresas o asesores de estas.

#### **4.1.1. Parámetros de medición de eficiencia de operadores**

Los parámetros de medición de eficiencia de los operadores que se deberá llevar deben tomar en cuenta la aplicación correcta de los métodos de operación que se encuentra descritos en los manuales dentro del taller, la eficiencia con que se realicen los trabajos y la calidad de estos, llevando un registro de los tiempos de operación para cada trabajo y logrando que estos se realicen de una manera eficiente cada vez que se realicen.

#### **4.1.2. Parámetros de medición de eficiencia de mantenimiento**

Los parámetros de medición de la eficiencia del mantenimiento, se llevará de acuerdo al número de horas trabajadas de la máquina eficientemente, con relación al costo del mantenimiento, evaluando de esta manera la eficiencia con que se están realizando las rutinas de inspección y mantenimiento para cada máquina y haciendo las correcciones pertinentes dependiendo de los resultados obtenidos, cumpliendo así con el método de retroalimentación de la información obtenida a través de los registros correspondientes.

Esto indica que se deben establecer criterios específicos para describir lo que se considera como una operación satisfactoria. Una combinación de factores cualitativos y cuantitativos definen las funciones que el sistema (equipo) debe lograr, y que usualmente son las especificaciones del sistema. Implica, además, conocer cuando el equipo falla y ya no se desempeña satisfactoriamente.

#### **4.1.3. Mejoramiento continuo**

Consiste en tratar de optimizar el uso de los factores básicos de producción y mantenimiento por medio del análisis permanente de actividades y procesos. Con el fin de eliminar tiempos de demora, controlar y erradicar fallas, reducir costos, elevar niveles de servicio, mejorar la productividad, incrementar la rentabilidad y aumentar la competitividad de la empresa, sobre todo en las áreas de mantenimiento, calidad y producción.



## CONCLUSIONES

1. Las operaciones se basan en los principios de operación de los trabajos que se realizan con mayor frecuencia dentro del taller de máquinas herramientas en el Ingenio Palo Gordo, S.A. Se hacen todos estos estudios para mejorar la metodología de operación y optimizar los tiempos y recursos con que se trabaja.
2. Toda la operación en el área de máquinas herramientas se rige por principios básicos y necesarios para realizar los trabajos complejos, haciendo un estudio de la metodología para mejorar la precisión con que se realizan los trabajos.
3. Las programaciones de las tareas, tanto de mantenimiento como de operación, son de vital importancia para obtener de una manera medible los resultados de dichas operaciones y así mejorar continuamente.
4. En los manuales operativos se definen los objetivos y alcances de cada uno, así como las responsabilidades de los involucrados dentro de las operaciones del taller de máquinas herramientas, sus procedimientos, paso a paso y los recursos necesarios.



## RECOMENDACIONES

1. Capacitar al personal técnico del taller de máquinas herramientas del área de tornos y fabricación, con el objetivo de desarrollar mejor los trabajos y alcanzar las especificaciones y propósitos deseados.
2. Realizar el mantenimiento necesario para evitar que las máquinas pierdan su calibración, de acuerdo con las horas trabajadas.
3. Implementar que se lleven los registros necesarios de control de trabajos y mantenimiento de las máquinas herramientas, para poder obtener de esta manera, índices de mediación de la implementación y mejoras en el área.
4. Coordinar que se lleve el proceso debido de las correspondientes auditorías y darle seguimiento a la implementación de los manuales operativos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BALOH, Tone; WITTEWER, Enrique. *Manual de energía para fábricas de azúcar*. 2a ed. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens, 1995. 203 p.
2. CASILLAS, A. L. *Cálculo de taller de máquinas*. 35a ed. Madrid: Melsa, 1992. 369 p.
3. GERLING, Heinrich. *Alrededor de las máquinas-herramientas*. 3a ed. España: Reverté, 1984. 476 p.
4. HUGOT, Emile. *Manual para ingenieros azucareros*. México: Continental, 2005. 127 p.
5. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. *Guía básica de mecánica industrial*. 5ª ed. Guatemala: INTECAP, 1998. 94 p.
6. MORA GUTIÉRREZ, Alberto. *Mantenimiento planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega, 2009. 158 p.
7. REIN, Peter. *Ingeniería de la caña de azúcar*. Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens KG. Luckhoffstr, 2012. 301 p.
8. SCHARKUS LOBERT, Juez. *Prontuario de metales*. 3a ed. Barcelona: Reverté, 1992. 257 p.



## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta de satisfacción al cliente; *setting* de molinos Ingenio Palo Gordo zafra 2012-2013

INGENIO PALO GORDO SETTING ZAFRA (2012- 2013)					
MOLIDA DIARIA TON.COR / TON.MET.	9000	8182	Ton. Metricas		
FIBRA % EN CANA.	12.75				
INDICE DE PREPARACION.	3	VOL.MODIF.			
NUMERO DE MOLINOS.	6				
<b>TRANSMISIONES:</b>	<b>QUADBROS</b>	<b>QUAD-BRAZ</b>	<b>QUAD-BRAZ</b>	<b>FARREL</b>	<b>QUADBROS</b>
	<b>MOL.No 1</b>	<b>MOL.No 2</b>	<b>MOL.No 3</b>	<b>MOL.No 4</b>	<b>MOL.No 5</b>
	<b>Antigua Mol No.1</b>	<b>Renk-Zanini</b>	<b>Renk-Zanini</b>	<b>Renk-Zanini</b>	<b>Renk-Zanini</b>
REV.P.M. TURBINA/MOTOR	1300	1200	1200	1200	1100
RATIO TOTAL DE ENGRANES.	207.844	181.840	181.840	181.840	181.840
REV.P.M. MOLINO.	6.255	6.599	6.599	6.599	6.049
VELOC. DEL MOLINO P.P.M.	66.045	72.562	72.562	64.284	61.830
<b>MAZAS:</b>					
ANCHO DE LAS MAZAS.	84	84	84	72	84
DIAMETRO MAZA SUPERIOR.	43.0000	44.0000	44.0000	38.6250	42.0000
DIAMETRO MAZA CANERA.	42.0000	44.0000	44.0000	39.0000	40.1250
DIAMETRO MAZA BAGACERA.	42.0000	44.0000	44.0000	40.0000	41.0000
DIAMETRO 4a. MAZA.	40.7500	36.0000	36.0000	33.7500	42.0000
DIAMETRO 5a. MAZA Walker	38.3125				
DIAMETRO 6a. MAZA Walker alimetador	34.0000				
DIAMETRO PROMEDIO MAZAS.	40.3333	42.0000	42.0000	37.2083	39.0417
RAYADO MAZA SUPERIOR	2	2	2	2	2
ANGULO RAYADO SUPERIOR	50	50	50	45	50
PUNTA DE DIENTE SUPERIOR	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
FONDO DE DIENTE SUPERIOR	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
PROFUNDIDAD DIENTE SUPERIOR	1.87648	1.87648	1.87648	2.11248	1.87648
DIAM.DISCO MAZA SUPERIOR.	54.6250	54.6250	53.6250	48.5000	51.5000
RAYADO MAZA CANERA	2	2	2	2	2
ANGULO RAYADO CANERA	50	50	50	45	50
PUNTA DE DIENTE CANERA	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
FONDO DE DIENTE CANERA	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
PROFUNDIDAD DIENTE CANERA	1.87648	1.87648	1.87648	2.11248	1.87648
RAYADO MAZA BAGACERA Y 4A MAZA	2	2	2	2	2
ANGULO RAYADO BAGACERA	50	50	50	45	50
PUNTA DE DIENTE BAGACERA	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
FONDO DE DIENTE BAGACERA	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250
PROFUNDIDAD DIENTE BAGACERA	1.87648	1.87648	1.87648	2.11248	1.87648
<b>MOLINOS:</b>	<b>QUADBROS</b>	<b>QUAD-BRAZ</b>	<b>QUAD-BRAZ</b>	<b>FARREL</b>	<b>QUADBROS</b>
	<b>RECTA</b>	<b>RECTA</b>	<b>RECTA</b>	<b>RECTA</b>	<b>RECTA</b>
TIPO DE VIRGEN.					
ALTURA MAXIMA CANERA	34.8750	35.5900	35.5900	29.7500	32.3110
ALTURA MAXIMA BAGACERA	32.8125	35.5900	35.5900	29.7500	31.8750
ALTURA MIN.4a.MAZA./L.C.SUP	0.0000	4.8200	4.8200	8.8750	0.0000
FLOTACION DE ENTRADA.	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750
FLOTACION DE SALIDA.	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750
RATIO ABERTURA CANERA.	2	2	2	2	2
RATIO DE ABERT.4a.MAZA.(5-6a Walker)	4.25	4	4	5	4.5
RATIO DE ABERT.(4-5a Walker)	4				
ALTURA SUPERIOR/CANERA.	34.5435	34.5000	33.7500	29.1250	31.7021
ALTURA SUPERIOR/BAGACERA.	32.8125	33.5000	33.2500	29.0000	31.4121
ALTURA 4a.MAZA/SUPERIOR.	0.0000	8.8200	9.3200	10.6250	0.0000
DIST.SUPERIOR CANERA.	42.9360	43.8110	43.3110	38.1375	40.3735
DIST.SUPERIOR BAGACERA.	41.5923	42.7798	42.5298	37.7313	40.0298
DIST.SUPERIOR 4a.MAZA.	45.7095	42.2485	41.2485	38.6063	43.6391
DIST.C.MOL./C.CANERA.	25.5000	27.0029	27.1437	24.6212	25.0000
DIST.C.MOL./C.BAGACERA.	25.5589	26.6056	26.5183	24.1381	24.8125
LARGO CUCHILLA ADELANTE.	4.5000	5.0029	5.1437	5.1212	4.9375
LARGO CUCHILLA ATRAS.	4.5589	4.6056	4.5183	4.1381	4.3125

Continuación del anexo 1.

	MOL.No 1	MOL.No 2	MOL.No 2	MOL.No 5	MOL.No 6
<b>SETTING DE LOS MOLINOS:</b>					
SETTING 4a. MAZA (WALKER 6a.5a.Maza)	5.7109	4.1250	3.1250	4.5313	3.5156
SETTING SALIDA WALKER (4a. - 5a Maza)	5.3750	-----	-----	-----	3.1250
ENTRADA MAINEQUE	10.2515	-----	-----	-----	8.0015
SALIDA MAINEQUE (INC.75"/Pie)	12.7515	-----	-----	-----	10.5015
SETTING MAZA CANERA	2.3125	1.6875	1.1875	1.4375	1.1875
SETTING MAZA BAGACERA.	0.9688	0.6563	0.4063	0.5313	0.4063
ENTRADA CUCHILLA 4a.MAZA	-----	4.3750	3.3750	4.7813	-----
ENTRADA CUCHILLA.	2.8125	2.1875	1.6875	1.9375	1.6875
SALIDA CUCHILLA.	3.8438	3.3125	2.8438	2.9688	2.7813
CALZO 4a.MAZA.	0	4	4.5	1.75	0
CALZO MAZA CANERA.	0.332	1.09	1.84	0.625	0.609
CALZO MAZA BAGACERA.	0.000	2.09	2.34	0.75	0.463
OTRAS VARIABLES					
LUZ ENTRE CAJA Y MONO CANERA (-)	0.00	-4.69	-4.55	-4.63	0.00
LUZ ENTRE CAJA Y MONO BAGAC. (-)	0.06	-3.11	-3.20	-3.11	0.00
LUZ MUÑON Y BANCADA SUP. CAÑ.(+)	7.70	3.19	2.44	2.38	7.42
LUZ MUÑON Y BANCADA SUP. BAG.(+)	8.03	2.19	1.94	2.00	7.57
LUZ ENTRE CAJA Y MONO 4a MAZA(-)		-8.48	-9.62	-7.63	
LUZ ENTRE CAJA 4a MAZA Y VIRGEN(+)		4.84	3.84	7.23	
LC Puenete Vrs Lc Maza Superior					
LONG.CUCH.ENT.SUGERIDA.	4.5000	5.0000	5.0000	5.0000	4.9375
LONG.CUCH.SAL.SUGERIDA.	4.5000	4.5000	4.5000	4.0000	4.3125
Distancia Lc.Puenete/Lc.Superior(Atrás -)	-0.5000				-0.3125
INC.ENT.CUCHILLA (MAX.5 MIN 0)					
% INCR.ENTR. CUCHILLA (50-60%)	53.6	77.3	111.0	120.8	111.3
INCREMENTO DISCO SUPERIOR	2	2	2	2	2
FLOTAC. ENTRADA ESPECIAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FLOTAC. SALIDA ESPECIAL	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
RPM.MOL.(NO TRANSMISION)	0	0	0	0	0
LUZ 4aMAZA VRS. CANERA		5.624	5.000	5.292	
CORONAS 4a MAZA: (Alternativa)	1.13	1.14	1.09	1.12	1.15
PASO CORONAS 4a. MAZA xx" CARA		6.000	6.000	6.000	
CORONA 4a MAZA (PEQUENA)		18.000	18	18	
CORONA MAZA SUP. (GRANDE)		25.00	24	23	
SPROCKET EXISTENTES WALKER	Walker				Walker
SPROCKET 4a MAZA (4a y 5a)	14				15
SPROCKET MAZA SUP. Y CAÑERA	17				17
AJUSTE CHUTES:					
ENTRADA CHUTE DONELLY	17.5	13.4	10.2	13.6	10.2
RELACION ENTRADA/SETTING	13	13	13	15	13
L/C CHUTE - L/C SUPERIOR		21.70	21.13	18.71	
DIFERENCIAL DE VEL. EN MAZAS: 47/31 (CC40-43") 45.5/31(39-41.5")					
No. DIENTES CORONA CANERA.	16	15	15	17	16
No. DIENTES CORONA SUPERIOR.	16	15	15	17	16
No. DIENTES CORONA SUPERIOR.(Bagacera)	NO	NO	NO	NO	NO
No. DIENTES CORONA BAGACERA.	16	15	15	17	16
DIFERENCIAL DE RPM EN LA CANERA					
RATIO VELOCIDAD CANERA/SUPERIOR	0.98	1.00	1.00	1.01	0.95
RATIO VELOC. SUPERIOR/BAGACERA	1.02	1.00	1.00	0.96	1.03
ALTURA BASE 4a M/LC MAZA SUP (19)		-3.250	-3.250	0.625	
ALTURA BANCADA 4a MAZA (20)		18.300	18.300	18.875	
ALTURA CAJA 4a MAZA (21)		8.07	8.07	8.25	
RESPALDO CAJA 4a MAZA (22)		11.81	11.81	8.625	
DISTANCIA MÍNIMA LCS/LC 4a MAZA		37.41	37.41	31.375	
DISTANCIA LCS/MONO 4a MAZA (24)		61.61	61.61	53.375	
MAX CALZO 4a MAZA		2.88	2.88	4	
DIAMETRO MUNON 4a MAZA (18)		12.2	12.2	10.75	
CARA MUÑÓN 4a. MAZA		25.50	25.50	18.75	
ALTURA CS/BASE INF. CANERA (02) C.Cuña	49.3750	51.3700	51.3700	42.5000	46.8110
ALT.CS/BASE INF.BAGACERA (01)C.Cuña	47.3125	51.3700	51.3700	42.5000	46.3750
ALTURA CAJAS CANERAS (10)	14.5000	15.7800	15.7800	12.7500	14.5000

Continuación del anexo 1.

		3				
						
ALTURA CAJAS BAGACERAS (09)		14.5000	15.7800	15.7800	12.7500	14.5000
RESPALDO CAJA CANERA (08)		14.5000	18.5000	18.5000	14.5000	14.5000
CONTINUA OTRAS VARIABLES:						
RESPALDO CAJA BAGACERA (07)		14.5000	18.5000	18.5000	14.5000	14.5000
DISTANCIA LCS/MONO CANERA (12-14)		40.0000	50.1900	50.1900	43.7500	39.5000
DISTANCIA LCS/MONO BAGAC. (11-13)		40.0000	48.2200	48.2200	41.7500	39.3125
ALTURA BANCADA CANERA (04)C. Cuña		34.3750	32.0800	32.0800	25.7500	34.3750
ALTURA BANCADA BAGACERA (03)C. Cuña		34.3750	32.0800	32.0800	25.5000	34.3750
DIAMETRO MUNONES INF. (15,16)		19.6850	22.0400	22.0400	18.0000	19.6850
CARA MUÑONES INFERIORES		25.5500	27.9500	27.9500	25.0000	25.5500
CALZO MAXIMO CANERA		8.03	4.28	4.28	3.00	8.03
CALZO MAXIMO BAGACERA		8.03	4.28	4.28	2.75	8.03
DIST. MAX. MIN. CS/PUENTE		29.5/				29.5/
CENTRO/CENTRO MUÑONES		128	127.95	127.95	106	128
DIAM. MAXIMO MAZAS						
CUADRADO MAZA SUPERIOR		17X17"	19X19"	19X19"	15X15"	17X17"
DIÁMETRO PISTÓN HIDRÁULICO Pulg.		15.359	15	15	15	15.359
PRESIÓN HIDRÁULICA RECOMENDADA PSIG		2200	2350	2350	1800	2200
PRESIÓN EN LOS BRONCES PSIG		810	674	674	707	810
PRESION MEDIA EFECTIVA Ton.		163	162	162	165	166
<b>TRANSMISIONES:</b>						
Turbina Marca		Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens
Modelo:		1LA44546AW90Z	1LA44546AW90Z	1LA44546AW90Z	1LA44546AW90Z	1LA44546AW90Z
CABALLAJE (HP)		1200	1200	1200	1200	1200
VOLTAJE		4160	4160	4160	4160	4160
ROTACION		Bidireccional	Bidireccional	Bidireccional	Bidireccional	Bidireccional
RPM		1200	1200	1200	1200	1200
PRESION VAPOR ENT/SAL. Psig						
TEMP. VAPOR ENTRADA °F						
<b>PRIMERA REDUCCIÓN</b>		No utiliza				
Modelo						
HP PLACA						
RATIO		1	1	1	1	1
RPM PLACA						
FS						
No. De reducciones						
HP (EN SERVICIO)		717	717	717	717	717
RPM (EN SERVICIO)		1300	1200	1200	1200	1100
FS (EN SERVICIO)						
% de carga sobre el Hidraulico		0%	0%	0%	0%	0%
HP (EN SERVICIO)						
FS (EN SERVICIO)						
<b>SEGUNDA REDUCCIÓN</b>		LUFKIN	No utiliza	No utiliza	No utiliza	No utiliza
HP		2500				
RATIO		9.350	1.000	1.000	1.000	1.000
RPM		3600				
FS		1.85				
No. De reducciones		2 Reducc.				
HP (EN SERVICIO) 15-14HP/ ton fibra		1200	717	717	717	717
RPM (EN SERVICIO)		1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1100.0
FS (EN SERVICIO)		1.28				
% de carga sobre el Hidraulico		25%	0%	0%	0%	0%
HP (EN SERVICIO)		900				
FS (EN SERVICIO)		1.71				

Continuación del anexo 1.

		4				
<b>REDUCCION INTERMEDIA</b>		<b>PHILADELPHIA</b>	No utiliza	No utiliza	No utiliza	No utiliza
		<b>HERRING-BONE</b>				
HP	500					
RATIO	7.350	1.000	1.000	1.000	1.000	
RPM	165					
FS	2.77					
CARA pulg.	23					
No. dientes piñon	20					
No. Dientes Cararina	147					
PASO pulg.	1.875					
<b>HP (EN SERVICIO) 15-14HP/ ton fibra</b>		<b>1200</b>				
<b>RPM (EN SERVICIO)</b>		<b>139.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1100.0</b>
<b>FS (EN SERVICIO)</b>		<b>0.97</b>				
<b>% de carga sobre el Hidraulico</b>		<b>25%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>HP (EN SERVICIO)</b>		<b>900</b>				
<b>FS (EN SERVICIO)</b>		<b>1.30</b>				
<b>REDUCCION FINAL</b>		<b>PHILADELPHIA</b>	<b>Renk-Zanini</b>	<b>Renk-Zanini</b>	<b>Renk-Zanini</b>	<b>Renk-Zanini</b>
		<b>ENGRANE RECTO</b>	<b>B56/BZ 2*95SG</b>	<b>B56/BZ 2*95SG</b>	<b>B56/BZ 2*95SG</b>	<b>B56/BZ 2*95SG</b>
HP	500	1200	1200	1200	1200	1200
RATIO	3.024	181.840	181.840	181.840	181.840	181.840
RPM	22.5	1182	1182	1182	1182	1182
FS	2.77	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
CARA pulg.	24					
No. dientes piñon	41					
No. Dientes Cararina	124					
PASO pulg.	3.1416					
<b>HP (EN SERVICIO) 15-14HP/ ton fibra</b>		<b>1200</b>	<b>717</b>	<b>717</b>	<b>717</b>	<b>717</b>
<b>RPM (EN SERVICIO)</b>		<b>18.9</b>	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1200.0</b>	<b>1100.0</b>
<b>FS (EN SERVICIO)</b>		<b>0.97</b>	<b>3.67</b>	<b>3.67</b>	<b>3.67</b>	<b>3.36</b>
<b>% de carga sobre el Hidraulico</b>		<b>25%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>HP (EN SERVICIO)</b>		<b>900</b>	<b>717</b>	<b>717</b>	<b>717</b>	<b>717</b>
<b>FS (EN SERVICIO)</b>		<b>1.29</b>	<b>3.67</b>	<b>3.67</b>	<b>3.67</b>	<b>3.36</b>
<b>REDUCCION TOTAL</b>		<b>207.844</b>	<b>181.840</b>	<b>181.840</b>	<b>181.840</b>	<b>181.840</b>
CIASA: Junio 2012-LDV						
PGO-2012-2013						
						184

Fuente: Setting de molinos Ingenio Palo Gordo, Zafra 2012-2013.

**Anexo 2. Especificaciones de números de agujeros diámetros y distancias de taladrado de flanges**

Plantillas para taladrar bridas, válvulas con bridas y accesorios con bridas, de fundición de hierro.									
Tamaño nominal de la tubería en pg.	Diámetro de la brida pg.	Es pesor de la brida (mínimo) pg.	Diámetro de la cara realizada	Diámetro del círculo de distribución de tornillos	Número de tornillos	Diámetro de los tornillos	Diámetro de los agujeros para los tornillos	Longitud de los tornillos	Tamaño del anillo de empaque
NORMA DE 25 LIBRAS (922 NM2)									
4	9	3/4		7 1/2	8	5/8	3/4	2 1/4	4*6 7/8
5	10	3/4		8 1/2	8	5/8	3/4	2 1/4	5*7 7/8
6	11	3/4		9 1/2	8	5/8	3/4	2 1/4	6*8 3/4
8	13 1/2	3/4		11 1/4	8	5/8	3/4	2 1/4	8*11
10	16	7/8		14 1/4	12	5/8	3/4	2 1/2	10*13 3/8
12	19	1		17	12	5/8	3/4	2 3/4	12*16 1/8
14	21	1 1/8		18 3/4	12	3/4	7/8	3 1/4	14*18
16	23 1/2	1 1/8		21 1/4	16	3/4	7/8	3 1/4	16*20 1/2
18	25	1 1/4		22 3/4	16	3/4	7/8	3 1/2	18*22
20	27 1/2	1 1/4		25	20	3/4	7/8	3 1/2	22*24 1/2
24	32	1 3/8		29 1/2	20	3/4	7/8	3 3/4	24*28 3/4
30	38 3/4	1 1/2		36	28	3/4	1	4 1/4	30*35 1/8
36	46	1 5/8		42 3/4	32	3/4	1	5	36*41 7/8
42	53	1 3/4		49 1/2	36	1	1 1/8	5 1/4	42*48 1/2
48	59 1/2	2		56	44	1	1 1/8	5 1/2	48*55
54	66 1/4	2 1/4		62 3/4	44	1	1 1/8	5 3/4	54*61 3/4
60	73	2 1/4		69 1/4	52	1 1/8	1 1/4	6	60*68 1/8
72	86 1/2	2 1/2		82 1/2	60	1 1/8	1 1/4	6 1/4	72*81 3/8
84	99 3/4	2 3/4		95 1/2	64	1 1/4	1 3/8	7 1/4	84*94 1/4
96	113 1/4	3		108 1/2	68	1 1/4	1 3/8	7 3/4	96*107 1/4
NORMA DE 125 LIBRAS (4612 NM2)									
1	4 1/4	7/16		3 1/8	4	1/2	5/8		1*2 5/8
1 1/4	4 5/8	1/2		3 1/2	4	1/2	5/8		1 1/4*3
1 1/2	5	9/16		3 7/8	4	1/2	5/8		1 1/2*3 3/8
2	6	5/8		4 3/4	4	5/8	3/4		2*4 1/8
2 1/2	7	11/16		5 1/2	4	5/8	3/4		2 1/2*4 7/8
3	7 1/2	3/4		6	4	5/8	3/4		3*5 3/8
3 1/2	8 1/2	13/16		7	8	5/8	3/4		3 1/2*6 3/8
4	9	15/16		7 1/2	8	5/8	3/4		4*6 7/8
5	10	15/16		8 1/2	8	3/4	7/8		5*7 3/4
6	11	1		9 1/2	8	3/4	7/8		6*8 3/4
8	13 1/2	1 1/8		11 3/4	8	3/4	7/8		8*11
10	16	1 3/16		14 1/4	12	7/8	1		10*13 3/8
12	19	1 1/4		17	12	7/8	1		12*16 1/8
14	21	1 3/8		18 3/4	12	1	1 1/8		14*17 3/4
16	23 1/2	1 7/16		21 1/4	16	1	1 1/8		16*20 1/4
18	25	1 9/16		22 3/4	16	1 1/8	1 1/4		18*21 5/8
20	27 1/2	1 11/16		25	20	1 1/8	1 1/4		20*23 7/8
24	32	1 7/8		29 1/2	20	1 1/4	1 3/8		24*28 1/4
30	38 3/4	2 1/8		36	28	1 1/4	1 3/8		30*34 5/8
36	46	2 3/8		42 3/4	32	1 1/2	1 5/8		36*41 1/4
42	53	2 5/8		49 1/2	36	1 1/2	1 5/8		42*48
48	59 1/2	2 3/4		56	44	1 1/2	1 5/8		48*54 1/2
54	66 1/4	3		62 3/4	44	1 3/4	2	10 1/2	54*61
60	73	3 1/8		69 1/4	52	1 3/4	2	11	60*67 1/2
72	86 1/2	3 1/2		82 1/2	60	1 3/4	2	12	72*80 3/4
84	99 3/4	3 7/8		95 1/2	64	2	2 1/4	13	84*93 1/2
96	113 1/4	4 1/4		108 1/2	68	2 1/4	2 1/2	14 1/2	96*106 1/4

Fuente: BAUMEISTER, Theodore; AVALLONE, Eugene A. *Manual del ingeniero mecánico*, volumen III. p. 346.

### Anexo 3. Plantillas para taladrar bridas y accesorios con bridas

Tabla III. Plantillas para taladrar bridas, válvulas con bridas y accesorios con bridas, de fundición de hierro.									
Tamaño nominal de la tubería en pig	Diámetro de la brida pig	Espesor de la brida (mínimo) pig	Diámetro de la cara realzada	Diámetro del círculo de distribución de tornillos	Número de tornillos	Diámetro de los tornillos	Diámetro de los agujeros para los tornillos	Longitud de los tornillos	Tamaño del anillo de empaque
NORMA DE 250 LIBRAS (9224N/M2)									
1	4 7/8	1 1/16	2 11/16	3 1/2	4	5/8	3/4		1*2 7/8
1 1/4	5 1/4	3/4	3 1/16	3 7/8	4	5/8	3/4		1 1/4*3 1/4
1 1/2	6 1/8	13/16	3 9/16	4 1/2	4	3/4	7/8		1 1/2*3 3/4
2	6 1/2	7/8	4 3/16	5	8	5/8	3/4		2*2 3/8
2 1/2	7 1/2	1	4 15/16	5 7/8	8	3/4	7/8		2 1/2*5 1/8
3	8 1/4	1 1/8	5 11/16	6 5/8	8	3/4	7/8		3*5 7/8
3 1/2	9	1 3/16	6 5/16	7 1/4	8	3/4	7/8		3 1/2*6 1/2
4	10	1 1/4	6 15/16	7 7/8	8	3/4	7/8		4*7 1/8
5	11	1 3/8	8 5/16	9 1/4	8	3/4	7/8		5*9 1/2
6	12 1/2	1 7/16	9 11/16	10 5/8	12	3/4	7/8		6*9 7/8
8	15	1 5/8	11 15/16	13	12	7/8	1		8*12 1/8
10	17 1/2	1 7/8	14 1/16	15 1/4	16	1	1 1/8		10*14 1/4
12	20 1/2	2	16 7/16	17 3/4	16	1 1/8	1 1/4		12*16 5/8
14	23	2 1/8	18 15/16	20 1/4	20	1 1/8	1 1/4		13 1/4*19 1/8
16	25 1/2	2 1/4	21 1/16	22 1/2	20	1 1/4	1 3/8		15 1/4*21 1/4
18	28	2 3/8	23 5/16	24 3/4	24	1 1/4	1 3/8		17*23 1/2
20	30 1/2	2 1/2	25 9/16	27	24	1 1/4	1 3/8		19*25 3/4
24	36	2 3/4	30 5/16	32	24	1 1/2	1 5/8	9 1/2	23*30 1/2
30	43	3	37 3/16	39 1/4	28	1 3/4	2 2 1/4	10 1/2	29*37 1/2
36	50	3 3/8	43 11/16	46	32	2	2 1/4	11 1/2	34 1/2*44
42	57	3 11/16	50 7/16	52 3/4	36	2	2 1/4	12	40 1/4*50 3/4
48	65	4	58 7/16	60 3/4	40	2	2 1/4	13	46*58 3/4

Fuente: BAUMEISTER, Theodore; AVALLONE, Eugene A. *Manual del ingeniero mecánico*, volumen III. p. 136.

Anexo 4. Plantillas para taladrar bridas y accesorios con bridas de acero

**Tabla IV. Plantillas para taladrar bridas y accesorios con bridas de acero, para tubería (ANSI B16.5-1968)**

Tamaño nominal de la tubería	NORMA 400 LIBRAS					NORMA 600 LIBRAS					NORMA 900 LIBRAS					NORMA 1500 LIBRAS				
	Díametro exterior de la brida	Espesor mínimo de la brida	Díametro del círculo de barrenos	Número de los tornillos	Tamaño de los tornillos	Díametro exterior de la brida	Espesor mínimo de la brida	Díametro del círculo de barrenos	Número de los tornillos	Tamaño de los tornillos	Díametro exterior de la brida	Espesor mínimo de la brida	Díametro del círculo de barrenos	Número de los tornillos	Tamaño de los tornillos	Díametro exterior de la brida	Espesor mínimo de la brida	Díametro del círculo de barrenos	Número de los tornillos	Tamaño de los tornillos
1/2						3 3/4	9/16	2 5/8	4	1/2						4 3/4	7/8	3 1/4	4	3/4
3/4						4 5/8	5/8	3 1/4	4	5/8						5 1/8	1	3 1/2	4	3/4
1						4 7/8	11/16	3 1/2	4	5/8						5 7/8	1	4	4	7/8
1 1/4						5 1/4	13/16	3 7/8	4	5/8						6 1/4	1 1/8	4 3/8	4	7/8
1 1/2						6 1/8	7/8	4 1/2	4	3/4						7 1/4	1 1/4	4 7/8	4	1
2						6 1/2	1	5	8	5/8						8 1/2	1 1/2	6 1/2	8	7/8
2 1/2						7 1/2	1 1/8	5 7/8	8	3/4						9 5/8	5/8	7 1/2	8	1
3						8 1/4	1 1/4	6 5/8	8	3/4	9 1/2	1 1/2	7 1/2	8	7/8	10 1/2	1 1/2	8	8	1 1/8
3 1/2						9	1 3/8	7 1/4	8	7/8										
4						10 3/4	1 1/2	8 1/2	8	7/8	11 1/2	1 3/4	9 1/4	8	1 1/8	12 1/4	1 1/8	9 1/2	8	1 1/4
5						11 1/2	1 1/2	9 1/2	8	1	13 1/2	2	11	8	1 1/4	14 1/2	1 1/2	11	8	1 1/2
6						12 1/2	1 1/2	10 1/2	8	1	15 1/2	2 1/2	12 1/2	8	1 1/2	16 1/2	1 1/2	12 1/2	8	1 1/2
8						14 1/2	1 1/2	12 1/2	12	1 1/8	18 1/2	2 1/2	14 1/2	12	1 1/2	20 1/2	1 1/2	14 1/2	12	1 1/2
10						16 1/2	1 1/2	14 1/2	16	1 1/4	21 1/2	2 3/4	16 1/2	16	1 1/2	23 1/2	1 1/2	16 1/2	16	1 1/2
12						18 1/2	1 1/2	16 1/2	20	1 1/4	24 1/2	3 1/8	18 1/2	20	1 1/2	26 1/2	1 1/2	18 1/2	16	2
14						20 1/2	1 1/2	18 1/2	24	1 1/2	27 1/2	3 1/2	20 1/2	24	1 1/2	29 1/2	1 1/2	20 1/2	16	2
16						22 1/2	1 1/2	20 1/2	28	1 1/2	31 1/2	3 1/2	22 1/2	28	1 1/2	33 1/2	1 1/2	22 1/2	16	2
18						24 1/2	1 1/2	22 1/2	32	1 1/2	34 1/2	4	24 1/2	32	1 1/2	36 1/2	1 1/2	24 1/2	16	2
20						26 1/2	1 1/2	24 1/2	36	1 1/2	37 1/2	4 1/4	26 1/2	36	1 1/2	39 1/2	1 1/2	26 1/2	16	2
24						30 1/2	1 1/2	28 1/2	40	1 1/2	41 1/2	5 1/2	30 1/2	40	1 1/2	43 1/2	1 1/2	30 1/2	16	2

Para los tamaños menores de 4 pulgadas úsense las dimensiones de la Norma 600 libras

Para los tamaños menores de 3 pulgadas úsense las dimensiones de la Norma 1500 libras

Fuente: BAUMEISTER, Theodore; AVALLONE, Eugene A. *Manual del ingeniero mecánico*, volumen III. p. 93.

Anexo 5. Valores de orientación para velocidades de corte en el torno

MATERIAL	UTIL	AVANCE EN (mm.rev.)						
		0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	
		VELOCIDAD DE CORTE EN m/min						
Acero sin alcar	S			60	45	34	25	19
	S							
St 37 St34 St 42	S		280	236	200	170	67	56
St 50, St 60	S			44	32	24	18	14
	S							
	S	240	205	175	145	50	42	
St70	S			32	24	18	13	10
	S							
	S	200	170	132	106	34	27	
Acero moldeado	S			34	25	19	14	11
	S							
	S	118	100	85	71	24	20	
Aceros aleados	S			24	17	12	8.5	6
	S							
	S	150	118	95	75	24	20	
Ac. Mn. Ac Cr-Ni	S		16	11	8	5.6		
Ac Cromo	S	95	75	60	50	16	13	
Y otros aceros aleados	S		9.5	6				
	S							
	S	60	48	38	32	10	8	
Ac. De henamiel 1ÚI\$	S							
	S							
	S	50	40	32	27	8.5	6.7	
Ac. Duro al Mn	S							
	S							
	S	40	32	25	20	6.7	5.3	
Hierro fundido	S		48	27	18	14	9.5	
GG-10 GG-15	G	140	118	95	80	67		
GG-20, GG-25.	S			32	18	13	9.5	6.3
	S							
	H	106	90	75	63	53		
Fundición maleable	S			43	28	20	13	9
	S							
	S	106	90	75	63	53		
Materiales ligeros	S	400	300	200	118	75		
	S							
Aluminio téñico	G	1320	1120	950	850	710		
Aleaciones de Al. (11.... 13% Si)	S	100	67	45	30			
	S							
	G 1	224	190	160	140	118		
Aleac. Para émbolos Gal-Si 111....13% Si)	SS							
	G 1	25	22	20	18	17		
	S							
Aleaciones de Magnesio	S	1000	900	800	750	710		
	S							
	G 1	1800	1500	1250	1060	900		
Mat Sintéticos y prensados Goma dura	S							
	S							
	G 1	300	280	250	224	200		
Masa prensada baquelita Monotex. Pertimax	S							
	S							
	G 1	280	212	170	132	100		

Fuente: SCHARKUS LOBERT, Juez, *Prontuario de metales*. p. 135.

Anexo 6. **Velocidades de corte en relación a los diámetros y RPM de las piezas**

No. REVOLUCIONES n			VELOCIDAD DE CORTE v						DIAMETRO d			
10	255	318	478	637	796	956	1125	1274	1590	2550	3180	4800
11	231	289	434	580	724	868	1013	1157	1445	2310	2890	4350
12	212	285	398	531	663	796	928	1060	1325	2130	2660	4000
14	182	228	341	455	568	682	796	910	1136	1820	2280	3410
16	159	199	298	398	497	597	695	796	995	1590	1990	2980
18	142	177	265	354	443	530	620	708	885	1420	1770	2660
20	128	159	239	319	398	478	558	637	795	1270	1590	2390
22	116	145	217	290	362	434	506	579	723	1150	1450	2170
25	102	128	192	255	319	383	446	510	638	1020	1280	1910
28	91	114	171	227	284	341	398	455	568	910	1140	1710
32	80	10	149	199	249	298	348	398	498	800	1000	1490
36	71	89	133	177	221	285	310	354	442	710	890	1330
40	84	80	119	159	199	239	278	318	393	840	800	1200
45	57	71	106	142	177	214	248	283	354	570	710	1060
50	51	84	96	127	159	191	223	255	318	510	840	950
55	46	58	87	116	145	174	203	231	298	460	580	870
60	43	53	80	106	13	159	186	212	265	420	530	800
70	36	46	68	91	114	136	169	182	227	360	450	680
80	32	40	60	80	10	119	139	159	199	320	400	600
90	28	35	53	71	89	106	124	142	177	285	355	530
100	28	32	48	84	80	96	111	127	159	255	320	480
110	23	29	43	58	73	87	101	116	145	232	290	435
125	20	28	38	51	84	76	89	102	127	20	255	380
140	18	23	34	46	57	66	80	91	114	180	228	340
160	16	20	30	40	50	60	70	80	10	160	200	300
180	14	17	27	35	44	56	62	71	88	140	175	265
200	12	16	24	32	40	48	56	84	80	125	160	240
220	11.6	14	22	29	36	43	50	57	71	114	143	210
250	10.2	12.7	19	25	32	38	44	51	84	100	125	190
275	9.2	11.6	17	23	29	33.5	40	47	58	93	115	175
300	8.5	10.6	16	21	26	32	37	43	53	85	105	160
350	7.2	9.1	14	18	22	28	32	36	45	73	91	135
400	6.3	7.9	12	16	20	24	28	32	40	84	80	120

Fuente: BAUMEISTER, Theodore; AVALLONE, Eugene A. *Manual del ingeniero mecánico*, volumen III. p. 205.

## Anexo 7. Lubricantes para el tallado de roscas en diferentes materiales

MATERIAL	LUBRICANTE
Acero de construcción	Taladrina, aceite de colza
Acero moldeado	Taladrina, aceite de colza
Acero de herramientas	Aceite de colza
Acero aleado de construcción	Trementina, petróleo
Fundición Gris	Aceite colza, petróleo, en seco
Fundición maleable	Taladrina, aceite de colza
Latón, bronce, cobre	Aceite de colza, en seco
Aluminio	Taladrina, petróleo, en seco
Duraluminio	Aceite de colza
Silumin	Taladrina, aceite colza, en seco
Electrón, magnesio	En seco

Fuente: SCHARKUS LOBERT, Juez, *Prontuario de metales*. p. 138.

**Anexo 8. Valores de orientación para velocidad de corte y avance en la fresadora**

Anchura de fresa	100 mm				70mm				20mm			
	Desbastado		Afinado		Desbastado		Afinado		Desbastado		Afinado	
Profundidad de corte	5mm		0.5mm		5mm		0.5mm		5mm		0.5mm	
	Vel. corte m/min	avan. Mm/min	Vel. corte m/min	avance Mm/min								
Acero sin alear	17	100	22	60	17	100	22	70	18	100	22	40
Acero aleado leC.	14	80	18	50	14	90	18	55	14	80	18	30
Acero aleado bonif	10	50	14	36	10	55	14	42	12	50	14	25
Fundición gris	12	120	18	60	12	140	18	70	14	120	18	40
Latón	35	70	35	50	36	190	55	150	36	150	5	75
Metal y acero	200	200	250	100	200	250	250	110	200	200	250	100

Anchura de fresa	25mm				180mm				2.5mm	
	Desbastado		Afinado		Desbastado		Afinado		Desbastado	
Profundida de corte	5mm		0.5mm		5mm		0.5mm		5mm	
	Vel. corte m/min	avan. Mm/min	Vel. corte m/min	avance mm/min						
Acero sin alear	17	50	22	120	20	65	30	50	45	50
Acero aleado rec.	15	40	19	100	16	36	23	40	35	40
Acero aleado bonif	13	20	17	65	14	20	18	30	25	30
Fundición gris	15	60	19	120	16	100	24	90	35	50
Latón	35	80	55	120	50	200	60	120	350	200
Metal y acero	160	90	180	120	250	250	300	90	320	180

Continuación del anexo 8.

Material	Vel. Corte acero de herramientas	Avance mm/rev.							Medio de refrigeración y lubricación
		Velocidad de corte en m/min acero rápido de baja aleación							
		Diámetro de la broca en milímetros							
		5	10	15	20	25	30	35	
Acero hasta 390 N/mm <sup>2</sup>	20	0.1	0.18	0.25	0.28	0.31	0.34	0.36	Taladrina o bien aceite de corte Y refrigerante
hasta 590 N/mm <sup>2</sup>		14	13	16	20	23	26	28	
hasta 780 N/mm <sup>2</sup>	10	0.07	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23	0.25	
hasta 980 N/mm <sup>2</sup>		8	8	10	13	15	17	18	
más de 980 N/mm <sup>2</sup>		0.015-0.17 mm/rev							
		6-12 m/min							
Fundición gris hasta 180 N/mm <sup>2</sup>	14	0.15	0.24	0.3	0.32	0.35	0.38	0.4	En seco o con taladrina abundante
hasta 22° N/mm <sup>2</sup>	10	24	28	32	34	37	39	40	
hasta 290 N/mm <sup>2</sup>	8	0.1	0.16	0.2	0.24	0.28	0.3	0.3	
		12	12	14	16	18	20	21	
Latón Hasta 390 N/mm <sup>2</sup>	40	0.1	0.15	0.22	0.27	0.3	0.32	0.36	Taladrina o aceite mineral
hasta 590 N/mm <sup>2</sup>	25	60-70 m/min							
Bronce hasta 290 N/mm <sup>2</sup>	15	0.07	0.12	0.18	0.24	0.25	0.28	0.32	
hasta 690 N/mm <sup>2</sup>	12	40-60 m/min							
Aluminio teoico	50	0.1	0.15	0.22	0.27	0.31	0.32	0.36	
Aleaciones de aluminio	40	30-40 m/min							Taladrina o aceites de corte v refriaerante
Aleaciones de I maonesio	80	0.051	0.08	0.12	0.181	0.21	0.22	0.26	
Materiales prensados no estratificados	15	25-35 mlmin							Aire comprimido
		0.05	0.12	0.2	0.3	0.35	0.4	0.46	
		80-120 mlmin							
		0.121	0.2	0.3	0.41	0.461	0.5	0.6	
		100-150 mlmin							
		0.151	0.2	0.3	0.381	0.41	0.45	0.5	
		200-250 mlmin							
		0.04	0.05	0.07	0.1	0.12	0.15	0.17	
		35-45 mlmin							

Fuente: SCHARKUS LOBERT, Juez, *Prontuario de metales*. p. 139.