TEORIA DEL TALLER

Ediciones G. Gili, S. A. de C.V.

México, Naucalpan 53050 Valle de Bravo, 21. Tel. 560 60 11
08029 Barcelona Rosselló, 87-89. Tel. 322 81 61
Santa Fe de Bogotá Calle 58, N.° 19-12. Tel. 217 69 39

TEORIA DEL TALLER

Henry Ford Trade School

Quinta edición totalmente renovada
3.ª tirada

Adaptada a la quinta edición
norteamericana de

James Anderson
Earl E. Tatro

GG®/México
1994

Versión autorizada de la obra en inglés
Shop Theory
publicada por McGraw-Hill Book Company, Inc.
de Nueva York

Traducción de:

Antonio Amorós Massanet
Dr. Ingeniero Industrial,
Director de la Escuela Municipal
de Formación Profesional Juan
de la Cierva, del Excmo. Ayuntamiento de Barcelona e ingeniero
asesor de Planificación de la
Maquinista Terrestre y Marítima

© Editorial Gustavo Gili, S.A. - Barcelona
y para la presente edición
Ediciones G. Gili, S.A. de C.V. - México

Printed in Spain
ISBN: 968-6085-59-9
Impresión: Gráficas 92, S.A. - San Adrián de Besós

La edición consta de 2.000 ejemplares.

INDICE

1.	Seguridad en el taller mecánico	9
2.	Pequeñas herramientas	32
3.	Procesos de medición y calibrado	65
4.	Brocas y procesos de taladrado	117
5.	Herramientas de corte de punta única	144
6.	Tornos y operaciones de torneado	154
7.	Tornos revólver	206
8.	Conicidades	224
9.	Procesos de roscado	235
10.	Fresadoras y operaciones de fresado	265
11.	Limadoras y operaciones de limado a máquina	313
12.	Acepilladoras y operaciones de acepillado	337
13.	Engranajes y procesos de dentado	349
14.	Muelas y mecanizado abrasivo	367
15.	Rectificadoras y operaciones de rectificado	386
16.	Tratamiento térmico y ensayo de materiales	441
17.	Acabado superficial y su medición	465
18.	Mecanizado con cinta	477
19.	Fundamentos del control numérico	505
	Apéndice	533

PREFACIO

Los logros científicos en prácticamente todos los campos del esfuerzo humano van íntimamente ligados con las máquinas herramientas de precisión y la habilidad del hombre para medir y producir piezas con exactitudes estimadas en milésimas de milímetro (o micrones). Dentro del propio campo de la máquina herramienta, la búsqueda y el desarrollo de máquinas más precisas, mejores materiales para las herramientas de corte, y métodos aún más répidos de obtención de piezas, constituyen un proceso continuo y, a la vez, variable.

Las materias del texto del libro *Teoría del Taller,* originado en la Escuela de Aprendizaje Henry Ford de Dearbon (Michigan, EE.UU.), fue desarrollado por los miembros del profesorado que eran, además de educadores, operarios mecánicos. A este personal no le satisfacía el material de enseñanza disponible en aquel tiempo, por lo que desarrollaron, en el transcurso de algunos años, sus propias hojas de instrucción, las cuales fueron objeto de una revisión constante. Así, eventualmente, los instructores colaboraban para combinar sus esfuerzos a fin de obtener un libro único, que fue elaborado en la imprenta de la propia Escuela. Debido al interés suscitado en otras escuelas e individuos, la obra fue puesta a la venta, siendo recibida con estusiasmo y satisfaciendo las necesidades de muchas escuelas de grado superior, colegios, escuelas vocacionales, institutos técnicos, escuelas de aprendizaje dentro de la industria y escuelas de las Fuerzas Armadas de los Estados Unidos, así como las de gran número de personas en Norteamérica y otros países.

Al hacer la revisión para la 5.ª edición, hemos tenido en cuenta los requerimientos del aprendiz y del operario en el taller. Se han conservado todas las materias pertinentes expuestas en anteriores ediciones; se ha añadido nuevo material a los capítulos existentes, y se han incluido nuevos capítulos, todo con el propósito de actualizar el contenido total del libro. A fin de ayudar en la comprensión de materias tales como los nuevos útiles de medición, y las modernas operaciones y prácticas de fabricación, cada capítulo ha sido ilustrado con la adición de nuevas fotografías. Se ha tenido presente la necesidad de dar mayor relieve a la precisión y finura de las mediciones. Las demandas de la producción han puesto de manifiesto la necesidad de desarrollar nuevas técnicas de trabajo, así como de mejorar muchas de las prácticas establecidas y de las operaciones de fabricación aceptadas. Se ha reorganizado la secuencia de las materias del texto a fin de adaptarla a un orden de instrucción más lógico y útil para los alumnos, profesores y demás usuarios del libro.

Un capítulo dedicado por entero a la enseñanza de la seguridad, tan importante en el campo de la fabricación mecánica, servirá de ayuda, tanto a

los principiantes como a los operarios experimentados, como medio para evitar y reducir los accidentes en la escuela y en la industria. Entre las innovaciones más recientes introducidas en las industrias manufactureras, se hallan el mecanizado con cinta, el acabado superficial y su medición, y el control numérico. Los autores, percatados de la necesidad de facilitar conocimientos sobre estas nuevas tendencias, han añadido un capítulo para cada una de ellas.

Se agradecen de un modo especial a Mr. Whitey Wade, jefe de taller en la "Kollsman Motor Company" de Dublin (Pensilvania, EE.UU.), sus sugerencias muy provechosas y su asesoramiento técnico concerniente a nuevos procesos y máquinas-herramientas.

Este libro está dedicado a Mem Anderson, cuya pericia mecanográfica es sólo excedida por su paciencia y comprensión durante el largo tiempo a deshora invertido en la preparación de este manuscrito.

James Anderson y Earl E. Tatro

1. SEGURIDAD EN EL TALLER MECANICO

El operario seguro

Un accidente en el taller mecánico puede ser una experiencia penosa y nefasta. La mayoría de los accidentes ocurridos en el taller son consecuencia de una falta de cuidado. La víctima sabe con antelación que no debe hacer lo que intenta hacer; pero se arriesga. A veces tiene suerte y la cosa le sale bien. Las estadísticas de accidentes demuestran que quien se arriesga muy a menudo pierde. El resultado es: dolor, pérdida de tiempo y de dinero, herramientas y equipo deteriorados, trabajo echado a perder. A ello debe añadirse la posibilidad de deformidad e inhabilitación permanentes.

La formación de un mecánico experto requiere tiempo y experiencia. Un mecánico experto raramente se ve implicado en accidentes, pues sabe que no puede enfrentarse con la evidencia del funcionamiento de la máquina ni con la potencia de su movimiento. Existen reglas básicas para la adquisición de hábitos de seguridad en el trabajo; estas reglas deben ser primero comprendidas y luego practicadas, hasta que se conviertan en un hábito. Toda máquina constituye un peligro potencial para la seguridad de un operario negligente y atolondrado; por el contrario, el operario cuidadoso observa rápidamente las posibilidades de peligro y establece una serie de hábitos de trabajo que le impiden incurrir en prácticas arriesgadas.

El mecánico experto viste una indumentaria adecuada a fines de seguridad (fig. 1-1). No lleva nada que pueda quedar agarrado a la pieza en movimiento o a la máquina. Es consciente del peligro que representan las virutas que saltan de la pieza que se mecaniza, de las minúsculas partículas que se desprenden de las muelas y de los horribles efectos que partículas procedentes de brocas y herramientas de corte pueden causar en el ojo humano. Lleva puestos sus lentes de seguridad desde que entra en el taller hasta que sale de él (fig. 1-2). El mecánico experto maneja con cuidado las herramientas de corte afiladas. Procura que, alrededor de su puesto de trabajo el suelo esté libre de aceite y de pequeños trozos de ma-

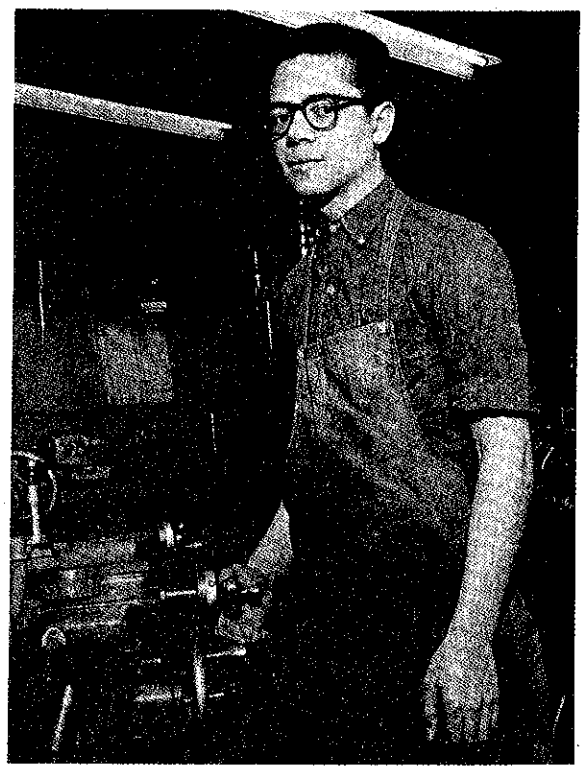


Fig. 1-1. Operario con indumentaria adecuada.

terial. Apila las piezas brutas y las piezas acabadas separada y adecuadamente; no deja que el material amontonado estorbe sus movimientos alrededor de la máquina y constituya, por tanto, un riesgo para su seguridad.

Cuando una pieza o un accesorio de máquina son demasiado voluminosos o pesados para que una sola persona pueda manejarlos confortablemente, el operario cuidadoso solicita ayuda (fig. 1-3). Son muchas las cosas que el mecánico experto realiza para salvaguardarse de accidentes.

El alumno o aprendiz juicioso observa y se aprovecha del ejemplo dado por el mecánico experto. Todo operario o aprendiz de un taller mecánico conoce los peligros que le rodean: ha sido prevenido sobre ellos e instruido respecto a las reglas de seguridad que debe aplicar a su actividad. Pero ello no es suficiente para convertirlo en un operario seguro. Toda persona que trabaja en un taller mecánico, sea operario, aprendiz o ayudante, debe comprender por sí mismo la importancia que tiene la prevención de accidentes y la existencia de los posibles riesgos que su trabajo implica. Es necesario que desarrolle técnicas de trabajo seguras, que esté en guardia respecto a los posibles peligros que le acechan, y que corrija con energía las condiciones o hábitos de trabajo que puedan dar lugar a accidentes y daños.



Fig. 1-2. Lleva lentes de seguridad desde el momento en que entra en el taller hasta que sale de él.



Fig. 1-3. Modo de levantar con seguridad accesorios pesados.

Seguridad en el taller

1. ¿Cuál es la indumentaria adecuada para un mecánico?

Debe quitarse la corbata, el reloj de pulsera y piezas tales como brazaletes de identificación, anillos, etc. Las mangas no constituyen peligro si se enrollan hacia arriba. El mecánico debe llevar un delantal, una chaqueta de taller o un mono; las tiras del delantal deben atarse por detrás, y no hay que llevar en los bolsillos algodones o trapos que sobresalgan.

2. ¿Por qué es peligroso que el operario mecánico lleve jersey de lana?

Las hebras de lana que sirven para confeccionar un jersey son largas y continuas. Si una de ellas queda atrapada por una brida o pieza giratoria, el operario puede ser arrastrado hacia la máquina. Los husillos de las máquinas-herramientas, tanto de un torno como de una taladradora, giran a muchas revoluciones por segundo, y pueden ocasionar graves daños antes de que sea posible parar la máquina.

3. ¿Qué objeción presenta el uso de calzado de lona en el taller mecánico?

El material poco consistente de que está hecha la parte superior del calzado de lona no ofrece resistencia a cualquier objeto duro que caiga sobre él o con el cual se tropiece (fig. 1-4). Las suelas de caucho quedan fácilmente cortadas por las virutas de acero y por los cantos agudos de

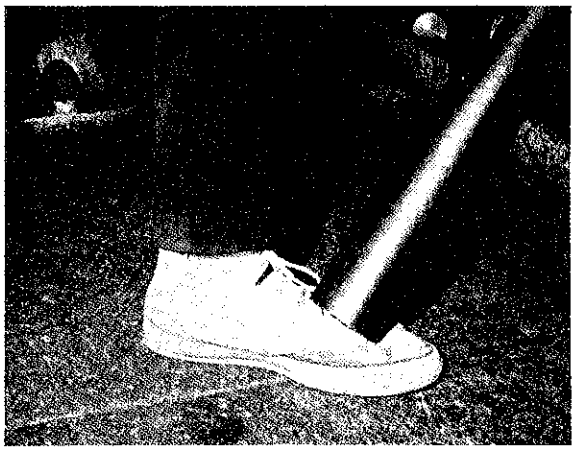


Fig. 1-4. El calzado con puntera blanda ofrece poca protección.



Fig. 1-5. Las suelas de caucho se cortan fácilmente al incidir sobre objetos agudos.

superficies mecanizadas (fig. 1-5). Los zapatos de seguridad sólidos y provistos de puntera de acero, ofrecen en cambio una buena protección.

4. ¿Cuándo es correcto llevar guantes en un taller mecánico?

Deben llevarse guantes cuando se transportan chapas metálicas o grandes barras, especialmente si los cantos son agudos o tienen rebabas. También hay que ponerse guantes cuando se vierten líquidos nocivos para la piel humana y siempre que es necesario manejar virutas metálicas de cualquier tamaño o forma.

5. ¿Por qué todo el personal del taller mecánico debe usar lentes de seguridad?

Las partículas errantes de metal arrancadas por la herramienta de corte de una máquina, o por la del propio operario que trabaja en el banco, pueden causar graves daños a la vista. Los trozos de metal que saltan pueden alcanzar no sólo a la persona que se halla junto a la herramienta de corte, sino a cualquier otra que se encuentre en el taller, ya que vuelan en todas direcciones. Por consiguiente, todo el personal del taller necesita proteger su vista con lentes de seguridad (fig. 1-6).

6. ¿Por qué conviene quitarse la corbata cuando se trabaja en una máquina o se está cerca de ella?

Aunque la corbata esté recogida dentro de la camisa y ésta se halle abrochada puede deslizarse

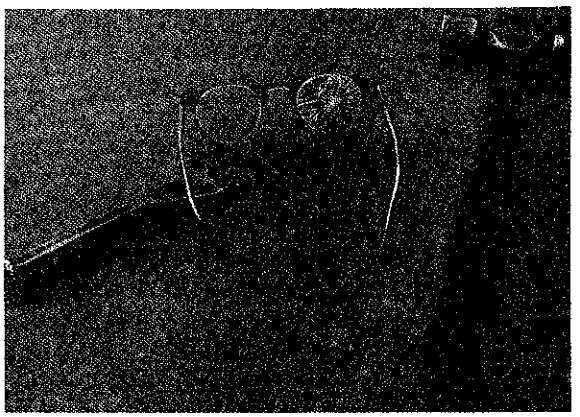


Fig. 1-6. Estos lentes de seguridad salvaron un ojo al operario que los llevaba.



Fig. 1-7. Una corbata puede agarrarse rápidamente a una parte de una pieza que gire.

fácilmente hacia fuera. Si la corbata está suelta puede agarrarse en un instante a cualquier parte giratoria de la máquina; los resultados son temibles (fig. 1-7).

7. ¿Pueden ser causa de inseguridad las tiras de sujeción del delantal?

Si los extremos de las tiras de sujeción del delantal se hallan sueltos, éstas pueden quedar fácilmente cogidas por las partes móviles de cualquier máquina (fig. 1-8).

8. ¿Es más seguro enrollar las mangas hacia arriba o bien abotonarlas en los puños?

Las mangas enrolladas suponen mucho menos peligro que las mangas abotonadas. Las mangas pueden desabrocharse si el ojal está roto o si se ha perdido el botón; entonces la manga puede quedar fácilmente enganchada a una pieza en movimiento, lo cual suele acarrear serias consecuencias al operario de la máquina.

9. ¿Cuál es el modo seguro de levantar un objeto pesado?

No debe intentarse levantar ninguna pieza o accesorio demasiado pesados o voluminosos para una sola persona. Antes de levantar cualquier objeto, es necesario asegurarse de que se dispone de una base firme; conviene tener los pies separados de 20 a 30 cm y conseguir un buen equilibrio. Manténganse los pies cerca del objeto a levantar. Cúrvense las rodillas al agacharse pero manténgase la espalda recta. Cuando se está preparado para levantar, se empuja el cuerpo hacia arriba haciendo fuerza con las piernas (fig. 1-9). Manténgase el objeto próximo al cuerpo hasta tenerlo en la posición normal y conveniente para transportarlo. Debe andarse con pasos firmes; no hay que torcer el cuerpo para cambiar de dirección, sino variar la posición de los pies. Conviene respirar normalmente, no retener la respiración. Cuando deba levantarse un objeto con la ayuda de otra persona, primero hay que ponerse de acuerdo con ella sobre el modo de actuar; luego, se opera conjuntamente.

10. ¿Cómo deben transportarse en el taller largas barras de acero?

Si bien a menudo resulta fácil llevar barras largas sobre los hombros (fig. 1-10), no es un sistema seguro. Se tiene la tendencia de vigilar sólo la parte hacia la cual se va y de olvidar lo que sucede detrás. Las barras deben trasportarse verticalmente, de modo que puedan vigilarse sobre *toda* su longitud (fig. 1-11).

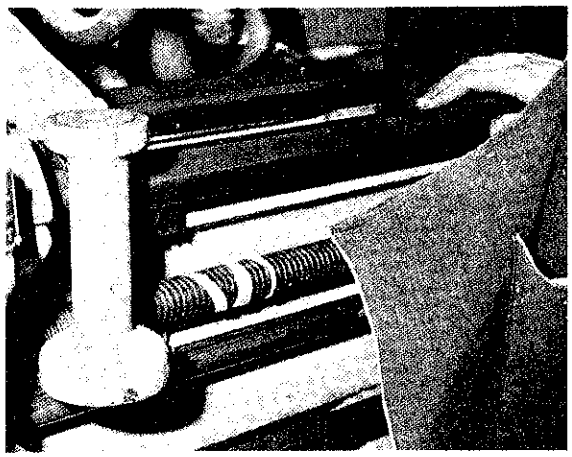


Fig. 1-8. Las tiras del delantal deben sujetarse por detrás; si cuelgan pueden asirse a la máquina.



Fig. 1-9. Modo seguro de elevar un objeto pesado.

11. ¿Por qué es peligroso dejar trozos de barra en el suelo del taller?

Los operarios no tienen la costumbre de andar por el taller mirando al suelo; por tanto, es posible y probable que alguien pueda tropezar con un pequeño trozo de barra abandonado en el suelo o

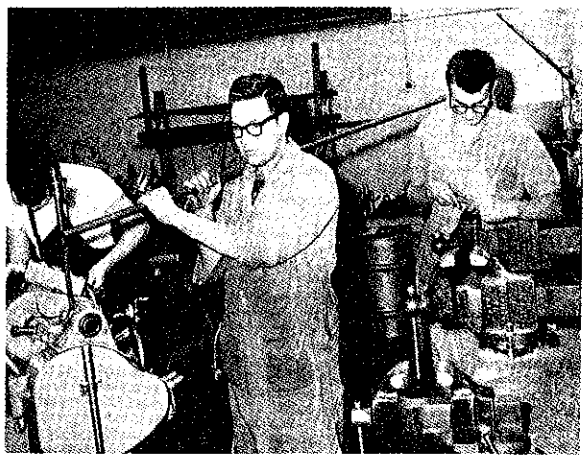


Fig. 1-10. Sistema peligroso de transportar una barra.



Fig. 1-12. Pequeños trozos de barra en el suelo constituyen un peligro.

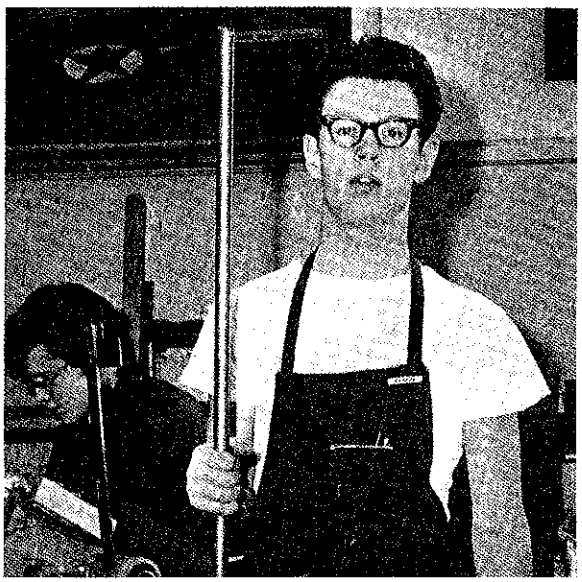


Fig. 1-11. Sistema seguro de transportar una barra.



Fig. 1-13. Aceite en el suelo puede causar una caída.

que lo pise (fig. 1-12). Una caída puede causar lesiones serias; y una caída hacia una máquina en movimiento puede ser fatal.

12. ¿Cuándo constituye la grasa un peligro para la seguridad?

Cuando gotea o es vertida sobre el suelo del taller. Una mancha de aceite debajo de un pie en rápido movimiento puede ocasionar un accidente serio (fig. 1-13). Hay que enjugar la grasa y el aceite que hayan caído en el suelo. Límpiese el exceso de grasa que queda junto a cojinetes y engrasadores.

13. ¿Qué significa tener en buenas condiciones un taller mecánico?

Estos términos implican limpieza y orden; un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. El resultado del buen gobierno de un taller es la seguridad en el mismo.

14. ¿Cuáles son algunas de las cosas que contribuyen a mantener la seguridad en un taller?

Mantener los suelos, los pasillos y el espacio alrededor de las máquinas limpios y libres de pequeñas piezas metálicas, de accesorios y de utillaje de máquinas. En lugares designados deben

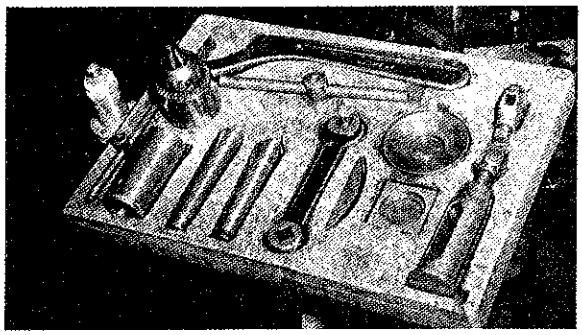


Fig. 1-15. Las virutas se sacan con un cepillo.

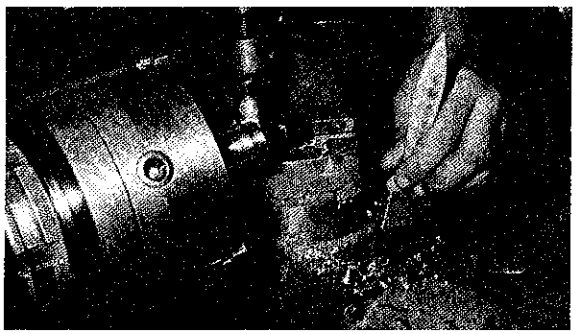


Fig. 1-14. Un lugar para cada herramienta.

disponerse gran número de recipientes para echar en ellos residuos, material de desecho y barreduras del suelo y de las máquinas. Los pasos entre máquinas deben ser claramente delimitados.

Debe haber un lugar para cada herramieta, accesorio y utillaje; cada uno de éstos debe volverse a colocar en su lugar una vez usado (fig. 1-14).

15. ¿Cómo deben sacarse las virutas de la mesa o bancada de una máquina?

Dado que las virutas tienen cantos agudos que pueden cortar y penetrar en la piel, *nunca* deben tocarse con las manos. Las máquinas pueden limpiarse periódicamente de virutas barriéndolas o con el uso de un cepillo adecuado (fig. 1-15).

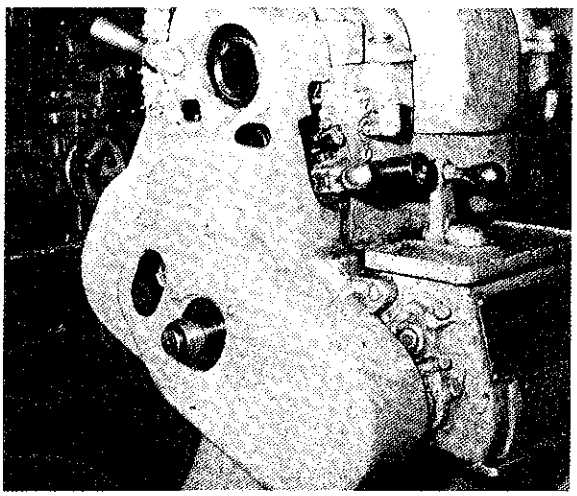


Fig. 1-16. Torno con las protecciones colocadas.

16. ¿Qué debe hacerse antes de empezar a reparar una máquina?

Hay que quitar el fusible que permite la alimentación eléctrica del motor de la máquina. Esto debe realizarse antes de sacar las protecciones (fig. 1-16) o de tocar cualquier parte del mecanismo (fig. 1-17). Muchos operarios que menospreciaron esta práctica de seguridad han perdido uno o varios dedos porque alguien apretó el pulsador de arranque.

17. ¿Por qué es peligroso hacer funcionar una máquina de la que se han quitado las protecciones?

Las protecciones que se hayan quitado para reparar una máquina o para efectuar en ella modificaciones deben montarse de nuevo antes de conectar ésta a la red eléctrica. Trabajar con máquinas desprovistas de protecciones significa un peli-

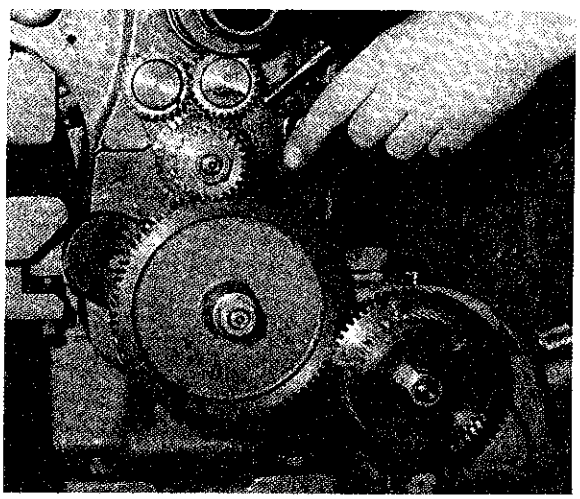


Fig. 1-17. Los engranajes sin protección son peligrosos.

gro para la seguridad, no sólo de los propios operarios, sino de los demás trabajadores del taller, los cuales, al pasar, pueden entrar en contacto con engranajes y otros órganos en movimiento. No debe ponerse en marcha una máquina hasta que todas sus protecciones han sido repuestas.

Seguridad en el banco de trabajo

18. ¿Qué es lo que causa mayor número de accidentes a los operarios que trabajan en el banco?

La mayoría de los accidentes que sufren los operarios en el banco están ocasionados por el uso irreflexivo de las herramientas, es decir, de forma incorrecta o sin cuidado. Muchos accidentes resultan de la utilización de una herramienta para hacer algo inadecuado para ella (fig. 1-18).

19. Muchos accidentes penosos son causados por herramientas puntiagudas o de cantos agudos. ¿Qué puede hacerse para evitar este tipo de accidente?

Las herramientas puntiagudas o de cantos agudos no deben llevarse en los bolsillos de los vestidos. Dispónganse las herramientas sobre el banco con los extremos afilados dirigidos hacia la parte trasera del mismo (fig. 1-19). Déjense las herramientas encima de una tela para proteger los cantos. Cójanse con cuidado. Usese la herramienta apropiada para el trabajo.

20. ¿Cuáles son las reglas de seguridad para el uso de las limas?

(A) Asegurarse de que la lima tiene mango y comprobar que éste queda bien fijado. No usar nunca una lima sin mango.

(B) Quitar las rebabas y los abrasivos del mango de la lima antes de usarlo, a fin de evitar ampollas.

(C) No utilizar una lima como martillo. Las partículas de metal duro que saltan pueden atravesar la piel humana.

(D) No golpear una lima con un martillo, pues pueden saltar partículas metálicas.

(E) No usar una lima como alzaprima, ya que es seguro que se romperá

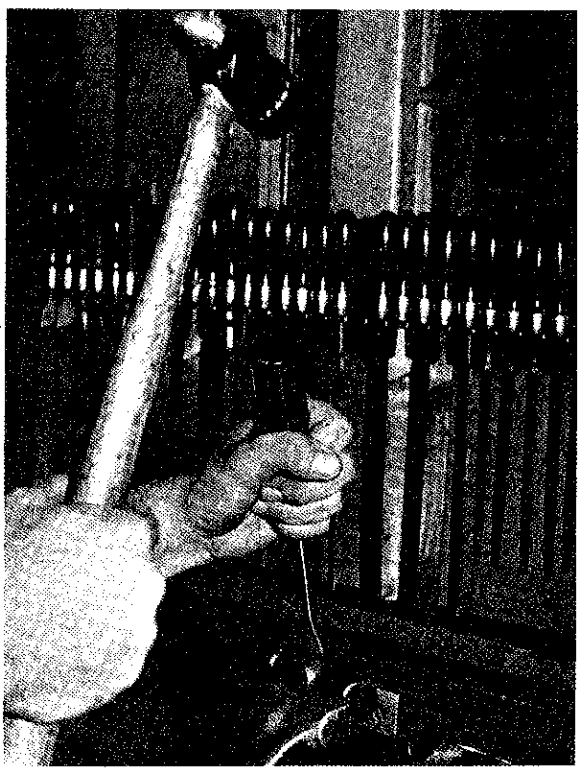


Fig. 1-18. No debe usarse un destornillador como cincel.

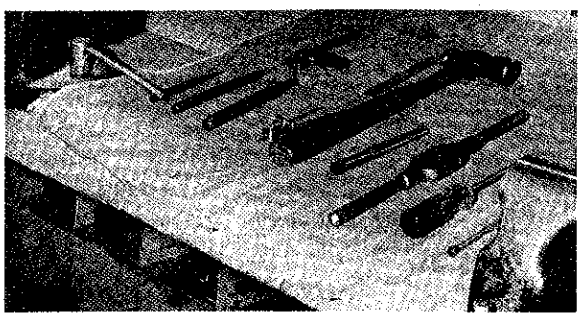


Fig. 1-19. Herramientas de banco dispuestas para ser tomadas con seguridad.

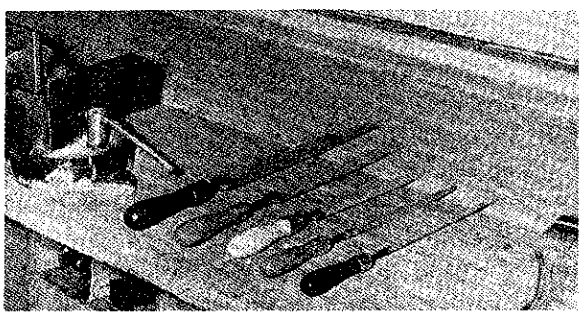


Fig. 1-20. Las limas deben mantenerse separadas.

(F) Mantener las limas separadas una de otra (fig. 1-20) y no echarlas contra otras cuando se devuelvan al cajón de las herramientas.

(G) Conservar los dientes de la lima limpios de *partículas* metálicas. No dejar que el aceite y la suciedad se acumulen en las estrías de la lima. Una lima que se desliza sobre el metal puede causar desgarros en los nudillos.

21. Muchos operarios se lastiman debido al uso impropio de los martillos. ¿Es posible indicar algunas reglas que eliminen la causa de estos accidentes?

(A) Comprobar siempre la fijación del mango en la cabeza del martillo. Asegurarse de que la cuña está en su lugar y bien sujeta.

(B) No usar un martillo cuyo mango está roto o astillado.

(C) Quitar siempre el aceite, grasa y suciedad de la cara y del mango del martillo (fig. 1-21).

(D) No usar nunca la cara del martillo para golpear contra otra herramienta templada.

(E) Usar el martillo de tamaño adecuado para el trabajo; un martillo de 1/4 de kg no puede hacer la función de uno de 3/4 de kg.

22. ¿Cuáles son las reglas que gobiernan el uso seguro de las llaves?

(A) Consérvense las llaves limpias; debe enjugarse el aceite y la grasa antes de usar la llave.

(B) Hay que parar cualquier máquina antes de hacer uso de una llave. Sea la que sea la operación a efectuar —apretar, aflojar, desmontar o ajustar—, *primero párese la máquina.*

(C) Asegurarse de que la llave ajusta en la tuerca cómodamente. Una llave de medida excesiva puede deslizarse y redondear las aristas de la tuerca.

(D) Siempre que sea posible, *tírese* de la llave; no *empujar* sobre ella.

(E) Permanecer de pie con el equilibrio adecuado siempre que sea necesario accionar fuerte sobre una llave: una pierna detrás de la otra (fig. 1-22).

(F) El diseño de una llave proporciona una longitud suficiente para un esfuerzo de palanca seguro. Sin embargo, las circunstancias va-

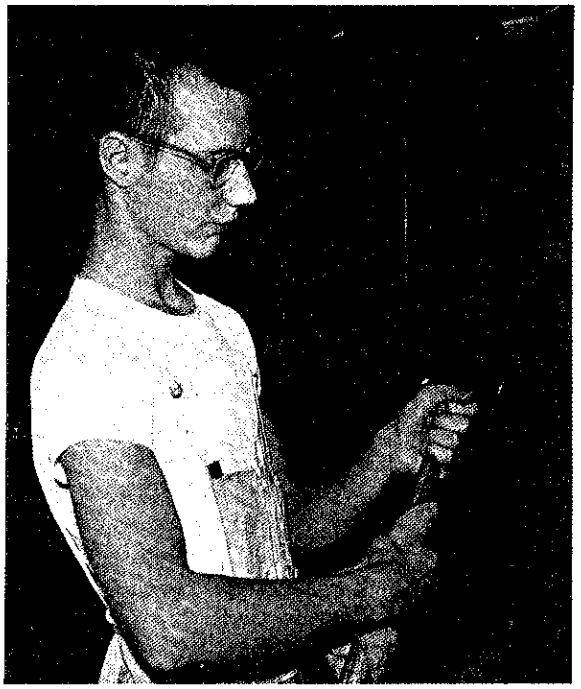


Fig. 1-21. El aceite y la grasa deben eliminarse de la cara y del mango del martillo, antes de usarlo.

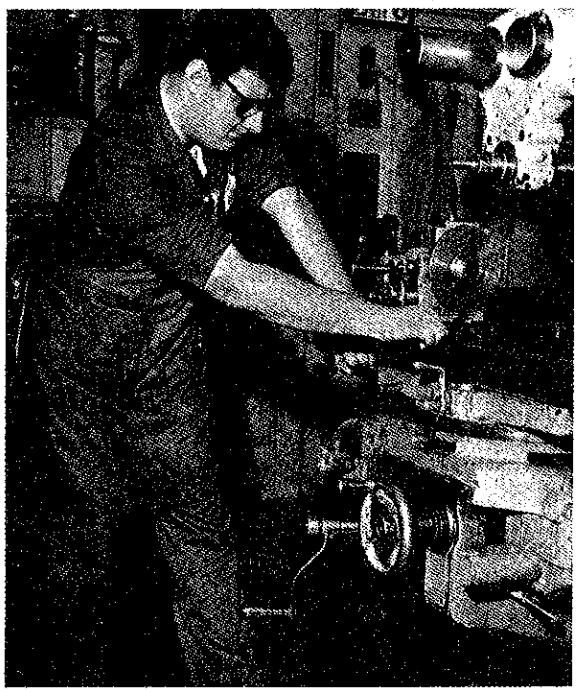


Fig. 1-22. Debe tirarse de la llave, no empujar sobre ella; y estar de pie con equilibrio apropiado, una pierna detrás de otra.

rían cuando debe añadirse una longitud suplementaria; en tal caso, hay que tomar precauciones de seguridad extraordinarias.

(G) No golpear con el martillo sobre el extremo de una llave. Esto motiva que se abra la boca de la misma y que se produzcan rebabas agudas, disformes y peligrosas en el citado extremo.

(H) Usese una llave ajustable (o inglesa) sólo cuando no se dispone de la del tipo no ajustable. Las mordazas de una llave ajustable no están diseñadas para resistir una presión excesiva.

Seguridad en la sierra

23. ¿Por qué no es seguro el uso de una hoja de sierra embotada?

Si una sierra no corta de un modo eficiente, parece práctico aplicar más presión. No obstante, ello constituye un error. Más presión, con una acción de corte deficiente, causará la rotura de la hoja.

24. ¿Cuál es el mejor procedimiento a seguir cuando la hoja de sierra se rompe antes de completar el corte?

Empezar el aserrado con la nueva hoja por el lado opuesto de la pieza, de modo que aquélla penetre en el primer corte sólo en el momento en que el segundo corte incide en el primero, completándose así la operación. Empezar con la nueva hoja en el primer corte significa otra hoja de sierra rota.

25. ¿Cómo debe montarse la hoja de sierra en el arco?

Los dientes de la hoja de sierra deben tener la punta dirigida hacia fuera del mango, o sea, hacia el frente del arco. La tensión debe ser suficiente para evitar que la hoja se flexe, y ésta debe mantenerse recta, no torcida.

26. ¿Existe una velocidad apropiada para el aserrado con sierra de arquete?

La clase de metal a cortar y la forma de la pieza influyen mucho en el número de carreras por minuto de la sierra de arco. La velocidad media para cortar acero laminado en frío sin ocasionar la flexión de la hoja ni el chirrido de los dientes, es de 50 a 60 carreras por minuto; para metales fundidos y duros, la velocidad de aserrado ha de ser menor. El calor originado en la hoja indica la necesidad de ir más despacio.

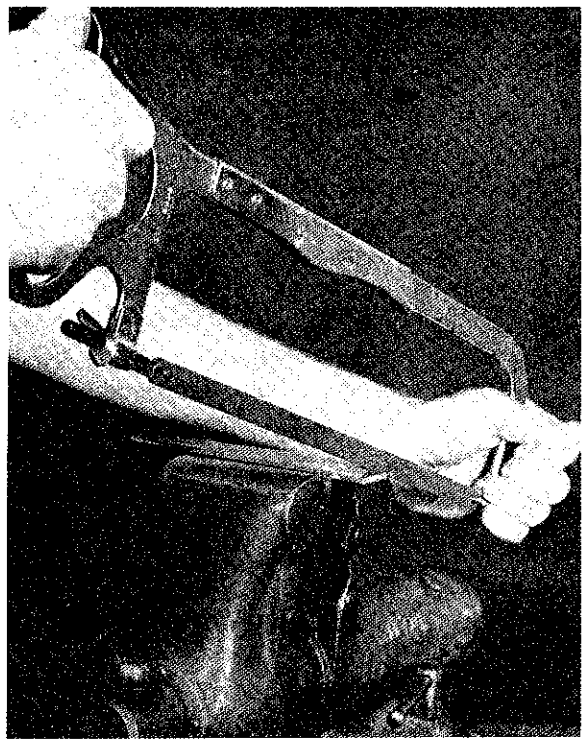


Fig. 1-23. El corte con la sierra debe efectuarse junto a las mordazas del tornillo de sujeción.

27. ¿Por qué es necesario disminuir la velocidad precisamente antes de que la hoja de sierra complete el corte?

Cuando el corte está casi terminado, constituye una buena práctica reducir la velocidad y la presión debido a que, cuando la sierra abandona la pieza, el movimiento hacia adelante ya será más rápido. El olvido de esta práctica ha sido causa de muchas lesiones y cortes en los nudillos y en las manos.

28. ¿Qué otras reglas prácticas de seguridad deben observarse cuando se efectúa una operación de aserrado con sierra de arquete?

(A) Sujetar la pieza en el tornillo de banco de modo que la sierra corte cerca de las mordazas (fig. 1-23).

(B) Aplicar presión sólo en la carrera de avance.
(C) Empezar el aserrado con una carrera de avance ligera y uniforme, manteniendo el arco a un cierto ángulo. Cuando el corte quede establecido, mantener el nivel del arco y aserrar el ancho entero de la pieza.
(D) Efectuar una carrera lo más larga posible, pero sin permitir que los pasadores que sujetan la hoja toquen a la pieza.
(E) Usar una hoja que tenga el número apropiado de dientes por unidad de longitud, según las características de la pieza: paso fino para material delgado, paso basto para piezas grandes.

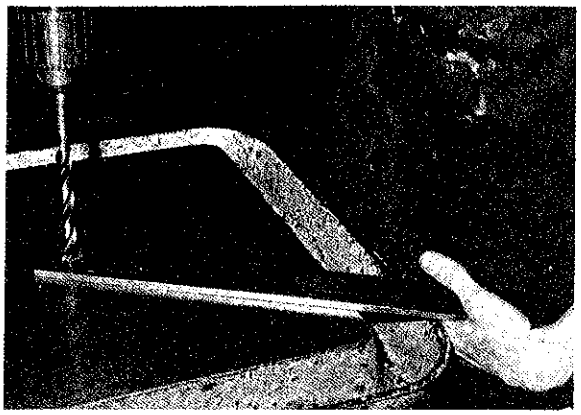


Fig. 1-24. La sujeción de la pieza con la mano durante el taladrado es peligrosa y penosa.

Seguridad en la taladradora

29. ¿Cuál es la causa más común de accidentes en una taladradora?

La mayoría de accidentes en el taladrado se producen porque la pieza no está bien sujeta. Cualquiera que sea el tamaño del agujero a taladrar, la pieza debe estar perfectamente afianzada mediante bridas o pernos.

30. ¿Por qué es peligroso taladrar una pieza sujetada con la mano?

Cuando la broca, girando rápidamente, penetra en la pieza, le transmite algo de su impulso de rotación. Las manos (fig. 1-24) no pueden mantener una sujeción suficientemente segura para evitar que dicho impulso haga dar vueltas a la pieza, apartándola del operario. Este impulso de rotación puede ser tan intenso que lance la pieza hacia algún punto distante del taller y produzca lesiones a cualquier compañero confiado.

31. ¿Cómo debe sujetarse la pieza para el taladrado?

La pieza debe sujetarse en un tornillo de mordazas o afianzarse sobre la mesa de la máquina.

32. Cuando la pieza a taladrar es sujetada en el tornillo de mordazas, ¿debe éste afianzarse a la mesa mediante pernos roscados?

Siempre que sea posible, el tornillo de mordazas debe sujetarse a la mesa mediante pernos (fig. 1-25) para evitar que el impulso de rotación desa-

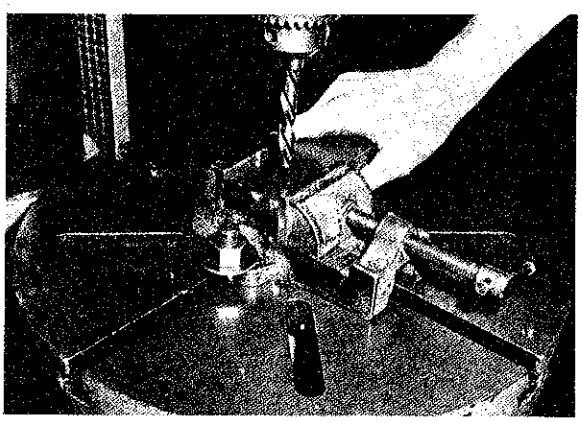


Fig. 1-25. El tornillo de mordazas que sujeta la pieza es fijado con pernos a la mesa.

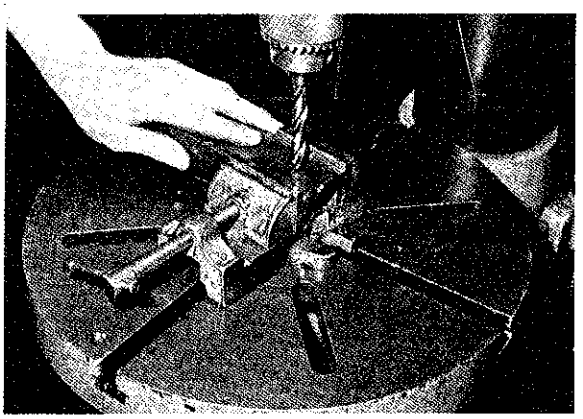


Fig. 1-26. Una práctica peligrosa es aguantar el tornillo con la mano, aunque éste lleve la pieza bien sujeta.

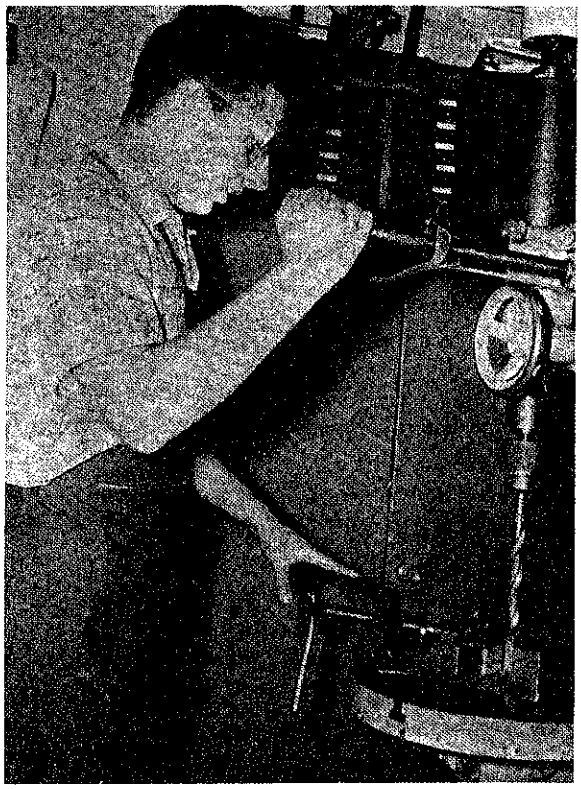


Fig. 1-27. Cuando el tornillo de mordazas no se fija a la mesa con pernos, la broca que gira puede hacerlo virar desprendiéndose de la mano del operario.

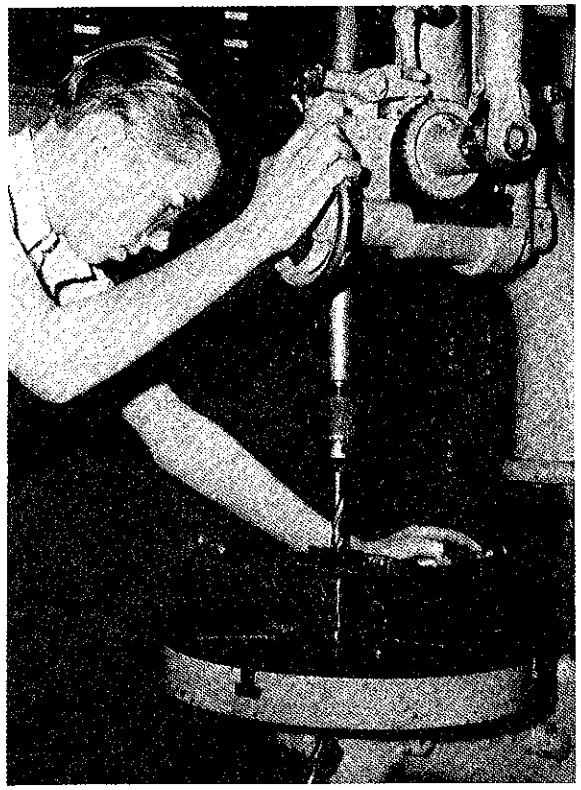


Fig. 1-28. Se evita el virado del tornillo de mordazas mediante su apoyo en la columna de la máquina.

loje la pieza causando lesiones personales, la inutilización de la misma, la rotura de la broca, o una combinación de los tres inconvenientes. No debe intentarse nunca aguantar la mordaza con la mano, como en la figura 1-26.

33. ¿Cómo debe fijarse el tornillo de mordazas en la mesa de la taladradora cuando no es posible sujetarlo mediante pernos?

Si el tornillo es aguantado con la mano (fig. 1-27), la fuerza de la broca que gira puede hacerlo virar respecto a la empuñadura del operario. Al tornillo debe procurársele un apoyo colocándolo firmemente en contacto con la columna de la máquina, de modo que la dirección del giro le obligue a presionar contra dicha columna (fig. 1-28).

34. ¿Por qué el operario en la taladradora debe llevar el cabello corto, o cubrirse la cabeza?

Para evitar que los mechones de cabello despeinados queden agarrados en las correas de la transmisión o en el husillo de giro de la broca (fig. 1-29).

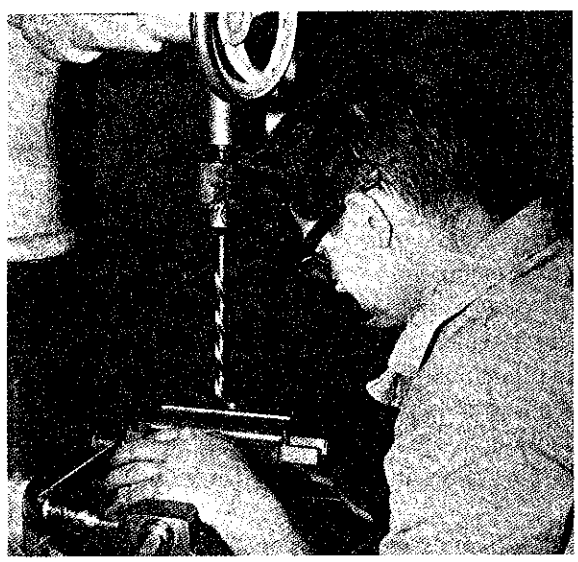


Fig. 1-29. El cabello largo o descubierto puede quedar fácilmente agarrado al husillo de la broca.

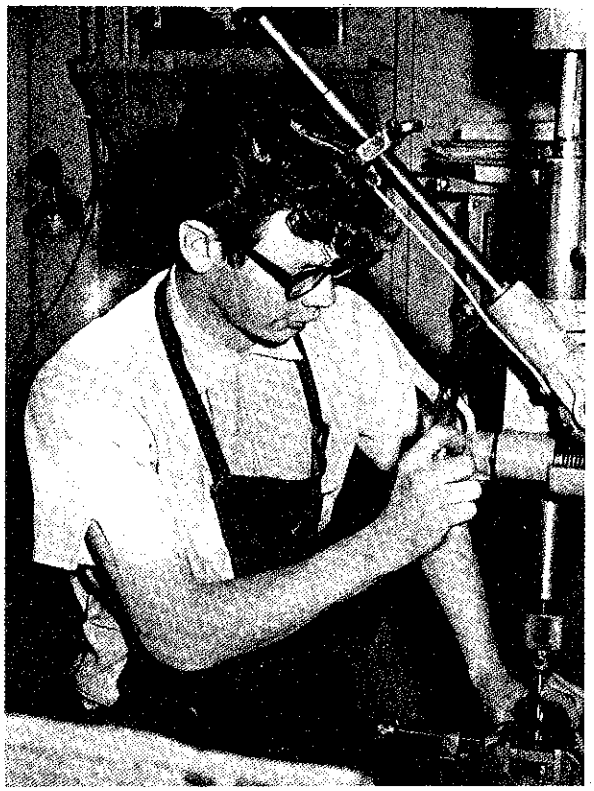


Fig. 1-30. Una palanca de retorno rápido mal enclavada puede caer pesadamente sobre el operario.

35. ¿Por qué el vestido apropiado es tan importante para la seguridad del operario en la taladradora?

Muchos accidentes han sido causados por las mangas largas, las corbatas sueltas y los delantales desatados. Es necesario, para la seguridad, enrollarse las mangas hasta más arriba del codo, quitarse la corbata y mantener las tiras del delantal bien atadas por detrás. No llevar anillos ni reloj de pulsera.

36. ¿Cómo puede ser causa de accidente una broca embotada?

Una broca embotada no corta; en tal caso, el operario inexperto incrementa la presión de avance confiando en que así forzará la penetración de la broca en la pieza, pero lo que en realidad sucede es que la broca se rompe, pudiendo los fragmentos que saltan causar serias lesiones.

37. ¿Cuál es la mejor medida de seguridad que puede tomarse si la pieza, con la broca introducida, es arrastrada de su sujeción?

Párese la máquina inmediatamente. Cuando haya cesado todo movimiento, hágase girar a mano la broca hacia atrás (al revés).

38. ¿Por qué es importante asegurarse de que la palanca de retorno rápido está firmemente enclavada en su sitio?

Una palanca de retorno rápido mal enclavada puede caer pesadamente sobre la cabeza del operario y causarle lamentables heridas (fig. 1-30).

39. ¿Cuál es la herramienta adecuada para aflojar una broca de mango cónico del husillo de la taladradora?

Deben sacarse la broca de mango cónico o el manguito cónico mediante el extractor de brocas. Se producen muchas lesiones cuando se usan herramientas improvisadas. *No usar punzones, limas ni cuñas;* empleando estos utensilios, la broca, el husillo o el manguito pueden quedar permanentemente deformados. También la mecha rota de una lima puede causar lesiones.

40. ¿Cuáles son las reglas más importantes para operar con seguridad en la taladradora?

(A) Pensar en lo que se está haciendo. Prestar toda la atención al trabajo.

(B) Vestir teniendo en cuenta la seguridad. Quitarse los anillos, relojes, brazaletes de identificación y las corbatas. Enrollarse las mangas.

(C) Fijar firmemente a la mesa la pieza o el tornillo de mordazas.

(D) Quitar los útiles, bridas, llaves, etc., de la mesa antes de iniciar el taladrado.

(E) Sacar el extractor de brocas del husillo, o la llave del mandril, inmediatamente después de usarlos.

(F) Reafilar o sustituir la broca cuando está embotada.

(G) Rectificar la broca correctamente para el material que ha de cortar.

(H) Si la broca se rompe después de haber empezado el taladrado, o sea, estando ya dentro de la pieza, suprimir la presión de avance.

(I) Parar la máquina antes de medir o ajustar la pieza.

(J) Una vez parada la máquina, usar un cepillo

para quitar las virutas y el exceso de refrigerante.

41. ¿Cuál es el modo seguro de forzar la entrada de la broca de mango cónico dentro del husillo?

Primero, límpiese el mango de la broca y el agujero cónico del husillo. Usese un trapo, no los dedos. Después de cerciorarse de que la mecha de la broca está correctamente alineada, introdúzcase la broca en el husillo con la acuñación necesaria. *Nunca* debe introducirse la broca con un martillo, porque lo mismo la cabeza de éste que aquélla son templados; la punta cortante de la broca se embotará y pueden saltar partículas de acero duro.

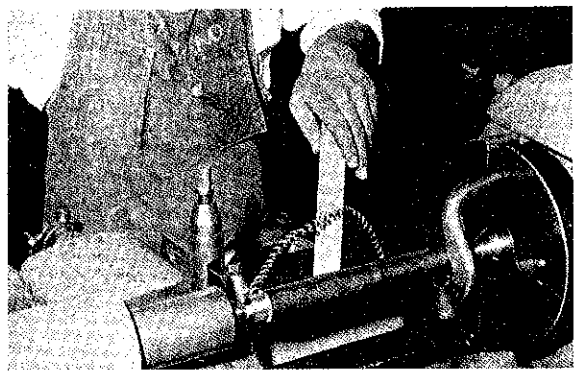


Fig. 1-31. Empujando las virutas hacia fuera mediante una corta pieza de madera, se conseguirá que se rompan sin peligro de quemaduras o cortes.

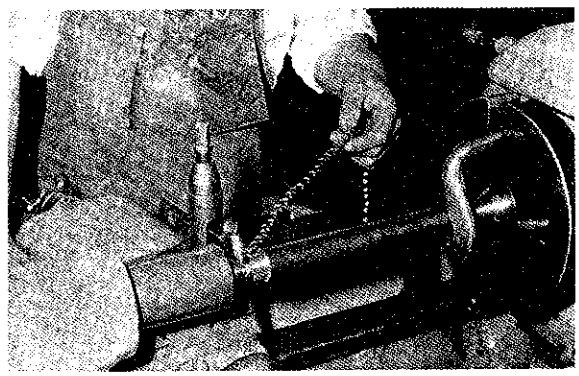


Fig. 1-32. Una viruta de torno quema y corta a la vez y no debe tocarse nunca con la mano.

Seguridad en el torno

42. ¿Por qué debe pararse el torno antes de efectuar cualquier ajuste en el soporte portaherramientas?

Cuando se afloja el tornillo del soporte portaherramientas, la llave puede oscilar interfiriendo con las mordazas del plato de arrastre que gira. El fuerte golpe puede romper el tornillo citado saltando los trozos y así lesionando al operario y a los trabajadores vecinos. Existe también el peligro de que la mano del operario quede aprisionada entre la llave del soporte portaherramientas y las mordazas del plato de arrastre que gira.

43. ¿Cómo puede evitarse que las virutas de torno se enrollen en la pieza?

Puede usarse una corta pieza de madera para empujar la viruta enrollada, haciendo que ésta descienda hacia dentro de la cubeta del torno. Así, la viruta se romperá y permanecerá en dicha cubeta. Las virutas acumuladas pueden barrerse hacia dentro de un recipiente de recogida (fig. 1-31). Las virutas de torno no deben tocarse nunca con las manos (fig. 1-32).

44. ¿Por qué se considera peligroso el permitir una gran acumulación de virutas en la cubeta del torno?

Es posible que una viruta larga se enrolle alrededor de la pieza que gira. Esta viruta arrastrará entonces con ella a las otras contenidas en la cubeta del torno. En el supuesto de que las virutas enrolladas no causen lesiones al tornero, pueden deteriorar la pieza (fig. 1-33).

45. ¿Es una buena práctica limpiar de virutas la herramienta de moletear mientras se está trabajando con ella?

Sí. Es una práctica defectuosa parar el torno antes de que se haya completado la longitud de moleteado requerida. Una pasada de moleteado produce la acumulación de muchas virutas sobre la superficie de la pieza; deben quitarse cuidadosamente con un cepillo (fig. 1-34), **nunca con borra o trapos de algodón** (fig. 1-35).

46. ¿Por qué es peligroso permitir que se amontonen las virutas cuando se tornea magnesio?

La chispa más insignificante puede causar la ignición del magnesio originando un fuego que da

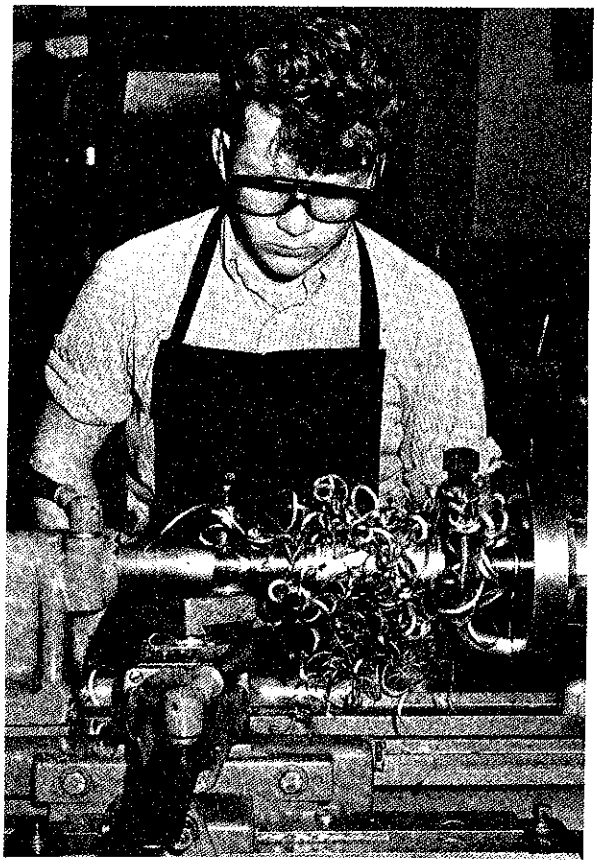


Fig. 1-33. Esto sucede cuando se permite que las virutas se acumulen en la cubeta del torno.

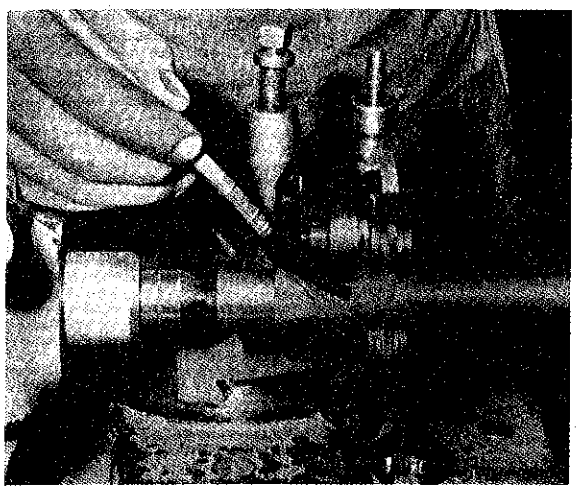


Fig. 1-34. Usese un cepillo para quitar las virutas resultantes de una operación de moleteado.

un calor tremendo. Esto puede ser ocasionado, más que por el corte, por el frotamiento de la

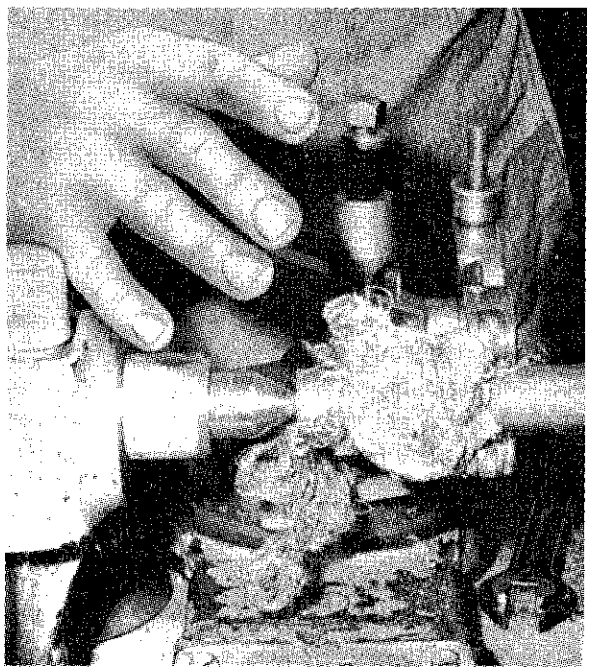


Fig. 1-35. No debe usarse borra de algodón para limpiar una pieza que gira.

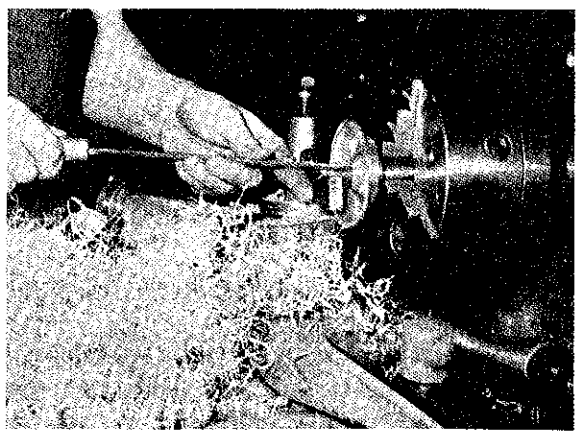


Fig. 1-36. No debe permitirse que las virutas se acumulen alrededor de la pieza.

punta de la herramienta; por tanto, cuando las virutas se amontonan alrededor de la pieza o en el colector de virutas (fig. 1-36), existe un gran peligro de que se prenda fuego. Párese el torno a cortos intervalos y límpiese de virutas siempre que es el magnesio el metal que se está mecanizando (fig. 1-37).

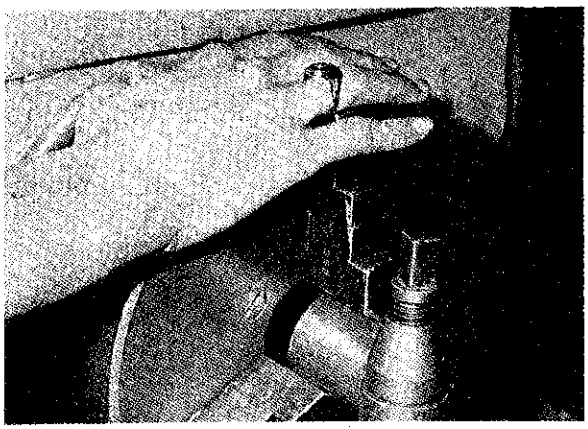


Fig. 1-38. Llevar joyas maniobrando maquinaria crea riesgos para la seguridad.

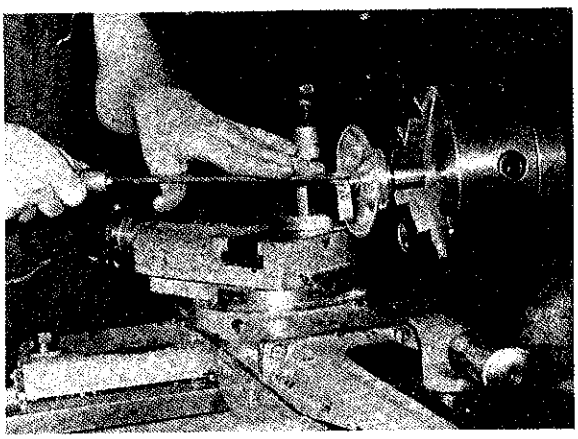


Fig. 1-37. Manténgase la pieza y la cubeta libres de virutas mediante una operación de limpieza periódica.

47. ¿Cómo puede el llevar joyas crear riesgos de seguridad para el operario de torno?

Las joyas ajustadas flojamente, tales como un brazalete de identificación, o un artículo que sobresalga por encima de la superficie de la piel, como un anillo, pueden ser agarrados con facilidad por una pieza en rotación de la máquina, la cual arrastraría una mano o un brazo hacia los elementos en movimiento, causando serias lesiones (fig. 1-38).

48. ¿Puede causar un accidente levantar el plato del torno hasta el husillo?

Sí. Levantar un peso con un ángulo no usual causa a menudo dolorosas dislocaciones en la espalda (fig. 1-39).

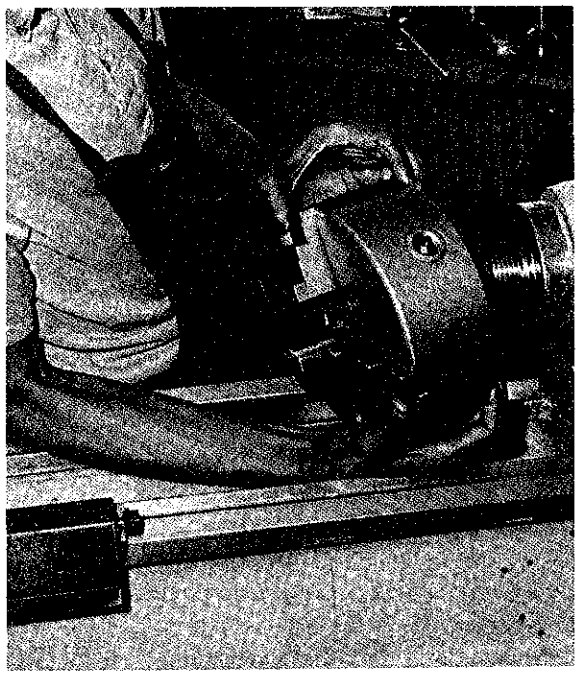


Fig. 1-39. Elevar un cuerpo pesado con un ángulo poco corriente causa penosas dislocaciones en la espalda.

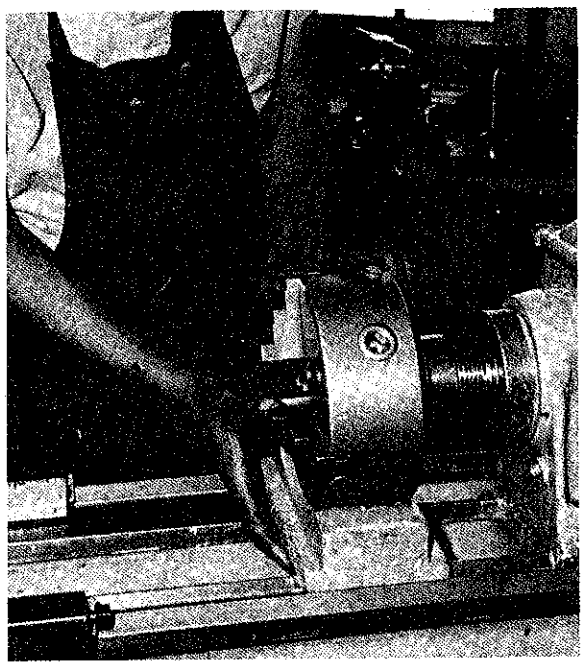


Fig. 1-40. Montaje del plato con el auxilio de un bloque de madera especialmente diseñado.

49. ¿Cuál es el mejor sistema de aguantar el plato cuando se monta en el husillo del torno?

Un soporte de madera dimensionado correctamente para cubrir la altura entre plato y guías del

torno, y al que se haya dado la forma adecuada para alojar dicho plato, hace que el montaje de éste sea una operación segura (fig. 1-40).

50. ¿En qué aspecto de la seguridad hace incapié el mecánico cuando dice: "No te olvides nunca de la llave del plato"?

Es posible que el mecánico tenga que ocuparse de pensar en tres operaciones; en consecuencia, a veces no concentra bien su pensamiento en el presente. Puede dejarse olvidada la llave del plato en el plato (fig. 1-41). Más tarde, puede poner en marcha el torno sin darse cuenta de que la llave está en el plato, produciéndose lesiones graves (fig. 1-42).

51. ¿Cómo puede el mecánico evitar posibles daños producidos por una llave de plato que salga proyectada desde éste?

Siguiendo la regla del viejo lema: "No te olvides nunca de la llave del plato" hasta que haya sido colocada en el sitio adecuado (fig. 1-43).

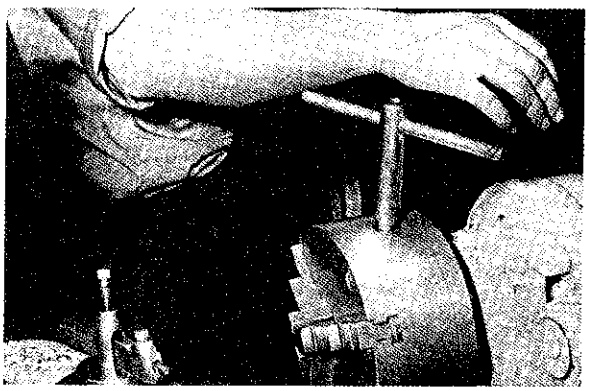


Fig. 1-41. Dejar la llave del plato en el plato ocasiona serios percances.

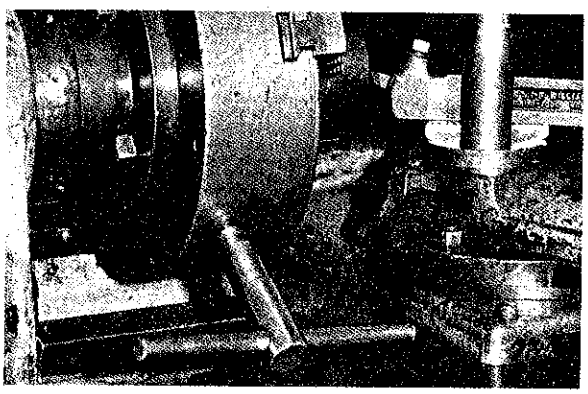


Fig. 1-42. Poner el torno en marcha sin quitar la llave del plato conduce a esto.

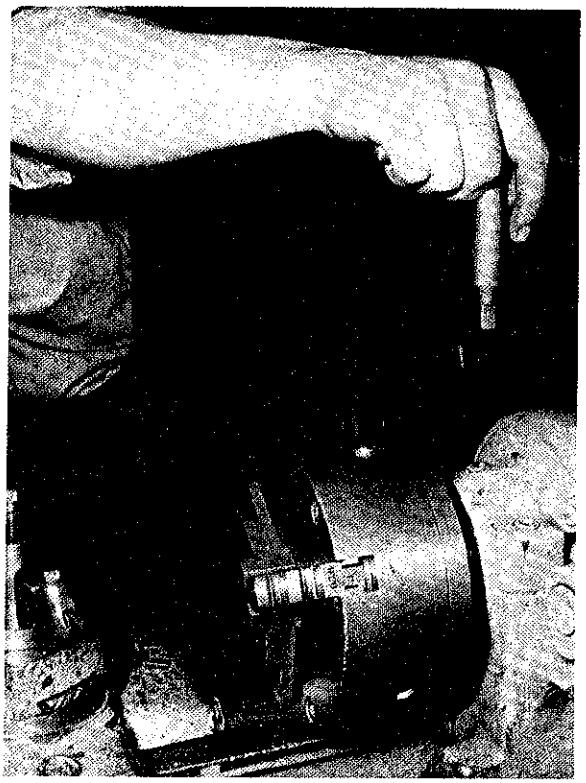


Fig. 1-43. No debe consentirse que la llave del plato se suelte de la mano hasta que se coloca en su sitio.

52. ¿Cuándo debe tenerse cuidado al sujetar el soporte de herramienta en el portaherramientas?

Cuando se refrenta o se tornea una pieza operando junto al plato.

53. ¿Qué procedimiento debe seguirse al sujetar el soporte de herramienta en el portaherramientas cuando se trabaja junto al plato?

El portaherramientas debe situarse en el extremo de la izquierda de las guías del carrillo que lo soporta (fig. 1-44). Si el portaherramientas se fija en el extremo de la derecha del carrillo, las mordazas pueden chocar con el canto del soporte orientable, dando por resultado la producción de virutas, chispas, etc. y la posibilidad de roturas en el torno. Muchos tornos muestran los desperfectos ocasionados en virtud del poco cuidado de ciertos operarios (fig. 1-45).

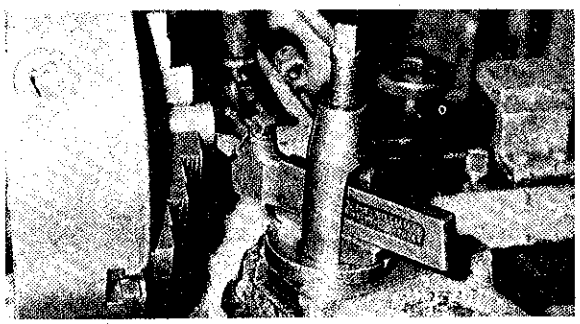


Fig. 1-44. Enclávese el portaherramientas en el extremo de la izquierda del carrillo.

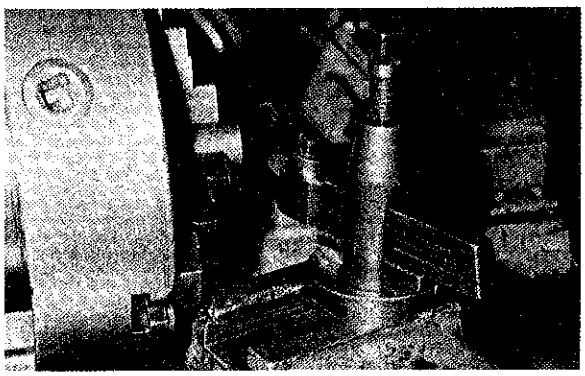


Fig. 1-45. Enclavar el portaherramientas en el lado derecho del carrillo puede dar lugar a inconvenientes.

54. ¿Es el tronzado una operación más peligrosa que cualquier otra de las que se pueden realizar en el torno?

No. No hay trabajos de torno peligrosos siempre que se tenga cuidado en la preparación y se sigan las prácticas del oficio adecuadas. La figura 1-46 muestra una preparación defectuosa que puede ocasionar un accidente. La pieza larga y delgada se curvará en virtud de la presión de la herramienta de tronzar y habrá un desplazamiento respecto a la línea de centros.

55. ¿Debe sacarse la herramienta antes de verificar un agujero torneado interiormente con un calibre macho, o con un calibre tampón cónico si el agujero es cónico?

Si no es posible desplazar el carro separándolo de la pieza, el modo más seguro de actuar es sacar la herramienta y el portaherramientas (fig. 1-47). Muchos torneros han sufrido dolorosos

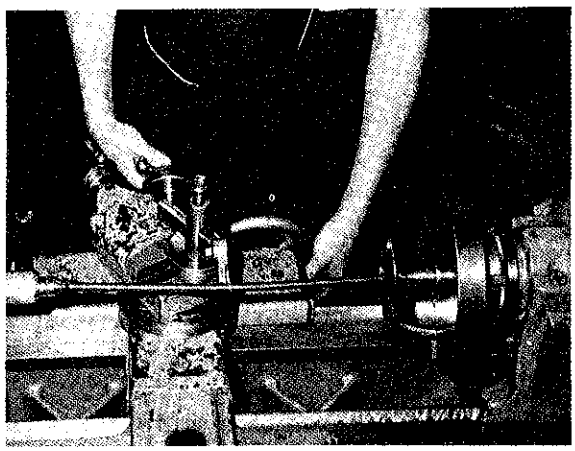


Fig. 1-46. El tronzado de una pieza larga y delgada entre centros es una práctica peligrosa.

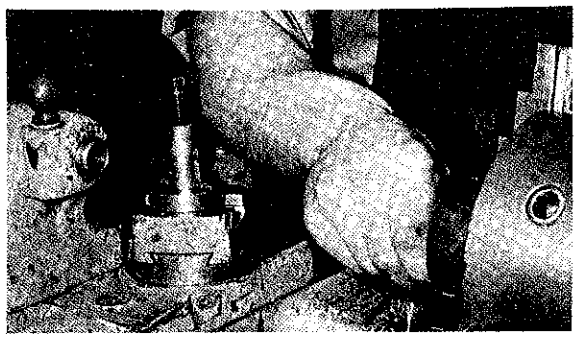


Fig. 1-47. Debe sacarse la herramienta de corte antes de comprobar agujeros con un calibre macho.

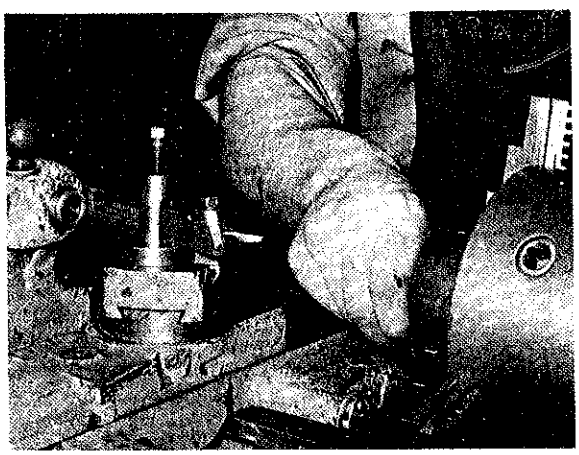


Fig. 1-48. Es peligroso usar un calibre macho (o un calibre tampón cónico) para verificar un agujero cuando la operación debe efectuarse junto a la punta de la herramienta.

cortes cuando el calibre se suelta de repente y sus manos tocan la herramienta de corte desprotegida (fig. 1-48).

Seguridad en la fresadora

56. Para ahorrar tiempo, ¿es seguro maniobrar por sí solo los accesorios pesados de la fresadora?

Manejando por sí solo el equipo pesado no se ahorra tiempo. Esta práctica aumenta la posibilidad de que el operario se accidente y de deteriorar el equipo de la máquina (fig. 1-49). Cuando dos personas levantan una pieza o accesorios pesados hay menos riesgo de perjudicar tanto al equipo como a las superficies acabadas de la mesa de la máquina (fig. 1-50).

57. ¿Cómo deben manejarse las fresas?

Las fresas tienen filos cortantes y deben manejarse con cuidado. Hay que guardarlas en una pieza de tela a fin de evitar daños al operario y a las aristas cortantes (fig. 1-51).

58. ¿Por qué los operarios fresadores cuidadosos colocan sus herramientas encima de un tablero o de un trozo de tela?

Las fresas tienen aristas afiladas que no deben quebrarse o embotarse; colocando estos útiles encima de un tablero de madera se protejen a la vez

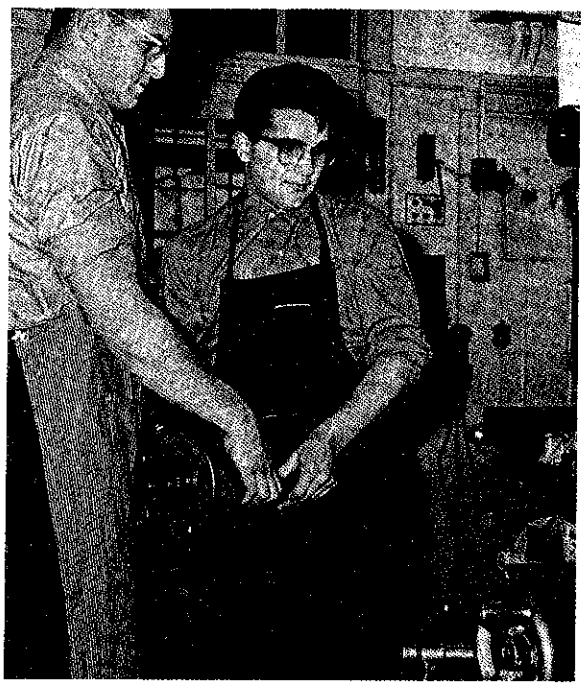


Fig. 1-50. Dos personas pueden manejar un equipo pesado con gran facilidad y mucha seguridad.

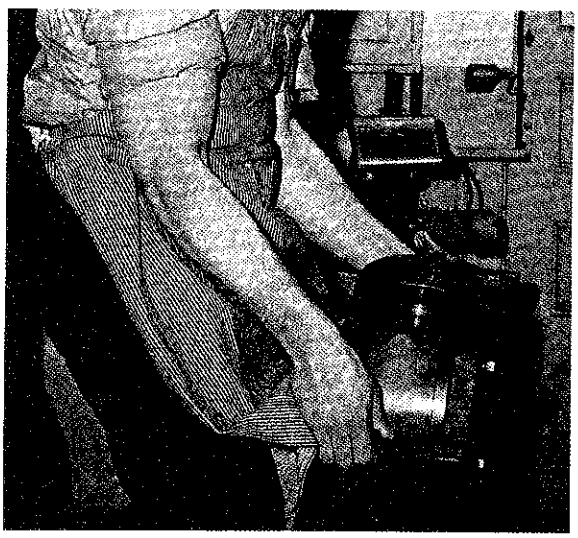


Fig. 1-49. El manejo de accesorios pesados por una sola persona no es raro; sin embargo, es causa de accidentes.

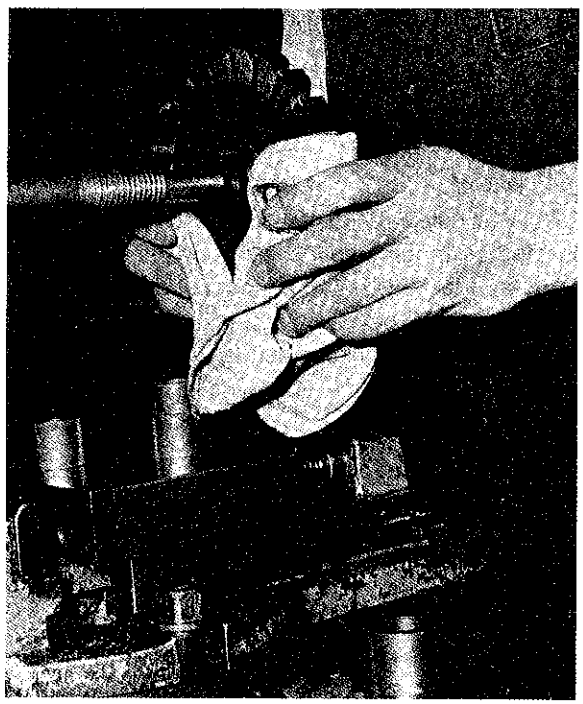


Fig. 1-51. Las fresas afiladas deben manejarse con cuidado y empleando una tela.

los filos cortantes de la fresa y la superficie de la mesa de la fresadora. El tablero permite que el operario guarde sus herramientas juntas y evita que se deslicen y caigan cuando la máquina vibra (fig. 1-52).

59. ¿Cuál es el error en que corrientemente se incurre cuando se fija la fresa en el árbol?

Un error común consiste en intentar el apretado de la tuerca del árbol **antes** de colocar en posición el soporte del mismo (fig. 1-53).

60. ¿Qué sucederá si se comete este error común?

El árbol se flexará y el operario puede lesionarse al salirse la llave de la tuerca de aquél. Siempre hay que colocar en posición el soporte del árbol portafresas y sujetarlo al árbol superior antes de apretar la tuerca del citado árbol portafresas o husillo (fig. 1-54).

61. ¿Puede apretarse la tuerca del husillo accionando el embrague y utilizando la fuerza del motor?

Nunca debe conectarse la fuerza para apretar la tuerca del árbol portafresas. Por el contrario, siempre hay que parar el motor y, cuando el husillo está completamente en reposo, puede apretarse su tuerca.

62. En una fresadora, ¿hay un lado seguro y otro inseguro cuando la fresa está girando?

El fresador no debe permanecer en el lado por el cual la fresa entra en la pieza (fig. 1-55). La fresa, al girar, puede arrastrar la escobilla o cualquier otra cosa que se halle suficientemente cerca de la pieza. El operario debe siempre ponerse en el lado de salida de la fresa (fig. 1-56).

63. ¿Por qué las reglas de seguridad de la fresadora ponen de relieve la importancia de mantenerse separado de la fresa?

Los operarios nuevos tienen tendencia a colocarse demasiado cerca del lugar donde la fresa está arrancando metal (fig. 1-57). Esto hace posible que las virutas que sobresalen corten la piel de la cara del fresador. También existe el peligro de que los vapores y salpicaduras de los aceites solubles causen infección.

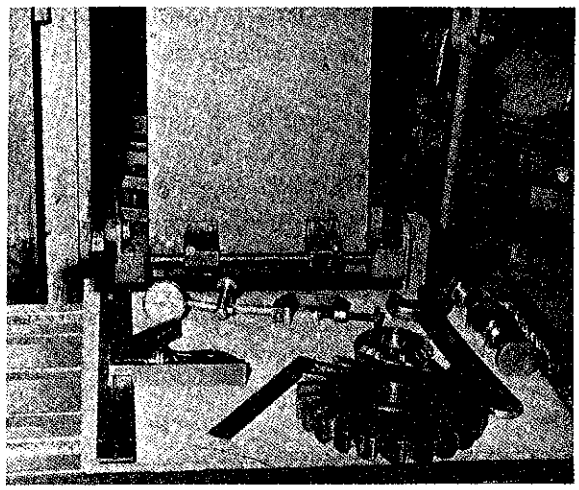


Fig. 1-52. Una práctica segura: colocar las herramientas encima de un tablero o de una tela.

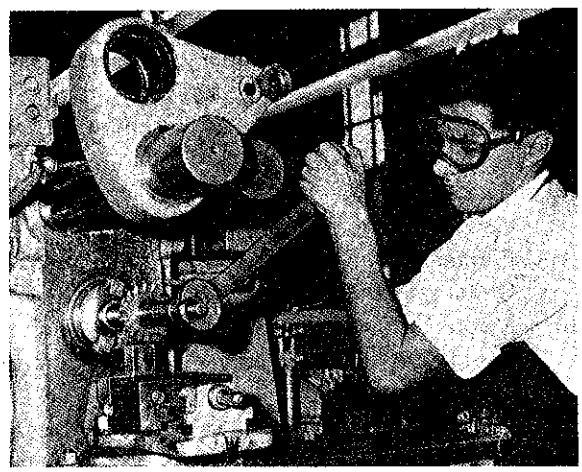


Fig. 1-53. Como que el árbol no tiene apoyo, al aplicar su fuerza el operario, se doblará.

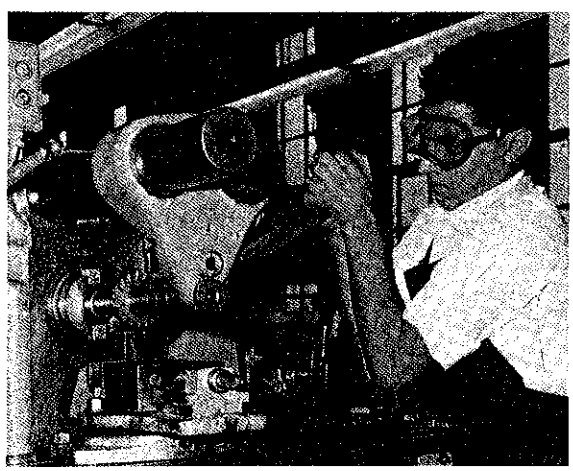


Fig. 1-54. Estando colocado el soporte del árbol portafresas no es fácil que éste se doble.

64. ¿Cuáles son las reglas importantes a seguir para asegurar el funcionamiento sin peligro de la fresadora?

(A) Cerciorarse de que se es conocedor de la función de cada mando para cualquier operación. No presionar un botón, mover una manija o accionar un embrague en tanto no se esté seguro de lo que hará la máquina al efectuar tales acciones.

(B) Cerciorarse de que todo está asegurado antes de conectar la fuerza. Comprobar la fresa, los pernos que sujetan la mordaza, o cualquier accesorio. Comprobar la fijación de la pieza en la mordaza o en el plato.

(C) Comprobar la existencia de un huelgo seguro en la pieza, fresa, husillo, soportes del árbol portafresas, mordaza o plato divisor, antes de poner en marcha la fresadora.

(D) Comprobar si la velocidad y el avance son correctos, antes de dar la fuerza.

(E) No reclinarse sobre la máquina; permanecer de pie junto a ella.

(F) Téngase la cabeza fuera de la línea de acción directa de la fresa.

(G) Permanecer en el lado de salida de la fresa.

(H) Quitar las virutas con una escobilla.

(I) Mantener los cabos de algodón y los trapos alejados de cualquier parte de la máquina que esté operando.

(J) Parar la máquina *antes* de medir la pieza, tocar la superficie de la pieza acabada, apretar un tornillo, cambiar la velocidad o invertir el avance.

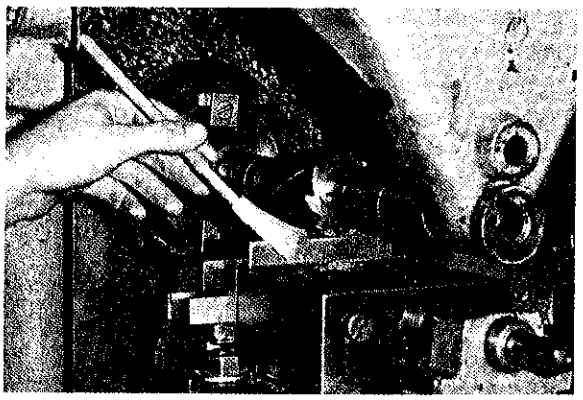


Fig. 1-56. El operario se halla ahora en el lado seguro de la fresa, es decir, en el lado de salida.



Fig. 1-57. El operario inexperto se pone demasiado cerca de la fresa.

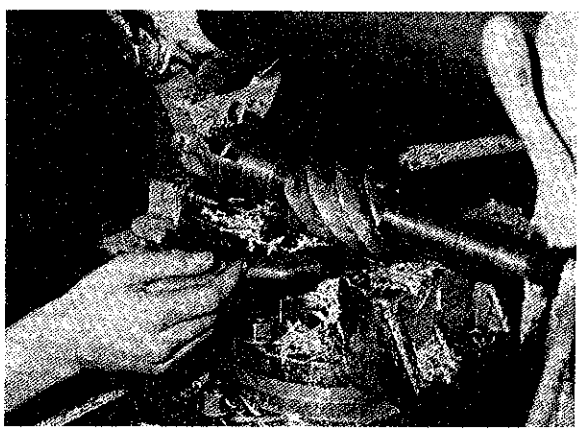


Fig. 1-55. Este operario se halla en el lado peligroso de la fresa.

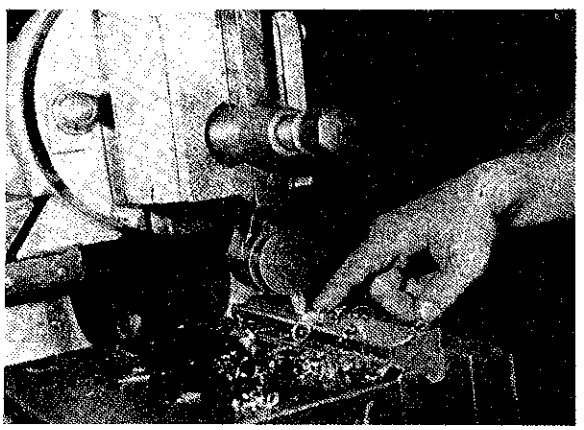


Fig. 1-58. Este es un modo equivocado de extraer las virutas de la herramienta de limadora.

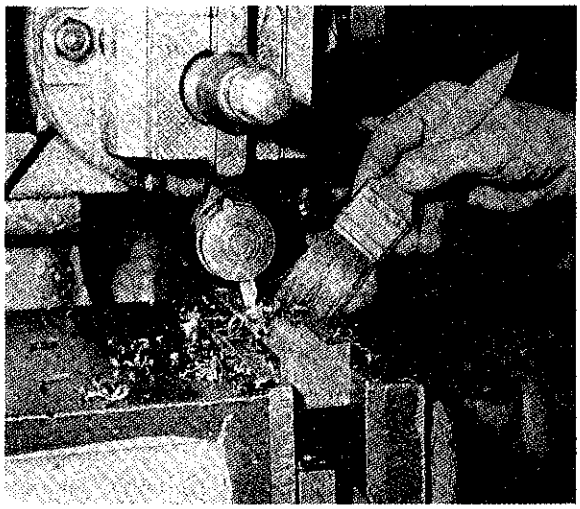


Fig. 1-59. Las virutas se quitan con una escobilla durante la carrera de retroceso del cabezal.



Fig. 1-60. Todos los operarios que se encuentran cerca de una limadora deben usar lentes de seguridad.

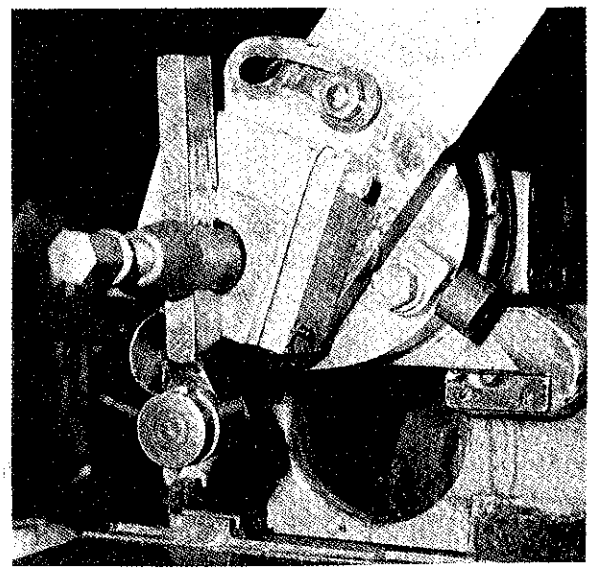


Fig. 1-61. A causa de haber inclinado el cabezal de herramienta, el tornillo de sujeción choca con la columna de la máquina.

Seguridad en la limadora

65. ¿Qué parte del cuerpo del operario de limadora recibe las lesiones más frecuentes?

La mayoría de los accidentes afectan a las manos del operario. Los dedos son cogidos entre la herramienta de corte y la pieza. Es peligroso pretender quitar las virutas a mano (fig. 1-58). Esperar hasta que la herramienta efectúa su carrera de retroceso; entonces, quitar las virutas con escobilla (fig. 1-59).

66. ¿Por qué es importante que el operario de limadora lleve lentes de seguridad?

Las virutas producidas por la herramienta de corte en la limadora suelen saltar con gran fuerza. Por ello, no sólo el operario de limadora, sino todos quienes se hallan cerca de la máquina, deben proteger sus ojos con lentes de seguridad (fig. 1-60).

67. Muchos accidentes ocurren cuando las piezas que se trabajan en la limadora requieren que el cabezal de herramienta quede fijado fuera de su posición vertical. ¿Cómo puede evitarse un accidente en estas circunstancias?

Cuando el cabezal de herramienta debe fijarse formando un ángulo, existe la posibilidad de que alguna parte del mismo choque con la columna de la máquina (fig. 1-61). Hágase mover el carro lentamente, a lo largo de un ciclo completo, y a mano, observando atentamente si todas las partes del cabezal de herramienta quedan separadas de la columna. Para efectuar esta observación, el operario debe situarse en frente de la máquina, a fin de verificar mejor si hay algún punto peligroso (fig. 1-62).

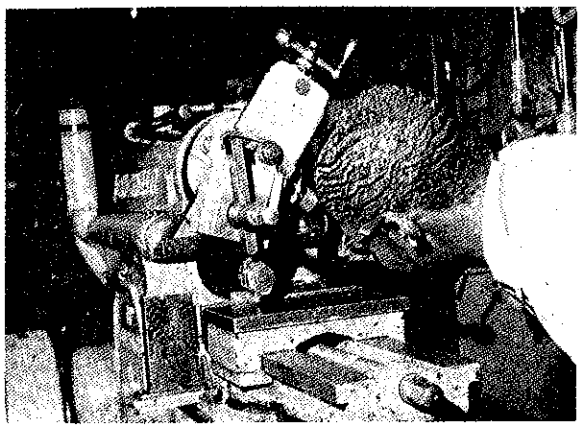


Fig. 1-62. Compruébese el huelgo del cabezal de herramienta antes de poner la máquina en marcha.

68. ¿Por qué deben comprobarse la velocidad y la longitud de la carrera antes de poner en marcha la máquina?

Si se adopta la carrera máxima operando a la velocidad más rápida, puede deteriorarse el mecanismo de la máquina. Siempre hay que comprobar la velocidad y la carrera antes de acoplar el embrague.

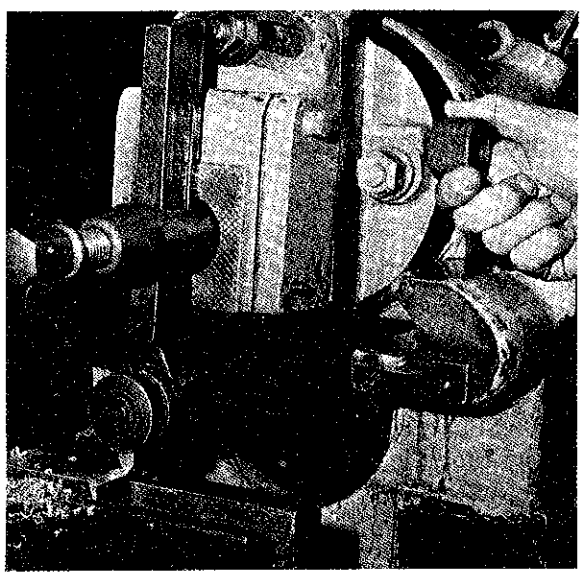


Fig. 1-63. Después de determinar la profundidad de corte, hay que sujetar el cabezal de herramienta para evitar cualquier movimiento causado por la vibración.

69. ¿Qué es lo que debe efectuar inmediatamente después de haber fijado la profundidad del corte?

Hay que apretar el tornillo de sujeción a fin de evitar que el cabezal de herramienta cambie de posición debido a la vibración. De otro modo, la herramienta profundizará más de lo debido en la pieza (fig. 1-63).

Seguridad en la rectificadora

70. Las rectificadoras, ¿son más peligrosas que las otras máquinas?

No. El grado de peligrosidad de cualquier máquina depende en buena parte del operario. Todas las máquinas son peligrosas si se usan descuidadamente. Existen reglas que, si son seguidas por el operario de rectificadora, eliminan la posibilidad de accidentes.

71. ¿Cuáles son las principales reglas de seguridad que debe observar el operario de rectificadora?

(A) Debe llevar siempre lentes de seguridad.

(B) Comprobar la consistencia de la muela e inspeccionar si tiene grietas antes de montarla en el husillo de la máquina.

(C) Comprobar el casquillo de la muela y el husillo de la máquina, a fin de identificar el tamaño. El casquillo no debe sobresalir del ancho de la muela y no debe acoplarse fuertemente en el husillo.

(D) Las guarniciones de la muela deben ajustarse entre ésta y las platinas. Las guarniciones deben tener el mismo diámetro que las platinas, nunca menos.

(E) Comprobar la velocidad de funcionamiento de la máquina y compararla con la recomendada por el fabricante de la muela.

(F) Antes de poner en marcha la máquina, cerciorarse de que todas las guarniciones y caperuzas de protección están en su lugar y bien fijadas. Hágase girar la muela a mano para comprobar si no encuentra obstáculo.

(G) Antes de poner en marcha la máquina, compruébese que, efectivamente, la muela está separada de la pieza y que el avance está desembragado.

(H) Cerciorarse de que las piezas pequeñas están bien alojadas y de que su contenedor está bloqueado por los dos lados.

(I) No poner en marcha una máquina desprotegida. Las máquinas sin protección pueden causar lesiones en los ojos y otros accidentes serios

(J) Ponerse a un lado antes de poner en marcha *cualquier* muela; permítase que ésta gire a la velocidad máxima durante un minuto completo para asegurarse de que es sana.

(K) Procurar siempre que la pieza avance suave e invariablemente hacia la muela en rotación.

(L) Mantener la cabeza fuera de la trayectoria de las chispas.

(M) No colocar *nunca* las manos cerca de la muela en rotación.

(N) No intentar nunca sacar la pieza, abrir la mordaza o desconectar un plato magnético hasta que la muela esté separada de la pieza y *se halle en absoluto reposo.*

2. PEQUEÑAS HERRAMIENTAS

Las herramientas constituyen uno de los más eficaces recursos humanos. Su empleo adecuado hace fáciles los trabajos duros, y sencillos los dificultosos. De todas las herramientas, la más valiosa y de más universal aplicación es la propio mano del hombre. Pero la eficiencia de la mano puede ser aumentada, y multiplicada su potencia, con el uso de una infinita variedad de otras herramientas que el hombre ha venido ideando y mejorando desde el comienzo de los tiempos, ya que también en este orden de cosas el hombre moderno es heredero de la ingeniosidad de sus antecesores. Cuantos hemos de utilizar herramientas a lo largo de nuestra vida nos sentimos muy orgullosos de la habilidad adquirida en manejarlas bien, pues la posesión de buenas herramientas es fuente inagotable de satisfacción y de placer. Teniendo esto presente, ha de ser una noble ambición para nosotros adquirir destreza en el manejo de las mismas.

Todas las herramientas descritas en este capítulo son usadas por los mecánicos, ajustadores y fabricantes de utillaje.

El martillo es una de las primeras herramientas usadas por el hombre. Ha venido mejorándose desde el día en que el hombre de la edad de piedra obtuvo uno atando una piedra a un palo o rama arrancada de un árbol, pero todavía consta de dos partes principales: cabeza y mango. En la actualidad se emplean diversas variedades de martillos.

1. Describir los martillos más corrientes utilizados por los mecánicos e indicar para qué sirve cada uno.

Los martillos comúnmente usados por los mecánicos son: el de punta o peña de bola (fig. 2-1),

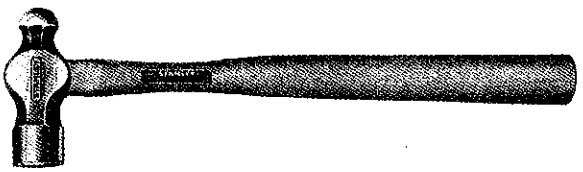


Fig. 2-1. Martillo de punta de bola (Stanley Tools)

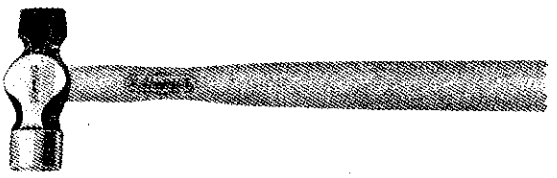


Fig. 2-2. Martillo de punta recta (Stanley Tools).

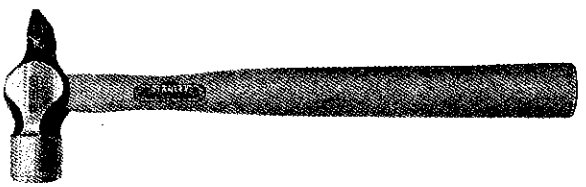


Fig. 2-3. Martillo de punta transversal (Stanley Tools).

cuya cara plana se emplea para trabajos en general, utilizándose la punta redondeada particularmente para remachar; el de punta recta (fig. 2-2), y el de punta transversal (fig. 2-3). Estos dos últimos se usan también para trabajos en general, sirviendo sus puntas para estirar o expandir a mano. Las cabezas de acero de este grupo varían en tamaño desde 6 onzas (170 gramos) hasta 2,5 libras (aproximadamente 1 kg).

2. ¿Qué se entiende por estirado o expandido?

El estirado y el expandido son operaciones que tienen por objeto alargar o extender el metal a golpes de martillo, tales como el aplanado del extremo de un remache, el esparcido del metal blan-

co para que se adapte fuertemente al cojinete, y el enderezado de barras por alargamiento del lado corto. Hay muchas otras operaciones de estirado de los metales.

3. Nombrar las partes principales de la cabeza del martillo.

Las partes de la cabeza de un martillo son: la cara, la punta o peña, el ojo y el cuello o cotillo. La cara es la parte inferior o plana de la cabeza; la punta o peña es el extremo opuesto. Recibe el nombre de ojo el agujero que sirve para introducir el mango. El cuello o cotillo es la porción comprendida entre la cara y el ojo (fig. 2-4).

4. ¿Por qué el ojo de una cabeza de martillo tiene conicidad decreciente desde cada extremo hasta el centro?

Esta doble conicidad tiene por objeto asegurar bien la fijación del mango, el cual está formado de modo que ajuste en un extremo cónico del ojo; el estrechamiento hacia el interior del mismo evita que la cabeza se deslice a lo largo del mango. Una vez éste ajustado en dicha cabeza, se introducen cuñas en su extremo a fin de expandirlo. La presión hacia fuera de las cuñas, combinada con la presión hacia dentro del otro lado del ojo cónico, mantiene la cabeza firmemente sujeta al mango (fig. 2-4).

5. ¿Por qué el mango del martillo debe ajustarse perpendicular a la cabeza?

El mango del martillo debe ajustarse perpendicular a la cabeza para asegurar el equilibrio correcto de las dos piezas. Los golpes de la cabeza del martillo no pueden situarse con precisión si la misma y el mango están inadecuadamente equilibrados.

6. ¿Qué son los martillos blandos y para qué fines especiales se utilizan?

Los martillos con cabeza de plomo, cobre o metal antifricción (fig. 2-5) se conocen con el nombre de *martillos blandos.* Se emplean para colocar bien las piezas en una mordaza de máquina, para entrar o guiar un mandril, o para efectuar cualquier operación similar en que la superficie dura del martillo de acero pueda deteriorar la arista o la superficie de una pieza mecanizada.

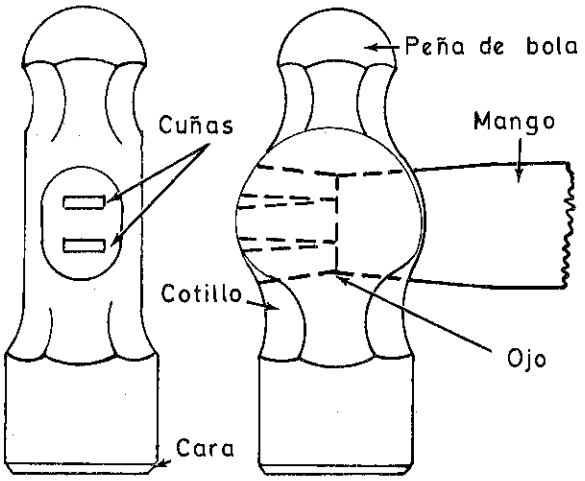


Fig. 2-4. Partes del martillo de punta de bola.

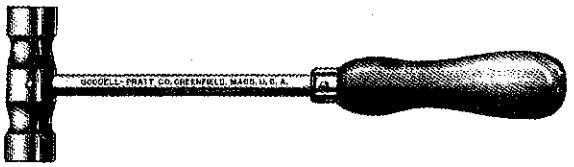


Fig. 2-5. Martillo blando (Goodell-Pratt Co.)

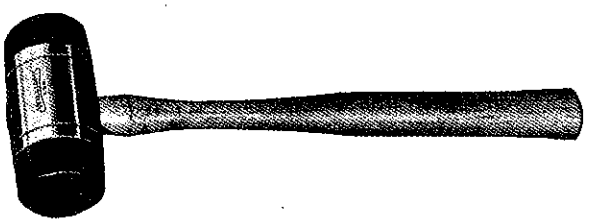


Fig. 2-6. Martillo de cara blanda o mazo (J.H. Williams & Co.)

7. ¿Qué son los martillos de cara blanda o mazos, y para qué sirven?

Los martillos con cabeza metálica en cuyos extremos hay insertados cilindros de plástico o de cuero crudo (fig. 2-6) se llaman *martillos de cara,* o boca, *blanda,* o bien, *mazos.* Se emplean para los mismos fines que los martillos blandos, pero especialmente para golpear sobre una superficie acabada o sobre algún material relativamente blando.

8. ¿Por qué debe ser empuñado cerca de su extremo el mango del martillo?

Debe empuñarse cerca de su extremo con el fin de obtener el máximo brazo de palanca cuando se balancea el martillo. No puede darse un gol-

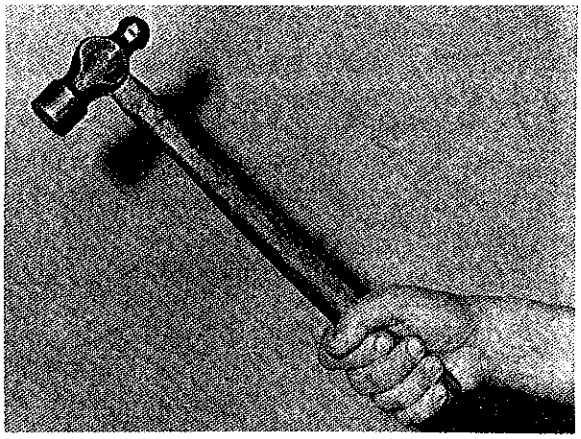


Fig. 2-7. Modo correcto de sujetar un martillo.



Fig. 2-8. Puntero o punzón cónico (Stanley Tools).



Fig. 2-9. Juego de punteros cilíndricos (Lufkin Rule Co.)



Fig. 2-10. Contrapunzón (L. S. Starrett Co.)



Fig. 2-11. Granete o punzón para centros (Lufkin Rule Co.)

pe fuerte cuando el mango se empuña demasiado cerca de la cabeza (fig. 2-7).

9. ¿Qué es un punzón de mano?

Es una herramienta larga, de acero, que se sostiene con la mano; uno de sus extremos percute contra la pieza, siendo el otro apto para recibir los golpes del martillo. Hay varias clases de punzones, los cuales están diseñados para realizar diversos trabajos. La mayoría de los punzones son de acero para herramientas. La parte que sujeta la mano suele ser de sección octogonal; puede ser también moleteada. Ello sirve para evitar que la herramienta se deslice de la mano. El otro extremo tiene la forma requerida por el trabajo que debe efectuarse con el punzón.

10. ¿Qué es un puntero o punzón cónico y para qué sirve?

El puntero, o punzón cónico, es una herramienta larga, de acero, con conicidad en el extremo percusor (fig. 2-8), que se usa para alinear o conformar agujeros en dos o más piezas que luego deben unirse, a fin de que los tornillos o los remaches puedan introducirse más fácilmente en dichos agujeros.

11. ¿Qué es un puntero cilíndrico y para qué se usa?

El puntero cilíndrico (fig. 2-9) es una herramienta con un extremo percusor largo y cilíndrico que se emplea para hincar, o extraer, pasadores cilíndricos y cónicos, chavetas y clavijas. Este tipo de punzón se fabrica en diferentes tamaños, desde 1/16 a 3/8 pulgadas (1,5 a 10 mm) de diámetro.

12. ¿Qué es un contrapunzón?

El contrapunzón o punzón de marcar (fig. 2-10) es de acero de herramientas templado y rectificado de modo que termine en una punta fina cuyo ángulo de cono es de 30° a 60°. Se usa para trazar líneas de poca profundidad o marcar las intersecciones de rectas de trazados, para situar centros de agujeros, y para señalar una pequeña marca de centro para puntos de división cuando se trazan círculos o dimensiones espaciadas. Las marcas ligeras efectuadas con el contrapunzón pueden desplazarse en caso de error inclinando la herramienta y golpeándola con el martillo.

13. ¿Qué es el granete o punzón para centros?

El granete (fig. 2-11) es similar al contrapunzón salvo la punta que, en esta herramienta, suele tener un ángulo de conicidad de 90°. Se emplea para marcar la situación de agujeros que han de taladrarse y también para ayudar a que el taladrado se inicie en el punto correcto.

14. ¿Qué es un granete automático?

El granete automático (fig. 2-12) efectúa marcas de contrapunzón de medida uniforme sin emplear el martillo. El capuchón moleteado puede girar para determinar la profundidad de la marca. Para efectuar una marca sólo es necesario situar la punta del contrapunzón automático y apretar hacia abajo. Cuando se usa con un accesorio de espaciado, esta herramienta puede trazar rápidamente dimensiones uniformemente separadas (fig. 2-13).

15. ¿Qué es una punta de señalar?

La punta de señalar o de trazar (fig. 2-14) es una herramienta delgada de acero utilizada por los trazadores para marcar (señalar) o rayar líneas sobre metal cuando se efectúan mediciones, como en la figura 2-15.

Las puntas de los contrapunzones, granetes y puntas de señalar deben mantenerse afiladas para asegurar el marcado correcto en las mediciones.

16. ¿Qué es un destornillador?

El destornillador (fig. 2-16) es una herramienta de mano diseñada para hacer girar tornillos. Está constituido por una barra metálica de acero en uno de cuyos extremos va unido un mango de madera o de plástico. El otro extremo es aplanado con el fin de que pueda introducirse en las ranuras de las cabezas de los tornillos. Los destornilladores se fabrican de varias medidas. La figura 2-17 muestra un juego de destornilladores de joyero; la figura 2-18 muestra el modo correcto de sujetar un destornillador de este tipo.

17. ¿Qué es un destornillador reforzado?

El destornillador reforzado (fig. 2-19) es de longitud mediana, pero su barra es de mayor diámetro que en los destornilladores normales y su mango es cuadrado a fin de permitir el uso de una llave para ayudar en el apretado del tornillo.

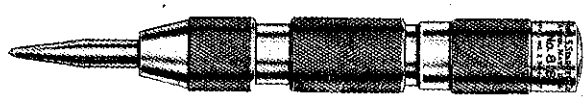


Fig. 2-12. Granete automático (L. S. Starrett Co.)

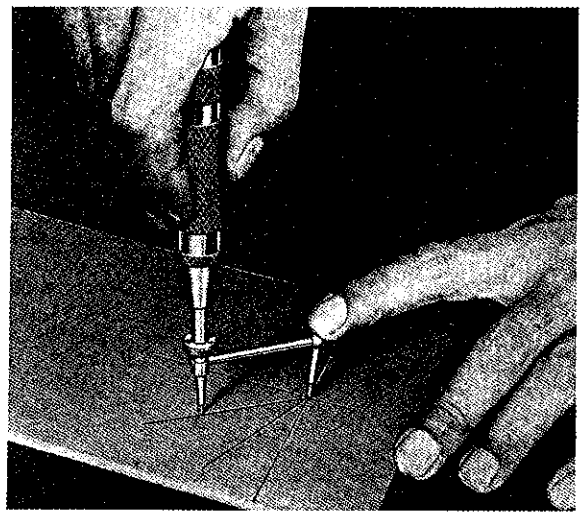


Fig. 2-13. Granete automático con accesorio de espaciado (L. S. Starrett Co.)



Fig. 2-14. Punta de señalar de bolsillo (Lufkin Rule Co.)

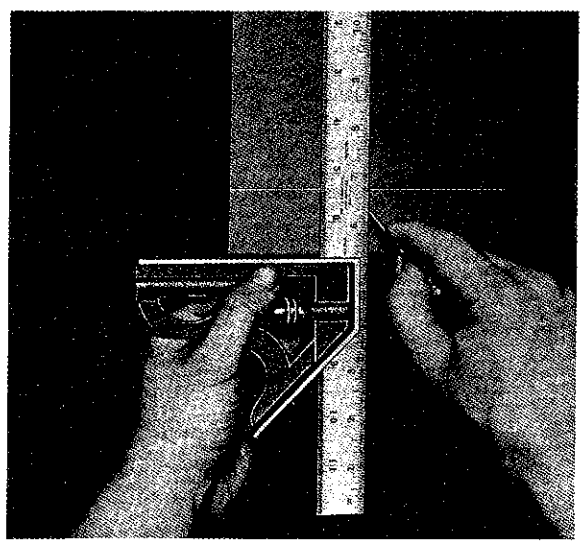


Fig. 2-15. Trazado de rectas con una punta de señalar (L.S. Starrett Co.)



Fig. 2-16. Destornillador (Stanley Tools).

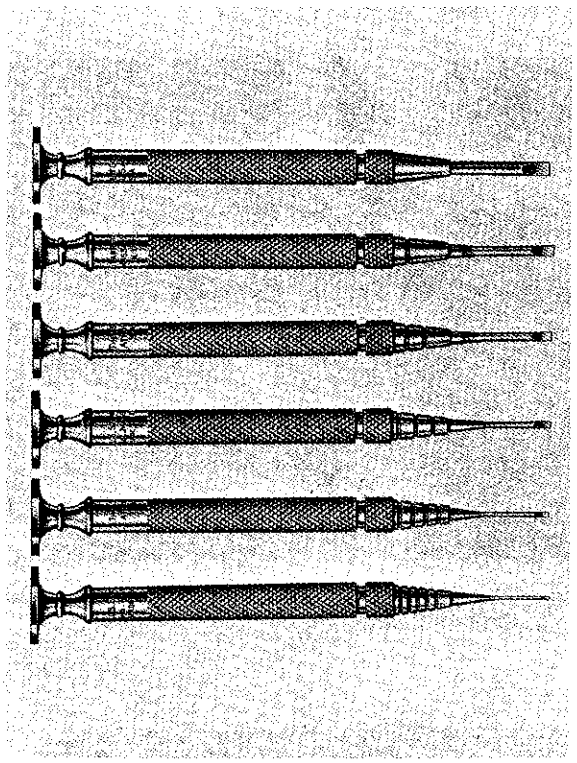


Fig. 2-17. Juego de destornilladores de joyero (L. S. Starrett Co.)

La barra es de más diámetro para que resista a la torsión cuando se utiliza la llave.

18. ¿Qué es un destornillador "Phillips"?

Es un destornillador (fig. 2-20) especialmente diseñado para adaptarse a las cabezas de los tornillos "American Phillips" (con hendidura en cruz). Difiere de los otros destornilladores en que el extremo de la barra es ranurado en vez de aplanado. Se fabrica en diferentes tamaños.

19. ¿Para qué sirve el destornillador doble?

Este tipo de destornillador de doble extremo en sentido y forma opuestos (fig. 2-21) sirve para hacer girar tornillos situados en lugares recónditos donde no existe espacio suficiente para poder emplear un destornillador corriente.

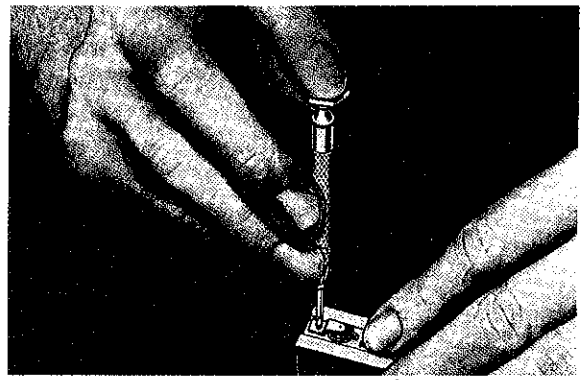


Fig. 2-18. Modo correcto de usar un destornillador de joyero (L.S. Starrett Co.)

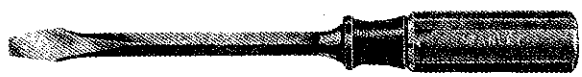


Fig. 2-19. Destornillador reforzado (Stanley Tools).

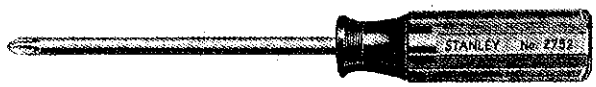


Fig. 2-20. Destornillador "Phillips" (Stanley Tools).



Fig. 2-21. Destornillador doble (Stanley Tools).

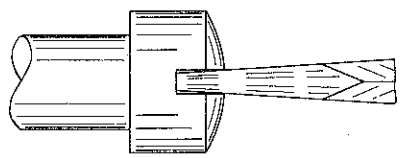


Fig. 2-22. Extremo de destornillador correctamente afilado.

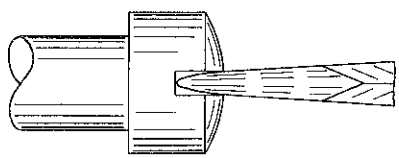


Fig. 2-23. Extremo de destornillador mal afilado.

20. ¿Cómo debe afilarse el extremo plano desgastado de cualquier destornillador?

El extremo plano del destornillador debe afilarse de forma que sus dos caras sean casi paralelas a los lados de la ranura del tornillo (fig. 2-22). Este extremo debe dejarse tan grueso como lo permita la ranura citada. Un extremo afilado como si se tratara de la punta de un cincel (fig. 2-23) tiene tendencia a deslizarse hacia fuera de la ranura del tornillo y también a dejar mellado el canto de la misma.

Si con el afilado se calienta demasiado el destornillador, lo que se aprecia por el color azul que toma, pierde el temple y el extremo plano se ablanda. En tal caso, cuando se necesita ejercer un gran esfuerzo para apretar un tornillo, dicho extremo se tuerce y se deforma.

21. ¿Qué son los alicates?

La palabra *alicates* es un nombre plural para una herramienta única. Los alicates se fabrican de muchos estilos y se emplean para ejecutar otras tantas operaciones diferentes. La figura 2-24

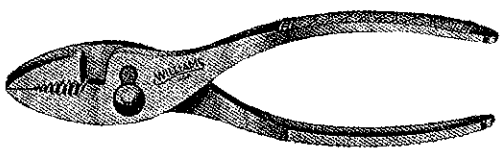


Fig. 2-24. Alicates combinados (J. H. Williams & Co.)

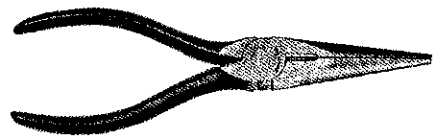


Fig. 2-25. Alicates de punta (J. H. Williams & Co.)



Fig. 2-26. Alicates diagonales (J. H. Williams & Co.)

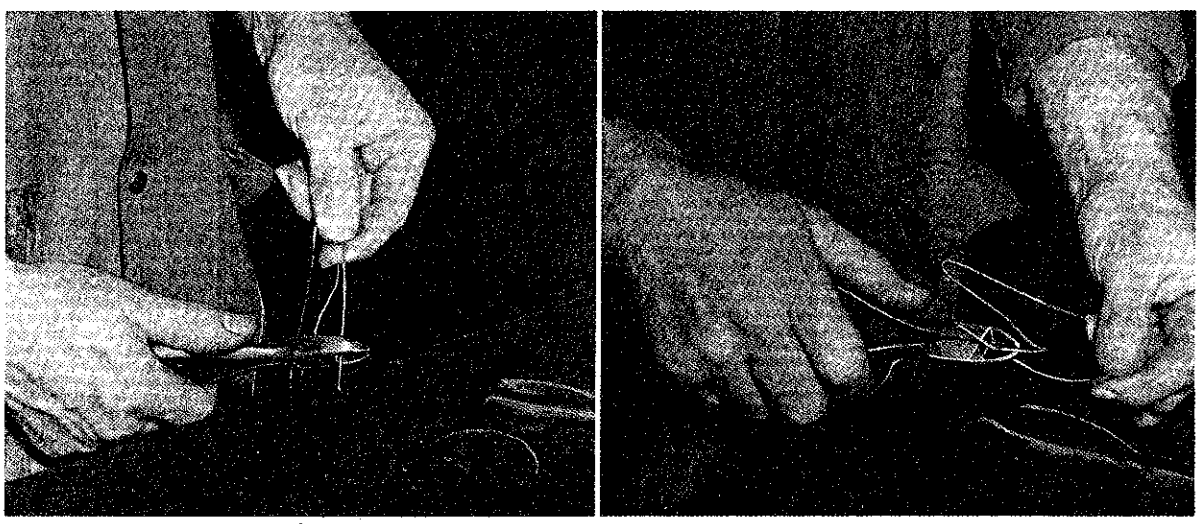
muestra los alicates comunes (o combinados) de articulación deslizante. Se utilizan para sujetar y asir pequeñas piezas en situaciones en las que puede ser un inconveniente o un peligro valerse de las manos. No es una buena práctica emplear los alicates en lugar de una llave.

22. ¿Qué son los alicates de punta?

Los alicates de punta (fig. 2-25) tienen, como su mismo nombre indica, la boca delgada y puntiaguda. Esta herramienta puede utilizarse para colocar y sacar pequeñas piezas en espacios estrechos. También se prefieren para trabajos de reparaciones eléctricas y de radio.

23. ¿Qué son los alicates diagonales?

Los alicates diagonales (fig. 2-26) son un tipo especial de alicates que se usa exclusivamente



A B

Fig. 2-27. Modos correcto (A) y erróneo (B) de usar los alicates diagonales.

para cortar y desnudar hilos conductores eléctricos. Cuando se corta alambre, los alicates diagonales deben sujetarse según se aprecia en la figura 2-27A; cualquier operario que use esta herramienta como en la figura 2-27B, puede lesionarse.

Muchos dispositivos han sido diseñados con el fin de sujetar firmemente las piezas mientras se están midiendo o mecanizando. Algunos de ellos están destinados a una pieza determinada; otros son de aplicación más general e incluyen muchos tipos de bridas y tornillos de mordazas.

24. ¿Qué es una brida en C?

Es una brida para uso general (fig. 2-28), construida en forma de letra C, que comúnmente sirve para toda clase de piezas. Se fabrica en diversos tamaños.

25. ¿Qué es una brida de ajustador?

Es una brida (fig. 2-29) que consiste en dos mordazas planas de acero que pueden ajustarse para sujetar una pieza, por medio de un tornillo que pasa a través del centro de cada mordaza. Otro tornillo dispuesto en el extremo de una sola de las mordazas sirve para ejercer presión sobre la otra; esta presión aprieta los extremos opuestos de las mordazas. Es utilizada por los ajustadores mecánicos para sujetar piezas pequeñas tanto en el banco como en las máquinas. Este dispositivo se conoce también con el nombre de *pinzas paralelas.*

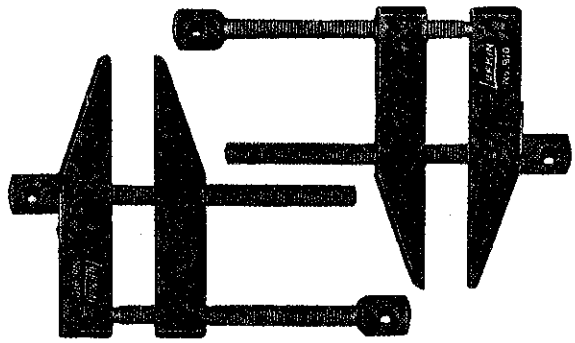


Fig. 2-29. Bridas o pinzas de ajustador (Lufkin Rule Co.)

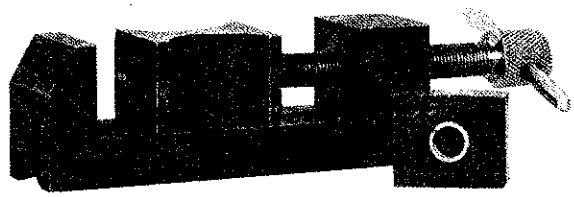


Fig. 2-30. Tornillo de mano para ajustadores (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

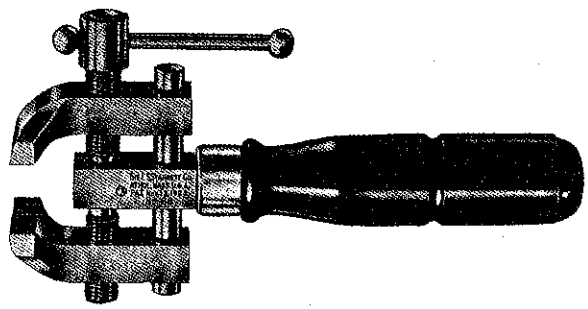


Fig. 2-31. Tornillo de mango, portátil (L. S. Starrett Co.)

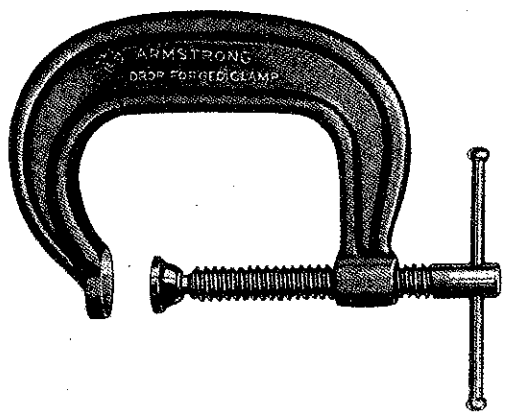


Fig. 2-28. Brida en C (Armstrong Bros. Tool Co.)

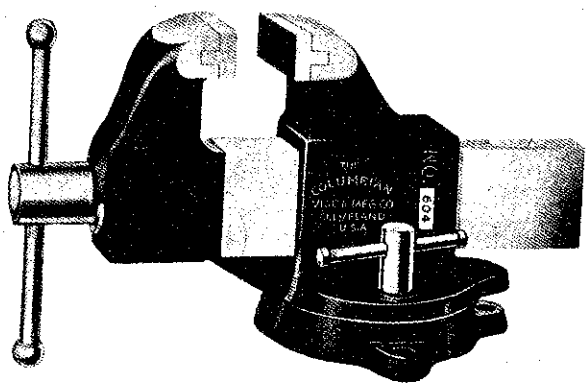


Fig. 2-32. Tornillo de banco (Columbian Vise & Mfg. Co.)

26. ¿Qué es un tornillo de mano para ajustadores?

Es un pequeño tornillo de sujeción a mano (fig. 2-30), de acero, con dos bloques o mandíbulas intercambiables. La elección del bloque a utilizar depende del tamaño de la pieza que hay que sujetar con el tornillo. Es empleado por los mecánicos y ajustadores para operaciones en el banco y para pequeñas operaciones de mecanizado, tales como taladrado o roscado con macho. Otro tipo de tornillo portátil es el de mango, representado en la figura 2-31.

27. ¿Qué es un tornillo de banco?

El tornillo de banco, muchas veces con base giratoria, como en la figura 2-32, es el utensilio más empleado para el trabajo de ajuste y de taller en general. Se fija fuertemente al banco mediante pernos. Las mandíbulas de las mordazas están por lo general ligeramente estriadas y templadas para asegurar la firme sujeción de la pieza. Las superficies acabadas deben protegerse, cuando se colocan en el tornillo, utilizando cantoneras, gualderas o forros de mordaza, de cobre, plomo, aluminio o latón, tal como puede apreciarse en la figura 2-33. Apretar el husillo golpeando con el martillo la palanca es un mal procedimiento y señala al que lo hace como un operario inferior.

Cuando es necesario golpear con el martillo una pieza que está sujeta en el tornillo, es mejor apoyarla sobre un bloque de madera o metálico, a fin de evitar que la misma se desplace hacia abajo por entre las mordazas del tornillo.



Fig. 2-33. Forro protector en la mordaza del tornillo (Nicholson File Co.)

28. ¿Para qué se emplean los bloques en V con bridas?

Los bloques en V, o simplemente "ves", con bridas, lo mismo solos que por pares, como en la figura 2-34, se usan para sujetar fuertemente piezas cilíndricas durante el trazado, para mediciones o para operaciones de mecanizado.

29. ¿Qué son las tijeras de plomero?

Las tijeras de plomero (fig. 2-35), también llamadas *tijeras de hojalatero,* son un utensilio de corte común utilizado para cortar planchas delgadas metálicas, de plástico, de fibra, etc. Las usan, además de los hojalateros, todos los operarios que trabajan en el banco de ajustador, como herramienta auxiliar. Se fabrican en varios tamaños.

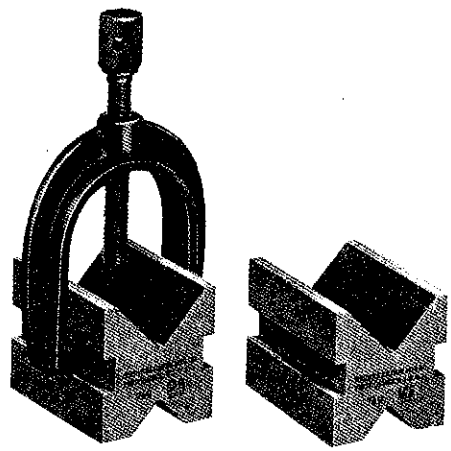


Fig. 2-34. Bloques en V con brida (Brown & Sharpe Mfg. Co.)



Fig. 2-35. Tijeras de plomero (Bartlett Mfg. Co.)



Fig. 2-36. Llave de boca única (J. H. Williams & Co.)



Fig. 2-37. Llave de dos bocas (J. H. Williams & Co.)



Fig. 2-38. Llave de boca cerrada o llave de caja (Billings & Spencer Co.)

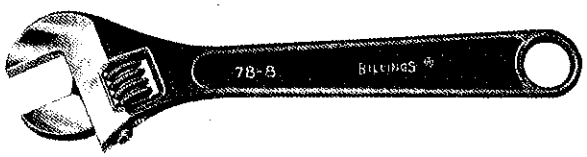


Fig. 2-39. Llave inglesa o ajustable (Billings & Spencer Co.).

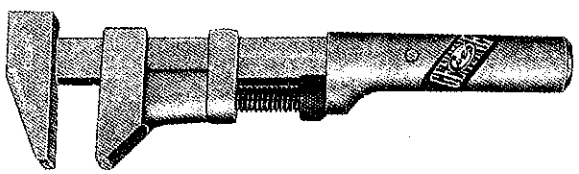


Fig. 2-40. Llave de grapas o inglesa reforzada (Billings & Spencer Co.)

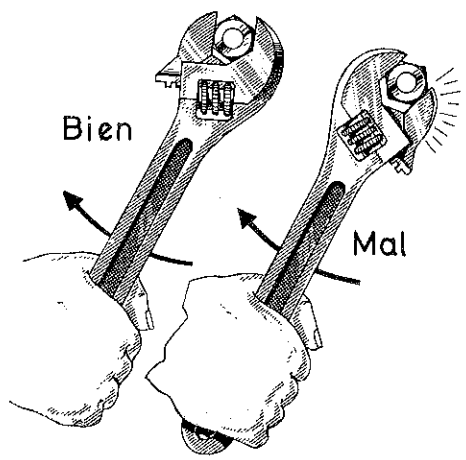


Fig. 2-41. Modos correcto e incorrecto de usar una llave inglesa.

30. ¿Qué es una llave?

Es un útil que se emplea para apretar o aflojar tuercas y tornillos. Corrientemente las llaves son de acero, existiendo varias clases de ellas; pueden tener boca, pasadores, vaso o mandíbulas móviles para asir la tuerca, unidos a un mango para agarrar la herramienta.

31. ¿Qué es una llave de boca única?

Es la llave (fig. 2-36) que sirve sólo para una medida de tuerca o tornillo. Es el tipo de llave más económico y es bastante eficiente en situaciones ordinarias.

32. ¿Qué es una llave de dos bocas?

Es la llave (fig. 2-37) que tiene dos aberturas, una en cada extremo del mango, para ajustarse a dos medidas diferentes de tuerca o cabeza de tornillo.

33. ¿Qué es una llave de boca cerrada?

Es una llave similar (fig. 2-38) a la de una boca, pero, como que envuelve por completo a la tuerca, es menos propensa a deslizarse hacia fuera de ésta; por otra parte, no hay posibilidad de que se produzca el desbocado de las mandíbulas. Por estas razones es preferida para algunos trabajos. Se conoce también con el nombre de *llave de caja.*

34. ¿Qué es una llave ajustable?

Una llave ajustable, o inglesa, tiene una mordaza móvil (fig. 2-39) que permite adaptarla a varias medidas de tuerca. En la figura 2-40 se representa un tipo reforzado de llave inglesa; suele llamarse llave de grapas. Cuando se usa este tipo de herramienta, las mordazas móviles deben apuntar hacia el sentido de la fuerza aplicada; esto evita la flexión y separación de las mismas, y la llave tendrá menos tendencia a deslizarse hacia fuera de la tuerca. La mordaza móvil debe ajustarse de modo que apriete contra la pieza que ha de girar. No es una buena práctica el uso de una llave como martillo. La figura 2-41 indica los sistemas correcto y erróneo de utilización de las llaves ajustables.

35. ¿Qué es una llave de muelle?

Es una llave que tiene una mordaza accionada con palanca y muelle (fig. 2-42), la cual constituye

una combinación de herramienta de sujeción y llave ajustable que permite cerrarla en el mismo punto de aplicación. Puede utilizarse como llave, brida, alicates o tornillo de mordazas. Se conoce también con el nombre de *tenaza.*

36. ¿Qué es una llave combinada?

Es la llave (fig. 2-43) que tiene dos tipos de boca de la misma medida. Un extremo tiene la boca del tipo de caja, mientras que el otro tiene una boca abierta. Es una llave muy práctica porque puede usarse en lugares donde el espacio para los movimientos es limitado; si no es posible trabajar convenientemente con un extremo, puede emplearse el otro.

37. ¿Qué es una llave para contratuercas?

Es una llave delgada (fig. 2-44), con boca única o doble, que se utiliza para girar contratuercas o tuercas de poca altura. La delgadez de estas tuercas, a menudo usadas en espacios estrechos, requiere el empleo de una llave delgada. Estas llaves, cuyas aberturas tienen un desbocado de 15°, no sirven para trabajos duros.

38. ¿Qué es una llave de portaherramientas?

Es una llave combinada (fig. 2-45) con un extremo en forma de caja y el otro abierto. Este tiene las mandíbulas en ángulo recto, sin desbocado alguno. El agujero de la caja es cuadrado y sirve para ajustarlo a las cabezas de los tornillos del portaherramientas y de fijación en tornos y otras máquinas herramientas. Estas llaves son de diseño robusto a fin de resistir el desgaste y el trabajo duro.

39. ¿Qué es una llave de caja con boca cuadrada?

Es una llave de cabeza única y cerrada (fig. 2-46) cuyo mango es más bien corto. Se usa extensamente para tornillos de cabeza cuadrada en portaherramientas de torno y demás máquinas herramientas. Para facilitar la introducción, a la abertura cuadrada se le da un ángulo de 22,5°.

40. ¿Qué es un giramachos con mango en T?

La llave para girar machos, con mango en T, se llama casi siempre giramachos en T y se usa para sujetar y girar a mano pequeños machos de

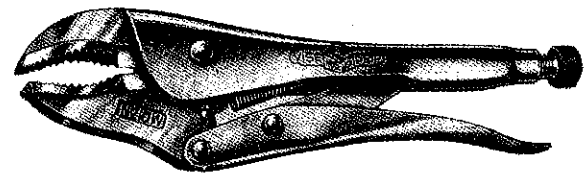


Fig. 2-42. Llave de muelle (Peterson Mfg. Co.)



Fig. 2-43. Llave combinada (J. H. Willliams & Co.)



Fig. 2-44. Llave para contratuercas (J. H. Williams& Co.)



Fig. 2-45. Llave de portaherramientas (J. H. Williams& Co.)



Fig. 2-46. Llave de caja con boca cuadrada (J. H. Williams & Co.)

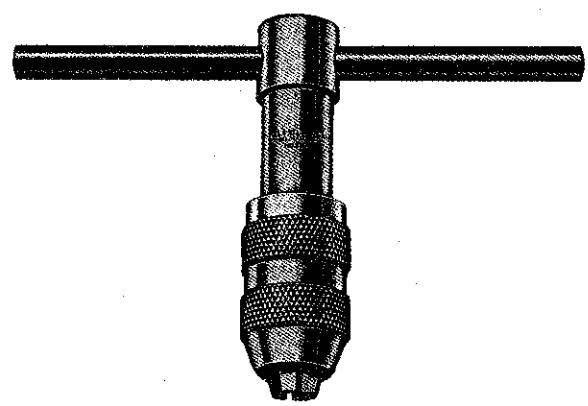


Fig. 2-47. Giramachos con mango en T (L. S. Starrett Co.)

roscar, de medidas hasta aproximadamente 1/2" (12 mm). Por lo general, tiene dos mordazas insertadas (fig. 2-47) que pueden ajustarse al cuadrado del macho; cuando está apretado, el mandril sujeta firmemente al macho. Este tipo de llave se construye en varias medidas, teniendo cada una de ellas capacidad para diversos tamaños de macho. Puede también construirse con árbol largo para roscar agujeros de difícil alcance; asimismo es útil para girar a mano escariadores pequeños. La figura 2-48 muestra cómo se usa para el roscado.

41. ¿Qué es un giramachos ajustable?

Es un tipo de llave recta (fig. 2-49) que tiene una abertura en forma de V en el centro. Una pieza deslizante, o mordaza ajustable, accionada por uno de los mangos, permite sujetar machos de varias medidas. Este tipo de llave se construye en varios tamaños para girar machos y escariadores de todas las medidas.

42. ¿Qué es una llave de doble caja y boca estriada?

Es una llave (fig. 2-50) cuyas bocas desalineadas poseen doce estrías o aristas en su interior. Las aristas de una tuerca pueden ser agarradas por cualquiera de las doce estrías de la llave, lo que permite girar aquélla cuando sólo es posible una corta trayectoria de la fuerza de aplicación.

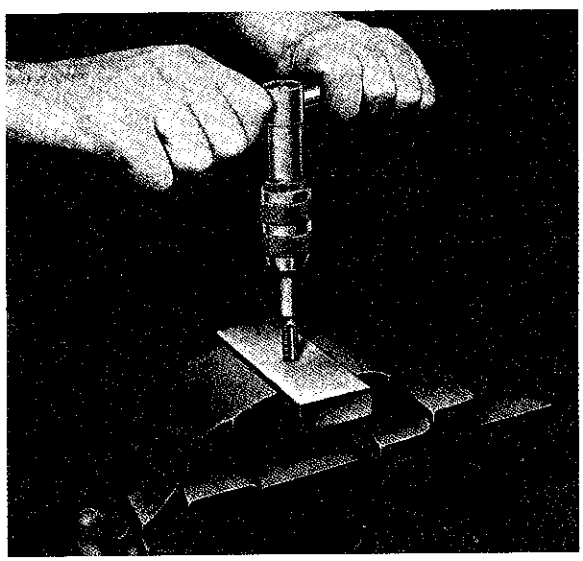


Fig. 2-48. Aplicación del giramachos en T (L. S. Starrett Co.)



Fig. 2-49. Giramachos normal (L. S. Starrett Co.)

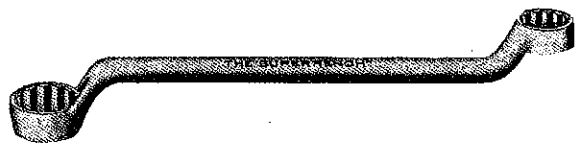


Fig. 2-50. Llave de doble caja y boca estriada (J. H. Williams & Co.)

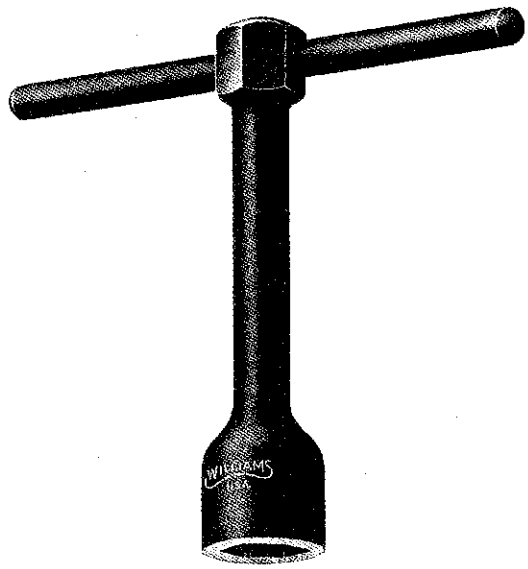


Fig. 2-51. Llave de vaso, en T (J. H. Williams & Co.)

43. ¿Qué es una llave de vaso en T?

Es una llave que tiene la forma de una T (fig. 2-51). El agujero en el extremo del vaso puede tener formas diversas, como cuadrada, hexagonal u octogonal. Por lo general se emplea en trabajos donde el espacio es insuficiente para permitir el uso de una llave ordinaria. El mango puede sacarse de la cabeza hexagonal de la llave a fin de que pueda aplicarse otra llave para girar aquélla cuando se requiere un esfuerzo mayor del que puede ejercerse con el mango.

44. ¿Qué es una llave de vaso curvada?

Es una llave (fig. 2-52) construida con la misma variedad de vasos que la del tipo en T. Está prevista para ser usada en tuercas que requieren un mayor brazo de palanca o en lugares donde no puede aplicarse la llave de vaso en T.

45. ¿Qué es una llave de gancho con pasador?

Es una llave (fig. 2-53) diseñada para ajustar alrededor de la periferia de grandes tuercas redondas, las cuales tienen agujeros en la periferia para recibir el pasador de la llave.

46. ¿Para qué sirve una llave de gancho ajustable?

Este tipo de llave (fig. 2-54) se emplea en tuercas redondas que tienen ranuras cortadas en la periferia para recibir el gancho que lleva el extremo de agarre. Como es ajustable, puede adaptarse a muchos tamaños de tuercas.

47. ¿Qué es una llave ajustable de botones?

Como puede apreciarse en la figura 2-55, es una llave provista de dos brazos, cada uno de los cuales tiene un botón en su extremo. Se utiliza para ajustar tuercas inaccesibles a otros tipos de llave; en tal caso, la tuerca está provista de agujeros alrededor de su cara para acomodar los botones dispuestos en los extremos de los brazos ajustables de la llave.

48. ¿Qué es una llave de trinquete?

Una llave de trinquete puede ser tanto del tipo de vaso (fig. 2-56) como del tipo de boca abierta. El dispositivo de trinquete alojado en el mango permite girar una tuerca en espacios donde sólo es posible una pequeña oscilación del mango. Otra ventaja de este tipo de llave estriba en que no es necesario sacarla de la tuerca o del tornillo hasta haber conseguido el apretado completo.

49. ¿Qué es una llave de brida?

Es la llave (fig. 2-57) que se usa para girar piezas cilíndricas o tubos, sacar elementos pulidos, o para fijar o girar cualquier pieza en la cual deba preservarse el acabado superficial.

50. ¿Qué es una llave para tubos?

Es una llave denominada también *grifa* que dispone de mordazas ajustables (fig. 2-58), las cuales son estriadas para que puedan asir con seguridad los tubos redondos y otras piezas cilíndricas. Los cantos de las estrías tienden a cortar el metal agarrado, por lo que debe tenerse el cuidado de proteger las superficies galvanizadas o acabadas que se giran con este tipo de llave.

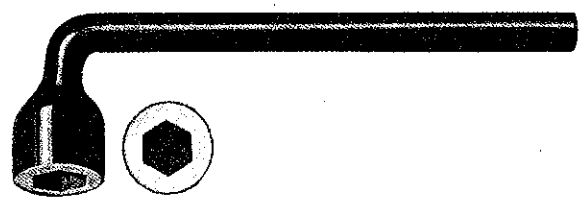


Fig. 2-52. Llave de vaso curvada (Billings & Spencer Co.)



Fig. 2-53. Llave de gancho con pasador (J. H. Williams & Co.)



Fig. 2-54. Llave de gancho ajustable (J. H. Williams & Co.)



Fig. 2-55. Llave ajustable de botones (J. H. Williams & Co.)

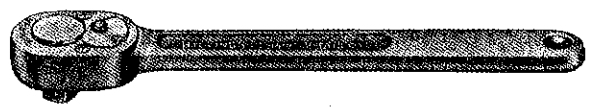


Fig. 2-56. Llave de trinquete (Billings & Spencer Co.)

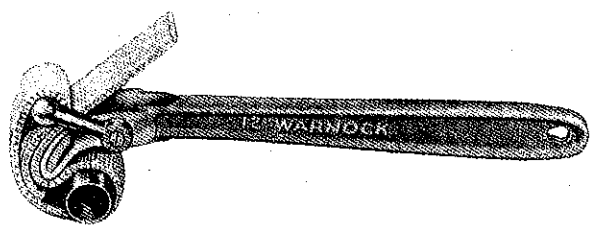


Fig. 2-57. Llave de brida (Lowell Wrench Co.)

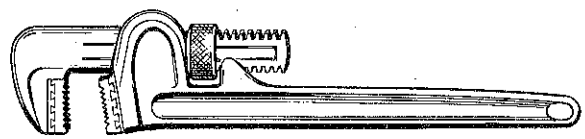


Fig. 2-58. Llave para tubos.

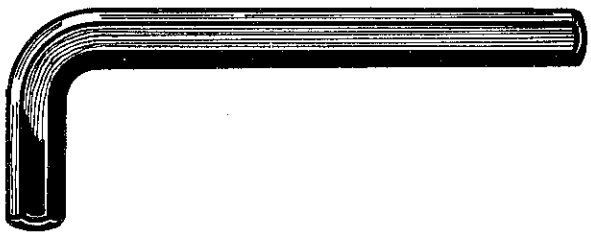


Fig. 2-59. Llave para agujeros hexagonales.



Fig. 2-60. Rasquete para cojinetes (Goodell-Pratt Co.)



Fig. 2-61. Rasquete triangular.



Fig. 2-62. Rasquete plano (Nicholson File Co.)

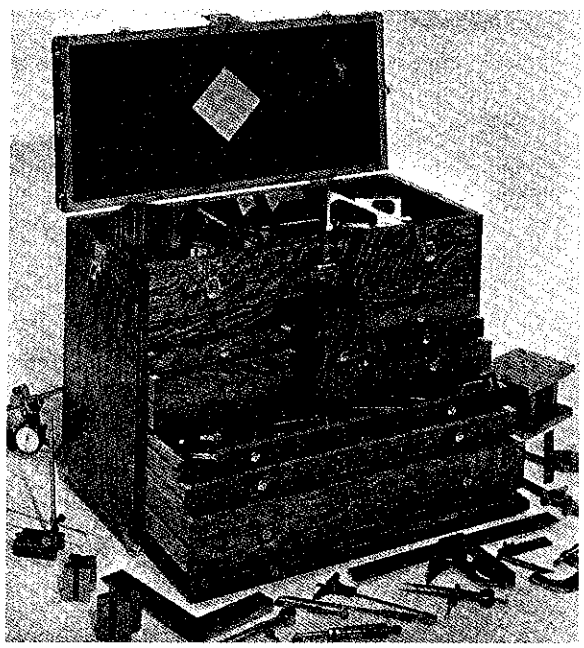


Fig. 2-63. Caja de herramientas para mecánicos y ajustadores (H. Gerstner & Sons).

51. ¿Qué es una llave curvada para agujeros hexagonales?

Esta llave, llamada a veces *llave Allen,* está hecha de barra hexagonal (fig. 2-59) al objeto de que se adapte a los agujeros de la cabeza de los tornillos de seguridad o de los tornillos con hexagonal interior. En el mercado las hay de diversas medidas.

Las máquinas de precisión efectúan un excelente trabajo al producir superficies de gran exactitud en las medidas y de gran finura en el acabado. Sin embargo, hay algunas operaciones, tales como el ajuste de las superficies de los cojinetes, que se ejecutan mejor con el trabajo a mano de un operario experto. Para realizar este trabajo se emplean los rasquetes.

52. ¿Qué es un rasquete para cojinetes?

Es una herramienta delgada (fig. 2-60) construida de acero templado, la cual tiene una forma curvada especial. Se utiliza para rasquetear la superficie de los cojinetes cilíndricos cuando se ajustan los árboles a ellos.

53. ¿Qué es un rasquete triangular?

Es una herramienta de acero templado (fig. 2-61) que se emplea para quitar rebabas o salientes agudos internos de los casquillos blandos y piezas similares.

54. ¿Para qué sirve el rasquete plano?

El rasquete plano (fig. 2-62) se utiliza para rasquetear los salientes de una superficie de apoyo plana que debe adaptarse perfectamente a otra superficie plana. La operación se hace a mano y requiere mucha práctica.

Las herramientas que suelen usarse mientras el operario está trabajando en una máquina o en el banco, deben guardarse de modo que sean de fácil alcance y colocarse de forma que no caigan al suelo. Nunca deben dejarse las herramientas encima de las partes acabadas de una máquina.

Cada mecánico debe tener su propia caja de herramientas donde pueda conservarlas en tanto no las usa. Es necesario un lugar para cada herramienta, y cada herramienta debe guardarse en su lugar. La figura 2-63 muestra un modelo usual de caja de herramientas.

El estado en que un mecánico conserva las diversas herramientas que usa puede afectar su eficiencia, así como el juicio que otros se formen de él respecto al rendimiento de su trabajo diario. Con frecuencia, un operario es juzgado según el estado en que mantiene sus herramientas.

Todas las herramientas deben enjugarse y limpiarse antes de ser colocadas en la caja y, si no han de usarse otra vez durante algún tiempo, deben ser engrasadas para evitar la oxidación.

Sierras de arco y aserrado a mano

La sierra de arco es una herramienta muy utilizada por el ajustador o mecánico que trabajan en el banco, así como por los operarios en general. Se trata de una sierra de mano especialmente diseñada para cortar metal. Consiste en un bastidor metálico o arco (fig. 2-64), en cuyos extremos hay dispuestos unos ganchos sujetadores de la hoja de sierra. Uno de estos ganchos tiene un extremo roscado donde entra una tuerca de aletas utilizada para tensar la hoja en el arco. Hay muchos otros modelos de sierras de arco. El bastidor es ajustable para adaptarlo a varias longitudes de hoja.

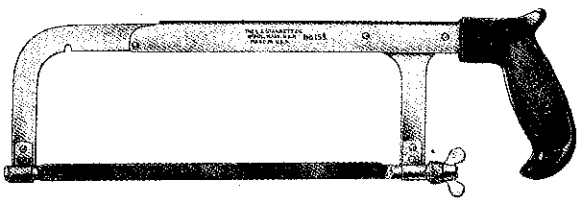


Fig. 2-64. Sierra de arco (L. S. Starrett Co.)



Fig. 2-65. Hoja de sierra de arco (L. S. Starrett Co.).



Fig. 2-66. Triscado alternativo de los dientes.

55. ¿Qué es una hoja de sierra de arco?

Es una pieza delgada de acero, de aproximadamente 0,027" (0,686 mm) de espesor, 0,5" (12,7 mm) de ancho, y longitud variable desde 6" (152,4 mm) hasta 12" (304,8 mm). En uno de los cantos de la hoja hay una serie de entallas (fig. 2-65) que reciben el nombre de *dientes.*

56. ¿Cómo se sujetan las hojas de sierra en el arco?

Tienen un agujero en cada extremo que permiten la introducción de los pasadores que poseen las pinzas dispuestas en cada extremo del arco.

57. ¿Cómo se determina la longitud de una hoja de sierra de arco?

La longitud de una hoja es la distancia entre centros de los agujeros existentes en cada extremo de la misma.

58. ¿Tienen todas las hojas de sierra dientes del mismo tamaño?

No. Las hojas de sierra de arco se fabrican con dientes de diferentes medidas dentro de una gama que va desde 14 hasta 32 dientes por pulgada (1,814 a 0,794 mm de paso).

59. ¿Qué se entiende por triscado de una sierra?

Triscado de una sierra significa el curvado hacia un lado o hacia otro de los dientes de la sierra. La práctica normal consiste en inclinar los dientes alternativamente, esto es, un diente se desvía hacia el lado derecho y el siguiente hacia el lado izquierdo, y así sucesivamente, como en la figura 2-66. En realidad, los dientes se inclinan muy poco. A veces, en el caso de hojas de sierra de dentado fino, los dientes son triscados alternativamente por pares; esta disposición se denomina triscado *doble alternativo.*

60. ¿Con qué objeto se efectúa el triscado de los dientes de una sierra de arco?

Los dientes se inclinan alternativamente al objeto de que la ranura que se corta con la sierra sea ligeramente más ancha que el espesor de la hoja. Esto evita que la hoja se atasque en la ranura y se doble, de forma que la operación es más fácil para el obrero; por otra parte, debido a que el rozamiento entre hoja y pieza es menor, la vida

efectiva de la hoja aumenta. El triscado también permite ligeras inclinaciones de la hoja a uno y otro lado, lo que simplifica la adaptación a una línea de trazado.

61. ¿Qué clases de acero se utilizan para fabricar las hojas de sierra de arco?

Estas hojas se fabrican de aceros de alto contenido de carbono, tales como acero de herramientas, acero rápido o acero al tungsteno.

62. ¿Qué se entiende por hoja completamente dura?

Se denomina hoja completamente dura la que ha sido templada por todas partes.

63. ¿Para qué clases de materiales es deseable el uso de hojas completamente duras?

Las hojas completamente duras se utilizan para cortar materiales duros, tales como acero, hierro fundido y latón. En particular, se emplean para cortar barras macizas donde conviene tener un corte recto y uniforme.

64. ¿Qué se entiende por hoja flexible?

Se denomina hoja flexible aquella en la que sólo se ha templado la parte que tiene los dientes, permaneciendo el resto de la hoja relativamente blando.

65. ¿Para qué clases de materiales se prefiere la hoja flexible?

Las hojas flexibles se prefieren para cortar metales blandos, tales como estaño, cobre, aluminio y metal antifricción; y, en particular, para cortar tubos y varios perfiles estructurales de sección transversal delgada. En el proceso de corte de dichos materiales, la hoja tiene tendencia a torcerse o a salirse de la línea; la hoja flexible admite estas condiciones, mientras que la completamente dura en tales casos se rompe.

66. ¿Existe un sistema particular de colocación de la hoja de sierra en el arco?

Sí. Los mejores resultados se obtienen cuando el corte se efectúa en la carrera de avance o de empuje. Por esta razón, la hoja debe colocarse en el arco de modo que los dientes tengan la punta dirigida hacia adelante.

67. ¿Puede ajustarse la hoja en el arco adaptándose a condiciones especiales?

Sí. La hoja puede montarse en cuatro posiciones diferentes, de modo que los dientes pueden estar encarados hacia abajo, hacia arriba, a izquierda o a derecha. Las pinzas o ganchos de los extremos del arco pueden girar y quedar fijados en cuatro posiciones distintas a fin de adaptarse a las cuatro posiciones de la hoja. La figura 2-67 muestra una hoja girada hacia la derecha al objeto de cortar convenientemente una larga tira de una chapa metálica. En todos los casos la hoja debe estar suficientemente tensada para que no se doble. Una hoja flexible tiende a alargarse en virtud del calor producido por el rozamiento; por este motivo, es necesario aumentar la tensión después de haber iniciado el corte.

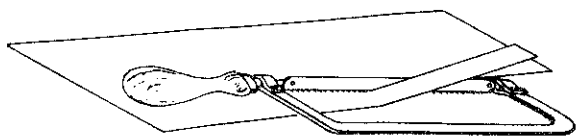


Fig. 2-67. Sierra de arco con la hoja colocada formando ángulo recto con el arco.

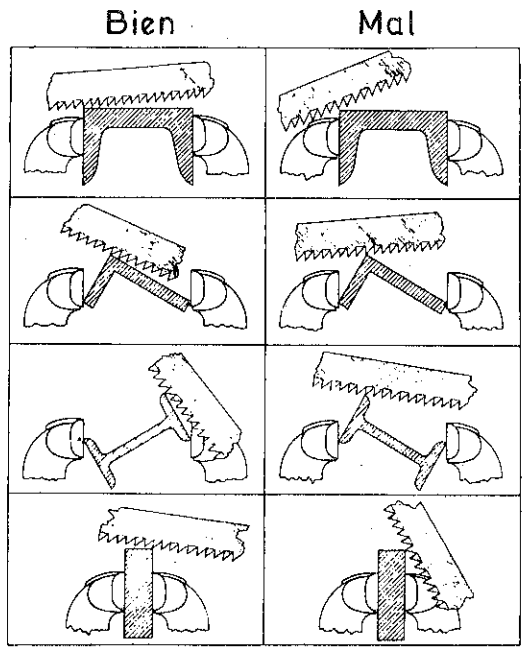


Fig. 2-68. Métodos de sujetar la pieza en el tornillo de mordazas para el aserrado.

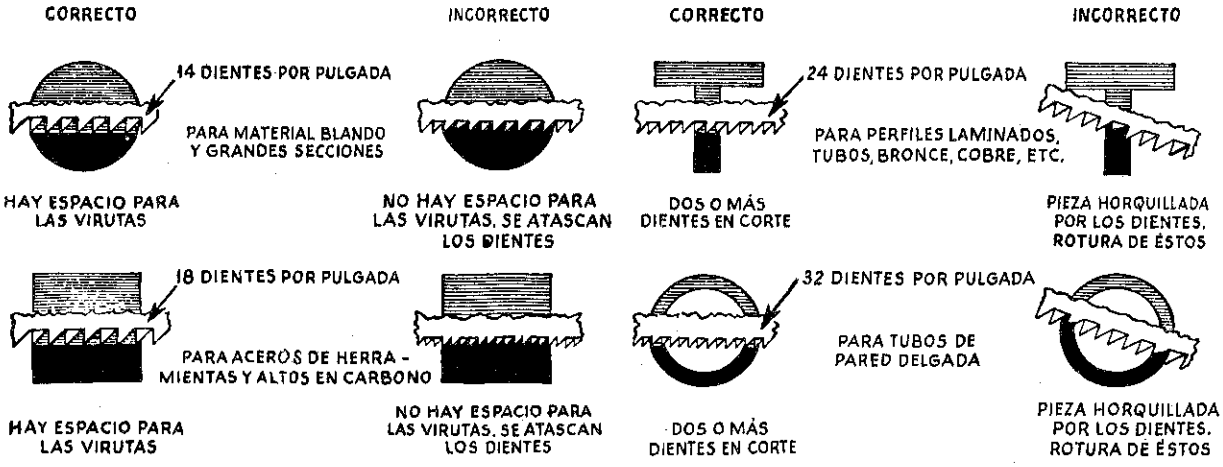


Fig. 2-69. Gráfico para elegir la hoja de sierra de arco de paso correcto para el trabajo a efectuar (L.S. Starrett Co.)

68. Para obtener la máxima eficiencia de una hoja de sierra es importante que el trozo de material a cortar se coloque correctamente en el tornillo de mordazas. Explicar cómo debe hacerse la sujeción de varios materiales.

Según el perfil del material, éste se coloca en el tornillo de modo que pueda presentarse al filo de la hoja la mayor superficie posible. Debe evitarse iniciar el aserrado en un canto, pues éstos tienen tendencia a arrancar dientes de la hoja. La pieza debe sujetarse firmemente y ajustarse de forma que el corte tenga lugar cerca del extremo de la mordaza del tornillo; esto evitará el chirrido o vibración de la pieza que tanto afectan a los nervios del operario y a los dientes de la hoja de sierra. La figura 2-68 muestra los modos correcto e incorrecto de colocación del material en el tornillo.

69. ¿Cómo debe apoyarse la barra delgada de acero mientras se corta con sierra de arco?

Hay que sujetar la barra delgada entre dos piezas de madera o de acero blando, y luego cortar a través de las tres juntas. La barra delgada que no se apoya de esta manera se tuerce bajo la presión de la sierra.

70. ¿Por qué las hojas de sierra de arco se fabrican con dientes de diferentes medidas?

La experiencia ha demostrado que todos los materiales no se cortan en iguales condiciones con el mismo tamaño de dientes de sierra. La máxima eficiencia se obtiene utilizando una hoja con dientes de la medida adecuada para una operación dada. La medida de los dientes en una hoja de sierra viene dada por el *paso* (fig. 2-69).

71. ¿En qué tipo de trabajo debe emplearse una hoja de 14 dientes por pulgada (paso 1,814 mm)?

Debe usarse una hoja de este paso para aserrar acero de máquinas, acero laminado en frío y perfiles de acero estructural que tengan secciones gruesas. La ventaja principal del paso basto es que proporciona un corte holgado y rápido; por ello se prefiere siempre que no es importante un corte pulido.

72. ¿Cuándo debe usarse una hoja de 18 dientes por pulgada (1,411 mm de paso)?

Las hojas de este paso deben emplearse para aserrar barras macizas, incluyendo materiales tales como aluminio, metal antifricción, hierro fundido, acero rápido, acero de herramientas, etc. El paso de hoja de sierra citado se recomienda para uso general cuando se requiere una superficie de corte uniforme y sin asperezas.

73. ¿En qué clase de trabajos debe utilizarse una hoja de 24 dientes por pulgada (1,058 mm de paso)?

Esta hoja hay que emplearla para aserrar tubos, estaño, latón, cobre, perfiles y planchas de grueso superior al de la galga americana número 18 (0,0478" = 1,214 mm para acero y 0,0403" =

1,024 mm para aluminio, latón y cobre). A pesar de que una hoja de paso fino corta lentamente, no se usa, para estos materiales, una de paso más amplio porque las piezas comparativamente delgadas tienden a arrancar los dientes de la hoja. Este peligro es mucho menor cuando dos o más dientes están constantemente en contacto con el material a cortar.

74. ¿Cuándo debe usarse una hoja de 32 dientes por pulgada (paso 0,794 mm)?

Debe utilizarse para cortar tubos pequeños, conducciones y chapa metálica de grueso inferior al de la galga americana número 18 (véase pregunta anterior). Estos materiales tan delgados requieren un paso muy fino para evitar la rotura de los dientes.

75. La hoja de sierra, ¿corta durante la carrera de retroceso?

No. Los dientes están dispuestos para cortar sólo en un sentido. Por esta razón, la presión sobre la sierra debe disminuirse durante la carrera de retroceso, a fin de evitar el deterioro de los dientes.

76. ¿A qué velocidad debe usarse la sierra de arco?

En condiciones ordinarias, una velocidad de 50 a 60 carreras por minuto es satisfactoria. Unas 60 carreras por minuto debe ser el valor máximo. Los materiales duros no deben aserrarse a esta velocidad tan rápida, la cual embota innecesariamente la hoja; al cortar estos materiales, por ejemplo varilla para brocas, es muy efectivo aserrar lentamente y aplicar una presión mayor que la requerida para materiales ordinarios.

77. Describir las hojas de sierra de arco para ranurar.

Las hojas para ranurar son similares a las otras. Tienen generalmente una longitud de 8" (203,2 mm) y una anchura de 0,5" (12,7 mm), pudiendo ser su espesor de cuatro medidas diferentes: alrededor de 0,049" (1,25 mm), 0,065" (1,65 mm), 0,083" (2,10 mm) y 0,109" (2,75 mm). Son muy manejables cuando hay que ranurar un corto número de tornillos que se necesitan todos a la vez para un montaje especial. Cuando no se dispone de hojas de sierra para ranurar, es posible sustituirlas por dos o más hojas normales colocadas una junto a las otras en el arco.

78. ¿Por qué hay que iniciar un nuevo corte después de sustituir una hoja desgastada por otra nueva?

El triscado de los dientes de la hoja vieja estará ligeramente desgastado y, por tanto, el corte efectuado con ella será más estrecho que la hoja nueva. Esta se rompería si se forzara su entrada en el corte viejo.

79. Nombrar tres causas comunes de rotura de hojas de sierra de arco.

1. Usar una hoja basta en material delgado.
2. Tensar demasiado la hoja en el arco y luego inclinarla mientras se efectúa el aserrado.
3. Aplicar demasiada presión sobre la hoja.

80. Enumerar algunas de las reglas a seguir en el aserrado a mano con una sierra de arco.

1. Utilícese una hoja de paso correcto para el trabajo a realizar.
2. Aserrar lo más cerca posible del punto donde está fijada la pieza, para evitar trepidaciones.
3. No cortar demasiado rápidamente.
4. Disminuir la presión sobre la sierra en la carrera de retroceso.
5. No aplicar una presión excesiva sobre la pieza.
6. Aserrar cuidadosamente a partir de cuando la hoja se encuentra casi toda ella dentro del corte (fig. 2-70).

Limas y limado

El limado es un método de quitar pequeñas cantidades de material de la superficie de una pieza metálica o de otra substancia dura. En ciertos aspectos, esta operación puede compararse al alisado de una pieza de madera con el cepillo o el formón. Y así como hay muchos tipos de cepillos y formones correspondientes a las distintas operaciones sobre madera, existen también muchos tipos de limas diseñadas para modalidades específicas de trabajo y para varias clases de metal.

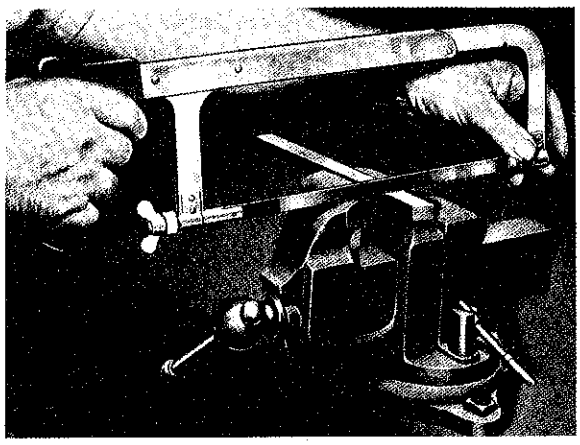


Fig. 2-70. Modo correcto de sujetar la pieza y la sierra de arco (L. S. Starrett Co.)

81. ¿Qué es una lima?

La lima es un utensilio de acero duro que tiene filas paralelas de aristas cortantes o dientes sobre su superficie. En ambas caras anchas las filas de estrías son, por lo general, cortadas diagonalmente al canto. Un extremo de la lima es de forma puntiaguda para ajustar en él un mango de madera.

82. ¿Cuáles son los nombres de las distintas partes de la lima?

Como puede verse en la figura 2-71, las partes de una lima se denominan: espiga, talón, cara, canto y punta.

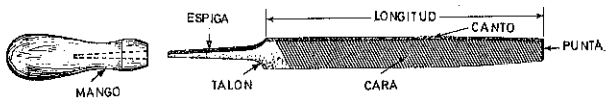


Fig. 2-71. Partes de una lima.

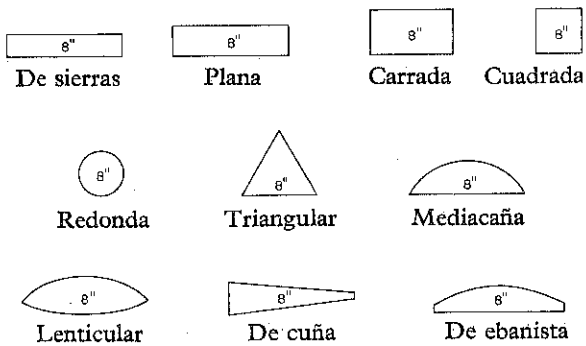


Fig. 2-72. Secciones transversales de los perfiles de lima (Nicholson File Co.)

83. ¿Cómo se mide la longitud de una lima?

La longitud de una lima es la distancia desde el talón a la punta (ver fig. 2-71).

84. ¿Qué se entiende por canto de seguridad de una lima?

El canto de seguridad de una lima es aquél en que no se han cortado dientes. Este canto permite tener la seguridad de que un lado de la pieza no será afectado por la lima mientras se está limando una superficie adyacente.

85. ¿Tienen las limas el mismo ancho desde la punta al talón?

No, con una excepción. Las limas son normalmente cónicas en cuanto al ancho, desde el talón hasta la punta. La excepción se conoce con el nombre de *lima roma,* o sea, lima plana paralela.

86. ¿Cuáles son los más importantes perfiles o formas de las limas?

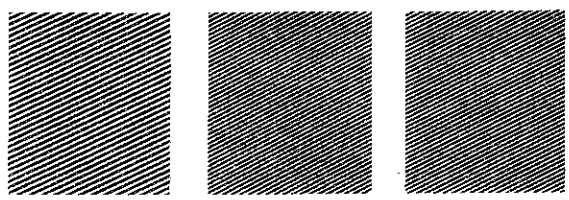
En la figura 2-72 se representan las secciones transversales de algunas de las limas más comúnmente usadas, y sus nombres.

87. ¿Cómo se clasifican las limas?

Se dividen en dos clases: de corte o picado sencillo y de corte o picado doble.

88. Citar algunas de las características de las dos clases de limas.

Las limas de corte o picado sencillo tienen las filas o hileras de dientes según una sola dirección a través de sus caras anchas, como en la figura 2-73. Las limas de corte o picado doble tienen las hileras de dientes como las limas de picado sencillo, pero, además, tienen otras hileras de dientes



Picado sencillo Bastarda o entrefina | Picado sencillo Semifina | Picado sencillo Fina

Fig. 2-73. Tipos de dientes para limas de picado sencillo (Nicholson File Co.)

cortadas diagonalmente a las anteriores, como en la figura 2-74. Las limas de picado sencillo no quitan material tan rápidamente como las de picado doble, pero el acabado superficial producido por aquéllas es más liso.

89. ¿Tienen todas las limas de picado sencillo dientes finos, y todas las de picado doble dientes bastos?

No. Ambas clases de limas se fabrican en grados o pasos similares, tales como superfino, fino, semifino, entrefino o bastardo, semibasto y basto.

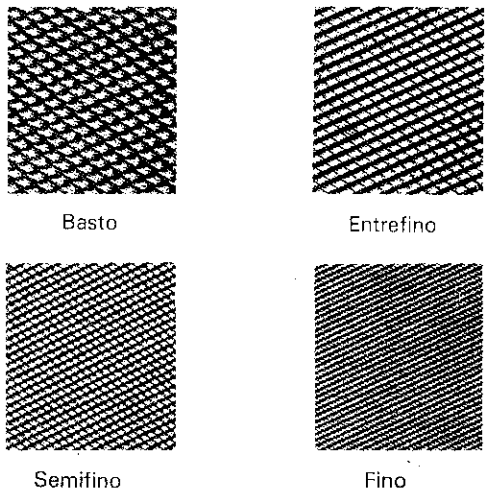


Fig. 2-74. Tipos de dientes para limas de picado doble (Nicholson File Co.)

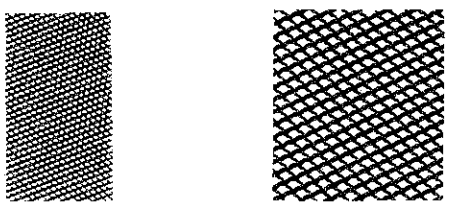


Fig. 2-75. Pasos de los picados de limas entrefinas de 6 y de 16 pulgadas (Nicholson File Co.)



Fig. 2-76. Lima plana delgada (Nicholson File Co.)



Fig. 2-77. Lima plana (Nicholson File Co.)

El grado de aspereza de las limas pequeñas se indica mediante números desde 60 a 6, siendo 60 el más basto.

90. El paso de los dientes, ¿es el mismo para todos los tamaños de limas?

No. Cuánto más pequeña es la lima, más fino es el paso. La figura 2-75 ilustra la diferencia de paso entre una lima de 6 pulgadas semifina y una de 16 pulgadas también semifina.

91. Describir el uso de una lima plana delgada.

La lima plana delgada, o lima de afilar dientes de sierra, la cual es de picado sencillo (fig. 2-76), se emplea principalmente con los grados fino y semifino. Su nombre deriva del hecho de que en un principio fue utilizada casi exclusivamente para afilar sierras de cinta. Ahora también se emplea para trabajos en el torno, para limados de extracción de material y para acabar diversas composiciones de latón y bronce. Este tipo de lima produce un acabado fino. Su longitud oscila entre 6 y 16" (150 y 400 mm).

92. Describir el uso de una lima plana.

La mayoría de las limas planas (fig. 2-77) son de picado doble, prefiriéndose los grados semifino y entrefino. Las usan los mecánicos, constructores de maquinaria, constructores de buques y motores, reparadores y ajustadores, cuando se necesita una lima de corte rápido. Este tipo de lima produce un acabado comparativamente más basto. Las longitudes normales oscilan entre 6 y 18" (150 y 450 mm).

93. Describir la lima carrada.

La lima carrada, o cuadrorrectangular (fig. 2-78), es similar a la lima plana, salvo que es más estrecha; un canto, o los dos, son cantos de seguridad (lisos). La lima carrada se emplea para limar ranuras y chaveteros y para limar contra un reborde. Su longitud oscila entre 6 y 16" (150 y 400 mm).

94. Describir la lima cuadrada.

La lima cuadrada es de sección cuadrada con picado doble en sus cuatro caras (ver fig. 2-79). Se utiliza para limar agujeros pequeños cuadrados o rectangulares, para acabar el fondo de peque-

ñas ranuras, etc. El grado comúnmente usado es el entrefino. Su longitud oscila entre 4 y 16" (100 y 400 mm).

95. Describir la lima redonda.

La lima redonda (fig. 2-80) tiene una sección circular y, por lo general, es cónica. A las de dimensiones más pequeñas se les da a menudo el nombre de *colas de ratón.* Se usan para ensanchar agujeros redondos, para redondear agujeros irregulares y para acabar radios interiores. El grado corrientemente aplicado es el entrefino; su longitud varia desde 4 hasta 16" (100 a 400 mm).

96. Describir la lima triangular.

La lima triangular representada en la figura 2-81, comúnmente llamada *lima de tres aristas* o *triángulo,* es de sección triangular, con ángulos de 60°. Es cónica hacia la punta, sus aristas se dejan agudas, y presenta doble picado en las tres caras y picado sencillo en los cantos. Sirve generalmente para limar ángulos interiores menores de 90°, para limpiar esquinas cuadradas, y para limar machos de roscar, fresas, etc. Se prefieren los grados entrefino y semifino. La longitud es de 4 a 16" (100 a 400 mm). Las limas triangulares se usan también para afilar sierras, lo mismo a mano que sujetadas en una máquina, como en la figura 2-82.

97. Describir la lima de mediacaña.

La lima de mediacaña, o semirredonda (fig. 2-83), se llama así debido a que una mitad es plana, y la otra mitad, redonda. Es una lima de picado doble que se emplea cuando hay que limar superficies cóncavas. Casi siempre el grado aplicado es el entrefino, y su longitud oscila entre 6 y 16" (150 y 400 mm).

98. Describir la lima de cuchillo.

Es una lima (fig. 2-84) a la que se da forma de cuchillo, siendo el ángulo del extremo agudo de aproximadamente 10°. Es cónica, en espesor y en anchura, hacia la punta; tiene picado doble en ambos lados planos, y picado sencillo en ambos cantos. Se utiliza para acabar las esquinas agudas de muchos tipos de ranuras y regatas. El grado preferido es el entrefino, y su longitud varía desde 6 hasta 12" (150 hasta 300 mm).



Fig. 2-78. Lima carrada (Nicholson File Co.)



Fig. 2-79. Lima cuadrada (Nicholson File Co.)



Fig. 2-80. Lima redonda (Nicholson File Co.)



Fig. 2-81. Lima triangular (Nicholson File Co.)

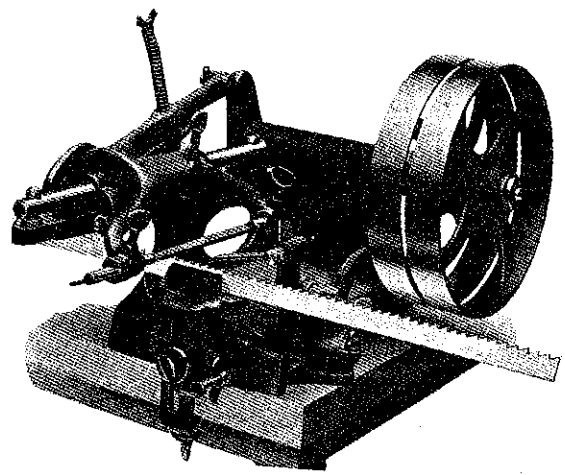


Fig. 2-82. Lima triangular usada en el afilado a máquina de una sierra (Henry Disston & Sons, Inc.)



Fig. 2-83. Lima de mediacaña (Nicholson File Co.)



Fig. 2-84. Lima de cuchillo (Nicholson File Co.)

99. Describir la lima de cerrajero.

La lima de cerrajero (fig. 2-85) es de sección rectángular, pero va reduciéndose en anchura hasta terminar en punta. Es utilizada sobre todo por los cerrajeros para limar muescas en llaves y

cerraduras. Tiene picado doble y su longitud oscila entre 4 y 12" (100 y 300 mm). La lima de 4" tiene un espesor de sólo 3/64" (1,2 mm).

100. ¿Qué se entiende por lima de modelo suizo?

Las limas de modelo suizo son similares a las limas ordinarias, pero están hechas para trabajar con mayor exactitud. Las puntas del modelo suizo son más finas; las limas cónicas tienen conos más largos, y los picados son mucho más finos. En un principio estas limas eran consideradas como herramientas de acabado, empleadas para quitar rebabas dejadas en anteriores operaciones de acabado; perfeccionar entallas, muescas y chaveteros; redondear ranuras y limpiar rincones; alisar piezas pequeñas; efectuar el acabado final en toda clase de piezas delicadas y complicadas. Los grados varian desde el número 00, que es el más basto, hasta el número 6, que es el más fino.

101. Describir la lima lenticular.

La lima lenticular, o de doble curva, representada en la figura 2-86, tiene una sección doble circular con un lado del mismo radio que la lima de mediacaña, y el otro, con una curva aplanada o de mayor radio. Es cónica hacia la punta tanto en ancho como en espesor y tiene picado doble en ambos lados. Existe en todos los grados desde el número 00 al 6, en longitudes de 3 a 10" (75 a 250 mm).

102. ¿Qué son las limas de aguja?

Las limas de aguja pertenecen a la familia de las limas de modelo suizo. Generalmente se suministran en juegos de limas de formas varias, como el de la figura 2-87. Este tipo de lima es utilizado por los fabricantes de herramientas y matrices, y también por los relojeros. Uno de los extremos de la lima está grafilado a fin de que pueda sujetarlo bien la mano. Se fabrican en los grados 0, 2, 4 y 6; y en longitudes de 4, 5,5 y 6,25 pulgadas (100, 138 y 157 mm).

103. Describir la lima de ebanista.

La lima de ebanista (fig. 2-88) es similar a la lima de mediacaña, pero más ancha y más delgada. Es de picado doble, generalmente de grado medio o entrefino. La longitud oscila entre 6 y 16" (150 y 400 mm). Se emplea para alisar madera.



Fig. 2-85. Lima de cerrajero (Nicholson File Co.)



Fig. 2-86. Lima lenticular (Nicholson File Co.)

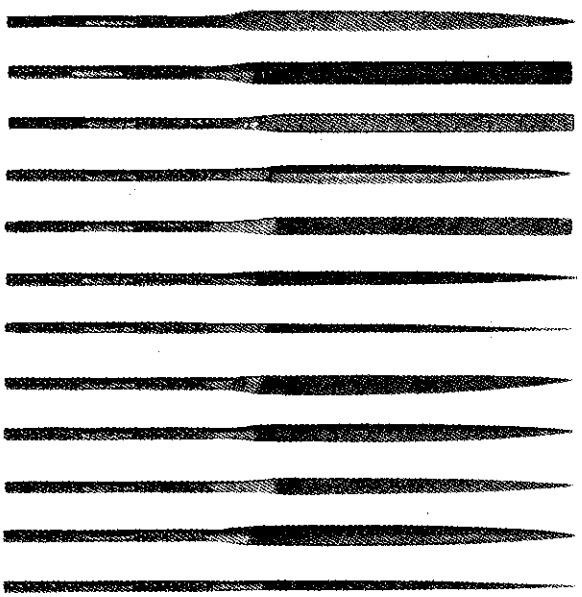


Fig. 2-87. Limas de aguja de modelo suizo (Nicholson File Co.)



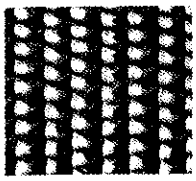
Fig. 2-88. Lima de ebanista (Henry Disston & Sons, Inc.)



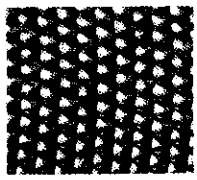
Fig. 2-89. Escofina (Nicholson File Co.)

104. ¿Qué es una escofina?

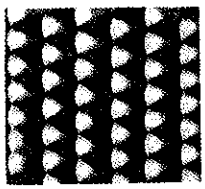
La escofina representada en la figura 2-89 es similar a una lima plana, pero tiene un dentado basto en forma de puntas triangulares, producido con un cincel especial semejante a un punzón. También puede tener sección de media caña y de otros perfiles; su longitud es de 6 a 16" (150 a 400 mm). Se emplea para aplanar y acabar artículos de madera. Los grados de picado de las escofinas se muestran en la figura 2-90.



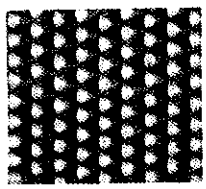
Escofina de ebanista
Semifina



Escofina de ebanista
Fina



Escofina de carpintero
Bastarda



Escofina de carpintero
Fina

Fig. 2-90. Grados de picado de las escofinas (Nicholson File Co.)



Fig. 2-91. Lima de dientes curvos (Nicholson File Co.)

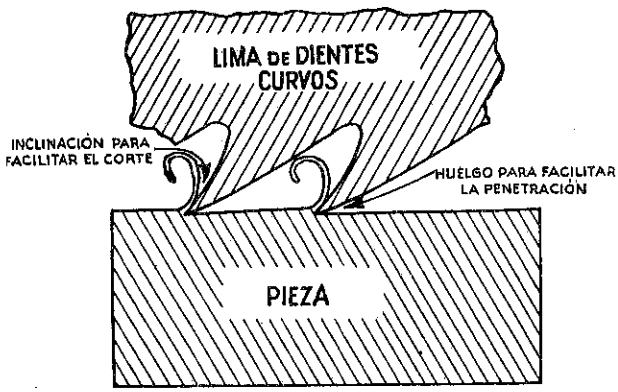


Fig. 2-92. Perfil de los dientes de una lima de dientes curvos.

105. ¿Qué es una lima de dientes curvos?

La lima de dientes curvos, designada también con el nombre de lima rígida, es una lima plana (fig. 2-91) cuyas aristas de corte curvas son, según puede verse en la figura 2-92, de grandes dimensiones. Se emplea para limar plomo, metal antifricción y otros materiales blandos similares. Una herramienta parecida, pero con aristas de corte rectas, se llama *lima para plomo* (ver fig. 2-93).



Fig. 2-93. Lima para plomo (Nicholson File Co.)

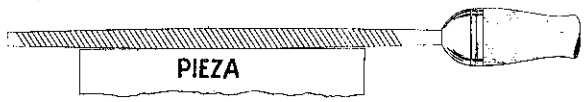


Fig. 2-94. El canto de una lima es ligeramente convexo.

106. ¿Por qué se fabrican las limas con superficies convexas?

Las limas se fabrican generalmente con superficies convexas, esto es, con mayor espesor en el centro que en los extremos (ver fig. 2-94), para evitar que todos los dientes corten al mismo tiempo, lo que requeriría demasiada presión sobre la lima, dificultando su control. Si la cara de la lima fuera recta, no sería posible obtener una superficie plana, dado que existiría tendencia al balanceo de la lima. La superficie convexa ayuda a vencer los resultados del balanceo.

La convexidad de las limas tiene además otro objeto. La presión aplicada a la lima para que actúe quitando material contribuyen también a flexar más o menos la lima, y si ésta, de construcción, fuese perfectamente plana, se convertiría en cóncava durante la operación de limado. Esto impediría la producción de una superficie plana, ya que la lima cortaría más en los cantos de la pieza que en el centro y, así, dejaría una superficie convexa.

107. ¿Qué se entiende por picado irregular en las limas?

Las limas, en un principio, se fabricaban a mano, resultando los dientes más o menos irregulares según la práctica del operario que hacía el picado. Algunos de los dientes salían más altos que otros, lo que daba pocos puntos de contacto. Está demostrado que esto es deseable ya que aumenta la vida de corte de la lima, pero el coste de las limas ejecutadas a mano resulta necesariamente elevado. Actualmente se utilizan máquinas para aumentar o disminuir la altura del picado, con lo que se obtiene un tipo de lima similar al conseguido picando a mano.

108. ¿Cuál es la manera correcta de coger la lima?

Empúñese el mango con la mano derecha de forma que se apoye en la palma de la mano, con el pulgar colocado encima. Colóquese la mano izquierda en el extremo o punta de la lima y déjese que los dedos se doblen por debajo de ella (fig. 2-95).

109. ¿Cuál debe ser la posición del cuerpo cuando se lima?

Es importante que el cuerpo esté en posición correcta para la mayor libertad de movimientos. El pie izquierdo debe apuntar hacia delante y el derecho debe situarse apartado del izquierdo aunque lo suficientemente cerca para conseguir el equilibrio necesario. Cuando se lima, el cuerpo debe inclinarse hacia delante en el inicio de la carrera de avance y luego volver a la posición original al final de la carrera. La lima debe mantenerse recta, ya que, de lo contrario, la superficie no queda plana. Las carreras no deben ser demasiado rápidas, pues se estropean la lima y la pieza. Debe aplicarse la presión suficiente para que la lima corte por igual (fig. 2-95).

110. ¿Debe levantarse la lima de la pieza en la carrera de retroceso?

No, pero la presión hacia abajo debe reducirse durante la carrera de retroceso, a fin de evitar el embotado de la lima por desgaste de la parte posterior de los dientes, lo que destruye los filos de corte. Sin embargo, este modo de proceder no debe observarse rigurosamente cuando se trata de metales blandos, tales como plomo o aluminio, ya que conviene arrastrar la lima a lo largo de la pieza en el retroceso, dado que esto ayuda a limpiar los dientes.

111. ¿Cuándo corta mejor una lima?

El corte óptimo de una lima se obtiene cuando se han hecho ya unas 2500 carreras de limado, o después de haber quitado alrededor de una pulgada cúbica (unos 16 cm^3) de material, porque entonces la mayoría de los filos de corte estarán en contacto con la pieza. Sin embargo, debe recordarse que, después de un uso continuado, los filos desgastados cortarán cada vez menos, hasta que la vida de la lima queda destruida.

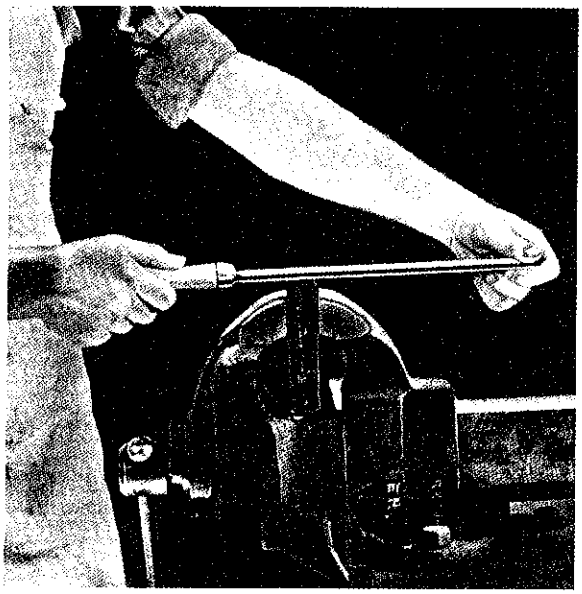


Fig. 2-95. Posición correcta para el limado (Nicholson File Co.)

112. ¿Qué se entiende por limado transversal?

El limado transversal, o atravesado, es la operación de empujar una lima y tirar de ella lateralmente a través de la pieza. Para esta finalidad, la lima debe empuñarse firmemente con las dos manos, ya que sólo algunos centímetros de lima son realmente usados en el centro de la misma. Normalmente, las limas se fabrican para cortar en una carrera longitudinal de avance; por ello, una lima con un ángulo de corte reducido no debe ser utilizada para el limado transversal debido a que existe la posibilidad de rayar o entallar la pieza, en lugar de quitar el material suave y uniformemente. Cuando se efectúa adecuadamente, el limado transversal produce una superficie con un acabado más fino que el que corrientemente se obtiene con el limado longitudinal. Sin embargo, el principal objetivo del limado transversal es conseguir una superficie perfectamente alisada y nivelada. Para la operación de acabado se prefiere una lima plana delgada de picado sencillo.

113. ¿Qué se entiende por limado en cruz?

Cruzar la carrera significa cambiar el ángulo según el cual se está operando con una lima en unos 45°. Esto pone de manifiesto los puntos altos y tiende a dejar plana la pieza.

114. ¿Qué grado de lima debe utilizarse para quitar material rápidamente?

Una lima grande entrefina de doble picado o una lima media de doble picado son las más apropiadas para quitar material rápidamente.

115. ¿Cuál es el grado de lima que debe emplearse para el acabado?

Para trabajos de acabado ordinario, es preferible una lima fina de picado sencillo, de 12" (300 mm).

116. ¿Qué precaución debe tomarse antes de limar hierro fundido?

Antes de intentar limar una pieza de hierro fundido, hay que quitar la escama o cascarilla superficial. Esto puede lograrse mediante cincelado, raspado con el canto de la lima, volteo en el bombo, chorro de arena o lavado con ácido (decapado). Una buena solución para decapar es 4 a 10 partes de agua por 1 parte de ácido sulfúrico.

117. ¿Cuáles son las dos limas generalmente usadas para limar en el torno?

Para limar piezas que se están mecanizando en un torno, se utiliza la lima plana de picado doble cuando se trata de limado basto, y la lima de picado sencillo cuando se trata de limado fino.

118. ¿Qué es lo que se considera una buena técnica para el limado en el torno?

Aplicar carreras largas y pausadas o lentas. Asegurarse de que la presión sobre la lima es la suficiente para el corte, pero no excesiva, pues hay que evitar que las aristas cortantes queden obstruidas.

119. ¿Cuál es el resultado cuando se opera con carreras cortas y frecuentes, o rápidas, para quitar una pequeña parte de material de una pieza limando en el torno?

Lo mismo pueden quedar varios pequeños planos en la periferia de la pieza, que resultar ésta con diferencias o errores en cuanto a cilindricidad.

120. ¿Qué exceso de material debe dejarse para el acabado cuando se lima en el torno?

Mediante el limado sólo debe quitarse un pequeño exceso de material. El exceso medio es 0,003" (0,075 mm) para la operación de acabado a lima.

121. ¿Cuál es el efecto de un limado demasiado profundo en el torno?

La pieza tiende a perder cilindricidad cuando se quita demasiado material con la lima.

122. ¿Cuáles son los tres factores que afectan la eficiencia de corte de una lima?

Los tres factores más importantes son: el perfil, el afilado de los dientes y la dureza.

123. ¿Qué se entiende por empastado o cegado de una lima?

Cuando se liman metales blandos, superficies estrechas o esquinas, pequeñas partículas del material que se lima tienden a adherirse en las estrías, entre los dientes de la lima, causando el *cegado* de aquéllas. Esto reduce la eficiencia de la lima y da lugar al rayado de la superficie de la pieza.

124. ¿Cuál es la causa del empastado?

La causa principal del empastado o cegado es la aplicación de demasiada presión sobre la lima, especialmente cuando se usan limas de picado fino. Sirve de ayuda, al utilizar una lima nueva, permitir que los filos vírgenes y puntiagudos adquieran un ligero desgaste antes de emprender un corte fuerte. También ayuda a evitar el cegado el recubrimiento con yeso de la lima.

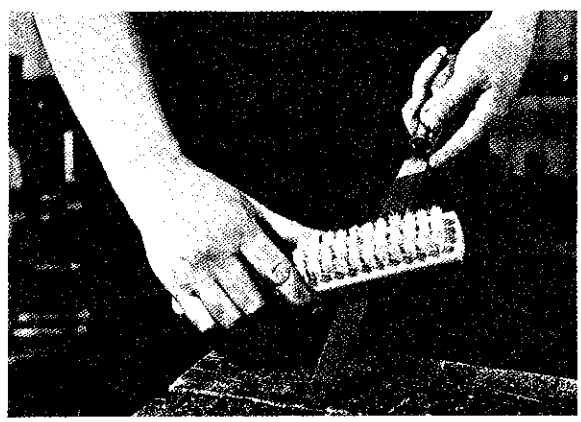


Fig. 2-96. Modo correcto de utilizar un cepillo de limas para limpiar una lima (Nicholson File Co.)

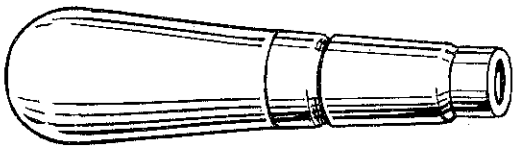


Fig. 2-97. Mango de lima tipo "Lutz" (Lutz File & Tool Co.)

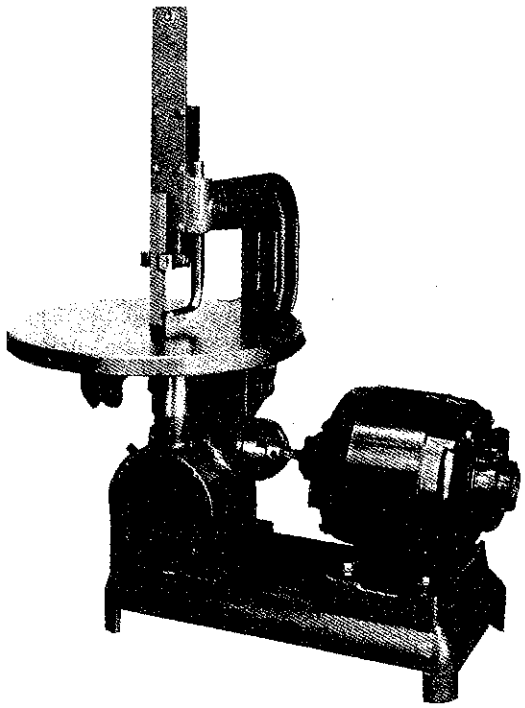


Fig. 2-98. Máquina de limar (Oliver Instrument Co.)

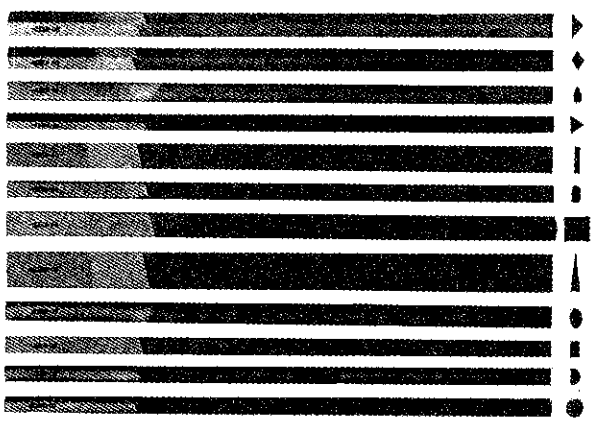


Fig. 2-99. Limas utilizadas en la máquina de limar (Nicholson File Co.)

125. ¿Cómo puede limpiarse una lima cegada?

La lima puede limpiarse con un cepillo de limas (fig. 2-96). Uno de los lados del cepillo tiene finos alambres y se utiliza para soltar el material adherido. El otro lado tiene cerdas y se usa para acabar la operación. En el mango del cepillo de limas hay una pieza de metal, llamada *arrancador,* que se emplea para quitar las virutas que no pudieron soltar los alambres.

126. ¿Es admisible el uso de una lima sin mango?

No. Nunca debe usarse una lima sin su mango. Esto es una regla de seguridad. Hay que cerciorarse de que el mango está firmemente unido a la lima. Un buen tipo de mango lo constituye el modelo "Lutz" representado en la figura 2-97.

127. Mencionar dos precauciones que no deben soslayarse cuando se lima.

(1) No refregar la mano por encima de la pieza que se está limando; la grasa y la transpiración de la mano produce una superficie lustrosa, y el canto afilado de la pieza puede cortar la mano. (2) Hay que tener siempre la seguridad de que las superficies acabadas están protegidas mediante la colocación de material blando entre la pieza y el tornillo de sujeción.

128. Al hacer un pedido de limas, ¿cómo debe designarse la lima requerida?

Una lima debe designarse por su longitud, perfil y grado. Cuando se cursa un pedido de limas, primero hay que especificar la cantidad deseada, así:

12 limas de mediacaña de 6", semifinas.
6 limas planas de 12", entrefinas.

129. ¿Qué es una máquina de limar?

Es un dispositivo para alojar una lima y moverla con una acción alternativa vertical. La pieza se coloca en la mesa y es presionada contra la lima en movimiento (ver fig. 2-98). La mesa puede ajustarse para formar el ángulo requerido. Cuando se ajusta la mesa debe aplicarse el mismo esfuerzo en fijar el transportador contra la lima, a fin de obtener el ángulo apropiado, que se aplicará al forzar la pieza contra la lima.

130. ¿Se usan limas especiales con la máquina de limar?

Sí. En una máquina de limar se emplean limas de espiga recta, como las de la figura 2-99. Al colocar una lima en la máquina, la guía de rodillo debe ajustarse de forma que proporcione el rozamiento apropiado contra la lima.

Cinceles y cincelado

Uno de los primitivos métodos de aplanar una pieza de madera, piedra o metal fue el de separar el material sobrante con un martillo y un cincel. Esta práctica es todavía común hoy día para trabajos que se ejecutan en el banco y en los casos en que no es práctico efectuar el trabajo a máquina. Aquí nos referimos sólo al cincelado de los metales.

En cualquier trabajo de esta naturaleza, existe siempre el peligro de que las partículas que se desprenden hieran los ojos del operario que realiza el cincelado y de otras personas que puedan encontrarse cerca de él.

La seguridad del trabajo es de primordial importancia en todo taller. Por esta razón, toda persona que esté cincelando debe llevar puestas las gafas de protección y tener convenientemente situada una pantalla para proteger a los operarios de los alrededores y a los que circulen junto al lugar donde se efectúa la operación (ver figs. 2-100 y 2-101).

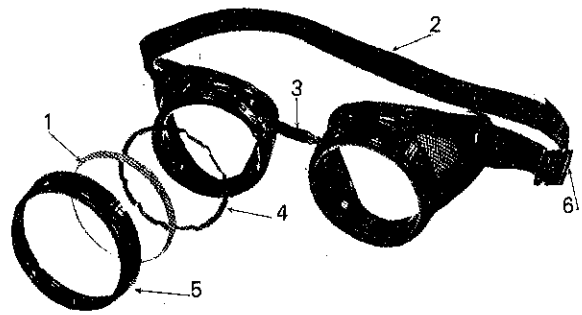


Fig. 2-100. Gafas de seguridad (Willson Products, Inc.)
1. Lentes extrarresistentes redondos de 50 mm diámetro.
2. Cinta elástica de 1/2" (12,7 mm) para sujeción alrededor de la cabeza.
3. Puente de cadena con almohadilla.
4. Anillo distanciador de absorción de choques.
5. Envolvente roscada, de plástico, con ventilación.
6. Hebilla para cinta de 1/2".

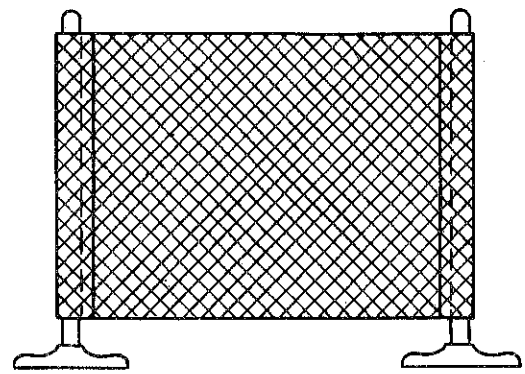


Fig. 2-101. Pantalla de protección.

131. ¿Qué es un cincel?

Es una herramienta hecha de acero de herramientas, de perfil hexagonal y octogonal, comúnmente llamado *acero de cinceles,* de una medida conveniente para el manejo. Un extremo está formado para la operación de corte; el otro extremo se deja romo para recibir los golpes de martillo. Por lo general, los cinceles se forjan a la forma requerida, y luego son recocidos, templados y revenidos; finalmente se procede al afilado de la arista de corte.

132. ¿Con qué fin los cinceles son recocidos, templados y revenidos?

El recocido elimina las tensiones internas del metal desarrolladas durante la operación de forjado, obteniéndose así un cincel tenaz y resistente. El temple del metal hace posible mantener una arista de corte afilada en el cincel. El revenido reduce la fragilidad del metal de modo que el filo cortante del cincel es menos propenso a la fractura. Todos estos procesos, recocido, temple y revenido, están incluidos en los llamados *tratamientos térmicos.*

133. El temple del cincel, ¿se efectúa en todas sus partes?

No. Sólo el extremo cortante y, por lo general, hasta unos 25 mm del filo. Es mejor que el extremo opuesto quede relativamente blando, para evitar que salten partículas al golpear con el martillo.

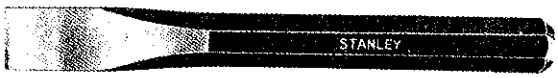


Fig. 2-102. Cortafrío plano (Stanley Tools).



Fig. 2-103. Buril (Stanley Tools).



Fig. 2-104. Buril de punta redonda (Stanley Tools).



Fig. 2-105. Cincel de punta de diamante (Stanley Tools).

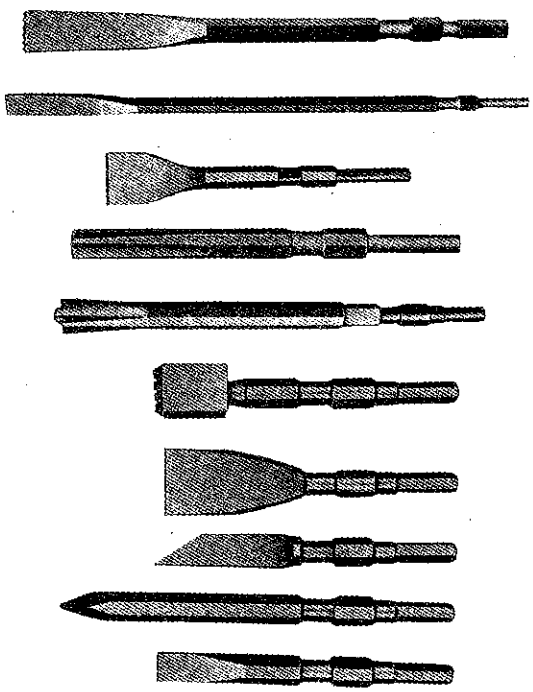


Fig. 2-106. Cinceles y herramientas de corte que se usan con el martillo eléctrico (Black & Decker Mfg. Co.)

134. ¿Qué es un cortafrío?

El cortafrío (fig. 2-102) es el tipo más común de cincel. Se emplea para cincelar superficies planas y para cortar plancha metálica delgada. Recibe el nombre de *cortafrío* porque se usa para cortar metales que no han sido calentados en un horno.

135. ¿Qué es un buril?

El buril es un cincel estrecho cuya forma es la que muestra la figura 2-103. Se emplea sobre todo para cincelar, o burilar, ranuras y chaveteros.

136. ¿Para qué se usa el buril de punta redonda?

Este buril, llamado también *buril de uña,* tiene el extremo cortante redondeado (fig. 2-104) y se utiliza para desbastar superficies cóncavas tales como un rincón de radio interior. También se emplea en el trabajo de taladrado para cortar una pequeña regata en el canto oblicuo de un agujero descentrado, a fin de que la broca quede obligada a desplazarse hasta ocupar nuevamente la posición correcta concéntrica con el trazado.

137. ¿Para qué se usa un cincel de punta diamante?

Este tipo de cincel (fig. 2-105) se utiliza para cortar regatas en V o para cincelar en rincones agudos.

Todos los cinceles antes mencionados están diseñados para uso manual. Los cinceles representados en la figura 2-106, con filos de corte similares a los de aquéllos, pero con un extremo de golpeo diferente, están diseñados para ser aplicados al martillo eléctrico (fig. 2-107).

138. ¿Qué es un cincel para cortar en caliente?

Este tipo de cincel, o *tajadera,* está concebido para cortar o cincelar metal calentado al rojo. El filo de corte es largo y delgado, como puede verse en la figura 2-108. Esta herramienta va montada en un mango de madera, de igual modo que un martillo.

139. Describir el método de cincelado a mano.

Los utensilios esenciales son: un martillo de 1 a 1,75 libras (450 a 800 g) de peso; el cincel elegido para el trabajo particular a efectuar; unas gafas de seguridad, y una pantalla de protección. El martillo debe empuñarse por el extremo del mango, aplicando los dedos pulgar, mayor y anular a modo de mordaza y ciñendo flojamente alrededor del mango los otros dos dedos, índice y meñique. De esta forma el mango del martillo será impulsa-

do y balanceado más firmemente y con mayor facilidad sin cansar la mano, consiguiéndose esto tanto mejor cuanto con mayor rigidez sea asido con los cuatro dedos.

El cincel debe sujetarse de modo que su cabeza se encuentre unos 25 mm por encima del pulgar y del índice, y agarrarse fuertemente con los dedos mayor y anular. El índice y el pulgar deben mantenerse flojos porque así los músculos están relajados y tanto los dedos como la mano están menos propensos a ser lastimados si sufren un martillazo. El filo del cincel debe situarse sobre el punto donde se desea cortar, formando un ángulo que permita a dicho filo seguir la superficie de acabado deseada (ver fig. 2-109). Después de cada golpe de martillo, el cincel ha de situarse de nuevo en la posición adecuada para el corte siguiente.

140. ¿Con qué ángulo debe afilarse la arista cortante de un cortafrío?

El ángulo de corte correcto depende de la dureza del material a cortar. Un ángulo de 70° es adecuado para hierro y acero. Para metales blandos, el ángulo debe ser menor. El empleo de un cincel con un ángulo de corte de 90° o más tiende a quitar material por una acción de empuje en lugar de una de corte (ver figs. 2-110 y 2-111).

141. ¿Cuál es el procedimiento correcto de afilado de un cortafrío?

Debe mantenerse en el ángulo requerido y moverlo hacia atrás y hacia delante transversalmente a la cara de la muela; así se tiene la seguridad de obtener una superficie uniforme. La presión del cincel contra la muela debe ser la suficiente para evitar la trepidación, esto es, la vibración o el rebote del mismo sobre la muela. También es necesario evitar que la presión sea excesiva al objeto de que no se sobrecaliente el filo, lo que eliminaría el temple del acero y ablandaría la arista de corte. La mejor acción de corte resulta curvando el filo según muestra la figura 2-112.

142. Cuándo se efectúa un trabajo de cincelado, ¿qué es lo que debe vigilarse, el filo o la cabeza del cincel?

Hay que vigilar el filo de corte de la herramienta. Con la práctica, la habilidad de dar en la cabe-

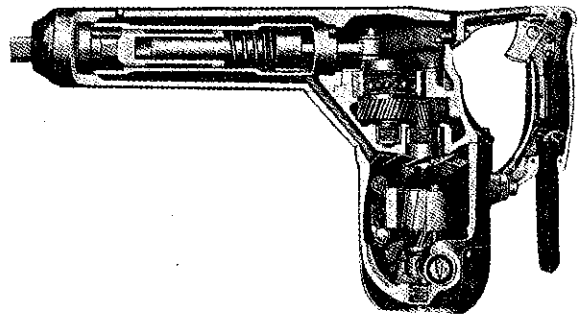


Fig. 2-107. Sección longitudinal de un martillo eléctrico (Black & Decker Mfg. Co.)



Fig. 2-108. Cincel para cortar en caliente (Stanley Tools).

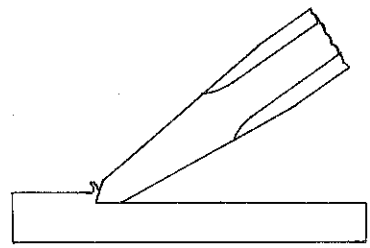


Fig. 2-109. Cincel mantenido a un ángulo correcto para el trabajo.

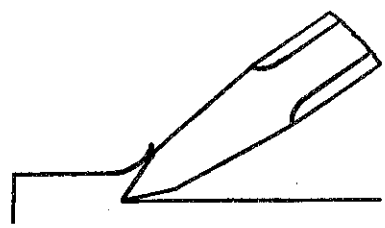


Fig. 2-110. El ángulo en el filo del cincel se ha afilado demasiado pequeño para metales blandos.

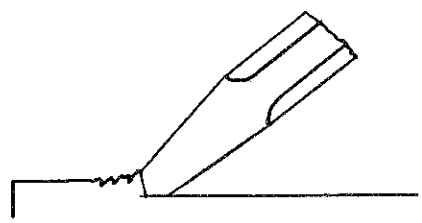


Fig. 2-111. El filo del cincel se embota debido a que el ángulo de corte es demasiado grande.

za del cincel sin mirarla se adquiere rápidamente.

143. ¿Qué se entiende por "cabeza de seta" en un cincel?

Es la forma de cabeza que toma el cincel después de haberlo golpeado con el martillo repetidamente, pues de un modo paulatino el material de dicha cabeza se aplasta y se esparce alrededor de la misma.

144. ¿Por qué son peligrosos los cinceles de cabeza aplastada?

La parte aplastada de la cabeza del cincel puede romperse al golpear con el martillo, y las partículas de acero que se desprendan con fuerza pueden lesionar a alguien. El canto rasgado puede también lastimar la mano de la persona que sujeta el cincel.

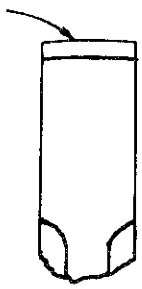


Fig. 2-112. El filo es ligeramente curvo a fin de proporcionar una mejor acción de corte.

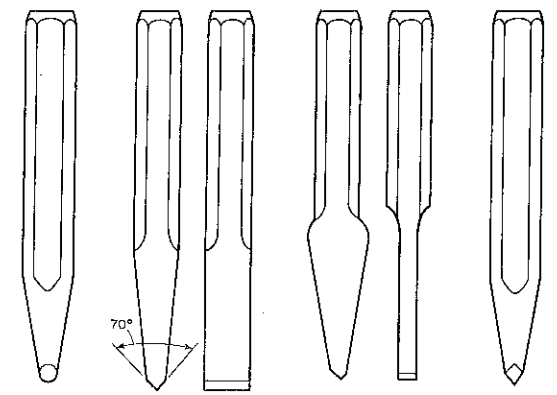


Fig. 2-113. Cincel de punta redonda, cortafrío, buril y cincel de punta de diamante.

145. Dibujar un esquema que muestre la forma de la arista de corte y del perfil de cada uno de los útiles siguientes: cortafrío, buril, cincel de punta redonda y cincel de punta de diamante. Estos se hallan correctamente representados en la figura 2-113.

146. Describir las precauciones de seguridad y las prácticas correctas que deben observarse cuando se efectúa una operación de cincelado.

La figura 2-114 muestra un mecánico cincelando una pieza que está sujetada en un tornillo de banco. Mediante números se indican las diversas condiciones de seguridad y de buena práctica de taller: 1) Llevar siempre gafas de seguridad; 2) Enrollarse las mangas hacia arriba; 3) Cerciorarse de que el cincel no tiene la cabeza aplastada; 4) Sujetar el cincel correctamente; 5) Empuñar el martillo por el extremo del mango; 6) Asegurarse de que la pieza está firmemente sujetada en el tornillo de mordazas.

Soldaduras blanda y dura

La soldadura blanda es un arte antiguo que no ha cambiado mucho durante el periodo en que se han realizado grandes perfeccionamientos y avances técnicos en la mayoría de las áreas industriales. Fue en un tiempo la actividad especial de los reparadores ambulantes de cubos y cacerolas llamados *caldereros.*

147. ¿Qué se entiende por soldadura blanda?

La soldadura blanda es el proceso de unión de dos metales mediante un tercer metal blando, llamado *soldadura,* que se aplica en estado de fusión.

148. ¿Qué es la soldadura?

La soldadura es una aleación de metales que funde a baja temperatura.

149. ¿Cuáles son las clases de soldadura que se emplean comúnmente?

Por lo general, se usan dos clases de soldadura. Una es la soldadura blanda, que es una aleación de estaño y plomo; una proporción común es tres partes de estaño y dos partes de plomo. Para ha-



Fig. 2-114. Cincelado en el banco.

cer bajar el punto de fusión, frecuentemente se añaden pequeñas cantidades de bismuto y cadmio.

La otra clase es la soldadura dura, a veces llamada *peltre,* que es una aleación de cobre y cinc; una proporción común es cuatro partes de cobre y una parte de cinc.

150. ¿Cuál es el efecto de mezclar cinc con soldadura?

La adición de cinc hace que la soldadura fluya lentamente. La adición de aluminio produce el mismo efecto.

151. ¿Por qué debe contener plomo la soldadura?

El plomo se usa porque tiene un bajo punto de fusión, 620, 6°F (327, 3°C), y porque es barato.

152. ¿Cuál es el efecto del fósforo en una mezcla de soldadura?

La adición de un pequeño porcentaje de fósforo hace que la soldadura fluya más libremente. Debe añadirse en la forma de estaño fosforoso.

153. ¿Qué propiedad peculiar tiene el bismuto?

Contrariamente a lo que sucede con la mayoría de los metales, el bismuto se dilata cuando se enfría; la presencia del bismuto en una soldadura ayuda a evitar la contracción de la misma.

154. ¿Cuál es una de las más importantes operaciones en la soldadura blanda?

Una de las operaciones más importantes, y que a menudo se olvida, es la de limpiar la superficie a soldar.

155. ¿Qué es el fundente y por qué se usa?

El fundente es un purificador y se usa para eliminar la oxidación de los metales y preservarlos de la misma, permitiendo a la soldadura fluir fácilmente y adherirse a las superficies que deben unirse.

156. ¿Por qué no es posible soldar juntas satisfactóriamente dos piezas metálicas sin la ayuda de un fundente, después de haber limpiado sus superficies?

Una superficie metálica limpia se enmohece inmediatamente al quedar expuesta al aire. Cuando se combinan el oxígeno del aire y el metal, se forma una delgada capa de óxido, la cual impide que la soldadura se una con el metal. El fundente se emplea para eliminar el óxido en el instante en que la soldadura entra en contacto con el metal.

157. ¿Cuál es el fundente corrientemente más utilizado en el taller mecánico?

Existen pastas de soldar ya preparadas, las cuales constituyen el fundente de uso más común en el taller mecánico, pero los hojalateros prefieren el ácido clorhídrico "rebajado" (cloruro de cinc).

158. ¿Qué es el ácido clorhídrico "rebajado"?

El ácido clorhídrico se "rebaja" añadiendo pequeños retazos de cinc, poco a poco, hasta que el ácido deje de disolver el cinc; entonces se tiene una *solución saturada.* El ácido "rebajado" es, pues, cloruro de cinc.

Precaución: No "rebajar" el ácido cerca de máquinas o herramientas de cualquier clase, pues los gases que se desprenden pueden producir corrosiones.

159. ¿En qué clase de metales se usa el cloruro de cinc como fundente?

El cloruro de cinc se emplea como fundente en

el acero, hierro fundido, latón, cinc, niquel, metal Monel, acero inoxidable, plomo, estaño y hierro galvanizado.

160. ¿Para qué metal se emplea como fundente el cloruro de cinc diluido?

Cuando el cloruro de cinc se usa como fundente para soldar estaño, se diluye con un 50% de alcohol aproximadamente.

161. ¿Se emplea alguna vez el ácido clorhídrico puro como fundente?

El ácido clorhídrico sin rebajar se usa frecuentemente como fundente para soldar hierro galvanizado. También se utiliza puro para limpiar piezas de hierro fundido, hierro galvanizado y planchas de acero.

Precaución: Cuando se emplean el ácido clorhídrico o el cloruro de cinc como fundentes, la pieza debe limpiarse después de la soldadura para evitar la corrosión del metal por el ácido.

162. ¿Qué clase de fundente se usa para la soldadura de cobre y latón?

Se aplica el cloruro de cinc o un fundente comercialmente preparado.

163. ¿Qué clase de fundente se emplea para la soldadura del plomo?

Pueden usarse como fundente, la resina o trementina, el sebo o el cloruro de cinc.

164. ¿Qué clase de fundente se aplica para la soldadura de planchas de estaño?

Pueden usarse la cera de abejas, la resina o cualquiera de los líquidos, pastas o grasas comercialmente preparados, ya que todos estos fundentes se consideran apropiados. El cloruro de cinc puede emplearse diluido con un 50% de alcohol.

165. ¿Qué clase de fundente se utiliza para la soldadura de hierro o acero forjado o laminado?

Para estas clases de material, el mejor fundente es el cloruro de cinc.

166. ¿Qué clase de fundente se usa en las fábricas de conservas y de latas para las mismas cuando se trata de cerrar herméticamente los recipientes?

Para el cierre hermético de las latas de conservas o recipientes para alimentos, se emplea generalmente la resina como fundente porque no es venenosa. También se usa el aceite de palma o el de coco.

167. ¿Cuál es la mejor clase de fundente para la soldadura de conductores de conmutador y para hacer conexiones eléctricas?

Se considera que el mejor fundente para estas soldaduras es una solución alcohólica de resina. Nunca hay que usar un fundente a base de ácido porque su acción corrosiva puede destruir los conductores o la conexión.

168. ¿Qué es un soldador?

El soldador es un redondo de acero con una pieza de cobre unida a uno de sus extremos y un mango de madera en el otro extremo (fig. 2-115). Los soldadores se construyen de varias medidas y estilos. En las figuras 2-116 y 2-117 se representan dos tipos diferentes de soldador.

169. ¿Para qué sirve el soldador?

El soldador se usa para fundir la soldadura y para calentar los metales que hay que unir.

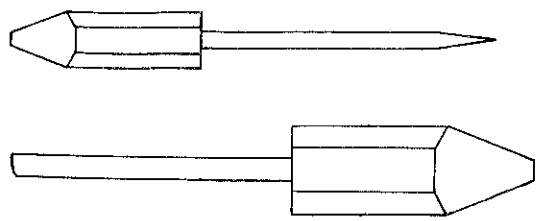


Fig. 2-115. Soldador de punta cuadrada (Electric Materials Co.)

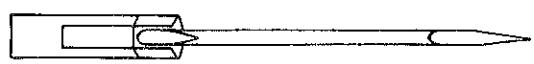


Fig. 2-116. Soldador de filo (Electric Materials Co.)

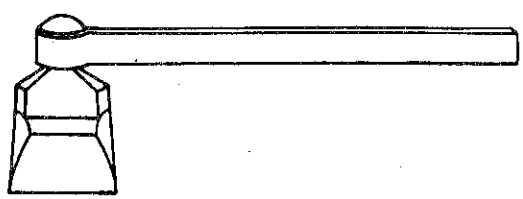


Fig. 2-117. Soldador de martillo (Electric Materials Co.)

170. ¿Cómo se calienta el soldador?

El soldador puede calentarse empleando la lámpara de soldar (fig. 2-118) o la llama del gas. El caldeo del soldador con fuego de carbón no es recomendable porque se ensucia el utensilio. Existen también soldadores que pueden calentarse eléctricamente (fig. 2-119). En la figura 2-120 se ven las diversas partes de una lámpara de soldador.

171. ¿Cómo se prepara el soldador para el uso?

Al objeto de que la soldadura se adhiera al soldador, debe *estañarse* la punta de éste. Para hacer esta operación, primero, con una lima, se limpia la pieza de cobre por detrás hasta el extremo de la cabeza biselada, y luego, se calienta dicha pieza un poco menos de lo necesario para fundir la soldadura. Frótese la pieza de cobre limpia y caliente con sal amoniaco y, a continuación, aplíquese la soldadura. Para tener una punta bien limpia, frótese por encima de la punta de soldadura con un trapo inmediatamente después de haberse estañado. El soldador no debe sobrecalentarse (calentar al rojo es demasiado), ya que ello elimina la soldadura de la punta; entonces ésta debe estañarse otra vez.

172. ¿Cómo debe prepararse la superficie de una pieza metálica para la soldadura?

La superficie del metal debe limpiarse. Utilícese una lima, un rascador o un ácido adecuado.

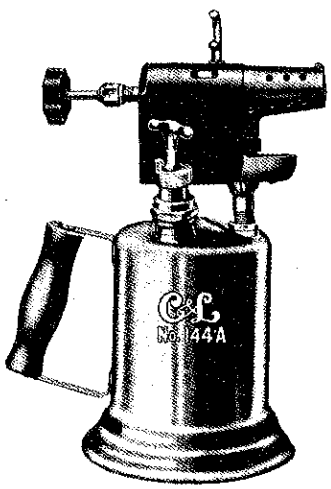


Fig. 2-118. Lámpara de soldar (Clayton & Lambert Mfg. Co.)

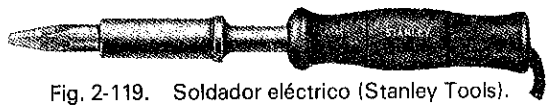


Fig. 2-119. Soldador eléctrico (Stanley Tools).

173. ¿Cuál es el procedimiento a seguir para soldar una pieza metálica al hierro fundido?

La superficie de la pieza de hierro fundido debe prepararse quitando las asperezas y luego limpiándola con ácido clorhídrico puro. A continuación, dicha superficie debe estañarse, utilizando cloruro de cinc como fundente. Entonces la pieza metálica puede soldarse a la de hierro fundido de la manera usual.

174. ¿Qué significa unir provisionalmente dos piezas?

La unión provisional de dos piezas se realiza estañando primero las superficies que deben jun-

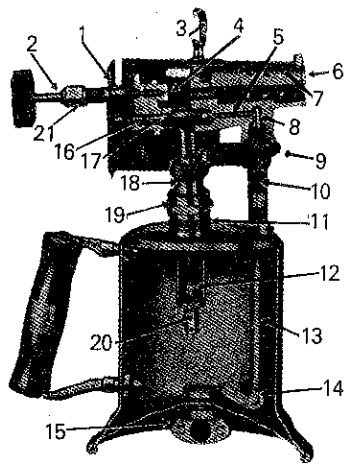


Fig. 2-120. Vista en sección de una lámpara de soldador (Clayton Lambert Mfg. Co.)

1. Conjunto del quemador posterior.
2. Válvula de regulación de suministro de gasolina.
3. Gancho del quemador.
4. Orificio del gas y provador de limpieza.
5. Cable de alambre.
6. Cámara de combustión.
7. Agujeros del calentador.
8. Manguito de entrada de la vena.
9. Copa de encebado.
10. Filtro de tela metálica.
11. Argolla de la bomba.
12. Arandela de cuero en forma de copa.
13. Tubo de alimentación de combustible.
14. Mecha.
15. Boca de llenado y obturador.
16. Vena de propagación.
17. Forro de la vena.
18. Bomba (engrasar a menudo la arandela de cuero).
19. Pieza de unión de la bomba.
20. Válvula de prueba.
21. Prensa-estopas.

tarse. Luego se aplica fundente a ambas superficies y, seguidamente, se unen y se calientan juntas. Al enfriarse, una pieza quedará soldada a la otra. Los casquillos y cojinetes partidos se unen a veces de este modo, a fin de poderlos mecanizar juntos como si se tratara de una sola unidad. Después del mecanizado, pueden separarse las dos mitades aplicando calor y tirando de ellas.

175. ¿Cuál es la diferencia entre soldadura a la llama y soldadura sin llama?

La diferencia estriba en la clase de soldadura aplicada y en la cantidad de calor a que se somete la pieza. La soldadura dura, mencionada en la pregunta 149, requiere el uso de una lámpara de soldar para fundirla, y también para calentar las piezas que han de unirse a la llama; para esta clase de soldadura, el fundente que suele usarse es el borax. Una junta soldada a la llama es mucho más resistente que una practicada con soldador.

176. ¿Qué puede hacerse para evitar el corrimiento de la soldadura de las superficies a unir?

Tanto si se trata de soldadura a la llama como de soldadura sin llama, es práctica común enyesar el área de unión, a fin de que la soldadura se mantenga adherida a las superficies que deben soldarse.

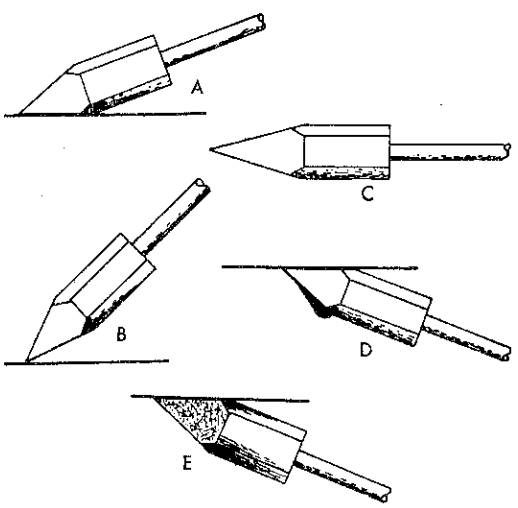


Fig. 2-121. Formas y métodos de aplicación del soldador.

177. ¿Cuál es el diseño correcto del extremo de la punta cuadrada del soldador de cobre, y cómo debe aplicarse éste a la pieza?

La punta de un soldador debe ser más bien grande para que retenga el calor durante un tiempo lo más largo posible; un ángulo de punta de 45° es adecuado para soldadores medios y grandes. En la figura 2-121, el soldador *A* es aplicado correctamente a la pieza, ya que el calor puede transmitirse con la mayor rapidez posible. El soldador *B* es de forma correcta, pero es aplicado inadecuadamente a la pieza, con lo que se dificulta el paso del calor a la misma. El soldador *C* es demasiado puntiagudo y el calor de la punta se pierde pronto.

Teniendo en cuenta que la soldadura no fluye hacia arriba, el intento de soldar el lado inferior de una pieza según el método indicado en *D* no da buen resultado porque la soldadura se desprende de la junta. Sin embargo, puede aplicarse el método siguiente: Límpiese sólo un lado de la punta del soldador, caliéntese y estáñese la misma, y luego aplíquese a la pieza, como en *E*. El soldador puede aplicarse de este modo porque sólo se adherirá el lado limpio del mismo. Hay que tener la seguridad de que los otros lados se han dejado sucios para que la soldadura no pueda correrse.

Cualquiera que sea el tipo de soldador elegido, debe tener la capacidad apropiada para el trabajo que hay que ejecutar. Sólo puede obtenerse una conexión soldada perfecta cuando las superficies a unir han absorbido suficiente calor para fundir la soldadura. Por ejemplo, es casi imposible soldar un recipiente grande con un soldador pequeño, porque aquél absorberá todo el calor de éste y la parte a soldar no se habrá calentado lo suficiente para producir una buena fusión. Como un soldador grande transmite más calor a la pieza, siempre que se trate de soldar piezas grandes habrá que emplear soldadores grandes; y se empleará, naturalmente, un soldador pequeño cuando haya que soldar piezas pequeñas o complicadas.

3. PROCESOS DE MEDICION Y DE CALIBRADO

Hasta hace pocos años, los operarios que trabajaban en los talleres mecánicos eran operarios mecánicos en general, esto es, estaban versados en operar con todo el equipo de máquinas y, además, eran aptos para ejecutar operaciones de ajuste en el banco, así como de montaje.

Hoy día los mecánicos para todo han dado paso (excepto en trabajos de calibrado y de utillaje) a los operarios altamente especializados que son instruidos y entrenados para efectuar una cierta operación en un aparato o pieza determinados. Las herramientas y los calibres que les son suministrados hacen posible la realización de todas las mediciones de acuerdo con unas especificaciones preestablecidas, las cuales son de una mayor precisión que las que podía llevar a cabo el mecánico en general de ayer.

La cantidad de producción gradualmente incrementada, de los años recientes, ha alcanzado un volumen tan enorme que los métodos de medición tradicionales con interrupción del trabajo han quedado descartados, incluso en los talleres mecánicos que sólo fabrican un aparato completo.

Una de las fases más importantes de la fabricación es la medición, la medición precisa. Son muchos los útiles y dispositivos diseñados para esta finalidad; algunos de ellos son sencillos y económicos, pero otros son más complicados y cuestan sumas considerables de dinero. Cada utensilio tiene sus aplicaciones definidas.

Se ha dicho que todos los descubrimientos importantes han tenido lugar gracias a las mediciones precisas de tiempo, masa o longitud; de estas tres, la medición exacta de la longitud es la que ofrece más dificultades y ha ido adquiriendo cada vez mayor importancia, hasta el momento presente en que sigue constituyendo uno de los mayores problemas con que debe enfrentarse el mundo de la mecánica.

1. ¿Cuáles son las unidades normales de medición en la industria?

Las unidades normales de longitud son el milímetro y la pulgada, que son, respectivamente, fracciones del metro y de la yarda.

2. ¿Qué es lo que determina la longitud del milímetro y la de la pulgada?

El milímetro es la milésima parte del metro, el cual representa, con mucha aproximación, la 40 000 000 ava parte del meridiano terrestre. Otra definición, más moderna, del metro, es la siguiente: Es igual a 1.553.164,13 longitudes de onda de la raya roja del espectro del cadmio, siempre que las ondas se propaguen en aire seco a 15°C y presión de 760 mm de mercurio.

La pulgada es un valor relativo y es una unidad inglesa de longitud establecida definitivamente como 1/36 de la yarda imperial británica, la cual en Gran Bretaña es definida como la distancia, a 62°F, entre los trazos transversales centrales marcados en dos tacos de oro que lleva una barra de bronce específica.

3. ¿Qué es el metro patrón?

El metro prototipo internacional se define como la longitud a 0°C entre dos rayas marcadas sobre una barra de una aleación de platino-iridio

(90% de platino y 10% de iridio), conservada en el Comité Internacional de Pesas y Medidas, cerca de París (Francia).

4. Los Estados Unidos de América, ¿tienen una yarda normal?

No. En los Estados Unidos no existe una yarda normal. Todas las mediciones de longitud se refieren a una copia del metro patrón internacional que se halla depositada en el Departamento de Normas de Washington. La yarda, en EE.UU., fue definida, por la Orden ejecutiva del 15 de abril de 1893, como 3600/3937 del metro, o sea, igual a 0,9144 m; la pulgada se define como 1/36 de la yarda, o igual a 2,54 cm.

El utensilio de medición más común es la regla. Existen muchos tipos de reglas. Generalmente, en el taller se aplica el nombre de *escalas* a las reglas, aunque de un modo impropio. Debe estimularse el uso del nombre adecuado.

Antes que un aprendiz pueda leer correctamente una regla o cualquiera de los utensilios de medición de precisión, es necesario que esté bien familiarizado con el sistema métrico decimal, conociendo a la perfección los submúltiplos del metro, o bien, con las fracciones ordinarias y decimales de la pulgada. Por lo que atañe a quienes emplean el sistema métrico, es conveniente tengan en cuenta que las tolerancias de que vienen afectadas algunas dimensiones de las piezas están casi siempre indicadas en micrones, ya que así aparecen grabadas en los calibres, por lo que es imprescindible que se acostumbren a no confundir estos valores con los de las cotas nominales, las cuales, sin excepción, se expresan en milímetros. Por otra parte, las décimas y las centésimas de milímetro son de uso normal en diversos utensilios de medición, tal como estudiaremos más adelante.

Los mecánicos de utillaje, ajustadores y otros operarios expertos que utilizan el sistema de medidas anglosajón se ven a menudo en la necesidad de convertir fracciones decimales de pulgada en fracciones ordinarias, y viceversa, cosa que también sucede al leer y comprobar dibujos y croquis, así como al efectuar mediciones; por tanto, deben estar muy entrenados en la forma de llevar a cabo las conversiones pertinentes.

Cuando se lee sobre una regla cuya graduación es en pulgadas, algunas veces es conveniente efectuar la lectura en sentido contrario partiendo de alguna división que indique una longitud algo mayor que la que se busca; por ejemplo, al medir 47/64" es más fácil hallar 3/4" y restar de este valor 1/64", que contar las divisiones desde el extremo de la regla. Este modo de proceder, en ciertas ocasiones, también puede ser aconsejable cuando se trata de reglas métricas.

Para convertir una fracción en un decimal, se acostumbra a utilizar una tabla de equivalentes decimales, pero, si no se dispone de ésta, basta dividir el numerador de la fracción por el denominador. Por ejemplo, para transformar 3/16 en un decimal, se divide 3 por 16 y se obtiene 0,1875.

Los utensilios de medición de cierta precisión, como micrómetros y verniers o pies de rey, se leen en centésimas y décimas de milímetro, o bien en milésimas de pulgada o partes fraccionales de la milésima de pulgada. Por ejemplo, 1/8 (0,125) se lee "ciento veinticinco milésimas", mientras que 1/16 (0,0625) se lee "sesenta y dos milésimas y media"; 1/32 (0,03125) se lee "treinta y una milésimas y cuarto", etc. Debe observarse que estas

Fracción de pulgada	64	32	16	8	4	Delcimal de pulgada
1/64	1					0,015625
1/32	2	1				0,03125
1/16	4	2	1			0,0625
3/32	6	3				0,09375
1/8	8	4	2	1		0,1250
3/16	12	6	3			0,1875
1/4	16	8	4	2	1	0,2500
5/16	20	10	5			0,3125
3/8	24	12	6	3		0,3750
7/16	28	14	7			0,4375
1/2	32	16	8	4	2	0,5000
9/16	36	18	9			0,5625
5/8	40	20	10	5		0,6250
11/16	44	22	11			0,6875
3/4	48	24	12	6	3	0,7500
13/16	52	26	13			0,8125
7/8	56	28	14	7		0,8750
15/16	60	30	15			0,9375

Fig. 3-1. Equivalentes decimales de las fracciones de pulgada.

lecturas dan los valores decimales completos para las correspondientes fracciones comunes; sin embargo, dado que los instrumentos de precisión corrientemente usados en el taller no pueden ser leídos con una exactitud superior a la décima de milésima de pulgada, el mecánico suele utilizar sólo los valores que llegan hasta la cuarta cifra decimal. Por ejemplo, el valor decimal completo de 1/64 es 0,015625, el cual se lee comúnmente como "quince milésimas y seis décimas de milésima". En la figura 3-1 se dan los equivalentes decimales de las fracciones usadas con más frecuencia en los talleres donde se opera con medidas en pulgadas.

5. ¿Qué es una regla?

Es un instrumento de medición graduado, construido de madera, metal u otro material adecuado. Generalmente, las graduaciones indican decímetros, medios decímetros, centímetros, milímetros y, a veces medios milímetros; o bien, pulgadas y fracciones de pulgada.

6. ¿Qué es una escala?

La escala es similar en aspecto a la regla, ya que su superficie es graduada según espacios regulares, pero estos espacios difieren ostensiblemente de los de la regla. En efecto, los espacios de la escala son mayores o menores que las medidas reales indicadas; por tanto, este utensilio da medidas proporcionales. Las figuras 3-2 y 3-3 muestran dos tipos de escala utilizados por los delineantes; en cada uno de ellos, un canto viene graduado con medidas verdaderas (escala natural o 1:1), y los otros cantos tienen graduaciones mi-

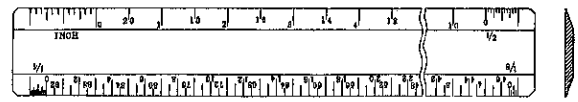


Fig. 3-2. Escala plana de madera de boj.

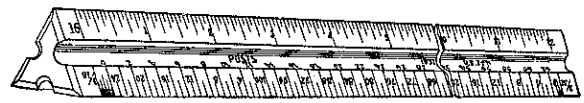


Fig. 3-3. Escala triangular de madera de boj.

tad de las verdaderas (escala 1:2), un cuarto de las verdaderas (escala 1:4), o un quinto (escala 1:5), etc.

7. ¿Están todas las reglas graduadas con las mismas divisiones?

No. La mayoría de las reglas tienen cuatro juegos de graduaciones, uno en cada canto, pudiéndose hacer gran número de combinaciones. Hay fabricantes que poseen combinaciones normales, las cuales suelen identificar mediante números que, por lo general, van del 1 al 12, como en el ejemplo de la figura 3-4. Tratándose de medidas en pulgadas, el número 4 es el más popular porque tiene octavos y dieciseisavos en un lado, y treintidosavos y sesenticuatroavos en el otro.

8. Describir la regla de acero normal.

Unas de las reglas de mayor uso en un cuarto de herramientas es la fabricada de acero templado y revenido y que mide aproximadamente 3/64" (1,20 mm) de espesor, 3/4" (19 mm) de ancho y 6" (150 mm) de longitud, con graduacio-

Número de graduación	Primer canto	Segundo canto	Tercer canto	Cuarto canto
1	10, 20, 50, 100	12, 24, 48	14, 28	16, 32, 64
2	8	10, 20, 50, 100	12, 24, 48	16, 32, 64
3	10	50	32	64
4	8	16	32	64
7	16	32	64	100
10	32	64		
11	64	100		
12	50	100		

Fig. 3-4. Graduación normal de las reglas (Brown & Sharpe).

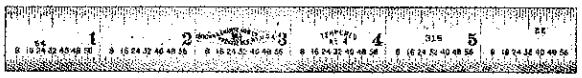


Fig. 3-5. Regla de acero revenido, rígida (Brown & Sharpe Mfg. Co.)



Fig. 3-6. Regla estrecha, de gancho (L.S. Starrett Co.)

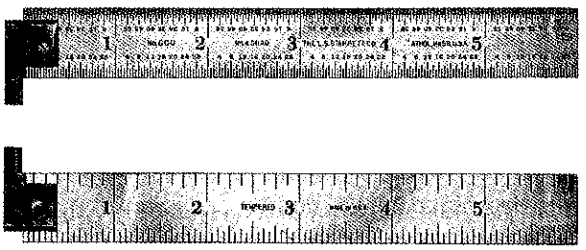


Fig. 3-7. Regla de gancho (L.S. Starrett Co.)



Fig. 3-8. Regla de contracción (L.S. Starrett Co.)

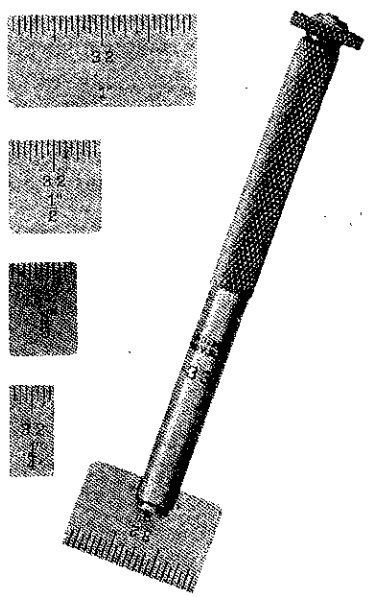


Fig. 3-9. Reglas cortas y mango para las mismas (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

nes del número 4 (fig. 3-5). El mismo estilo puede obtenerse en longitudes desde 1" a 48" (25 a 1200 mm) y en varias graduaciones. En un extremo de la regla, éstas permiten medir un espacio estrecho.

Las reglas de acero con graduaciones métricas son de dimensiones parecidas a las descritas. En uno de sus lados generalmente se marcan las graduaciones bastas, por ejemplo, de 5 en 5 mm en un canto y de cm en cm en el otro canto; en el lado opuesto se marcan divisiones más finas, por ejemplo, de mm en mm en un canto y de medio milímetro en medio milímetro en el otro canto.

9. ¿Qué es una regla flexible de acero?

Es una regla construida de acero de resortes revenido y que mide aproximadamente 1/64" (0,4 mm) de espesor, 1/2" (12,5 mm) de ancho y 6" (150 mm) de longitud. Existe en varias graduaciones, siendo las número 3 y número 4 las más populares, y en otras longitudes. Las graduaciones métricas son del mismo tipo que para las reglas rígidas normales. La regla flexible es de uso general, aplicándose especialmente en la medición de piezas curvas.

10. ¿Qué es una regla estrecha?

La regla estrecha es de acero revenido, de aproximadamente 3/64" (1,2 mm) de espesor, 3/16" (4,8 mm) de anchura, con longitudes variables desde 4" (100 mm) hasta 12" (300 mm). Suele tener una combinación de las graduaciones números 10 y 11, y es útil para medir en aberturas y espacios pequeños. Su aspecto es similar al de la regla estrecha de gancho representada en la figura 3-6.

11. ¿Qué es una regla de gancho?

Como puede verse en la figura 3-7, la regla de gancho tiene un saliente unido a uno de sus ex-

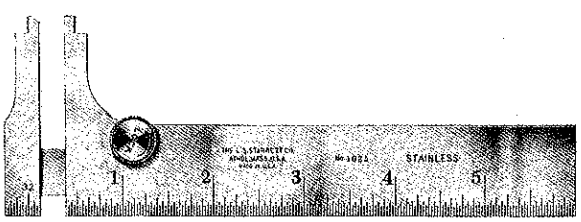


Fig. 3-10. Regla-calibre (L.S. Starrett Co.)

tremos, el cual facilita la toma de mediciones desde un canto interior cuando no es posible ver el extremo de la regla. Las reglas de gancho se fabrican en diversos tamaños. La regla estrecha de gancho de la figura 3-6 permite tomar mediciones en agujeros de diámetro tan reducido como 3/8" (9,5 mm).

12. ¿Qué es una regla de contracción?

La regla, o escala, de contracción (fig. 3-8) es de acero revenido y similar en tamaño y aspecto a la regla normal. Sin embargo, difiere de las otras reglas en que las divisiones en cm y mm, o en pulgadas, son ligeramente más largas que las verdaderas. La usan los modelistas, pues los modelos para piezas fundidas se construyen deliberadamente más grandes que la pieza que debe fundirse con ellos, a fin de tener en cuenta la contracción del metal fundido al enfriarse y solidificarse. Dado que el valor de la contracción no es el mismo para todos los metales, estas reglas se fabrican con sobremedida del 1% al 4%. El hierro colado contrae el 1%; el latón y el bronce fundidos, el 1,5%, y el acero moldeado, el 2%; desde luego, son raros los metales que rebasan este último valor.

13. ¿Qué es una regla corta?

Las reglas cortas constituyen generalmente un *juego de reglillas* que sirven para medir en espacios pequeños donde ofrece dificultad el uso de cualquier otra regla (ver fig. 3-9). Los juegos suelen estar formados por reglillas de 1/4, 3/8, 1/2, 3/4 y 1 pulgadas (6, 9, 12, 18 y 25 mm) de longitud, junto con un mango-soporte. La reglilla puede sujetarse al soporte formando cualquier ángulo, fijándola en posición mediante el giro de la tuerca moleteada dispuesta en el extremo del mango. Cuando las graduaciones son en pulgadas, puede disponerse de los números 10 y 12.

14. ¿Qué es una regla-calibre?

La regla-calibre (fig. 3-10) está constituida por una regla estrecha que desliza dentro de una ranura practicada en una regla más ancha. Puede usarse para efectuar mediciones interiores y exteriores. Está provista de un tornillo que fija la regla deslizante en la posición requerida. Los pequeños picos de los extremos de las mandíbulas pueden introducirse en agujeros de un diámetro tan reducido como 1/8" (3 mm).

15. ¿Qué es una regla-calibre de profundidades?

Este tipo de regla comporta un cabezal de acero con una ranura para recibir una regla estrecha (fig. 3-11). La regla se mantiene en posición mediante una tuerca grafilada. Sirve para medir la profundidad de pequeños agujeros y ranuras.

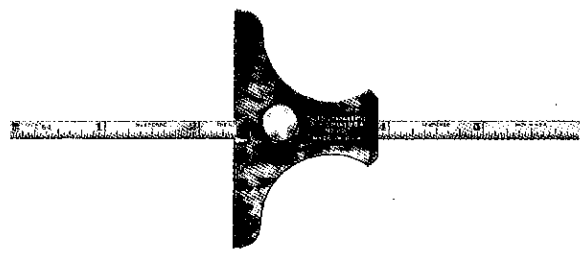


Fig. 3-11. Regla-calibre de profundidades (L.S. Starrett Co.)

16. ¿Cómo vienen indicadas las graduaciones en las reglas?

En las reglas para medidas métricas, es normal, con pocas excepciones, numerar los centímetros con números del mismo tamaño en todos ellos salvo los que corresponden a cada decímetro, los cuales son de mayor tamaño y, a veces, de distinto color. Los milímetros no suelen numerarse; ni tampoco, naturalmente, sus submúltiplos.

En los Estados Unidos, las medidas métricas son todavía poco usadas y la mayoría de los fabricantes diseñan sus productos utilizando fracciones comunes para mediciones de partes de una pulgada. En general, los mecánicos pueden medir correctamente dimensiones tan pequeñas como 1/64" (0,4 mm). Cuando se requiere mayor precisión, las dimensiones se especifican en decimales de pulgada, dándose, por lo general, hasta la tercera o cuarta cifras como, por ejemplo, 0,375 ó 0,5625.

Algunos constructores han adoptado el sistema decimal tanto para las mediciones ordinarias como para las de precisión; en tal caso, la pulgada es dividida en décimas, centésimas y milésimas. Las mediciones efectuadas con una regla pueden ser leídas con exactitud dentro de las veinte milésimas de pulgada (0,5 mm); por esta razón las graduaciones se hacen en décimas y dobles cen-

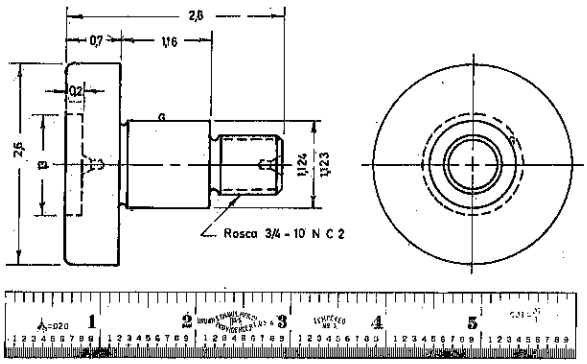


Fig. 3-12. Dibujo con cotas en decimales de pulgada y regla graduada en décimas y dobles centésimas de pulgada (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

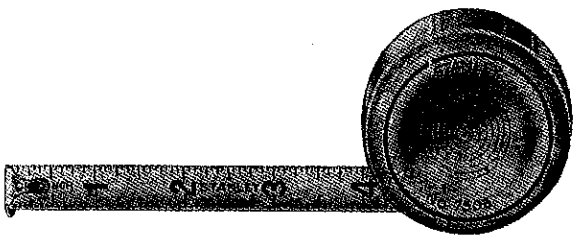


Fig. 3-13. Regla de cinta de acero (Stanley Tools).

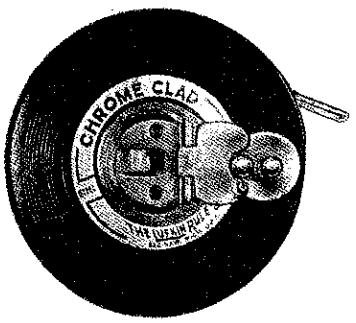


Fig. 3-14. Cinta para medir (Lufkin Rule Co.)

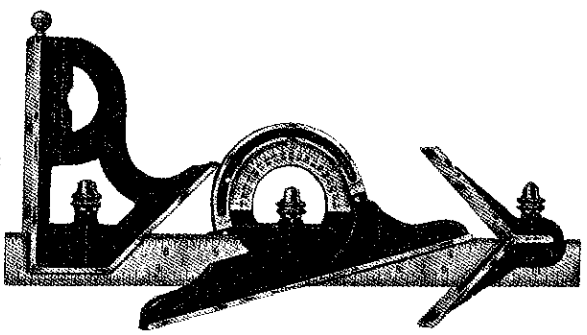


Fig. 3-15. Comprobador universal con escuadra, transportador y marcador de centros (L.S. Starrett Co.)

tésimas de pulgada (0,1" = 2,5 mm; 0,2" = 0,5 mm). Aunque el sistema decimal goza de preferencias debido a su sencillez, pueden existir posibilidades de error, si no se está familiarizado en la conversión de las fracciones comunes a decimales, la cual suele ser necesaria cuando hay que medir con un instrumento de precisión.

En la figura 3-12 se muestra un dibujo con dimensiones especificadas conforme al sistema decimal y una regla graduada en décimas y dobles centésimas de pulgada; obsérvese que las dimensiones ordinarias tienen una o dos cifras decimales, y que la segunda cifra decimal es siempre un número par.

17. ¿Qué es una regla de cinta de acero?

Es una regla flexible (fig. 3-13) que cuando está desenrollada se mantiene recta por sí misma, aunque puede también aplicarse a la medición de superficies curvas o irregulares. Corrientemente, la cinta es de 1/2" (12,5 mm) de ancho y 72" (1830 mm) de longitud cuando es graduada en pulgadas y fracciones de pulgada; en las cintas graduadas en medidas métricas, el ancho oscila entre 8 y 16 mm y la longitud normal es de 2 m, aunque las hay más cortas (de 1 m) y más largas (de 3 metros). Suele dárseles el nombre de *flexómetro.*

18. ¿Qué es una cinta para medir?

La cinta para medir (fig. 3-14) puede ser de acero, de fibra envuelta en material sintético o de tela resistente; es enteramente flexible y en ello, cuando es de acero, difiere de la regla de cinta. Principalmente se usa para medir distancias largas. Cuando está graduada en cm, dm y metros, recibe el nombre de *cinta métrica;* su longitud puede ser de 5, 10, 20, 25, 30 y 50 m. Para medidas inglesas, las graduaciones son en octavos de pulgada; el ancho de la cinta es de 3/8" (9,5 mm) y su longitud varia entre 25 y 100 pies (7,6 y 30,5 m). En todos los casos, la longitud viene indicada en el estuche.

19. ¿Qué es un comprobador universal?

Es un utensilio (fig. 3-15) que comprende: una regla, una escuadra universal, una escuadra para marcar centros y un transportador. La regla es de acero revenido y tiene una ranura practicada a lo

largo de uno de sus lados, por la cual pueden deslizar los otros elementos. Cada uno de éstos está provisto de una tuerca grafilada para fijarlos en posición. La regla tiene longitudes que van desde 9 hasta 24" (230 a 610 mm) y sus graduaciones, para medidas en pulgadas, corresponden a los número 4 ó 7. El comprobador universal puede utilizarse como regla, escuadra y calibre de profundidades; sirve para marcar centros, situar el punto de centraje en el extremo de barras redondas y para medir ángulos. En la figura 3-16 se muestran varias aplicaciones del mismo.

20. ¿Qué es un comprobador de ángulos?

El comprobador, o transportador, de ángulos (fig. 3-17) es un utensilio que sirve para medir ángulos en grados. Está constituido por una regla de acero, un limbo y un cabezal transportador. Este comprende un sector giratorio graduado para leer desde 0° hasta 180° en direcciones opuestas. El cabezal puede ser del tipo reversible con soportes salientes en ambos lados del limbo, o del tipo irreversible con un soporte único. La mayoría de los comprobadores de ángulos comportan un nivel de alcohol, el cual es útil cuando se miden ángulos en relación con un plano horizontal o vertical.

21. ¿Qué son los comprobadores de ángulos universal y combinado?

Los comprobadores universal y combinado (fig. 3-18 A y B) son utensilios que sirven para

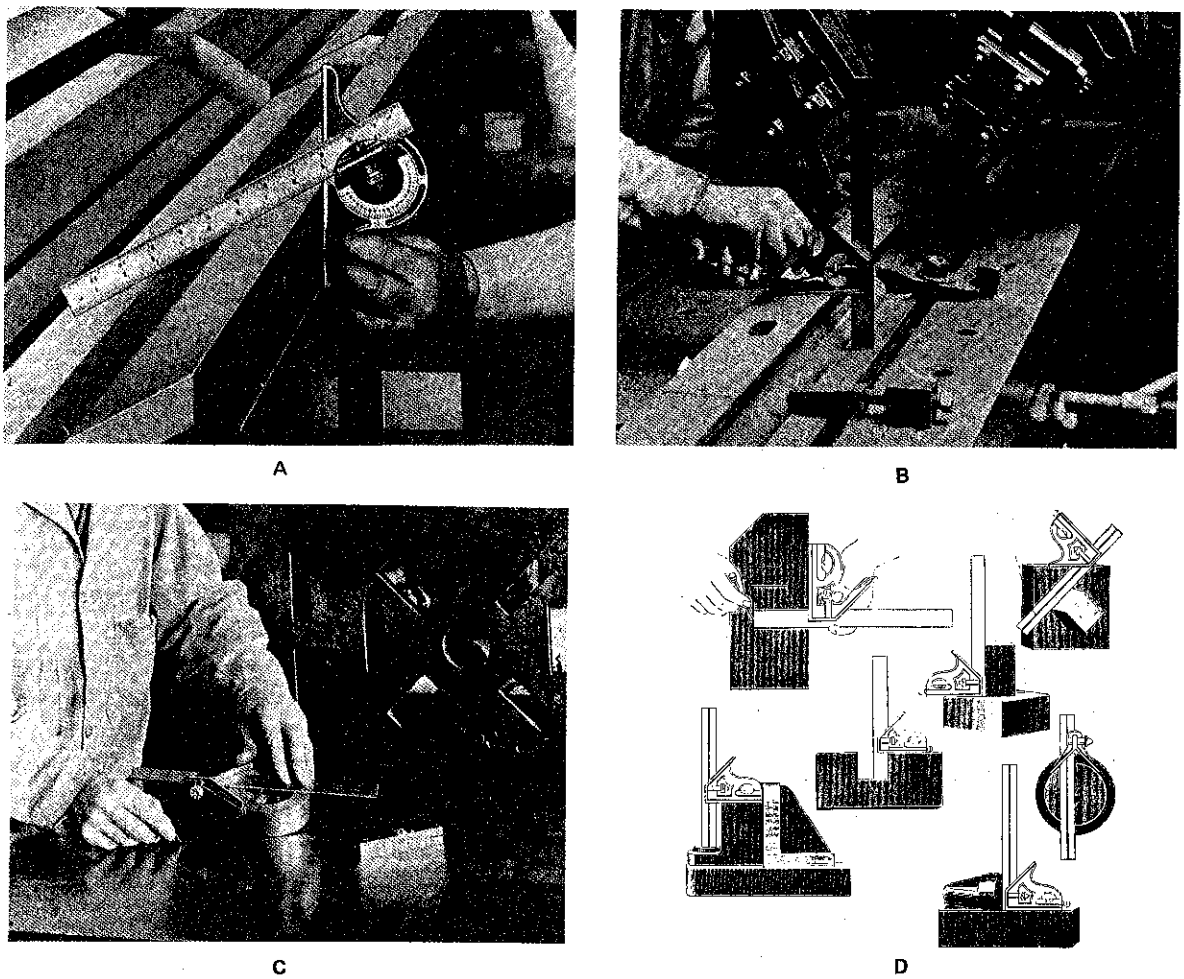


Fig. 3-16. Algunas aplicaciones del comprobador universal: (A) Medición del ángulo de una guía. (B) Medición de la profundidad de una pieza sobre una acepilladora. (C) Determinación de la situación del eje de un casquillo. (D) Otras aplicaciones apropiadas (Brown & Sharpe Mfg. Co. y L. S. Starret Co.)

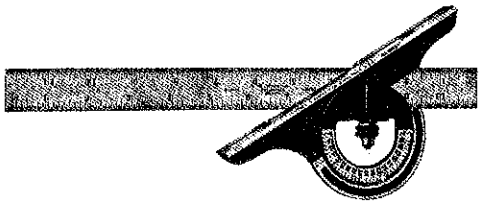


Fig. 3-17. Comprobador de ángulos (L.S. Starrett Co.)

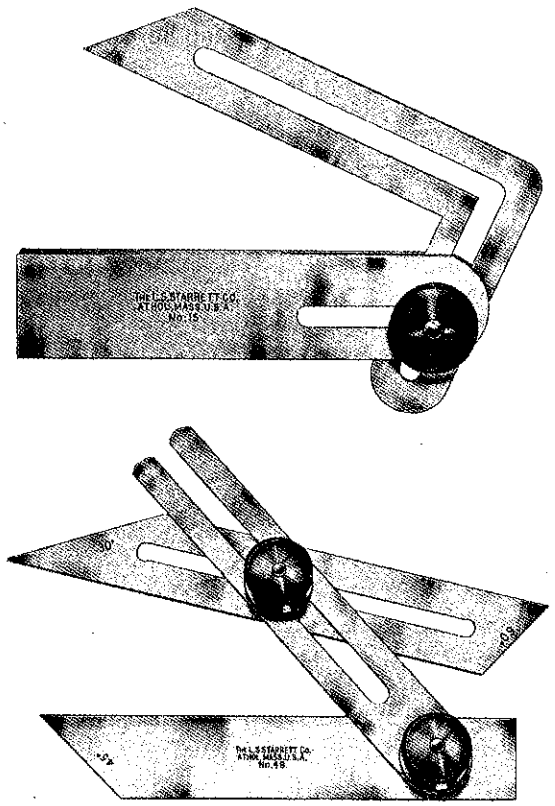


Fig. 3-18. (A) Comprobador de ángulos universal; (B) Comprobador de ángulos combinado (L.S. Starret Co.)

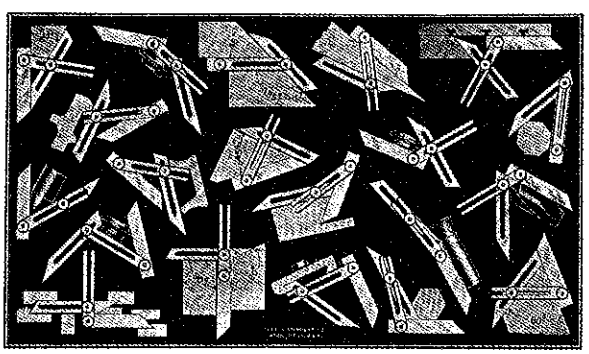


Fig. 3-19. Aplicaciones de los comprobadores de ángulos (L.S. Starrett Co.)

comprobar y transferir ángulos cuya medición con un comprobador ordinario ofrecería dificultades. El brazo en bisel puede ajustarse al ángulo deseado por medio de un transportador, o puede ajustarse a la pieza y luego comprobarse respecto al ángulo con que se ha ajustado el transportador, a fin de determinar la precisión. El comprobador combinado sirve para la misma finalidad que el universal, pero tiene una gama más amplia de aplicaciones (fig. 3-19).

Son en número crecido los instrumentos diseñados para facilitar al operario la medición y trazado de las piezas con una regla; entre ellos, cabe citar los compases de puntas, de gruesos y de patas, los gramiles y los compases de vara.

22. ¿Qué es un compás de puntas?

Es un instrumento (fig. 3-20) que está formado por dos brazos de acero, cuya abertura se ajusta mediante tornillo y tuerca, y un resorte circular que los mantiene unidos en la articulación dispuesta en el extremo opuesto a la punta; dicho resorte lleva un mango insertado. Existe en tamaños desde 2" (50 mm) hasta 8" (200 mm); el tamaño se refiere a la longitud del brazo desde el pivote a la punta.

23. ¿Para qué se usan los compases de puntas?

Se emplean para medir la distancia entre puntos, para transferir una medida directamente desde la regla, y para marcar o trazar circunferencias y arcos sobre metal (fig. 3-21).

24. Describir el procedimiento para trazar una circunferencia con el compás de puntas.

Primero debe situarse el centro de la circunferencia y marcarlo con un contrapunzón. Seguidamente se ajusta la abertura del compás a la medición requerida (radio de la circunferencia), como

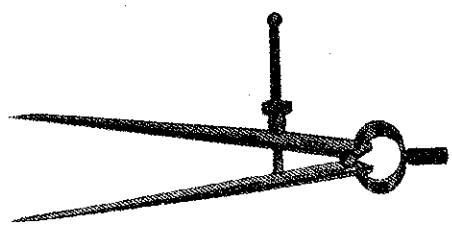


Fig. 3-20. Compás de puntas, de resorte (L.S. Starrett Co.)

en la figura 3-22, y se coloca la punta de un brazo en el centro marcado. Luego, cogiendo el mango entre los dedos pulgar e índice, se marcan arcos cortos en lados opuestos del centro y se mide la distancia entre ellos; si ésta no es igual al diámetro requerido, deben hacerse los ajustes necesarios en el compás antes de trazar la circunferencia completa.

25. ¿Qué es un compás de vara?

Este instrumento (fig. 3-23) es un tipo de compás que se prefiere para trazar grandes circunferencias. Consta de una varilla de acero y de dos patas, cada una de las cuales tiene, en su extremo, una punta de acero. Estas patas se fijan sobre la varilla apretando una tuerca grafilada que tienen en su parte superior; una de ellas tiene, además, un tornillo de ajuste unido a la misma. Al ajustar el compás a la dimensión requerida, se fija una pata en un extremo de la varilla, y la otra, mediante el tornillo de ajuste, se desplaza desde la primera hasta aproximadamente la distancia correcta. El tornillo citado se aprieta sobre la varilla, pero no la pata; haciendo girar este tornillo, la pata suelta se ajusta para una medición precisa, después de lo cual es a su vez fijada a la varilla. Puede usarse una punta en V en una de las patas a fin de poder trazar circunferencias con centro en un agujero. Las longitudes de la varilla van desde 6" (150 mm) hasta 20" (500 mm).

26. ¿Qué es un compás de brazos curvados?

Es un utensilio diseñado para medir diámetros. Existen compases de brazos curvados de varias clases y de muchos tamaños.

27. Indicar algunas de las aplicaciones del compás de gruesos.

El compás de gruesos (fig. 3-24) se emplea para medir diámetros exteriores. En la medición del diámetro en el extremo de una barra redonda puede utilizarse una regla, pero no es práctico su uso para medir diámetros en zonas situadas entre los extremos, como las que se señalan en la figura 3-25. Para medir un diámetro exterior con el compás de gruesos, primero se ajusta al diámetro aproximado de la pieza; luego, el compás se mantiene perpendicular al eje de la misma, como en la figura 3-26, y se mueve hacia delante y hacia atrás

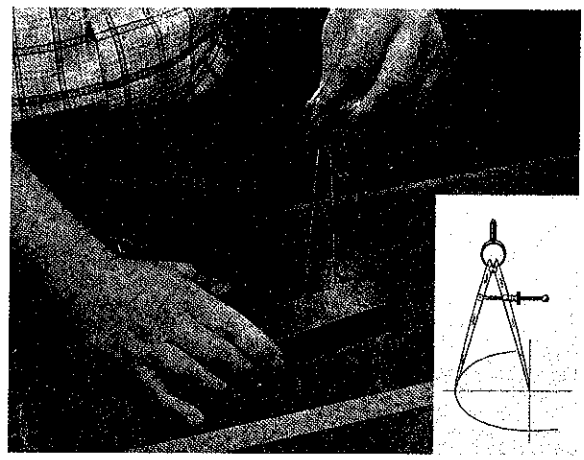


Fig. 3-21. Trazado de una circunferencia con el compás de puntas (Lufkin Rule Co.)

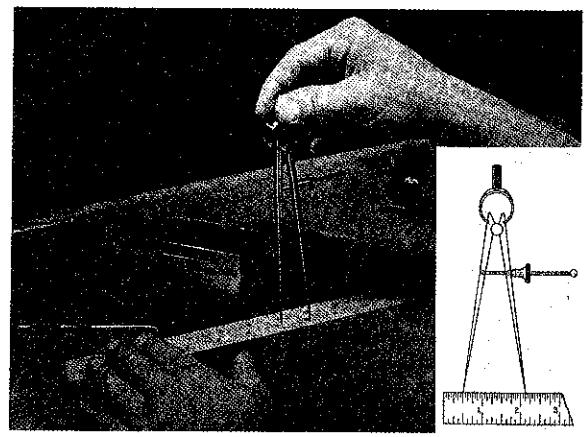


Fig. 3-22. Ajuste de un compás de puntas a la dimensión requerida (Lufkin Rule Co.)

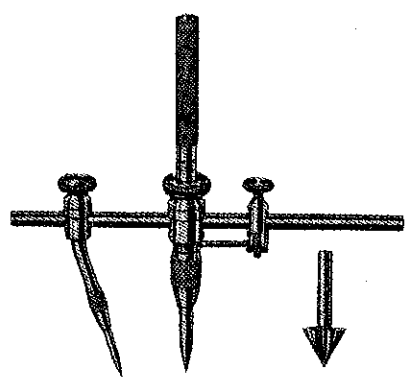


Fig. 3-23. Compás de vara (L.S. Starrett Co.)

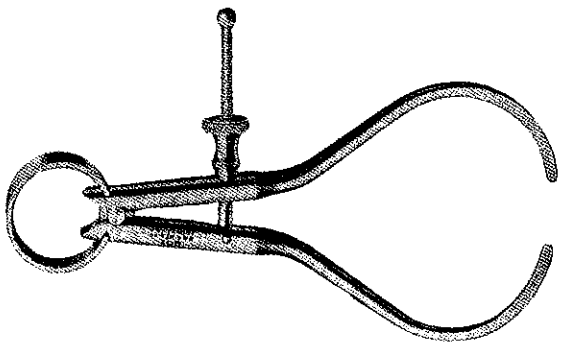


Fig. 3-24. Compás de gruesos (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

a través de dicho eje mientras se va ajustando hasta que las puntas rozan ligeramente la pieza. Esta operación suele llamarse "conseguir el tacto". Cuando el utensilio ha quedado adecuadamente ajustado, el diámetro puede leerse sobre una regla, como en la figura 3-27.

28. Indicar algunas de las aplicaciones del compás de patas.

El compás de patas (fig. 3-28) se emplea para medir diámetros interiores, anchos de ranuras y distancias similares. Para medir el diámetro de un agujero, se abre el compás hasta la medida aproximada; luego se mantiene una pata del mismo en contacto con la pared del agujero y se hace girar el tornillo de ajuste hasta que la otra pata establece justamente contacto con el lado opuesto. El compás debe ser movido hacia atrás y hacia delante, como en la figura 3-29, para conseguir el tacto apropiado. La medida de la abertura se lee después sobre una regla, como en la figura 3-30, o mediante un micrómetro, como en la figura 3-31.

29. Describir el traspaso de una medición desde el compás de gruesos al compás de patas.

Cuando hay que traspasar una medición desde el compás de gruesos al de patas, ambos deben mantenerse en la posición indicada en la figura 3-32. Con la punta de un brazo del compás de patas colocada sobre la punta de un brazo del compás de gruesos, se ajusta el primero hasta que se establece ligero contacto con las otras dos puntas. Hay que procurar no forzar el ajuste

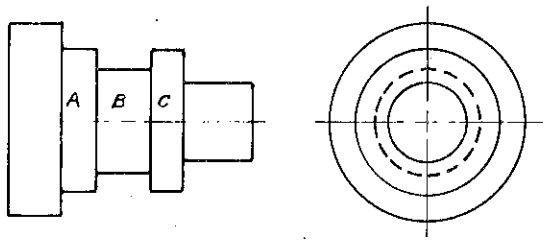


Fig. 3-25. La medición correcta de los diámetros *A*, *B* y *C* no puede efectuarse con una regla.

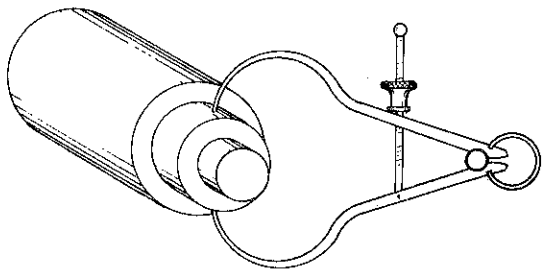


Fig. 3-26. Ajuste del compás de gruesos a la medida de la pieza.

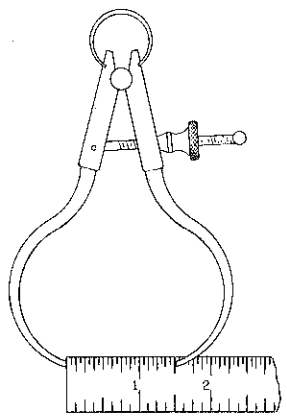


Fig. 3-27. Medición de la abertura del compás de gruesos con una regla.

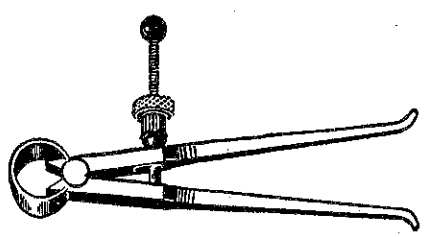


Fig. 3-28. Compás de patas.

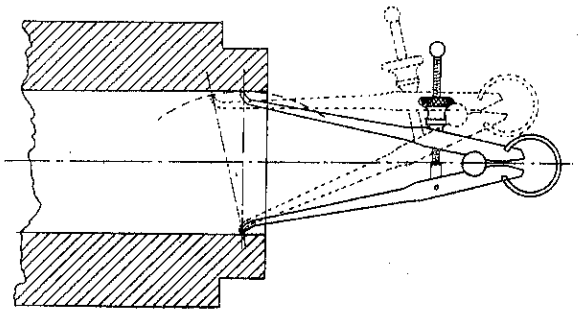


Fig. 3-29. Ajuste del compás de patas a la medida de un agujero.

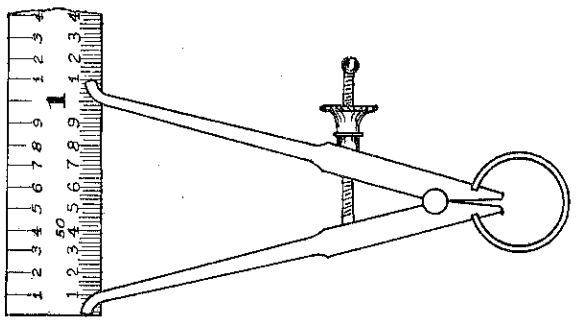


Fig. 3-30. Medición de la abertura del compás de patas con una regla.

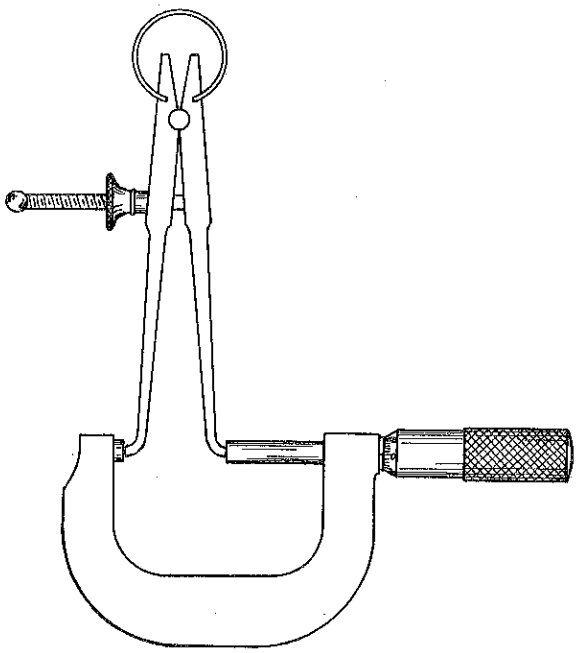


Fig. 3-31. Medición de la abertura del compás de patas con un micrómetro.

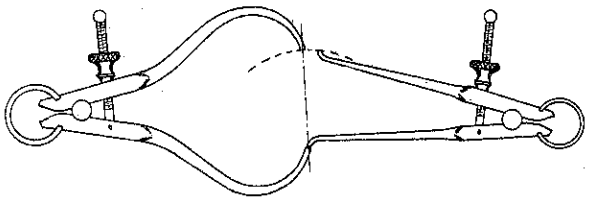


Fig. 3-32. Traspaso de una medición desde el compás de gruesos al compás de patas.



Fig. 3-33. Compás mixto (Lufkin Rule Co.)

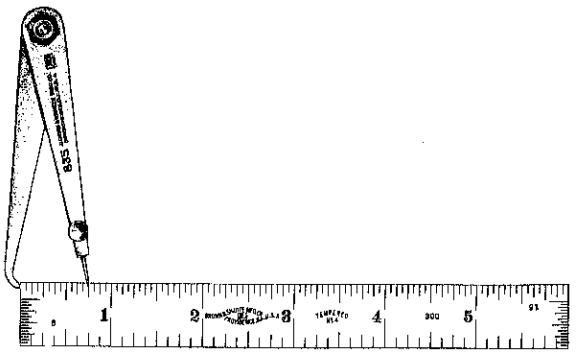


Fig. 3-34. Ajuste a medida de un compás mixto con la ayuda de una regla (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

de los dos compases, pues en tal caso la lectura no sería la verdadera dimensión.

30. ¿Qué es un compás mixto?

El compás mixto, o compuesto, tiene dos brazos unidos mediante charnela (fig. 3-33). Uno de los brazos es similar a los del compás de puntas, y el otro es parecido a los del compás de patas. Estos compases pueden usarse para trazar arcos, o para marcar líneas de referencia en las operaciones de trazado. Para ajustar el compás mixto a una regla, se regula la longitud del brazo con punta de trazar de modo que quede ligeramente más corto que el de punta curvada. Entonces, con esta punta puesta en contacto con el extremo de la regla, se ajusta la otra hasta situarla sobre la división requerida de la regla, tal como se indica en la figura 3-34. Para trazar una recta paralela al canto de una pieza se procede del modo representado en la figura 3-35.

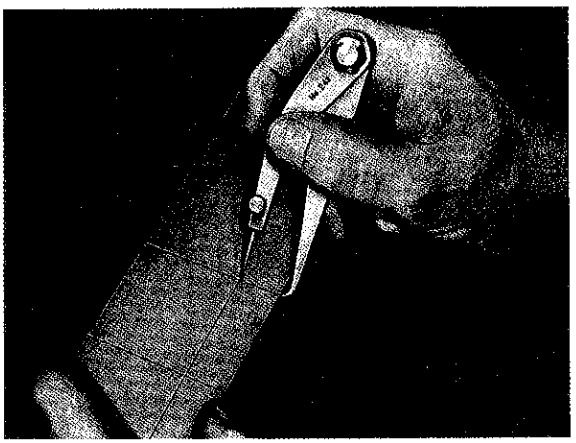


Fig. 3-35. Trazado de una recta paralela con un compás mixto (L.S. Starrett Co.).

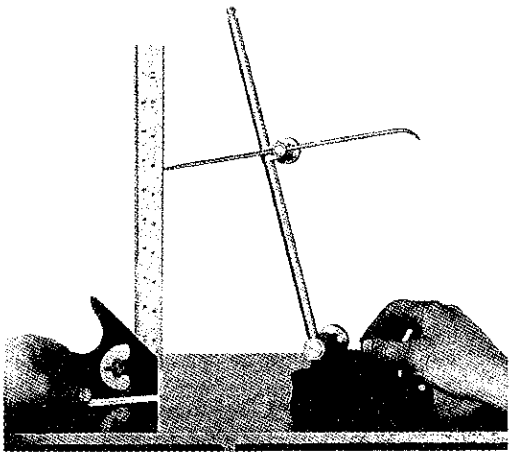


Fig. 3-37. Ajuste del gramil a una falsa escuadra (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

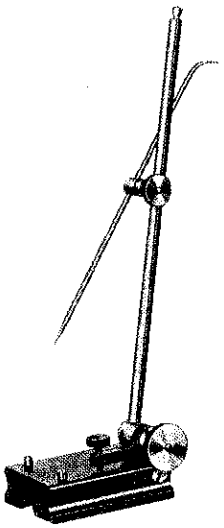


Fig. 3-36. Gramil (Lufkin Rule Co.)

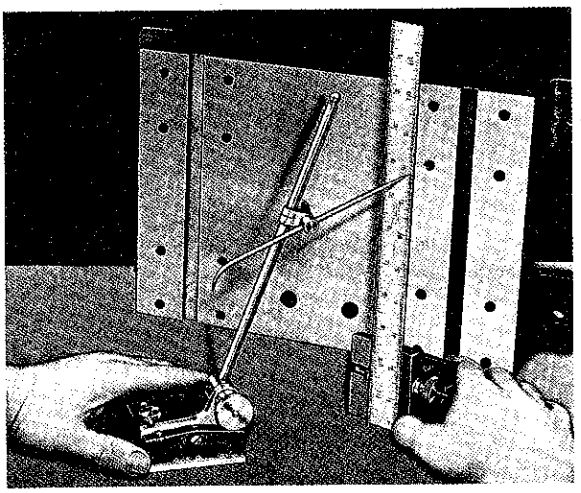


Fig. 3-38. Ajuste del gramil a una regla sostenida en su soporte (L.S. Starrett Co.)

31. ¿Qué es un gramil?

El gramil es un utensilio (fig. 3-36) que consiste en una base de acero con un cabezal giratorio o basculante que tiene sujeta una varilla, también de acero, sobre la cual va fijada una punta de señalar. La base tiene una ranura en V que sirve para que pueda apoyarse sobre piezas cilíndricas. Dos botones calibrados proporcionan una guía lineal al apretarlos hacia abajo a través de la base. La varilla puede hacerse girar para tomar cualquier posición requerida, incluso por debajo de la superficie plana de la base. Esta contiene un dispositivo que permite ajustar la varilla exactamente a la dimensión necesaria.

32. Describir algunas de las aplicaciones del gramil.

El gramil se utiliza para marcar rectas en el trazado de piezas y para comprobar superficies paralelas. Se indican a continuación los métodos preferidos para ajustar la punta de señalar a una dimensión definida. La falsa escuadra de la figura 3-37 y el soporte de regla de la figura 3-38 se utilizan con preferencia a una regla sola porque una y otro pueden sujetarse firmemente sin balanceos. Una vez situados la escuadra o el soporte de regla sobre el mármol de trazar, hay que cerciorarse de que la regla descansa en la superficie del mismo y de que está bien sujetada a la cabeza de la

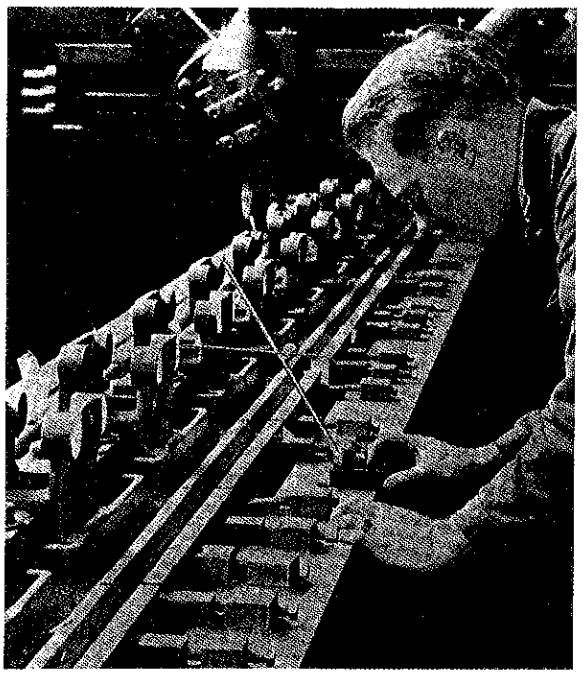


Fig. 3-39. Comprobación del trabajo realizado en una acepilladora con el gramil (Brown & Sharpe Mfg. Co.)



Fig. 3-40. Comprobación de la situación de un agujero mediante un comparador montado en un gramil (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

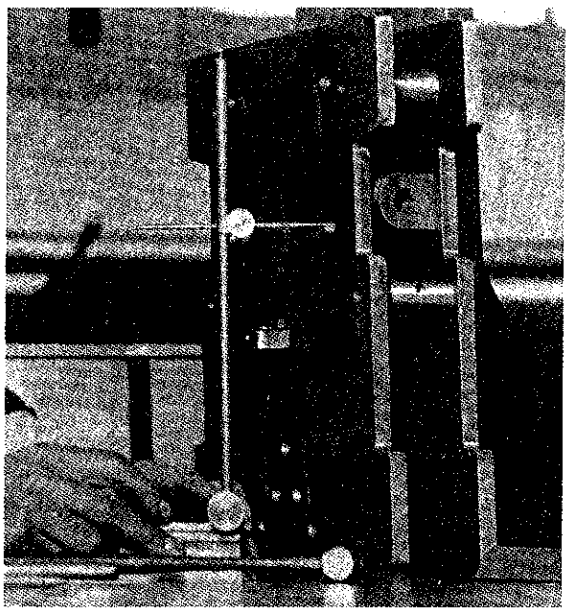


Fig. 3-41. Trazado de una pieza sobre el banco utilizando un gramil (Lufkin Rule Co.)

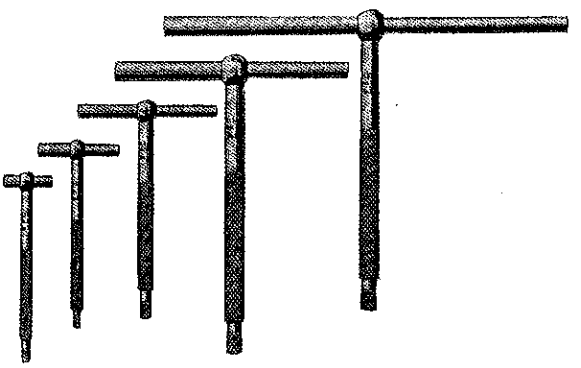


Fig. 3-42. Galgas telescópicas (L.S. Starrett Co.)

escuadra o a su soporte. Luego se ajusta la varilla del gramil a un ángulo conveniente, se coloca la punta de señalar en la varilla a una altura aproximadamente igual a la deseada y, finalmente, se ajusta el extremo de la punta de señalar a la medida exacta mediante el tornillo de ajuste existente en la base del gramil. En las figuras 3-39 a 3-41 se muestran algunas de las muchas aplicaciones del gramil.

33. ¿Qué es una galga telescópica?

Es un utensilio (fig. 3-42) que se usa del mismo modo que el compás de patas. Consta de un mango y dos brazos, estando el menor telescópico

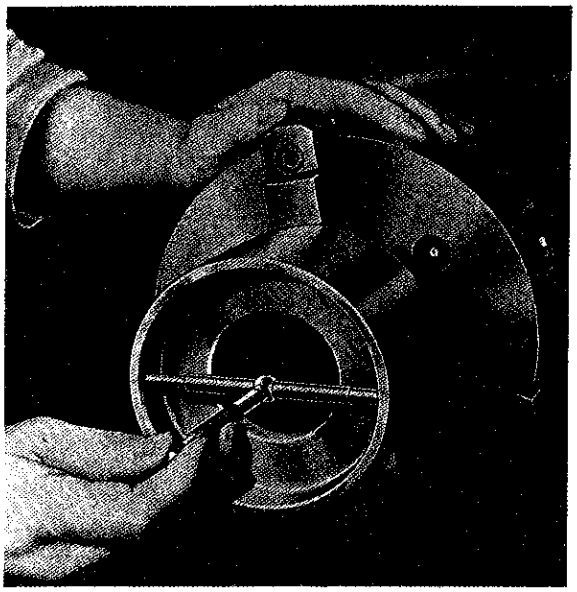


Fig. 3-43. Ajuste de la galga telescópica al diámetro de un agujero (L.S. Starrett Co.)

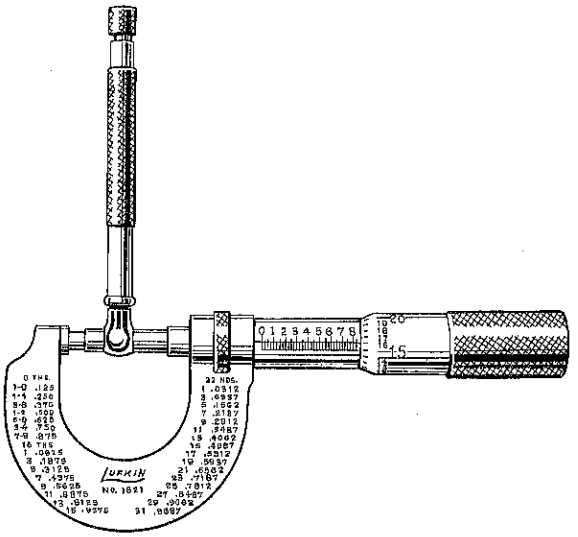


Fig. 3-44. Medición de una galga telescópica con el micrómetro (Lufkin Rule Co.)

dentro del otro. Después de haberse ajustado para adaptarse a un agujero o a una ranura, como en la figura 3-43, la galga puede trabarse en posición haciendo girar un tornillo grafilado dispuesto en el mango. Luego puede sacarse del agujero y medirse con un micrómetro (ver fig. 3-44). Las galgas telescópicas se fabrican de varios tamaños para medir agujeros desde 1/2" (12,5 mm) hasta 6" (150 mm) de diámetro.

34. ¿Qué son las galgas para agujeros pequeños?

Son útiles sensitivos (fig. 3-45) que sirven para medir agujeros pequeños, ranuras y estrías. El contacto con las superficies lo proporciona una bola partida, la cual puede ajustarse mediante un botón grafilado existente en el extremo del mango. El extremo provisto de la bola se inserta en el agujero o ranura, y luego es expandido a fin de obtener el contacto correcto. Para medir la dimensión sobre la bola se emplea un micrómetro.

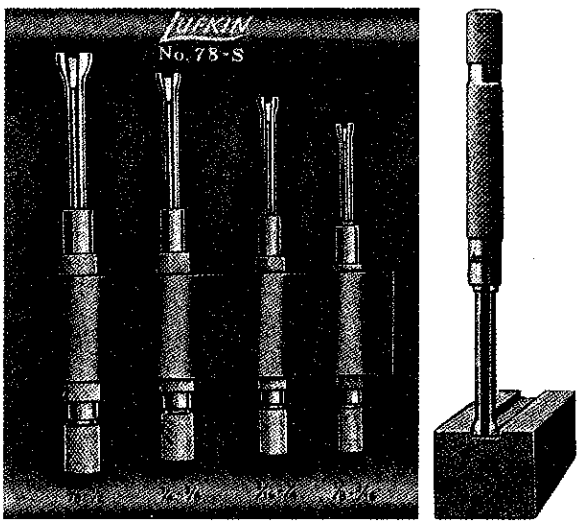


Fig. 3-45. (A) Juego de galgas para agujeros pequeños. (B) Aplicación de una galga de este tipo (Lufkin Rule Co.)

35. ¿Qué es una galga de perfil de roscas?

Esta galga (fig. 3-46) es de acero de resortes templado y revenido; se utiliza principalmente para rectificar y comprobar las herramientas de punta única, o cuchillas, empleadas en el tallado

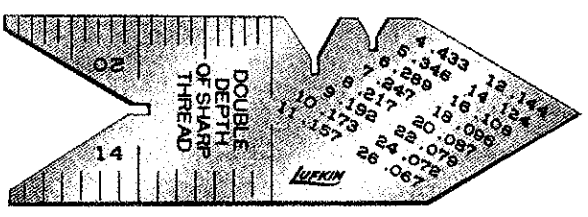


Fig. 3-46. Galga de perfil de roscas (Lufkin Rule Co.)

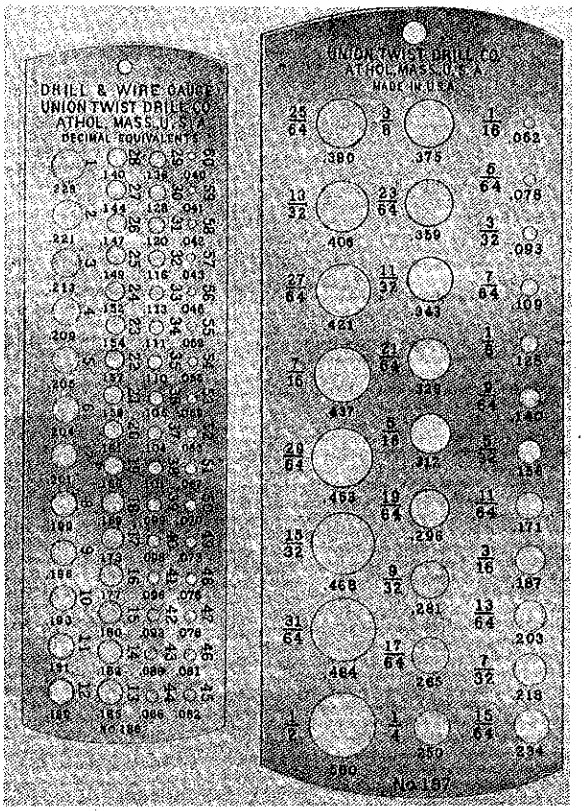


Fig. 3-47. Galgas para brocas de taladrar (Union Twist Drill Co.)

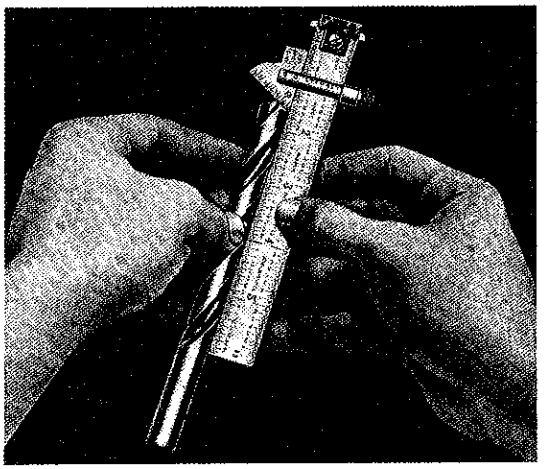


Fig. 3-48. Galga de puntas de broca (L.S. Starrett Co.)

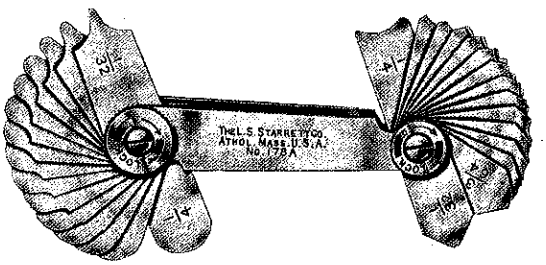


Fig. 3-49. Galga para radios o cantos redondos (L.S. Starrett Co.)

de filetes de rosca. Tiene graduaciones para verificar el paso en mm o el número de hilos por pulgada. Algunas galgas de este tipo tienen grabada una tabla que da la doble profundidad de varios filetes de rosca.

36. ¿Qué son las galgas para brocas de taladrar?

Son útiles muy manejables (fig. 3-47) que se emplean para la determinación rápida de los diámetros de las brocas helicoidales. Existen galgas individuales para tamaños de brocas dados en números, letras, milímetros y fracciones de pulgada; los números se refieren a los de la galga de alambres. Los agujeros en todas estas galgas vienen marcados con el número o letra de tamaño, las décimas de milímetro, medios milímetros o milímetros según diámetro, o con la fracción ordinaria de pulgada y su decimal equivalente.

37. ¿Qué es una galga de puntas de broca?

Es un utensilio (fig. 3-48) diseñado para la comprobación precisa del semiángulo (generalmente de 59°) del cono de la punta de la broca y la longitud de los labios de corte de la misma. Comporta un pequeño cabezal que desliza sobre una regla de acero y que puede fijarse en posición a lo largo de ésta mediante el apriete de una tuerca grafilada.

38. ¿Qué es una galga para radios o cantos redondos?

Es una galga (fig. 3-49) constituida por laminillas delgadas de acero, que se utilizan para comprobar, inspeccionar o trazar piezas que tienen un radio dado. Este utensilio se fabrica en juegos de galgas individuales para radios interiores (concavidades) o exteriores (convexidades); o bien, puede estar formado por un cierto número de hojas de diferente radio unidas a los extremos de un soporte-estuche para facilidad de elección y uso.

39. ¿Qué es una galga para pasos de rosca?

Esta galga, denominada también *peine para roscas,* sirve para determinar rápidamente el paso

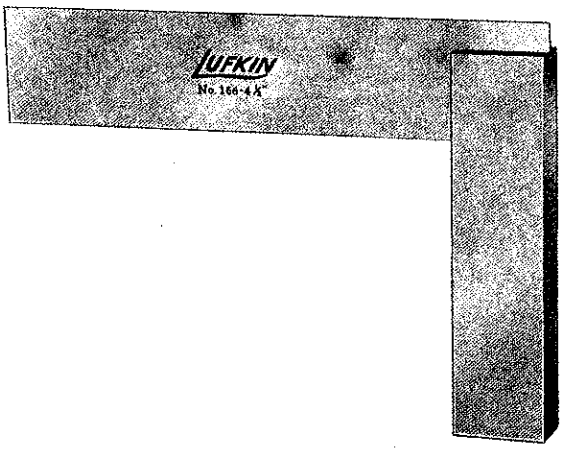


Fig. 3-58. Escuadra de precisión (Lufkin Rule Co.)

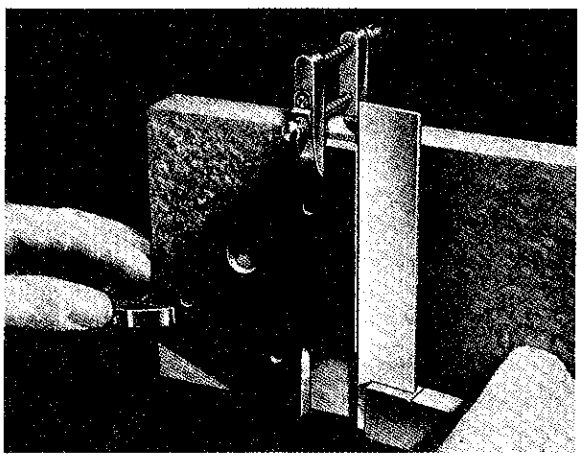


Fig. 3-59. Aplicación de la escuadra de precisión (L.S Starrett Co.)

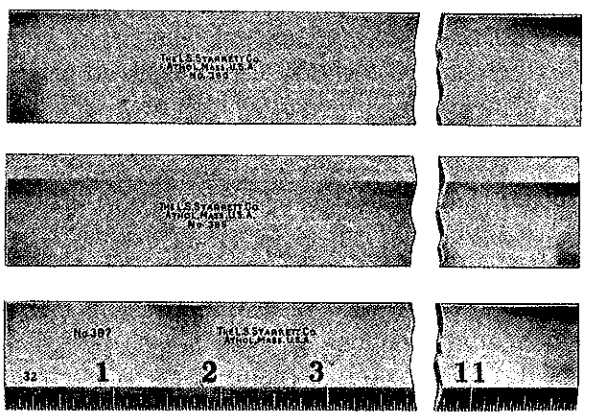


Fig. 3-60. Tipos de reglas de canto recto (L.S. Starrett Co.)

46. ¿Qué es una escuadra de precisión?

Es una escuadra de acero templado (fig. 3-58) que se utiliza cuando se requiere una extremada precisión. Tanto el soporte rectangular como la hoja son de acero de herramientas templado, rectificado y pulido hasta un grado fino de exactitud. Su empleo debe limitarse al trazado y verificado de piezas acabadas con precisión. Es un tipo de utensilio de precisión que exige un manejo cuidadoso para preservar su exactitud. La figura 3-59 muestra una de las muchas aplicaciones de esta escuadra.

47. ¿Qué es una regla de canto recto?

Es un listón plano, más bien delgado, de acero templado, el cual ha sido rectificado y finamente acabado con un alto grado de precisión en cuanto a planicidad y paralelismo (fig. 3-60). Es usada, lo mismo por los dibujantes que por los operarios expertos, para trazar líneas rectas y para inspeccionar la rectitud y la planicidad de las superficies.

La regla y los diversos instrumentos de medición relacionados con ella se emplean en el taller para mediciones en las que pequeñas variaciones en la dimensión no perjudican la pieza. La designación comúnmente adoptada para tales dimensiones es la de *dimensiones a escala.* Para ellas se permiten corrientemente variaciones respecto a la medida requerida de $\pm$ 0,010" ($\pm$ 0,25 mm) sin ser tenidas en cuenta por la inspección. Los buenos mecánicos están en condiciones de medir, dentro de estos límites, con la regla. Sin embargo, buena parte de las mediciones efectuadas por los mecánicos se refieren a *medidas de precisión.* Esta designación se utiliza para dimensiones en las que el valor del error permitido es menor de 0,010" (0,025 mm), pudiendo llegar a ser de hasta 0,0001" (0,0025 mm).

Se han inventado y diseñado instrumentos especiales para poder medir con un elevado grado de exactitud las dimensiones de precisión. El instrumento de precisión más común es el micrómetro, dispositivo inventado en 1848 por el francés Jean Palmer (por lo que también se llama "palmer" a este útil) e introducido en los Estados Unidos en 1867, cuando J. R. Brown y L. Sharpe, después de visitar la Exposición de París, adquirieron un micrómetro Palmer. Basándose en este ins-

trumento (fig. 3-61), desarrollaron el predecesor del micrómetro moderno (fig. 3-62), el cual, en 1877, fue ofrecido al público. En 1885, introdujeron un nuevo modelo (fig. 3-63) que es casi idéntico a los que se usan actualmente. Comparado con la regla, el micrómetro es un innovador en el campo de la medición. La figura 3-64 muestra un micrómetro moderno de 1" (o de 25 mm) con identificación de sus partes. El micrómetro normal se usa para medir dimensiones exteriores, pudiendo adquirirse en diversos tamaños. Existen varios otros tipos de micrómetros, pero todos siguen el mismo principio fundamental.

48. ¿Cuáles son las partes principales de un micrómetro?

Las cinco partes principales del micrómetro son: el bastidor o arco-soporte, el tope o punta de asiento, el husillo, el manguito y el tambor (ver fig. 3-64).

49. ¿Qué son las graduaciones del micrómetro?

En el *micrómetro inglés,* las graduaciones en el manguito están separadas 0,025" una de otra. Cada cuatro divisiones del manguito se marca un número desde 0 a 10, a fin de identificar las décimas de pulgada, o las cien milésimas (0,100"). Cada uno de los números se lee como si se añadieran dos ceros; así, en la figura 3-65, se leería 0,400". Las graduaciones en el tambor represen-

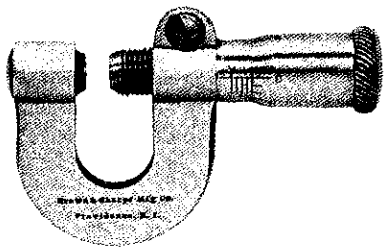


Fig. 3-61. Micrómetro Palmer de 1867 (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

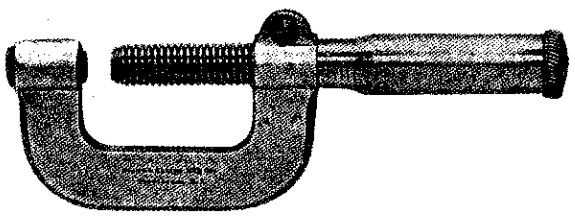


Fig. 3-62. Micrómetro de 1877 (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

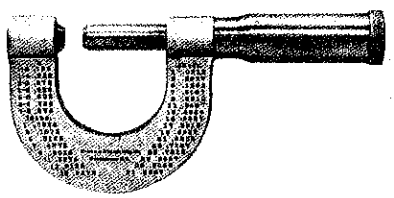


Fig. 3-63. Micrómetro de 1885 (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

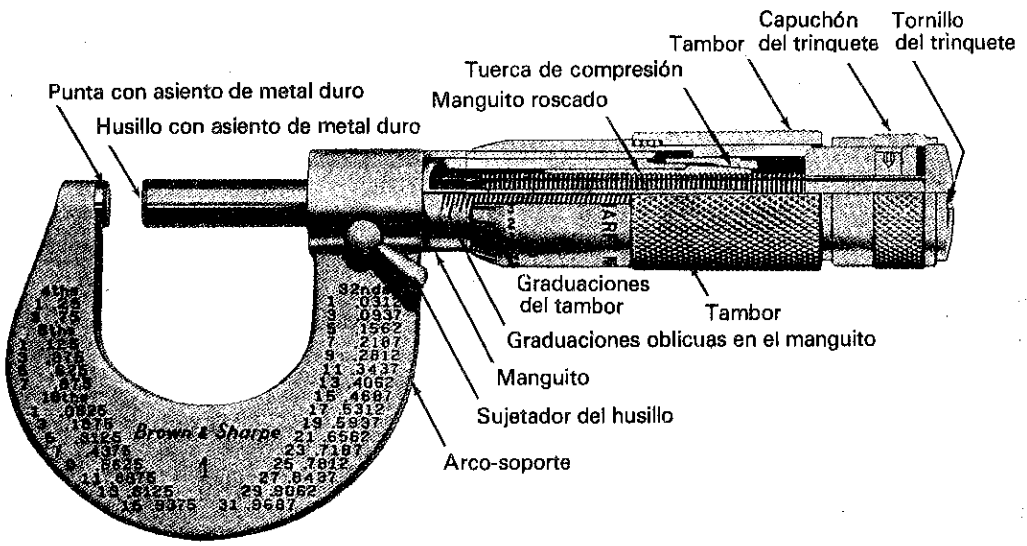


Fig. 3-64. Partes principales y disposición de un micrómetro inglés moderno (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

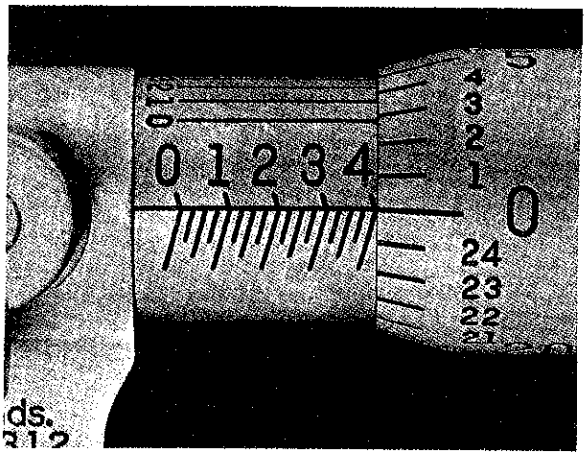


Fig. 3-65. Graduaciones en el tambor y en el manguito de un micrómetro inglés (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

tan divisiones de una milésima de pulgada (0,001"). Esto viene determinado como sigue: Cuando el micrómetro está cerrado, el canto del tambor coincide con el cero del manguito. Cada vez que el tambor gira una revolución, se desplaza a lo largo del manguito en una graduación, ó 0,025". El canto circular del tambor tiene 25 divisiones iguales marcadas sobre él; así, cuando el tambor se hace girar justo lo suficiente para cubrir una de las divisiones, se ha desplazado a lo largo del manguito 1/25, ó 25 milésimas, lo cual equivale a una milésima de pulgada (0,001"). Al objeto de que sea más fácil contar estas divisiones, se numeran de cinco en cinco.

En el *micrómetro métrico* (fig. 3-65 bis), la escala en el manguito es doble, pudiéndose leer milímetros en la parte superior y medios milímetros en la parte inferior. La circunferencia del tambor está dividida en 50 partes iguales, necesitándose dos revoluciones de éste para tener un desplazamiento longitudinal sobre el husillo de 1 mm; por tanto, como cada revolución es igual a 0,5 mm, cada división del tambor es igual a 0,5/50 = 0,01 mm, lo que significa que, en la escala del tambor, se leen centésimas de milímetro.

50. ¿Por qué el tambor de un micrómetro se desplaza a lo largo del husillo exactamente 0,025", ó 0,5 mm, por cada revolución completa del mismo tambor?

El interior del mango del micrómetro es roscado de modo que, cada vez que el tambor gira, se mueve además longitudinalmente a lo largo del husillo de la misma manera que una tuerca sobre un tornillo. El paso de esta rosca es el correspondiente a 40 filetes por pulgada en los micrómetros ingleses, y de 0,5 mm en los métricos. Así, cuando el tambor da una revolución completa, se desplaza sobre el husillo 1/40" = 0,025", en los micrómetros ingleses, y 0,5 mm en los micrómetros métricos.

51. ¿Cómo se leen las graduaciones en un micrómetro?

Una vez ajustado el micrómetro abrazando correctamente a la pieza que hay que medir, la dimensión puede leerse mientras aquélla se halla todavía dentro de él, o bien, después de haberlo sacado; en este segundo caso, debe tenerse sumo

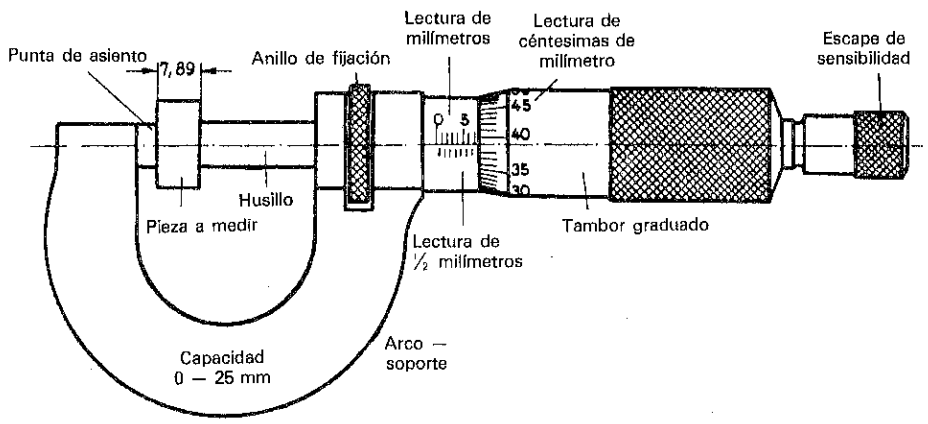


Fig. 3-65 bis. Micrómetro métrico mostrando la disposición de sus graduaciones.

cuidado en no mover el tambor. Primero se leen las graduaciones visibles en el manguito, teniendo en cuenta que, en el micrómetro inglés, los números indican centenares de milésimas de pulgada, a los que hay que añadir 25 por cada división entera subsiguiente, más el número real de divisiones del tambor que han rebasado la línea de referencia; así, en la figura 3-66, la lectura es 200 más 25 más 16, lo que da un total de 241 milésimas de pulgada; y en la figura 3-67, la división en el manguito que rebasa la cifra 2 no es una división completa, por lo que debe leerse 200 en el manguito más 24 en el tambor, o sea, 224 milésimas de pulgada. Por lo que se refiere al micrómetro métrico, sabemos que las divisiones en el manguito señalan milímetros y medios milímetros, y que las del tambor indican centésimas de milímetro; leyendo antes las primeras y añadiendo a esta lectura la de las segundas se tiene la medida de la pieza con una exactitud que alcanza la centésima de milímetro, tal como puede verse en los ejemplos de medición de la figura 3-67 bis, los cuales, respectivamente, dan 7,5 más 0,39 = 7,89 mm, 7,0 más 0,35 = 7,35, 0,5 más 0,09 = 0,50, y 0,0 más 0,01 = 0,01 mm.

52. Explicar cómo se mide una pieza con el micrómetro.

La pieza puede cogerse con una mano y el micrómetro con la otra (fig. 3-68). Si la pieza está sujeta, como cuando se halla en el torno (fig. 3-69), puede ser más conveniente emplear las dos manos. El tambor debe girarse poco a poco hasta que el husillo y la punta de asiento entran justamente en contacto con la pieza; debe poseerse la habilidad de percibir el contacto en ambos lados. No hay que forzar el husillo contra la pieza como si se tratase de sujetarla con una brida. Es práctica común hacer girar el micrómetro un poco al-

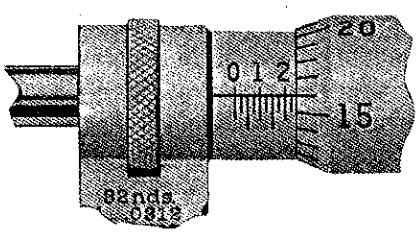


Fig. 3-66. Lectura de 0,241" en un micrómetro (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

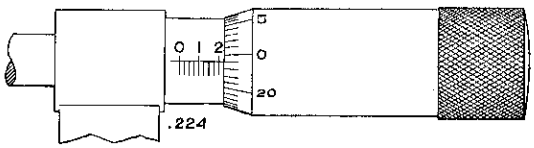


Fig. 3-67. Lectura de 0,244" en un micrómetro inglés.

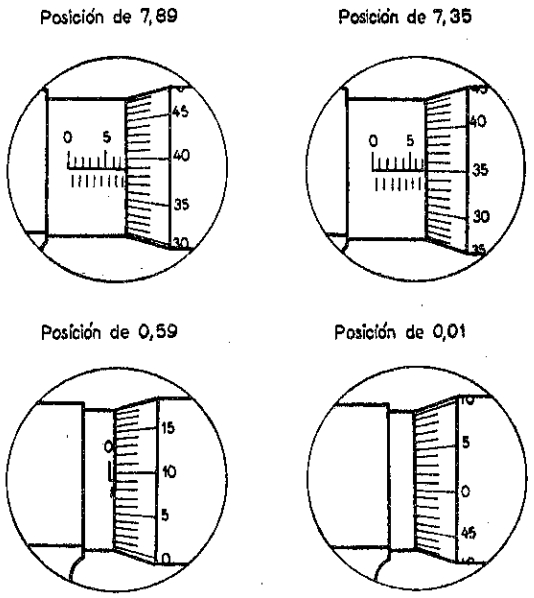


Fig. 3-67 bis. Ejemplos de lecturas en un micrómetro métrico.

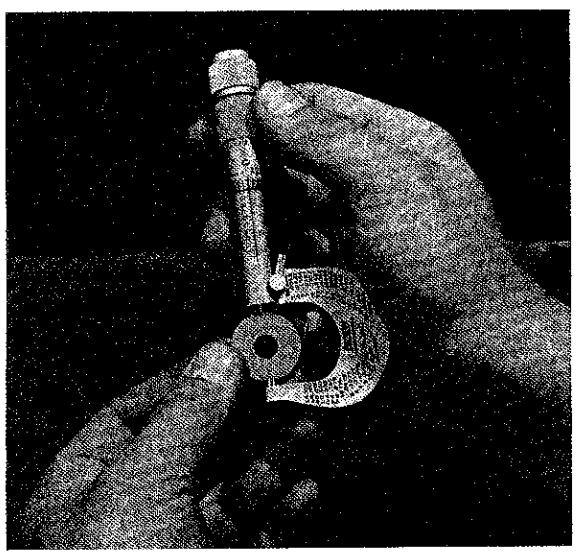


Fig. 3-68. Modo correcto de aguantar un micrómetro de 1", o de 25 mm, cuando se miden piezas pequeñas (Lufkin Rule Co.)

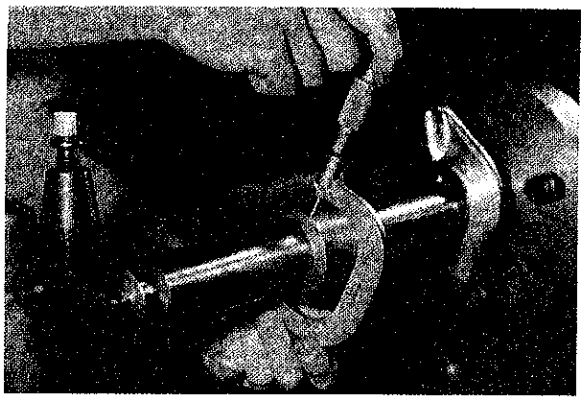


Fig. 3-69. Medición de una pieza cilindrada en el torno mediante un micrómetro grande (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

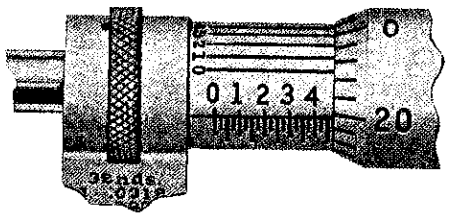


Fig. 3-70. Escala vernier grabada en el manguito de un micrómetro (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

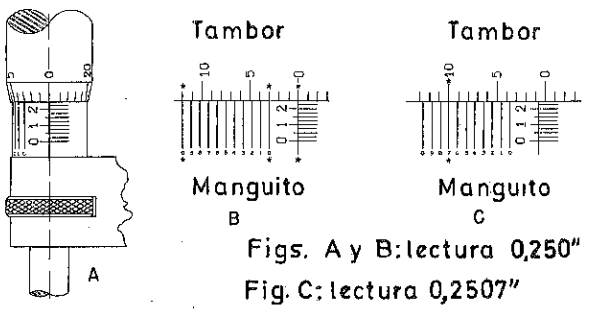


Fig. 3-71. Lectura del nonius o vernier de un micrómetro (L.S. Starrett Co.)

rededor de la pieza y en ambos sentidos para cerciorarse de que se efectúa una medición correcta.

53. ¿Qué es el escape de sensibilidad en un micrómetro?

El escape de sensibilidad, llamado también *tope de trinquete,* es un dispositivo (figs. 3-64 y 3-65 bis) que evita la aplicación de una presión excesiva cuando se ajusta un micrómetro alrededor de la pieza que debe medirse. Además, evita el giro posterior del tambor después de haber aplicado la presión correcta al husillo, o sea, la que proporciona una medición precisa.

54. ¿Puede efectuarse la medición precisa de las dimensiones con un micrómetro cuando la variación admisible es menor de una centésima de milímetro (0,01 mm) o de una milésima de pulgada (0,001")?

Sí. Con los micrómetros ordinarios es posible estimar la mitad de una centésima de milímetro (0,005 mm) o la mitad de una milésima de pulgada (0,0005") cuando la línea de referencia en el manguito queda entre dos divisiones del tambor. Para mediciones precisas de menos de una centésima de milímetro o de una milésima de pulgada, debe usarse un micrómetro con nonius o vernier en el manguito (fig. 3-70).

55. Describir el nonius o vernier de un micrómetro.

El nonius o vernier de un micrómetro consiste en 10 divisiones iguales grabadas en el manguito y que van numeradas desde 0 a 9. Estas 10 divisiones equivalen en espacio a 9 divisiones del tambor, las cuales representan 9 centésimas de mm ó 9 milésimas de pulgada. La diferencia entre una de las divisiones del tambor y una de las del nonius o vernier es 0,001 mm, o bien, 0,0001".

56. Explicar cómo se leen las graduaciones del nonius o vernier de un micrómetro.

Cuando la primera y la última línea del nonius coinciden con las líneas del tambor, como en *A* y *B* de la figura 3-71, indica que la lectura hecha como de ordinario en el micrómetro es exacta; en este caso es 0,250. Si una cualquiera de las líneas del nonius coincide con una de las líneas del tambor, como en *C* de la figura 3-71, el número de la línea del nonius indica cuántas milésimas de mm, o cuántas diezmilésimas de pulgada, deben añadirse a la lectura original. En este caso, la línea 7 es la que coincide con una del tambor; por tanto, deben añadirse 7 milésimas de mm (0,007 mm), o bien, 7 diezmilésimas de pulgada (0,0007"), siendo, pues, la lectura correcta 0,257 mm, o bien, 0,2507".

57. Citar algunas de las razones por las cuales las mediciones efectuadas con un micrómetro dejan de ser precisas.

La razón más común es no estar absolutamente seguro de que la pieza y las caras de la punta de asiento y del husillo del micrómetro están bien limpias. Otra razón es que el micrómetro que se usa puede necesitar un ajuste debido al desgaste o al manejo poco cuidadoso. Y una tercera razón es falta de cuidado por parte del operario en leer las graduaciones.

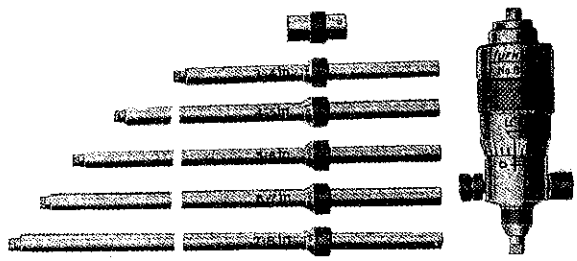


Fig. 3-72. Varillas micrométricas (Lufkin Rule Co.)

58. ¿Qué es un micrómetro para interiores?

El micrómetro para interiores o *varilla micrométrica* (fig. 3-72) está diseñado con las mismas graduaciones que el micrómetro para exteriores y se ajusta de igual forma dando vueltas al tambor. Se emplea para tomar medidas interiores cuando se requiere mayor precisión que la que pueden dar los pies de rey o las galgas telescópicas. Puede ser de diversos tamaños. La figura 3-73 muestra cómo se emplea la varilla micrométrica. La figura 3-74 representa un calibre micrométrico para interiores.

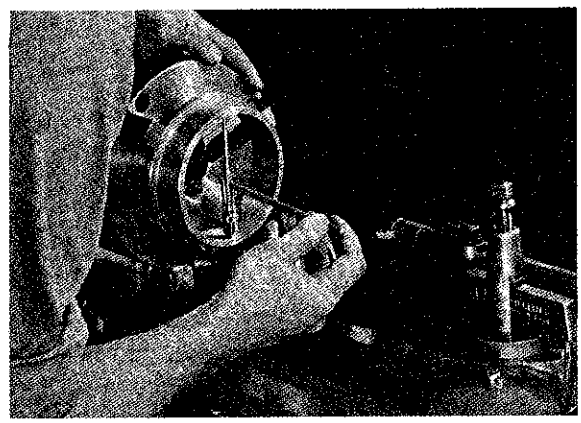


Fig. 3-73. Medición de un agujero mandrinado con una varilla micrométrica (South Bend Lathe Works).

59. ¿Qué es un micrómetro para tubos?

Es un micrómetro (fig. 3-75) especialmente diseñado para medir el espesor de las paredes de los tubos, manguitos y perfiles similares.

60. ¿Qué es un micrómetro para roscas?

Es un micrómetro (fig. 3-76) similar a un micrómetro para exteriores, excepto en que el husillo es puntiagudo para ajustarse al huelgo entre flancos en V de 60° de dos filetes contiguos, y en que la punta de asiento está ranurada para ajustar sobre la rosca en V de 60°. Este ángulo es para roscas métricas; si se trata de roscas Whitworth, el mismo es de 55°. Estos micrómetros se emplean para medir el diámetro de flancos de la rosca; existen en diversos tamaños que dependen del paso de la rosca a medir.

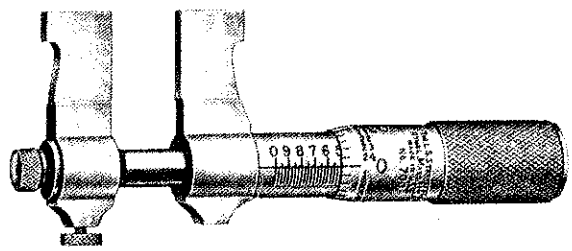


Fig. 3-74. Calibre micrométrico para interiores (L.S. Starrett Co.)

61. ¿Qué es un micrómetro para profundidades?

Es un utensilio (fig. 3-77) diseñado para medir con precisión la profundidad de ranuras, chaveteros, agujeros y entallas. Las graduaciones se leen del mismo modo que en el micrómetro normal.

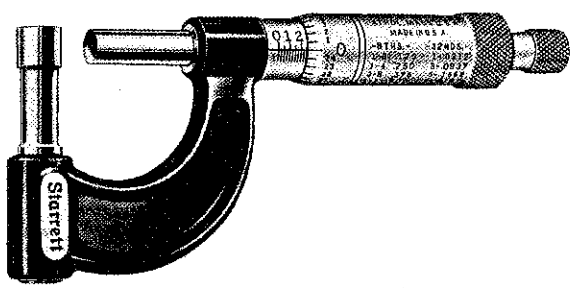


Fig. 3-75. Micrómetro para tubos (L.S. Starrett Co.)

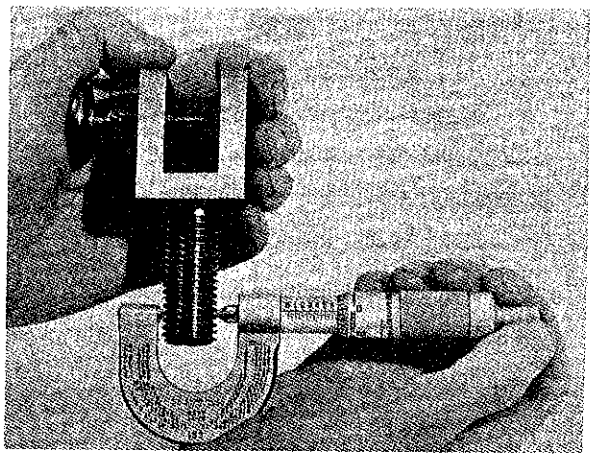


Fig. 3-76. Micrómetro para roscas (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

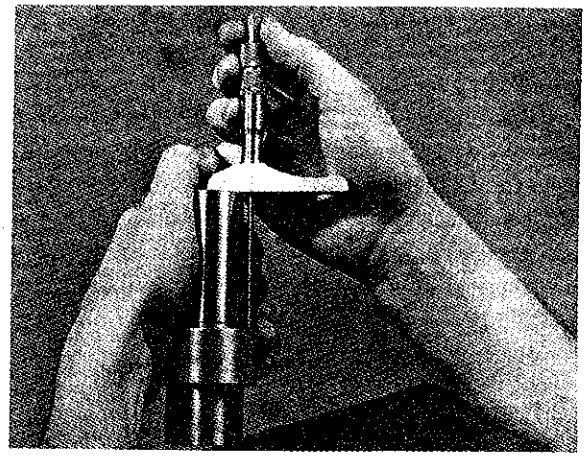


Fig. 3-77. Micrómetro para profundidades (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

62. ¿Qué es un micrómetro con indicador?

Es un instrumento (fig. 3-78) que combina la precisión del indicador de esfera, o comparador, para presión de contacto uniforme, con la precisión del micrómetro de tornillo, para medición. Las graduaciones en el manguito y en el tambor son las mismas que en el micrómetro normal. La aguja del comparador se mueve sobre divisiones que representan milésimas de milímetro, o micras, o bien, diezmilésimas de pulgada. Al medir con este tipo de micrómetro, se leen las centésimas de milímetro, o milésimas de pulgada, en el tambor y se añaden las micras, o diezmilésimas de pulgada, que señala la aguja del comparador.

El micrómetro con indicador puede también utilizarse como comparador. A este fin, el husillo puede enclavarse en posición a una dimensión requerida apretando fuerte la tuerca anular dispuesta en el mismo. Cuando se usa de esta forma, las dos agujas grandes del indicador se ajustan una a cada lado del cero para señalar el valor de la variación permitida por encima o por debajo de la dimensión requerida. Si la aguja pequeña se mueve fuera de las dos grandes, la pieza es demasiado grande o demasiado pequeña según la dirección en que tiene lugar el movimiento de aquélla. Al medir varias piezas del mismo tamaño, no es necesario hacer girar el husillo, o forzar la pieza entre éste y la punta de asiento; en lugar de ello, puede hacerse retroceder la punta de asiento presionando un botón, como se ve en la figura

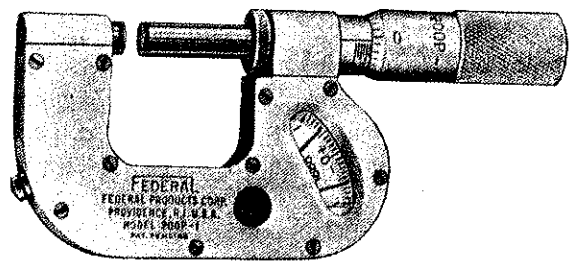


Fig. 3-78. Micrómetro con indicador (Federal Products Corp).

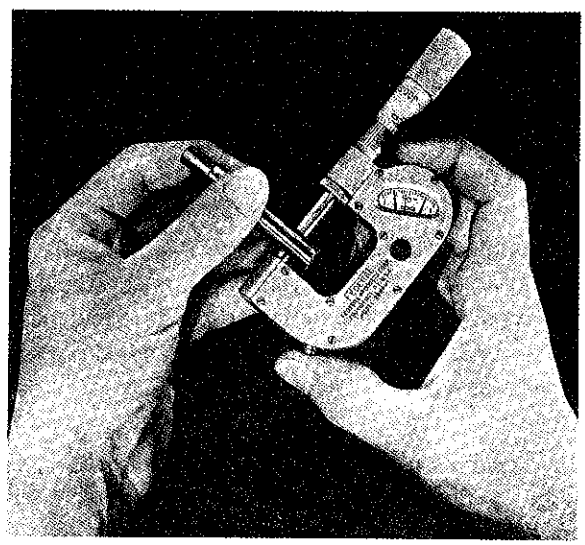


Fig. 3-79. El micrómetro con indicador puede usarse como comparador (Federal Products Corp.)

3-79. De este modo es menor el desgaste del husillo y de la punta de asiento.

Hace unos 300 años, un francés llamado Pierre Vernier inventó un método para efectuar mediciones precisas con una regla, método que ha sido adaptado para su aplicación en muchos instrumentos de medición, tales como el micrómetro, y lleva el nombre del inventor, así como el de *nonius* o *nonio,* nombre latinizado de Nunhes, en memória del célebre matemático, astrónomo y cosmógrafo portugués Pedro Juan Nunhes (1492-1577), profesor de Coimbra, que en 1542 inventó una disposición para medir fracciones de grado.

63. Explicar el principio del vernier o nonius aplicado a una regla.

El vernier o nonio aplicado a una regla consiste en un cursor ajustado a ella y que desliza a lo largo de la misma. Si se trata de medidas inglesas, una distancia en el cursor de seiscientas milésimas de pulgada (0,600'') es dividida en 25 partes iguales (fig. 3-80), de modo que cada división mide 24 milésimas de pulgada (0,024''). Las graduaciones en la propia regla son de 25 milésimas de pulgada (0,025''), por lo que en una distancia de 0,600'' hay 24 divisiones sobre la regla; así, la diferencia de medida entre las divisiones de la regla y las del vernier es de una milésima de pulgada (0,001'').

Si se trata de medidas métricas, una distancia en el cursor de 9 mm es dividida en 10 partes iguales, de modo que cada división mide 0,9 mm (fig. 3-80 bis). Las graduaciones en la regla son de mm en mm; por tanto, la diferencia entre las divisiones de ésta y las del nonio es de una décima de mm (0,1 mm). Existen otros nonius que, en lugar de décimas de mm, permiten leer medias décimas 0,95 mm), o doble centésimas (0,02 mm); en el primer caso, para 19 mm de longitud, el nonio tiene 20 divisiones de 0,05 mm cada una, y en el segundo caso, para 49 mm de longitud, el nonio tiene 50 divisiones de 0,98 mm cada una.

64. ¿Cómo se leen las mediciones en el vernier o nonius?

La línea cero del vernier o nonio indica la medición que hay que leer en la regla o escala principal. En la figura 3-80 se ve que es 1,425'' y un poco más. El valor exacto por encima de 1,425

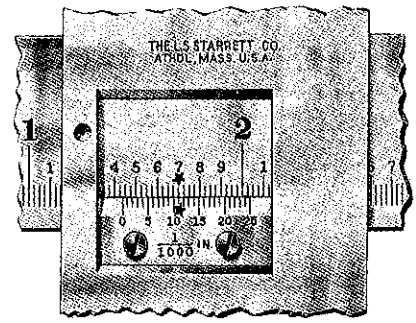


Fig. 3-80. Escala vernier (L.S. Starrett Co.)

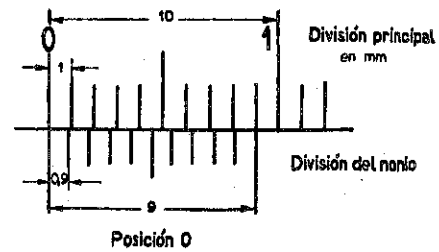


Fig. 3-80 bis. Principio del nonio.

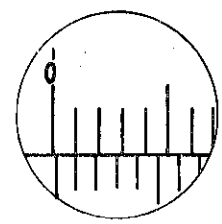


Fig. 3-80 A. Lectura 0,1 mm con el nonio de décimas de mm.

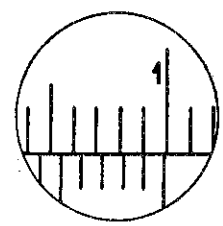


Fig. 3-80 B. Lectura 0,9 mm.

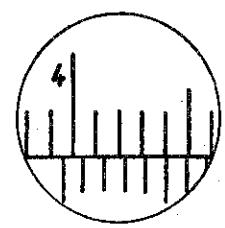


Fig. 3-80 C. Lectura 39,5 mm.

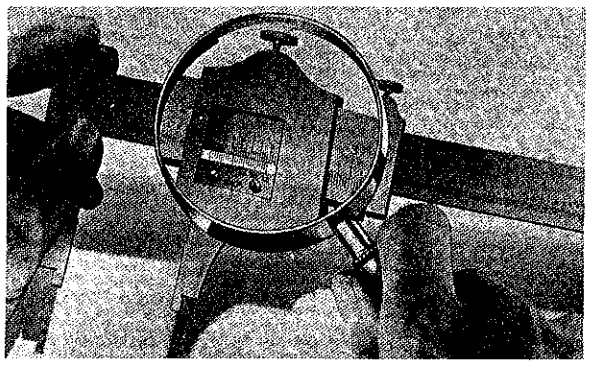


Fig. 3-81. El cristal de aumento sirve de ayuda en la lectura del vernier (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

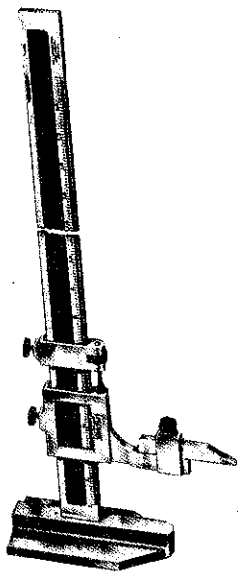


Fig. 3-82. Calibre vernier de alturas (L.S. Starrett Co.)

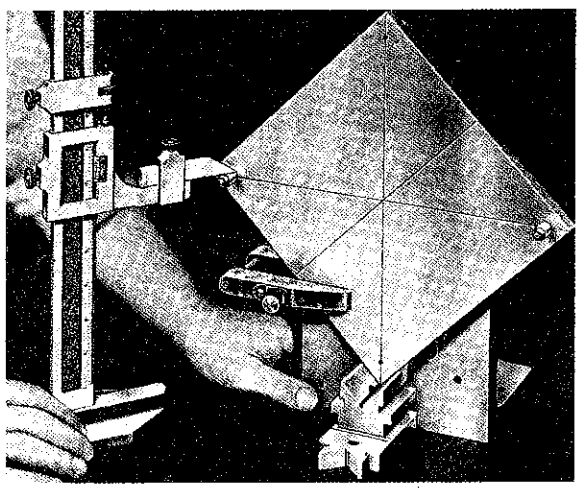


Fig. 3-83. Utilización de un calibre de alturas con punta de señalar para el trazado de una pieza (L.S. Starrett Co.)

se halla examinando las líneas de división del vernier para ver cuál de ellas coincide exactamente con una de las divisiones de la regla; en este caso es la línea 11, por lo que la medición completa es 1,425 más 0,011, o sea, 1,436".

De igual modo se procede cuando se trata de un nonio métrico. Si se desplaza el cursor de la posición cero hasta que el trazo 1 del nonio coincida con el 1 de la división principal en la regla (fig. 3-80 A), entonces, para el nonio de décimas, la lectura es 0,1 mm; si el trazo 9 del nonio coincide con la división 9 de la escala principal (fig. 3-80 B), la lectura es 0,9 mm. En la figura 3-80 C se ha dibujado el nonio en una posición tal que el cero del mismo se halla situado entre las divisiones 39 y 40 de la regla; para determinar la distancia en fracciones de mm entre la división 39 de la escala principal y el cero del nonio, se busca el trazo de éste que coincide con un trazo de la regla que, en este caso, es el trazo 5, lo que indica que el resultado de la medición es 39 mm más 5 décimas de mm (39,5 mm). En el nonio de 1/20 se leen los resultados con aproximación de medias décimas, como, por ejemplo, 52,85 mm; y en el nonio de 1/50 se leen las mediciones con aproximación de dobles centésimas, como, por ejemplo, 36,08 mm.

65. Los trazos de un vernier o de un nonius son muy finos y pueden estar muy juntos, por lo que no es fácil ver cuáles son los que coinciden. ¿Qué precauciones deben tomarse para asegurar una lectura correcta?

Deben limpiarse bien la escala del vernier o nonio y la regla. Hay que poner el cursor ante la luz manteniéndolo en posición horizontal y ligeramente ladeado para poder mirar normalmente sobre las divisiones. Con el fin de facilitar la lectura, es práctica común el empleo de un cristal de aumento (fig. 3-81).

66. ¿Qué es un calibre vernier de alturas?

Es un instrumento (fig. 3-82) que consiste en una regla de acero vertical fijada a una base también de acero. A lo largo de la regla desliza un brazo con pico, el cual está provisto de una escala vernier y, además, está conectado mediante tornillo a una brida sujeta a la regla; este tornillo ajusta el vernier a la posición requerida.

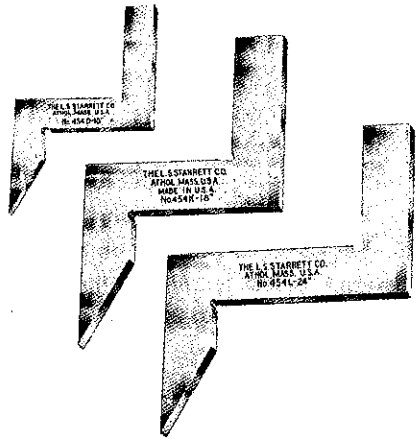


Fig. 3-84. Puntas de señalar acodadas (L.S. Starrett Co.)

67. Los dos lados del calibre de alturas, ¿están graduados de la misma manera?

La magnitud de las graduaciones es la misma en ambos lados de la regla, pero un lado sirve para medir interiores con lectura de las graduaciones a partir de cero. El otro lado de la regla tiene graduaciones para medir exteriores empezando por 1" (25 mm). Por esta razón, debe tenerse cuidado en leer el vernier o nonius desde el lado correcto según la medición que se efectúa.

68. ¿Cuáles son las principales aplicaciones del calibre de alturas?

Con el calibre vernier de alturas pueden utilizarse muchos accesorios. La figura 3-82 muestra un pico plano sujeto a una mordaza móvil, siendo éste el equipo normal. El pico o punta de señalar se usa para el trazado de piezas, como en la figura 3-83. Cuando hay que tomar mediciones desde una superficie que está en un plano más bajo que el que sirve de apoyo de la base del calibre, se emplean los picos acodados representados en la figura 3-84, los cuales se aplican según puede apreciarse en la figura 3-85. El calibre de alturas puede usarse como calibre de profundidades montándole una varilla en la forma que indica la figura 3-86. Para mediciones entre dos puntos en las que se requiere una gran precisión, puede montarse un comparador en la mordaza móvil; la figura 3-87 muestra cómo la posición de un agujero puede determinarse exactamente con la ayuda de un comparador unido a un calibre de alturas.

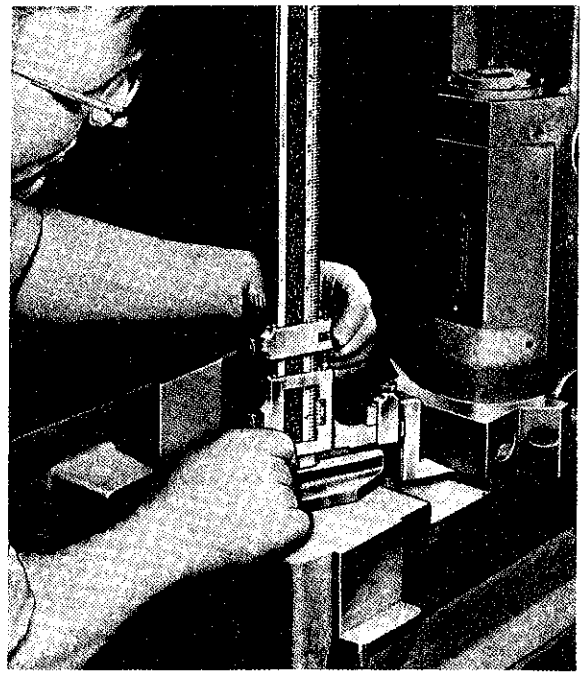


Fig. 3-85. Utilización de un calibre de alturas con pico acodado (L.S. Starrett Co.)

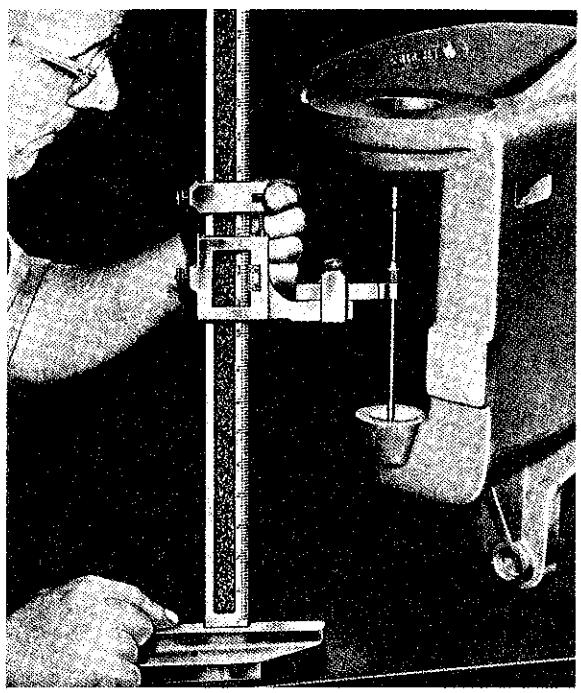


Fig. 3-86. Utilización de un calibre de alturas como calibre de profundidades (L.S. Starrett Co.)

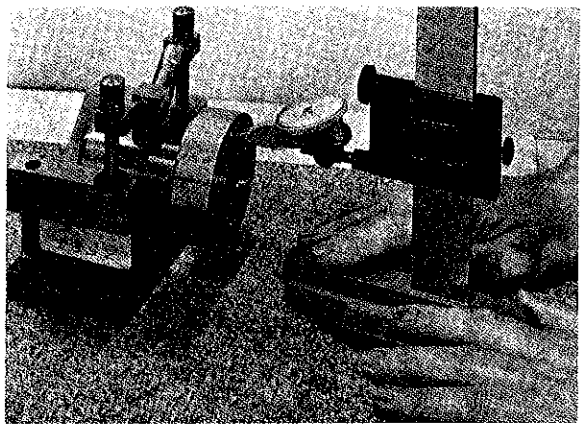


Fig. 3-87. Utilización de un calibre de alturas junto con un comparador para comprobar la posición de un agujero (Federal Products Corp.)

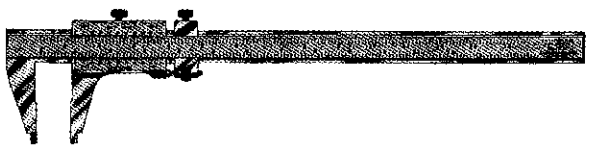


Fig. 3-88. Pie de rey sin picos cortos (L.S. Starrett Co.)

69. ¿Qué es un pie de rey?

El pie de rey (fig. 3-88) es un instrumento para comprobar medidas interiores y exteriores. Por lo general, están graduados los dos lados de la regla. Los picos o brazos son templados y rectificados con un acabado que asegure el exacto paralelismo entre los bordes internos de uno y otro. Estando los dos picos en contacto, el nonius del cursor debe encontrarse en el cero por un lado y en un punto que señale el espesor de las puntas de los picos por el otro lado. Esto hace posible la comprobación lo mismo de medidas exteriores que interiores sin necesidad de cálculo alguno. Hay puntos en la regla y en el cursor que permiten situar correctamente los compases destinados a traspasar distancias desde el pie de rey a una pieza. En la figura 3-88 bis se representa un pie de rey con los picos dispuestos para medidas interiores y exteriores; como el grueso de los picos largos es de 5 mm, para una misma abertura del pie de rey las medidas tomadas exteriormente son 10 mm mayores que las tomadas interiormente. La figura 3-89 muestra cómo se procede para efectuar la medición de un diámetro exterior, y la figura 3-90, cómo se procede para efectuar la medición de un diámetro interior.

70. ¿Qué es un pie de rey para dientes de engranajes?

Es un instrumento (fig. 3-91) con dos nonius que sirve para medir el tamaño de los dientes de

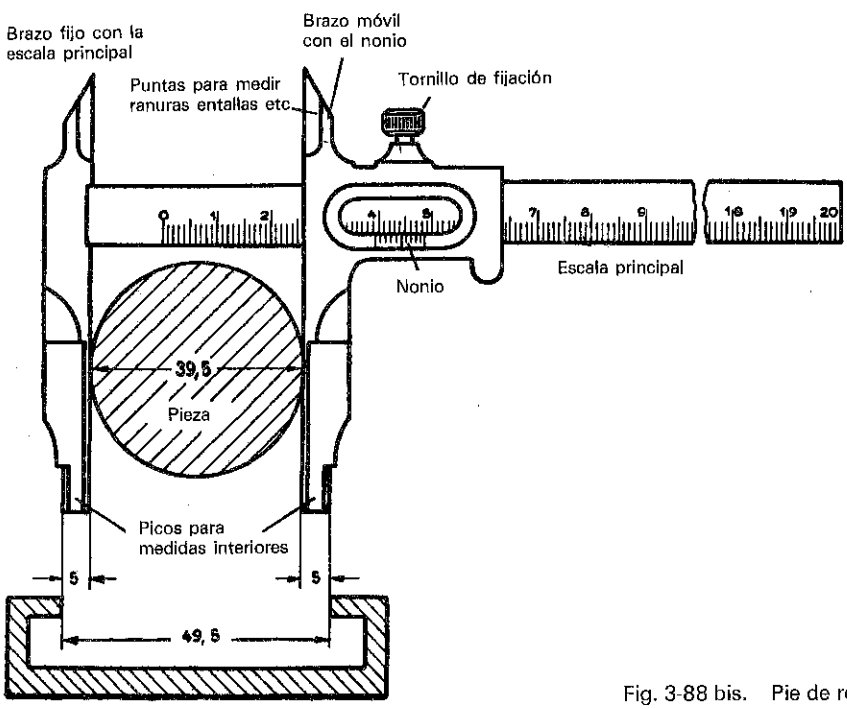


Fig. 3-88 bis. Pie de rey con picos largos y cortos.

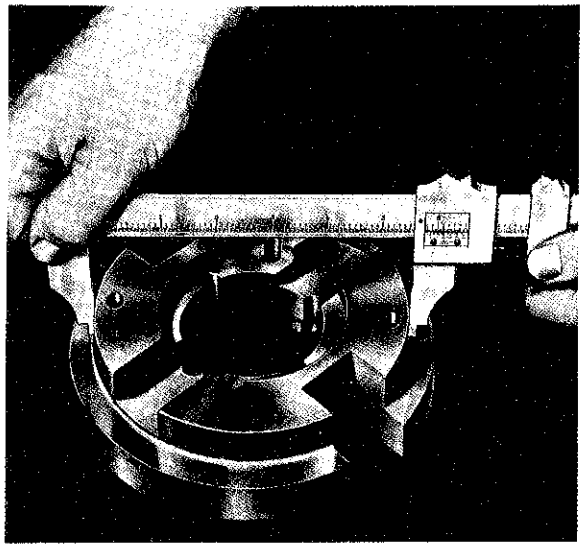


Fig. 3-89. Medición de un diámetro exterior con el pie de rey (L.S. Starrett Co.)

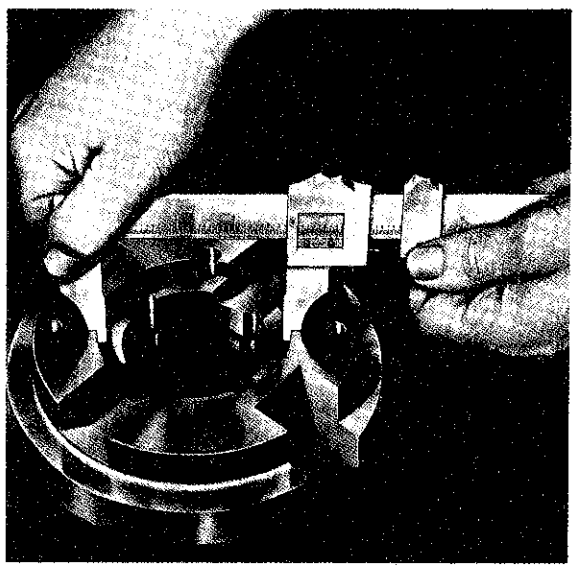


Fig. 3-90. Medición de un diámetro interior con el pie de rey (L.S. Starrett Co.)

los engranajes. El espesor del diente se mide en los puntos donde la circunferencia primitiva del engranaje corta al diente en cuestión. La regla vertical de este pie de rey se ajusta de modo que los picos del vernier o nonio y de la parte fija del instrumento se hallen en la circunferencia primitiva del engranaje cuando la regla horizontal descansa sobre la cabeza del diente; entonces ésta se ajusta para medir el espesor del mismo. Estas dos mediciones se conocen, respectivamente, con los nombres de *addendum corregido* y *espesor según la cuerda*. Con medidas inglesas, las graduaciones de las dos reglas tienen una separación de 0,020'' en lugar de 0,025'' como en el calibre de alturas, lo que debe recordarse al contar las divisiones en aquéllas. Cuando se opera con medidas métricas, el tornillo micrométrico de que está provisto el nonio permite apreciar hasta 1/50 mm.

71. ¿Qué es un comprobador de ángulos universal?

El comprobador de ángulos universal (fig. 3-92) es un instrumento que tiene un disco graduado en grados y un sector deslizante cuyo espesor es generalmente de 1/16'' (1,6 mm). Uno de los lados del aparato es plano, a fin de que el mismo quede asentado a nivel sobre la pieza. El disco o limbo del comprobador está dividido en grados en toda su circunferencia. El nonio marcado sobre el sector deslizante es graduado de forma que 12 divisiones del mismo abarquen un espacio igual al de 23 divisiones del limbo. Cada una de las 12 divisiones del nonio es igual a 1/12 de 23°, o 1380', lo que suma 115'. Cada 2° en el disco son 120'; por tanto, la diferencia entre 2° en el limbo graduado y 1 división en el nonio es igual a 5'.

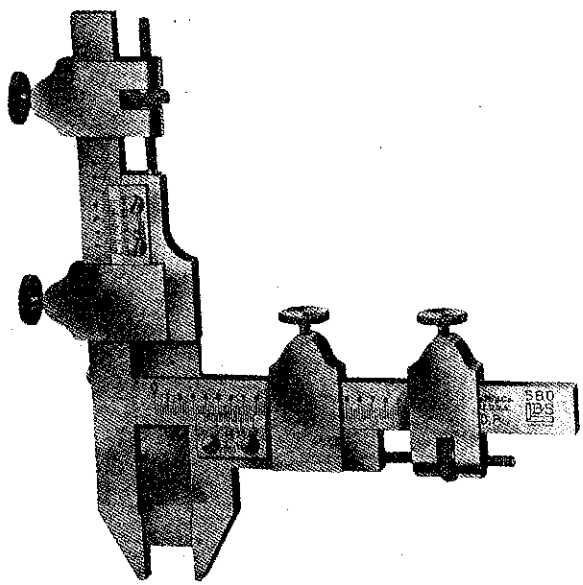


Fig. 3-91. Pie de rey para dientes de engranajes (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

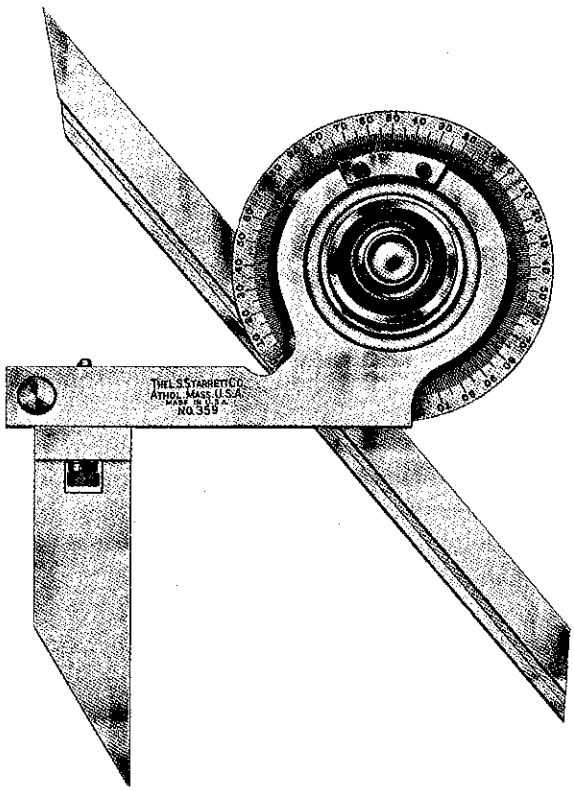


Fig. 3-92. Comprobador de ángulos universal (L.S. Starrett Co.)

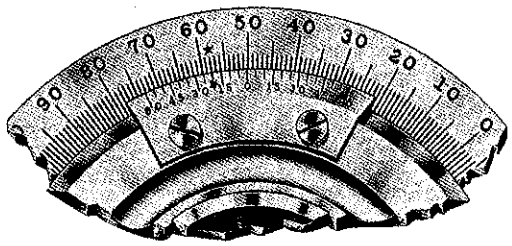


Fig. 3-93. Lectura de la medida de un ángulo en un comprobador de ángulos universal (L.S. Starrett Co.)

pueden ser tomadas desde la izquierda o desde la derecha. En la figura 3-93, la lectura a efectuar parte del cero y es hacia el lado derecho del comprobador. El cero del nonio indica el número de grados, en este caso 50°; entonces, continuando en la misma dirección desde este punto, puede verse que la coincidencia entre los trazos de división del comparador y los del nonio se produce en el trazo 20 de éste. Luego la medida completa del ángulo que se comprueba es 50° 20'. En la figura 3-94 se representan varios ejemplos de aplicación del comprobador de ángulos universal. Y en las figuras 3-95 a 3-97 puede verse como se usa este instrumento para medir ángulos diversos.

72. ¿Cómo se leen las mediciones en un comprobador de ángulos universal?

La escala del nonio del comprobador de ángulos universal es doble, de modo que las lecturas

73. ¿Qué es un calibre vernier para profundidades?

Es un utensilio de acero templado equipado con una escala vernier o nonius (fig. 3-98), que sirve

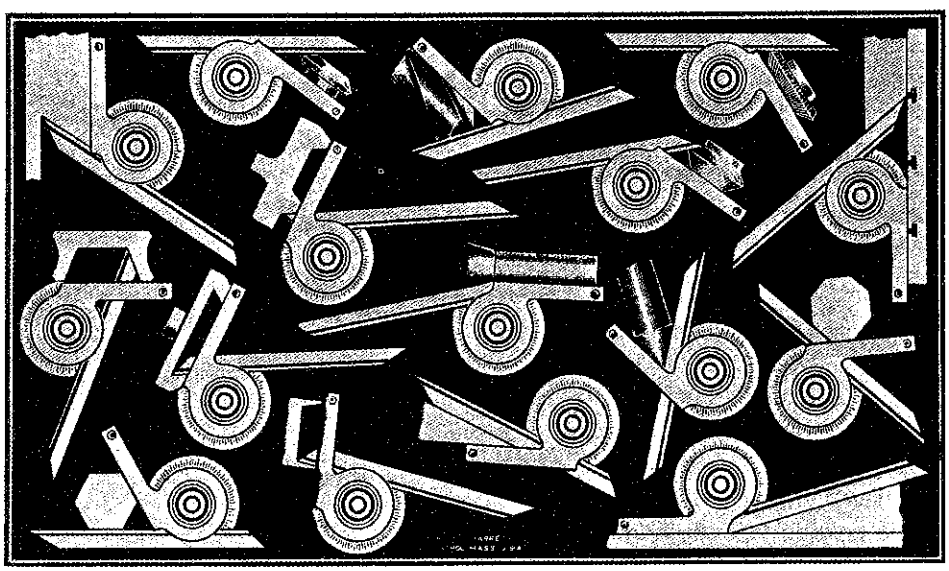


Fig. 3-94. Algunas aplicaciones del comprobador de ángulos universal (L.S. Starrett Co.)

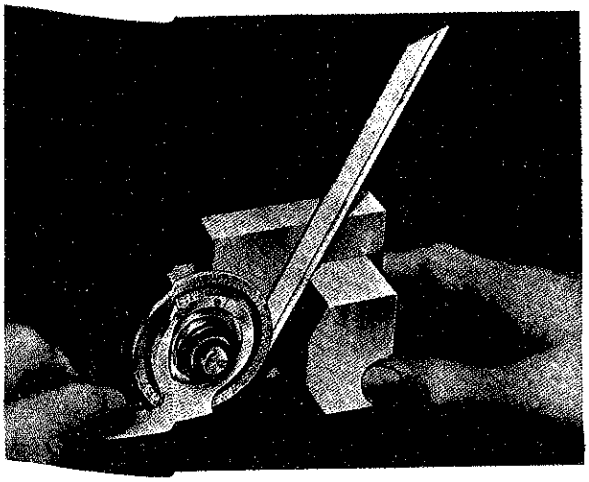


Fig. 3-95. Utilización del comprobador de ángulos universal para medir el ángulo de un bloque (L.S. Starrett Co.)

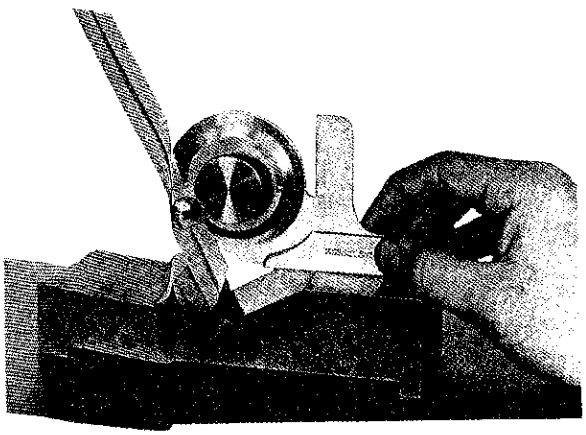


Fig. 3-96. Utilización del comprobador de ángulos universal para medir el ángulo de una guía (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

para efectuar mediciones de precisión. Una reglilla de acero graduada desliza a través del cabezal para medir profundidades en milésimas de pulgada, o en centésimas o medias décimas de mm. Se lee del mismo modo que un pie de rey o un calibre de altura, y es ampliamente usado en trabajos de utillaje, construcción de matrices y verificación.

74. *¿Cuáles son los principales requerimientos de un instrumento para mediciones de precisión?*

1. Debe poder medir exterior e interiormente diferencias que alcancen la diezmilésima de pulgada, o la milésima de milímetro.
2. Debe ser de un diseño tal que permita el uso directo sobre la pieza, a fin de eliminar toda posibilidad de error en la transferencia de mediciones precisas.
3. Debe dar el mismo resultado, las veces que sean, en manos de diferentes mecánicos.
4. Debe ser de comprobación automática, de modo que pueda fácilmente descubrirse cualquier error debido a desgaste, accidente o abuso.
5. Los materiales empleados en su construcción deben ser envejecidos y estabilizados, a fin de reducir al mínimo los errores de precisión debidos a los cambios que normalmente tienen lugar en los metales.
6. Debe existir una cláusula establecida en cuanto a precisión que sea aceptada por el fabricante y el cliente.

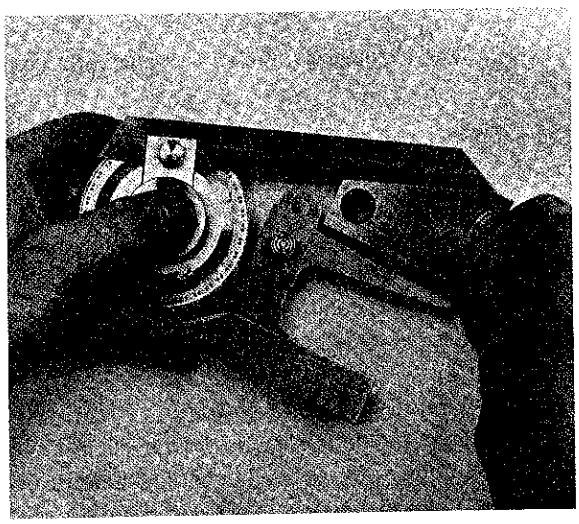


Fig. 3-97. Medición del ángulo de un extremo de matriz con un comprobador de ángulos universal provisto de un accesorio para ángulos agudos (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

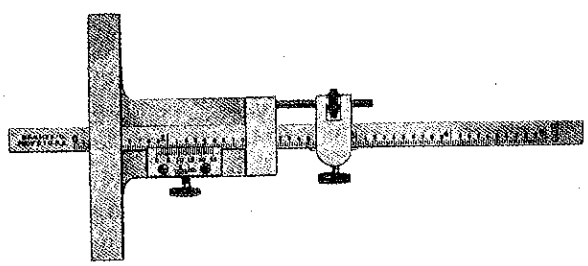


Fig. 3-98. Calibre vernier de profundidades (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

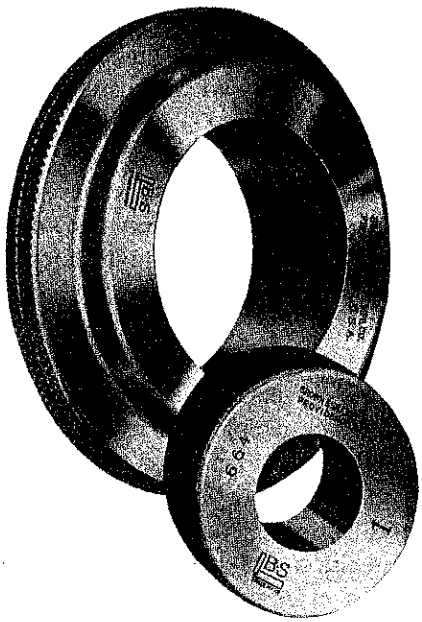


Fig. 3-99. Calibres de anillo (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

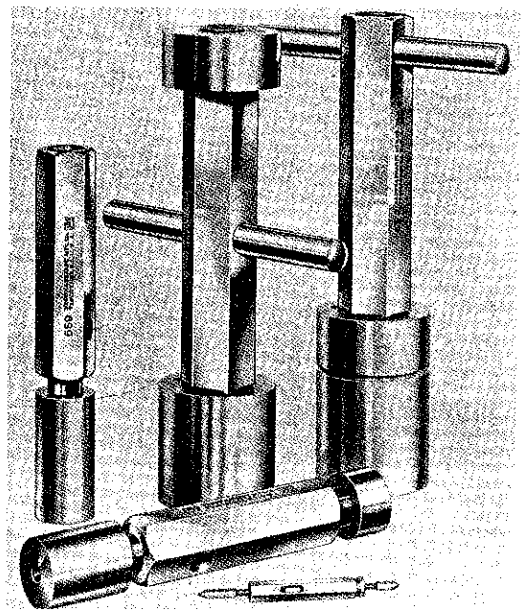


Fig. 3-100. Calibres tapón (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

75. ¿Cuáles son los tipos más comunes de calibres?

Los tipos más comunes de calibres incluyen los calibres de anillo, calibres tapón, calibres planos, calibres de horquilla, calibres combinados, calibres de recepción, calibres patrón, calibres con indicador, calibres de espesores y calibres de radios.

76. ¿Qué es un calibre de anillo?

Este calibre (fig. 3-99) es de forma cilíndrica y tiene un agujero que es de la medida exacta especificada para la pieza a medir. Al usar un calibre de anillo, debe ajustarse a la pieza que se comprueba sin forzarlo y sin que exista movimiento alguno lateral apreciable. La superficie que se mide puede ser de forma cilíndrica o cónica.

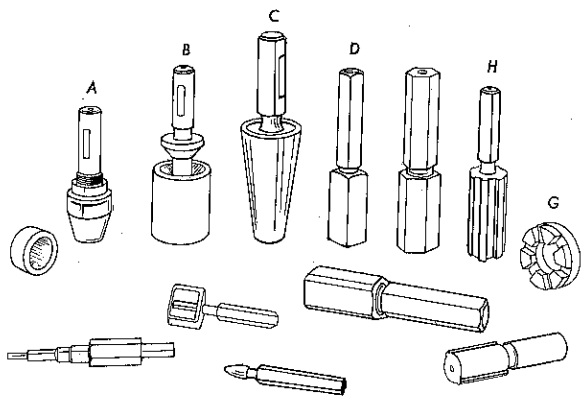


Fig. 3- 101. Tipos varios de calibres fijos (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

77. ¿Qué es un calibre tapón?

El calibre tapón (fig. 3-100) se emplea para comprobar el grado de exactitud de los agujeros. Debe introducirse en el agujero a comprobar sin aplicar presión alguna y debe mantenerse en el agujero sin salirse fácilmente de él, ya que sólo es admisible el deslizamiento lento y suave a lo largo del mismo. La forma del calibre tapón puede ser también cónica, como en *A* y *C* de la figura 3-101; cuadrada, como en *D*; hexagonal, como en *H*; o

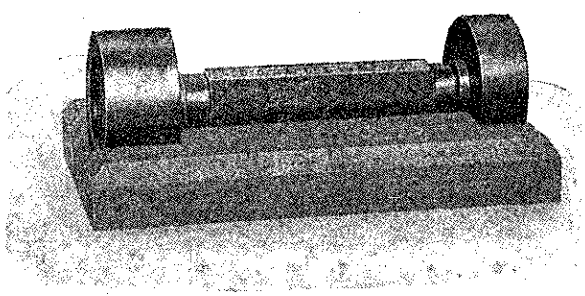


Fig. 3-101 bis. Calibre macho "pasa" y "no pasa".

cualquier otra de las varias representadas en dicha figura.

Sobre todo cuando se emplean tolerancias de fabricación comprendidas entre dos límites, los calibres tapón cilíndricos, o *calibres macho,* son dobles, es decir, tienen dos extremos (fig. 3-101 bis), uno llamado "lado pasa", que si la pieza está bien, debe poderse introducir en el agujero de la misma, y otro, llamado "lado no pasa" que, si la pieza es correcta, no debe poderse introducir en el mismo agujero.

78. ¿Qué es un calibre plano, y qué es un calibre de horquilla?

En la figura 3-102 se representan dos calibres planos y dos calibres de horquilla, también llamados *calibres de boca.* Los primeros sirven para comprobar medidas interiores y los segundos para medidas exteriores, pudiendo, en ambos casos, las piezas o superficies a comprobar ser cilíndricas o planas. La figura 3-103 muestra un tipo ajustable de calibre de horquilla, el cual se fabrica en varias medidas con aberturas que oscilan entre 1/4" y 12" (6 a 600 mm); los dos asientos inferiores pueden ajustarse a la dimensión requerida dentro de una variación que se extiende hasta 1/4" (6 mm). Los calibres de horquilla con dos asientos inferiores se adaptan a menudo como calibres de "pasa" y "no pasa"; en este caso, el asiento interior se eleva ligeramente respecto al exterior. Por ejemplo, para medir un eje de 1,500" (38 mm) de diámetro con una tolerancia de 0,003" (0,075 mm) en más y en menos, se ajustaría el asiento interior a 1,497" (37,925 mm) y el exterior a 1,503" (48,075 mm); para ser admitido por la inspección, el eje debe pasar por la abertura que deja el asiento exterior y no pasar por la que deja el asiento interior.

Como los calibres macho, los calibres de horquilla o de herradura, llamados también *calibres hembra,* pueden ser dobles (fig. 3-103 bis), en cuyo caso tienen dos herraduras, una correspondiente al "lado pasa" y otra al "no pasa".

79. ¿Qué es un calibre combinado?

Es un calibre (fig. 3-104) que, por un extremo, destinado a comprobar exteriores, es similar al calibre de horquilla, y por el otro extremo, destinado a comprobar interiores, es similar al calibre plano.

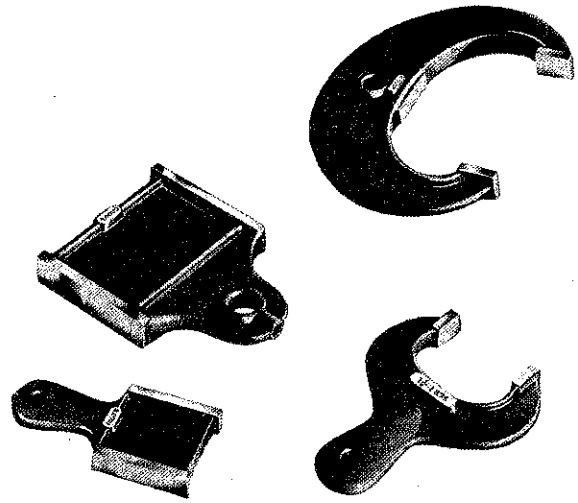


Fig. 3-102. Calibres planos y de horquilla (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

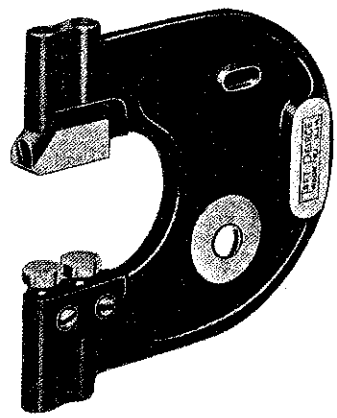


Fig. 3-103. Calibre de horquilla ajustable (Taft-Pierce Mfg. Co.)

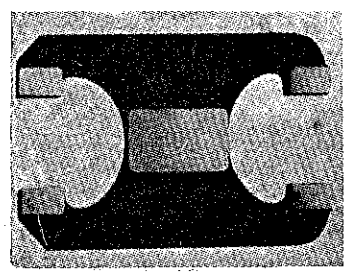


Fig. 3-103 bis. Calibre hembra "pasa" y "no pasa".

80. ¿Qué es un calibre de recepción?

Es un calibre cuyas superficies de medición interiores están dispuestas para verificar un artículo determinado en cuanto a forma y tamaño. En *G* de la figura 3-101 se muestra un ejemplo de este tipo de calibre.

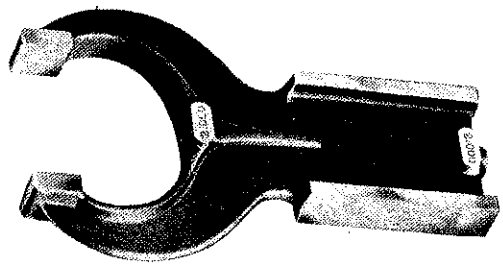
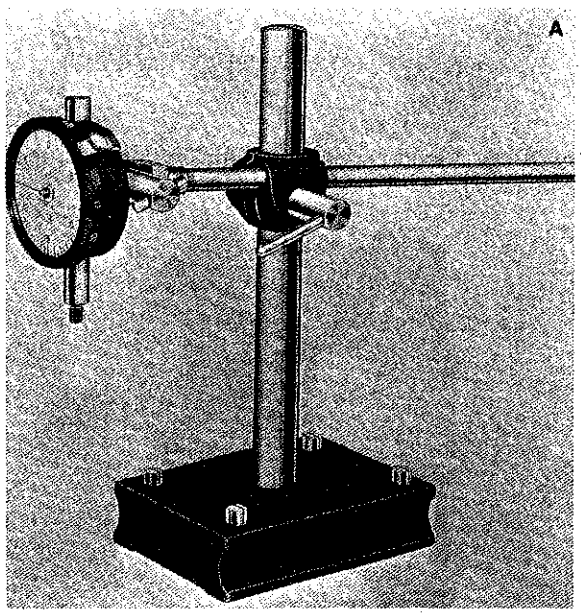


Fig. 3-104. Calibre combinado (Brown & Sharpe Mfg. Co.)



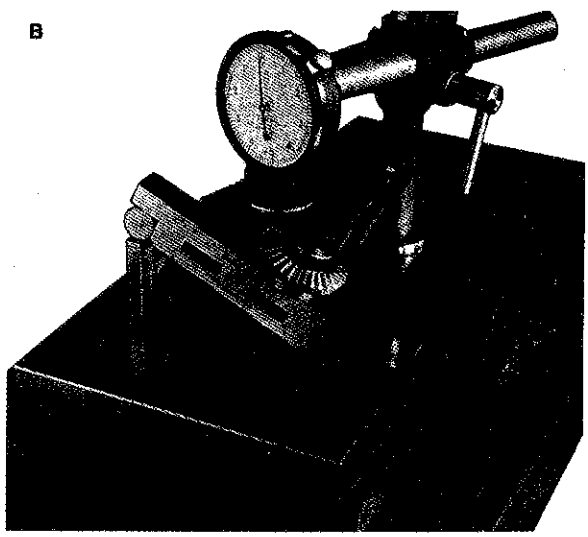


Fig. 3-105. (A) Juego de comprobación con comparador. (B) Aplicación del juego de comprobación con comparador (Federal Products Corp.)

81. ¿Qué es un calibre para conicidades?

Es un dispositivo que consiste en una base sobre la cual hay colocadas dos placas de acero templado, las cuales pueden ajustarse rápidamente a un cono especial o normal, a fin de poder después comprobar otros conos.

82. ¿Qué es un calibre patrón?

El calibre patrón es un duplicado preciso del artículo a medir. Los calibres utilizados por los operarios son comprobados, en lo que a precisión se refiere, mediante el calibre patrón.

83. ¿Qué es un calibre con indicador?

El calibre con indicador es el que exhibe visualmente las variaciones en la uniformidad de las dimensiones o del contorno, viniendo el valor de la variación indicado por una aguja en una esfera o disco graduado. Hay muchos tipos de calibres con indicador y constantemente se vislumbran nuevas aplicaciones de los mismos.

El tipo más común de indicador, o comparador, es el representado en la figura 3-105. Aunque corrientemente en el taller se le conoce con el nombre de *reloj de medida,* la designación más apropiada es la de *juego de comprobación con comparador.* Consiste en una rígida base de acero con ranuras en T en sus superficies superior e inferior, una columna de acero que puede ser firmemente fijada a la base, una pinza ajustable sobre la columna, una varilla soporte del comparador y el comparador propiamente dicho. Este conjunto es de uso general en todos los departamentos de un taller. Una de sus aplicaciones más comunes es la de contribuir a la colocación correcta de una pieza en el plato de cuatro mordazas de un torno.

Los comparadores se fabrican en cinco medidas normales, oscilando entre 1 1/4" y 3 5/8" (32 y 92 mm) de diámetro. El tamaño de las graduaciones sobre la esfera puede variar desde 0,00005" a 0,001" (0,0015 a 0,025 mm). En los comparadores para medidas métricas las divisiones están separadas 2 mm y cada división representa 0,001 mm, siendo 100 el número total de divisiones en toda la periferia de la esfera. Algunos comparadores tienen graduación simétrica, es decir, con divisiones numeradas de 0 a 50 hacia la derecha y de 0 a 50 hacia la izquierda, como en la fi-

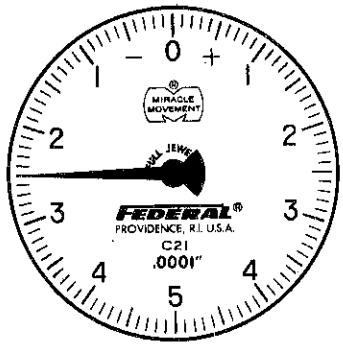


Fig. 3-106. Esfera de comparador de numeración simétrica, sin contador de revoluciones ni doble disco (Federal Products Corp.)

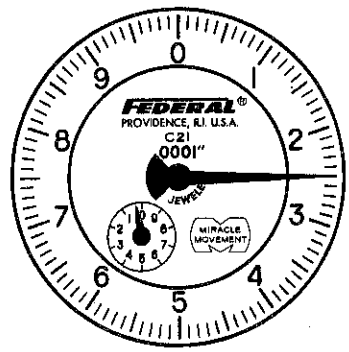


Fig. 3-107. Esfera de comparador de numeración continua, con contador de revoluciones y doble disco (Federal Products Corp.)

gura 3-106. Otros comparadores tienen las graduaciones numeradas consecutivamente de 0 a 100, como en la figura 3-107. Por lo general, los indicadores están dispuestos para que la aguja pueda dar hasta 2 1/2 revoluciones, pero existen algunos que tienen incorporado un contador de revoluciones que indica el número de vueltas (de una a diez) que la aguja da sobre la esfera de numeración continua (fig. 3-107). Otro modelo interesante es el comparador de doble disco, el cual permite fijar el cero en cualquier posición requerida de la periferia del disco, independiente del contador de revoluciones.

84. ¿Qué es la alargadera para la verificación de agujeros con el comparador?

Es un dispositivo (fig. 3-108) que se acopla al vástago del comparador, a fin de poder comprobar interiores y otras superficies que no pueden alcanzarse con el husillo normal del indicador. El brazo horizontal pivota sobre su centro de forma que un movimiento de un extremo dentro de una pieza causa en el otro extremo el correspondiente movimiento hacia la punta de contacto del comparador.

85. ¿Qué es un soporte acodado para comparador?

Es un soporte doblado en ángulo recto (fig. 3-109) diseñado para ser acoplado al vástago del indicador al objeto de transmitir el movimiento perpendicularmente al husillo del mismo. Es útil en espacios pequeños.

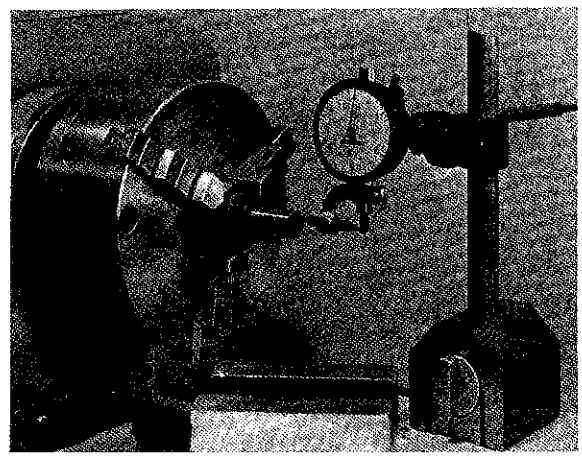


Fig. 3-108. Alargadera para la comprobación de agujeros con comparador (Federal Products Corp.)

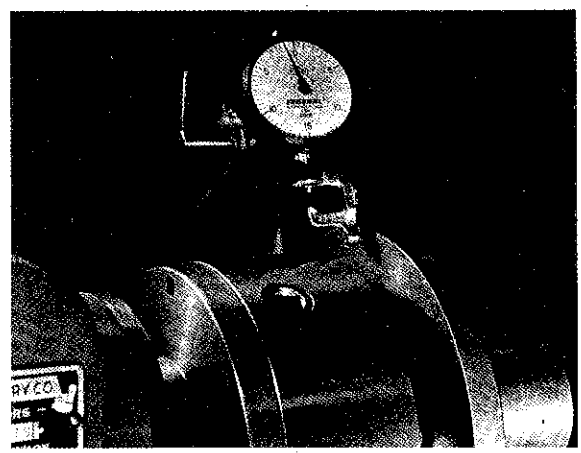


Fig. 3-109. Soporte acodado en ángulo recto para comparador (Federal Products Corp.)

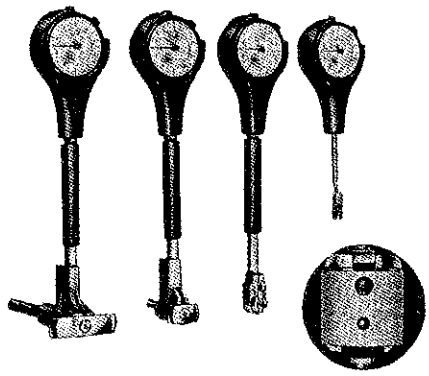


Fig. 3-110. Calibres con indicador para agujeros. El detalle muestra el cabezal del calibre colocado en el agujero que se está comprobando (Federal Products Corp.)

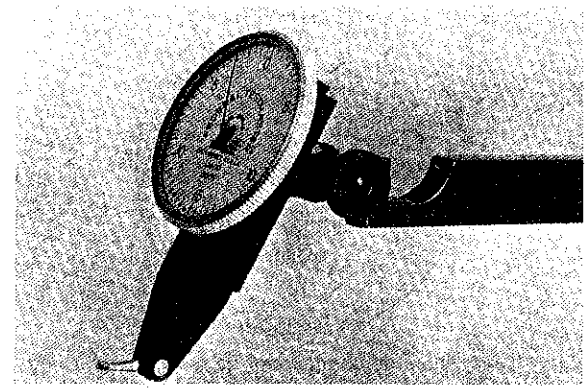


Fig. 3-113. Comparador universal (Federal Products Corp.)

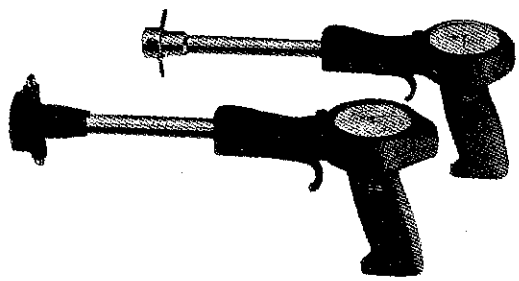


Fig. 3-111. Calibres con indicador para agujeros, provistos de contactos retráctiles (Federal Products Corp.)

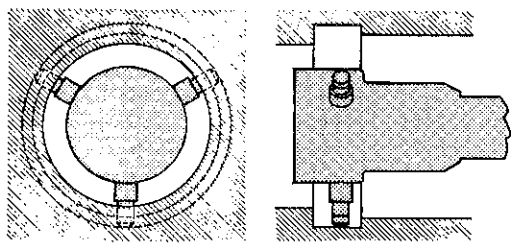


Fig. 3-112. El esquema muestra como los contactos pueden contraerse a fin de que sea posible su paso por una pequeña abertura y luego puedan expandirse para entrar en contacto con el fondo de la ranura de mayor diámetro (Federal Products Corp.)

86. ¿Qué son los calibres con indicador para agujeros?

Son dispositivos de medición que tienen un indicador de reloj incorporado a fin de señalar directamente la medida precisa de un agujero. Los hay disponibles en muchos estilos y tamaños. La figura 3-110 muestra un calibre con indicador montado en varios accesorios, siendo uno de ellos diseñado para comprobar agujeros de diámetro comprendido entre 1,250" y 1,500" (32 y 38 mm). Las dimensiones hasta 2,250" (57 mm) pueden medirse cambiando el cabezal del calibre. Otros modelos de este tipo de calibre tienen capacidades de medición desde 0,500" hasta 12,665" (12,5 a 320 mm).

Otro tipo de calibre para agujeros tiene contactos retráctiles, como en la figura 3-111. Esta característica hace posible la medición precisa del interior de grandes agujeros o refundidos (ver fig. 3-112). La gama individual de cada modelo de este estilo de calibre es mucho más extensa que la gama del modelo representado en la figura 3-110; los modelos pequeños tienen una gama de 0,100" (2,5 mm), y los modelos grandes, una gama de 0,500" (12,5 mm).

87. ¿Qué es el comparador universal?

Es un dispositivo de comprobación (fig. 3-113) que puede usarse para varios tipos de trabajo. La punta, que es lo que se pone en contacto con la superficie de la pieza, puede ajustarse fácilmente con los dedos. El movimiento de la punta se aprecia en la esfera graduada. Las graduaciones en ésta son de 0,001" (0,025 mm) en un modelo y de 0,0001" (0,0025 mm) en otro, o bien, de 0,01 mm. El soporte del comparador universal puede ajustarse en varias posiciones diferentes por medio de la pinza universal que lo sujeta al mango rectangular. Puede fijarse a un gramil, como en la figura 3-114, o a un calibre de alturas, como en la figura 3-115. También puede fijarse a un porta-

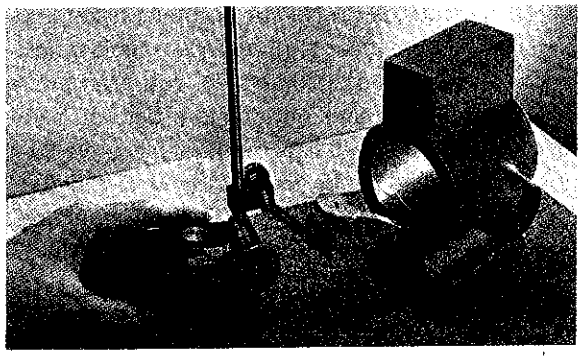


Fig. 3-114. Comparador universal utilizado, junto con un gramil, para verificar una dimensión (Federal Products Corp.)

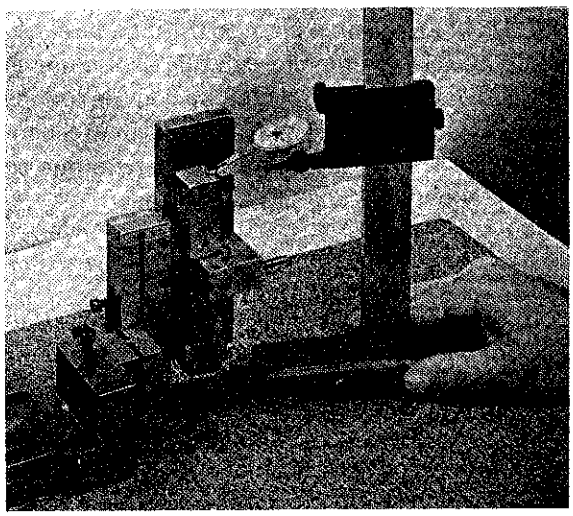


Fig. 3-115. Comparador universal utilizado, junto con un calibre de alturas, para verificar una dimensión (Federal Products Corp.)

herramientas para ajustar o comprobar piezas en el torno, o al husillo de una fresadora (figs. 3-116 y 3-117).

88. ¿Qué es un compás de interiores con indicador?

En la figura 3-118 viene representado un tipo de compás de interiores con indicador. Las graduaciones en la esfera son de 0,010" (0,25 mm), o de 0,1 mm, con una capacidad de medición de 1" a 3" (25 a 75 mm). Debido a la gran magnitud de las graduaciones, y al extenso alcance de medidas, este calibre no mide con tanta precisión como otros tipos de calibres para agujeros, pero

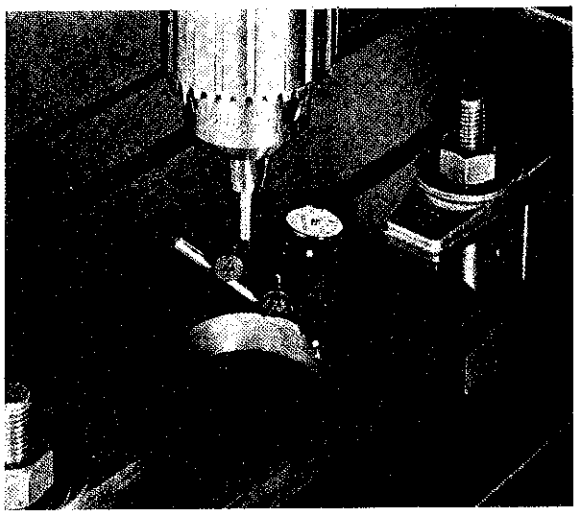


Fig. 3-116. Comparador universal utilizado para alinear un agujero en una fresadora vertical (Federal Products Corp.)

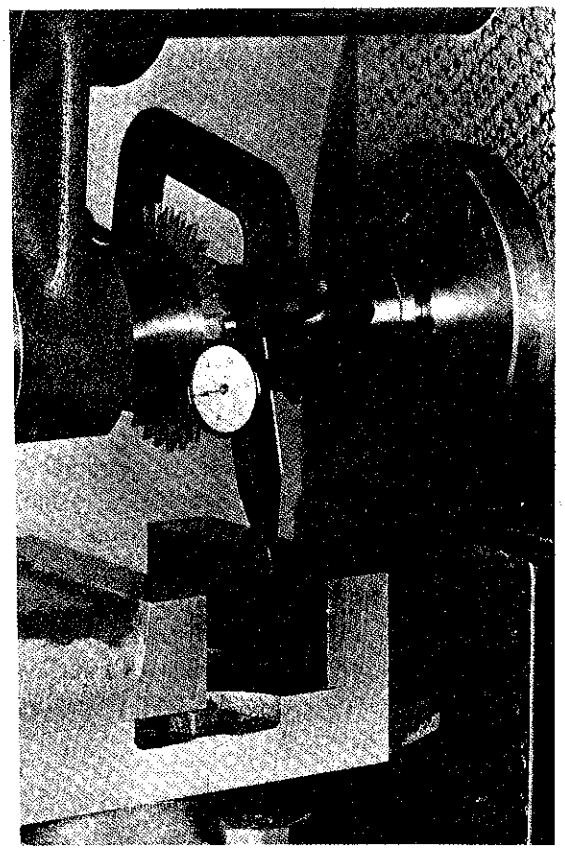


Fig. 3-117. Comparador universal utilizado para alinear una mordaza de fresadora (Federal Products Corp.)

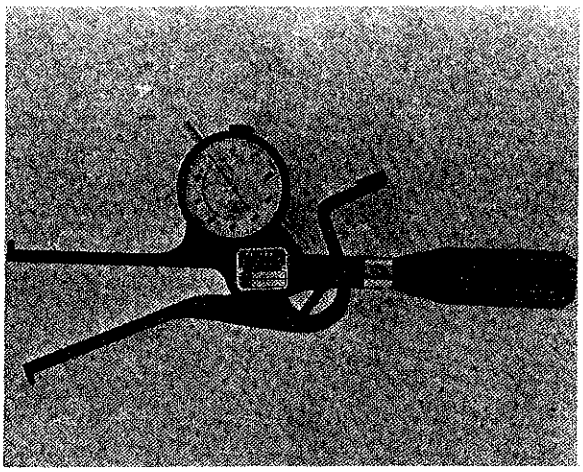


Fig. 3-118. Compás de interiores con indicador (Federal Products Corp.)

es adecuado cuando se requiere una comprobación rápida.

89. ¿Qué es un calibre de horquilla con indicador?

Como puede apreciarse en la figura 3-119, este calibre es de forma similar a la de un calibre de horquilla ordinario, pero tiene la ventaja de indicar en la esfera del comparador la variación exacta respecto a la dimensión requerida de la pieza. El asiento ajustable inferior permite adaptar el calibre con una amplia gama de medición. Los modelos corrientes pueden obtenerse en cinco tamaños con un alcance de medida de 0 a 6" (150 mm). El comparador puede ajustarse a cualquier posición según convenga. Este calibre puede también montarse sobre un soporte plano, como en la figura 3-120.

Otros tipos de calibres de horquilla con indicador son el calibre para una sola finalidad, o fijo, representado en la figura 3-121, y el calibre ajustable con asiento retráctil, de la figura 3-122. Este último es adecuado para medir superficies muy pulimentadas, ya que no las perjudica. La figura 3-123 muestra un respaldo ajustable que facilita la colocación correcta de la pieza sobre el asiento del calibre.

90. ¿Qué es un calibre de espesores con indicador?

Es un tipo de galga de gruesos que pertenece a la variedad de los calibres con indicador (fig. 3-124). Se trata de un calibre de gran utilidad, ya que sirve para verificar el grueso de papeles, plástico, chapas metálicas, cuero, etc. con gran precisión. Las graduaciones en la esfera del comparador son en 0,001" (0,025 mm), o bien, en 0,01 mm, con un alcance de medida de cero a 0,500" (12,5 mm), o bien, de 0 a 10 mm. Otro modelo tiene divisiones en 0,0001" (0,0025 mm) con un alcance de 0,100" (2,5 mm); en la figura 3-125 se muestra un calibre de este tipo aplicado a la medición del diámetro de un redondo metálico.

El calibre o compás de exteriores con comparador representado en la figura 3-126 es también un tipo de calibre de espesores. Por lo general, las graduaciones en la esfera son en 0,010" (0,25 mm), 1/64" (0,4 mm), o bien, en 0,1 mm. La facilidad de manejo y la rapidez con que se efectúa la medición estimulan la comprobación de piezas que de otra forma no serían verificadas. Frecuentemente se diseñan las puntas de manera que se adapten al perfil de una pieza particular.

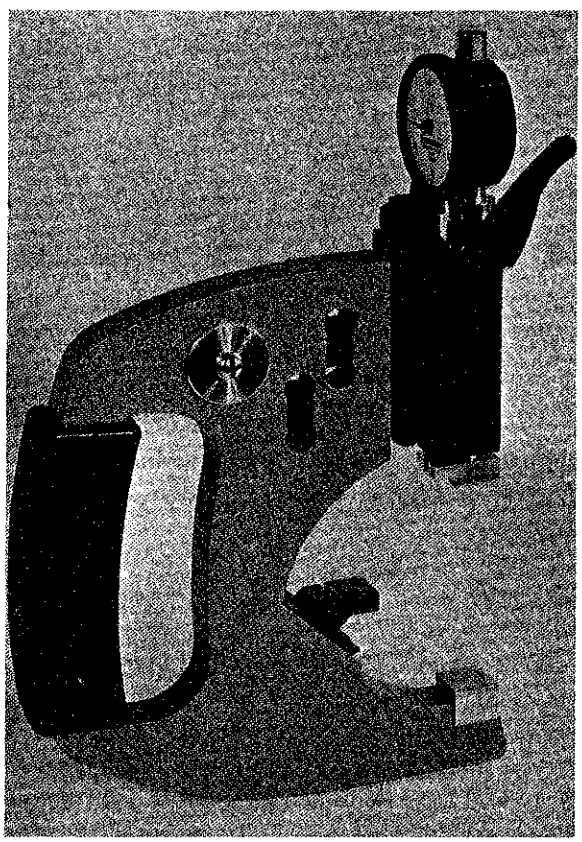


Fig. 3-119. Calibre de horquilla con indicador (Federal Products Corp.)

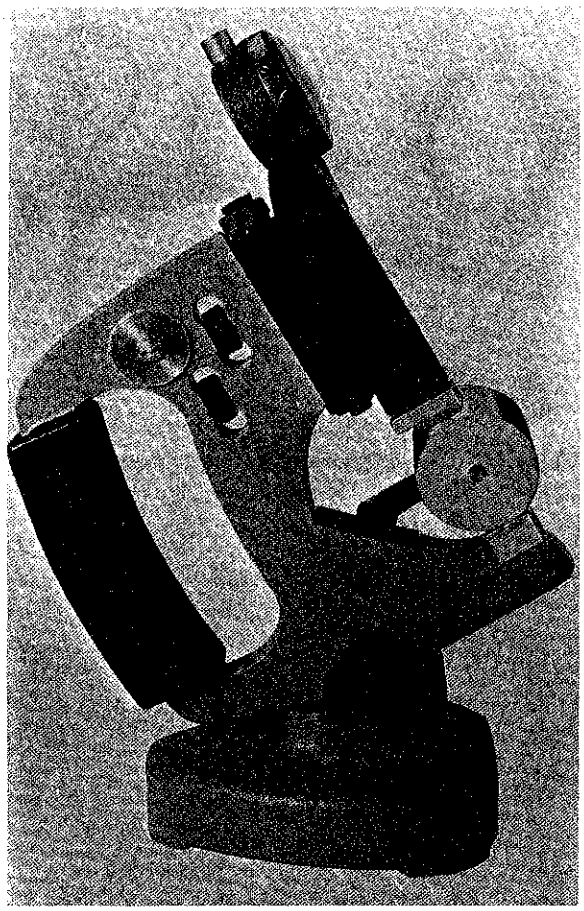


Fig. 3-120. Calibre de horquilla con indicador, montado sobre un soporte plano (Federal Products Corp.)

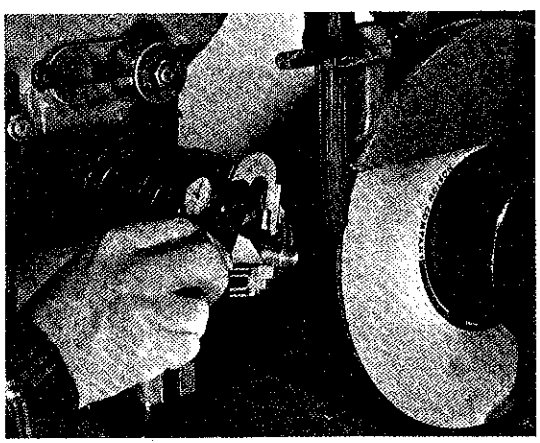


Fig. 3-121. Calibre de horquilla con indicador, tipo fijo (Federal Products Corp.)



Fig. 3-122. Calibre de horquilla con indicador, tipo ajustable con asiento retráctil (Federal Products Corp.)

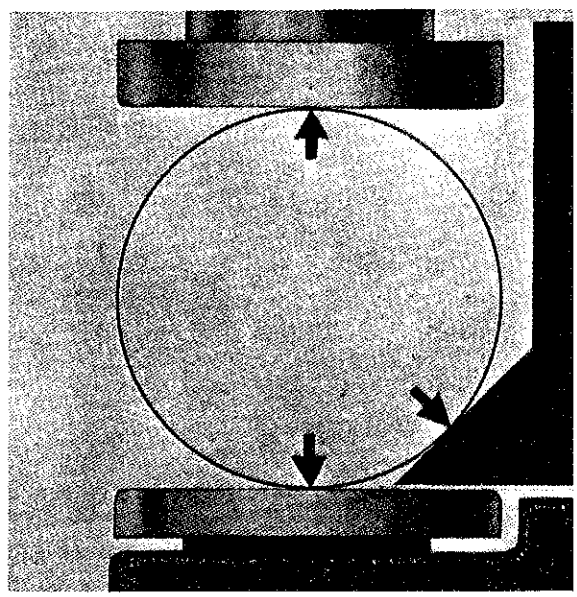


Fig. 3-123. Respaldo ajustable para situar la pieza correctamente entre los asientos del calibre (Federal Products Corp.)

91. ¿Qué es un calibre de profundidades con indicador?

Es un instrumento (fig. 3-127) que sirve para medir con precisión la profundidad de agujeros, ranuras y otros entrantes, efectuándose la medición de una manera positiva y conveniente. Las

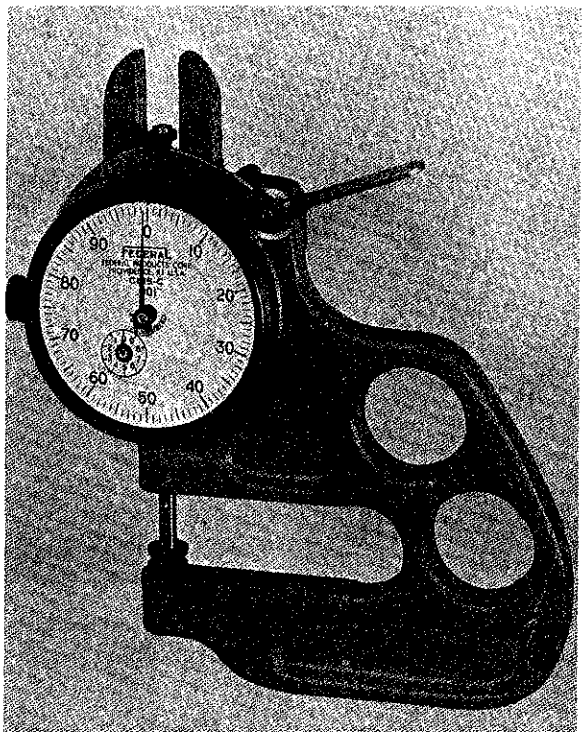


Fig. 3-124. Calibre de espesores con indicador (Federal Products Corp.)

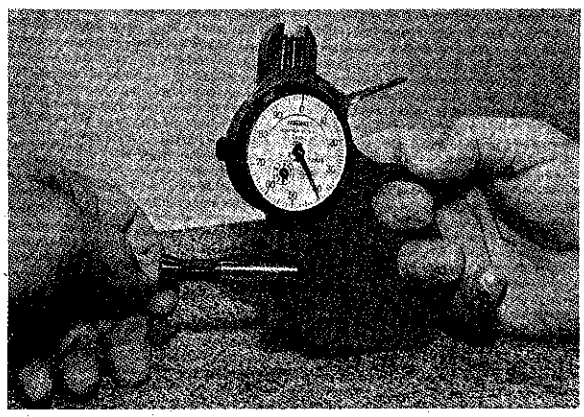


Fig. 3-125. Medición del diámetro de una pieza mediante un calibre de espesores con indicador (Federal Products Corp.)

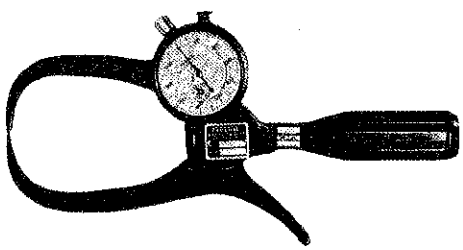


Fig. 3-126. Compás de exteriores con indicador (Federal Products Corp.)

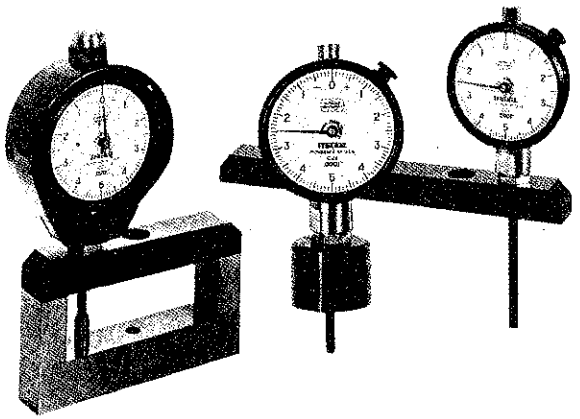


Fig. 3-127. Calibres de profundidades con indicador (Federal Products Corp.)

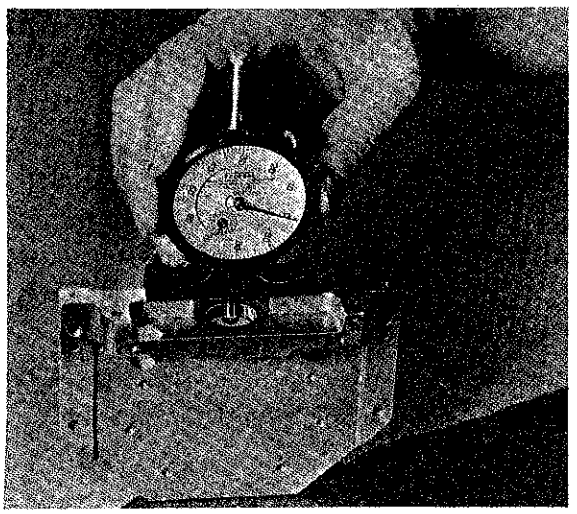


Fig. 3-128. Medición de la profundidad de un rebaje con un calibre de profundidades provisto de comparador (Federal Products Corp.)

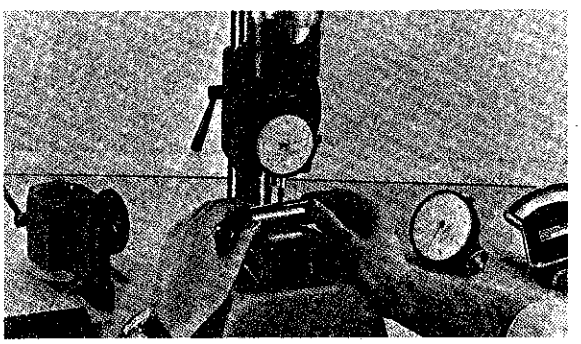


Fig. 3-129. Comparador amplificador (Federal Products Corp.)

graduaciones de la esfera son en 0,001" (0,025 mm), o bien en 0,01 mm, con un alcance de medición de 0 a 3" (75 mm). La figura 3-128 muestra como se mide la profundidad de un rebaje con un calibre de este tipo.

92. ¿Qué es un comparador amplificador?

Es un instrumento (fig. 3-129) que amplifica 10 veces la variación en la medida de dos piezas similares. Al utilizarlo, se coloca un calibre del tamaño requerido debajo de la punta del indicador, y la esfera de éste se sitúa al cero. Luego se saca el calibre y se coloca la pieza a verificar debajo de la punta. Cualquier desviación aparecida en la esfera del comparador indica 10 veces la magnitud del error entre el calibre y la pieza.

93. ¿Qué tipo de elemento de calibrado es considerado universalmente normal en las mediciones de precisión?

Los bloques de calibrado Johansson, llamados tambien *bloques de caras paralelas* o *calas,* son considerados en el mundo como normales para las mediciones de precisión. Miden con un elevado grado de exactitud en millonésimas de pulgada, o en milésimas, diezmilésimas y cienmilésimas de mm, lo cual se consideraba imposible antes de su introducción.

94. ¿Qué son los bloques de caras paralelas o calas?

Los bloques de precisión Johansson o calas (fig. 3-130) son piezas rectangulares de acero de herramientas, aproximadamente de 3/8" (9,5 mm) por 1 3/8" (35 mm) por la dimensión especificada, templado, rectificado y estabilizado, los cuales van acabados con una precisión que alcanza unas pocas millonésimas de pulgada (cinemilésimas de mm) respecto a la medida nominal. Las calas métricas de hasta 10 mm de medida nominal inclusive tienen sección de 30 x 9 mm, y las de más de 10 mm, de 35 x 9 mm. Con el fin de facilitar la composición de medidas de tolerancia para ajustes, hay calas con diferencias negativas (por ejemplo, 2 — 0,003 mm, o sea, 1,997 mm).

95. ¿Cuáles son los problemas que en la industria se han resuelto con el uso de los bloques de caras paralelas o calas?

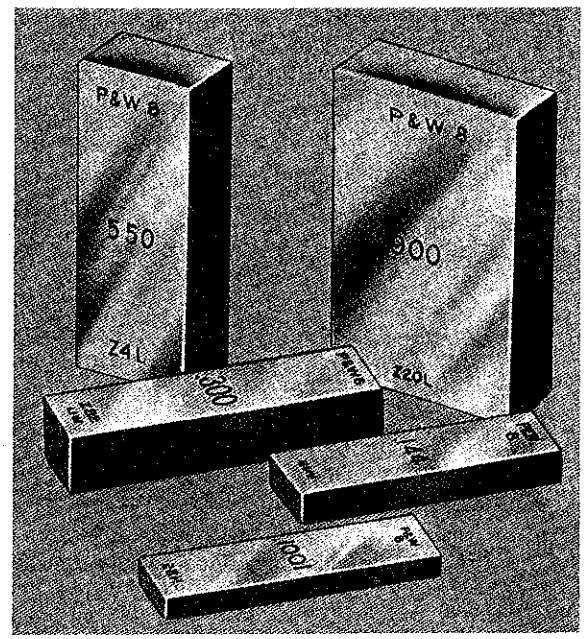


Fig. 3-130. Bloques de calibrado o calas de precisión (Pratt & Whitney Co.)

Los bloques de precisión, o calas, involucran en su fabricación comercial la solución de cuatro problemas metalúrgicos y mecánicos universalmente reconocidos, a saber: superficies planas en el acero, superficies paralelas en el acero, precisión de medida en el acero, y tratamiento térmico y envejecimiento efectivos del acero.

96. ¿Cuáles son las principales características de una superficie plana en el acero?

Se considera como uno de los más importantes logros en mecanización la obtención de una superficie plana en el acero, y, mediante los métodos Johansson, se produce una superficie plana con un grado sumamente fino de acabado, que tiene el aspecto de plata bruñida, la cual se aproxima más al plano perfecto que cualquier otra superficie producida por la mano del hombre. Estas superficies planas pulimentadas, si, estando bien limpias, se hacen deslizar una sobre otra con una ligera presión hacia dentro, quedan adheridas como si estuviesen imantadas. Así han podido sostener un peso de 200 libras (90 Kg) bajo tracción directa, a pesar de ser las superficies de contacto menores de media pulgada cuadrada (3,225 cm^2). Los cientfficos han atribuido la presencia de

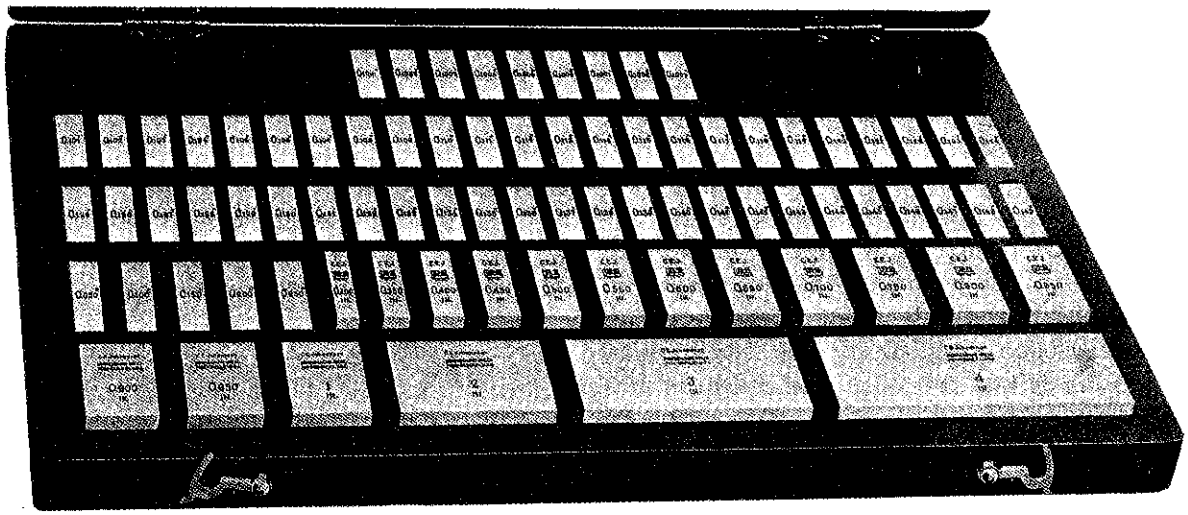


Fig. 3-131. Juego completo de bloques Johansson o calas de precisión (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

este fenómetro a la presión atmosférica, a la atracción molecular y a una delgadísima película de aceite sobre las superficies pulimentadas.

97. ¿Cómo puede demostrarse que las suprficies de las calas de acero son superficies paralelas?

El grado de paralelismo alcanzado en la fabricación de los bloques Johansson o calas queda bien patente por el hecho de que cualquier bloque en una combinación dada puede ser invertido, lo mismo dándole vuelta que haciéndolo girar, sin que quede afectado el paralelismo de las dos superficies extremas de la combinación.

98. ¿Ha sido posible combinar superficies paralelas en acero con medición precisa?

La obtención de una superficie de acero paralela con otra es buena, pero conseguir una superficie paralela a otra situada a una distancia predeterminada con una precisión de millonésimas de pulgada, o cienmilésimas de milímetro, es un logro más notable. Esta consecuencia quedó demostrada al comparar y comprobar con un bloque único una combinación equivalente de bloques de precisión.

99. ¿Cuál es uno de los procesos importantes en la fabricación de calas?

Una operación importante en la fabricación de bloques de calibrado es el envejecimiento del metal. Este debe efectuarse de modo que las tensiones interiores y los esfuerzos dentro del metal queden eliminados. Puede decirse que así las moléculas del acero se hallan en reposo y, debido a ello, puede comprobarse el alabeo o la dilatación usuales.

100. ¿Qué es un juego de bloques de calibrado?

Un juego completo de bloques de calibrado (fig. 3-131) consta de 81 bloques que tienen las superficies planas y paralelas dentro de 0,000008". Junto con los bloques ordinarios, se han diseñado, para ser usados con ellos, un buen número de accesorios. La figura 3-132 muestra un grupo de estos accesorios, incluyendo un bloque de pie, otro de canto recto, trazador, puntas de referencia, soporte ajustable y mordazas de varios tamaños.

Para medidas métricas, las calas normalizadas se fabrican con diferencias máximas de planicidad y paralelismo comprendidas entre $\pm$ 0,2 micras y $\pm$ 0,35 micras. El escalonamiento de los distintos juegos está estudiado con vistas a las necesidades prácticas; un juego interesante (de 57 piezas) contiene calas desde 0,5 hasta 100 mm de longitud.

Otro estilo de bloques de precisión se tiene en los bloques del tipo Hoke, de los cuales se muestra un juego completo en las tres primeras filas de la caja representada en la figura 3-133. Estos

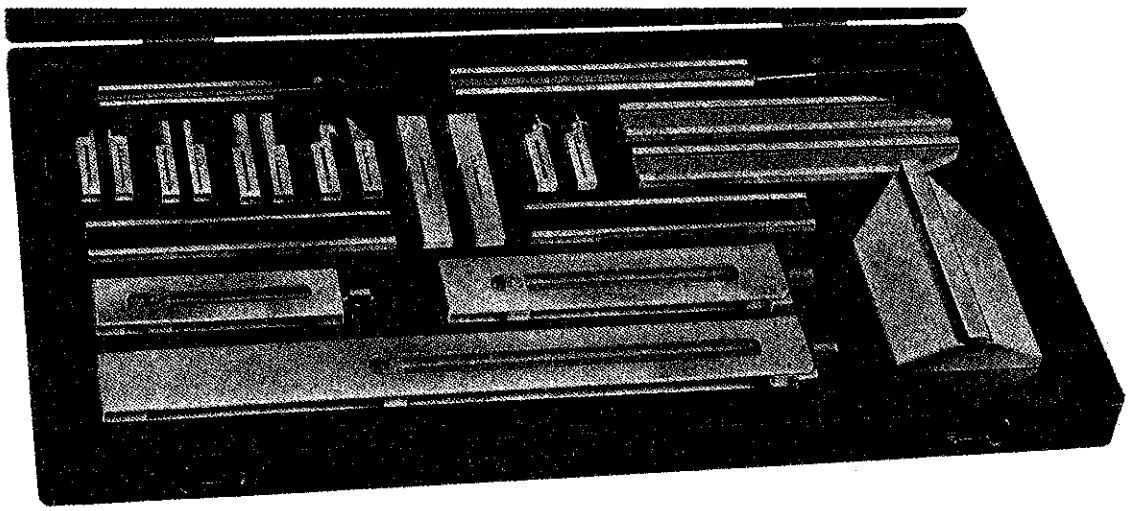


Fig. 3-132. Accesorios para bloques de calibrado (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

bloques son cuadrados de aproximadamente 0,950" de lado (unos 24 mm), variando el espesor en cada uno. En el centro presentan todos un agujero, lo que permite el empleo de varillas interiores de arriostramiento, por medio de las cuales es posible el acoplamiento rápido y compacto de varios accesorios sin necesidad de bridas de fijación. Muchos de estos accesorios se ven en la parte posterior de la caja de bloques de la figura 3-133.

Algunos tipos de bloques tienen agujeros cerca de los extremos al objeto de que puedan juntarse mediante bridas excéntricas después de que los extremos se han puesto en contacto, como en la figura 3-134. Ejemplos de bloques unidos por bridas excéntricas son los que presentan las figuras 3-135 y 3-136.

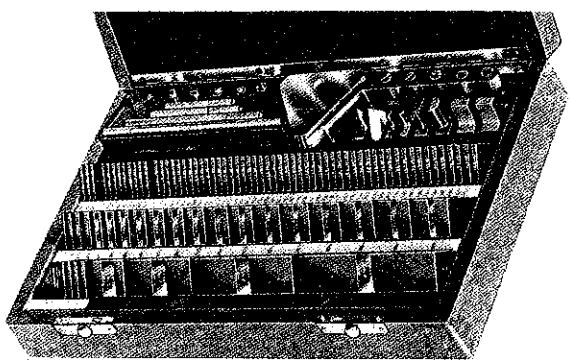


Fig. 3-133. Juego de bloques del tipo Hoke con sus accesorios (Pratt & Whitney Co.)

En la figura 3-137 puede observarse el empleo de bloques de precisión y de un calibre electro-

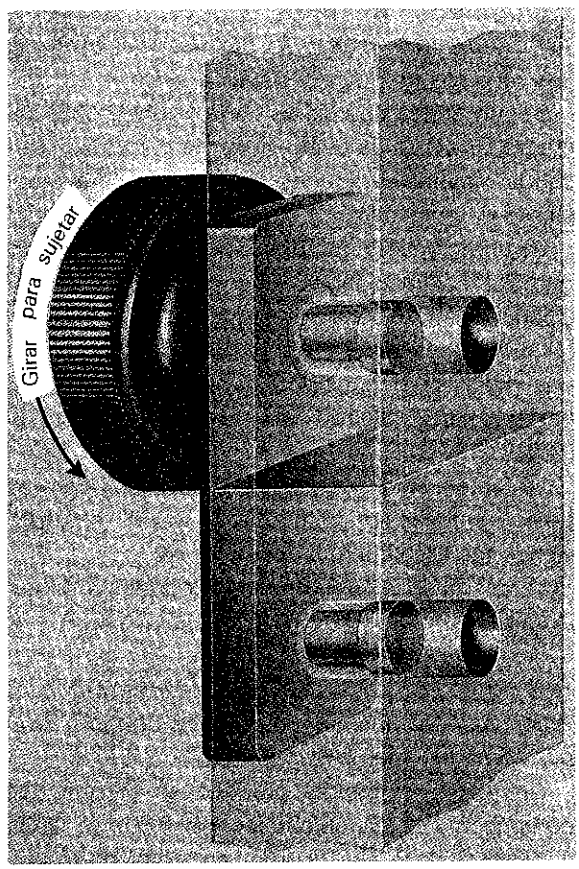


Fig. 3-134. Acoplamiento de bloques con bridas excéntricas (Webber Gage Co.)

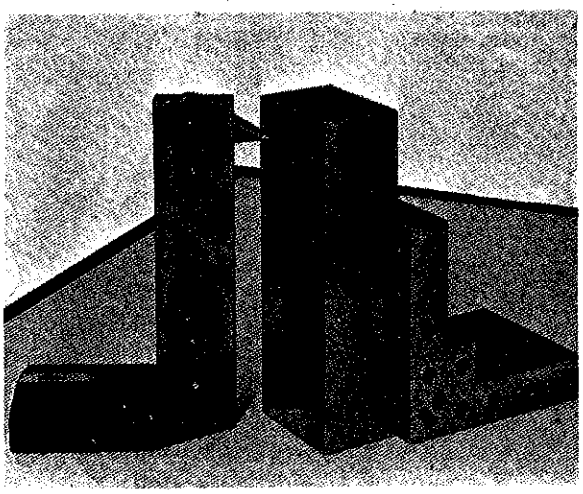


Fig. 3-135. Combinación de bloques para formar un gramil de precisión (Webber Gage Co.)

límite para comprobar la situación de un agujero en un calibre patrón ferroviario.

101. ¿Cuántas series de bloques de calibrado con medidas en pulgadas suelen existir?

Según puede apreciarse en la figura 3-138, son cuatro las series de dimensiones con que se fabrican la mayoría de juegos de bloques para mediciones en pulgadas.

La primera serie comprende 9 bloques con una gama de dimensiones que va de 0,1001" a 0,1009", siendo los escalonamientos de 0,0001".

La segunda serie comprende 49 bloques con una gama de dimensiones que va desde 0,101" hasta 0,149", siendo los escalonamientos de 0,001".

La tercera serie comprende 19 bloques con una gama de dimensiones que va de 0,050" a 0,950", siendo los escalonamientos de 0,050".

La cuarta serie comprende 4 bloques de dimensiones 1", 2", 3" y 4".

102. Para satisfacer las necesidades prácticas, ¿cuál es uno de los juegos de calas con dimensiones métricas más utilizado?

Un juego de interés práctico es el que está compuesto de las siguientes calas: 0,5 mm; 1 mm; 1,005 mm; 1,01 a 1,09 mm, en escalonamientos de 0,01 mm; 1,1 a 1,9 mm, en escalonamientos de 0,1 mm; 1,91 a 1,99 mm, en escalonamientos

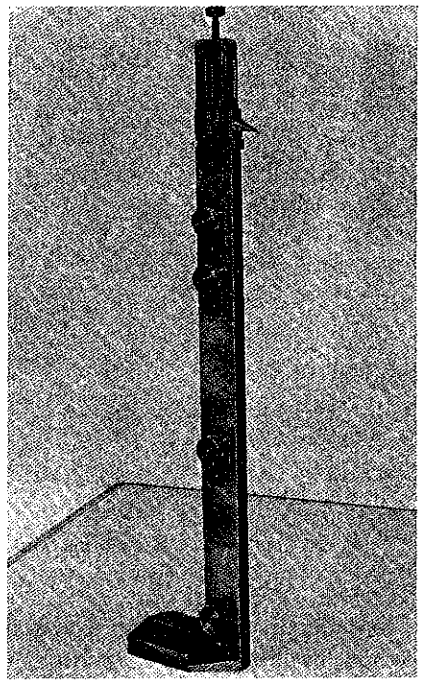


Fig. 3-136. Combinación de bloques para formar un calibre de alturas de gran precisión (Webber Gage Co.)

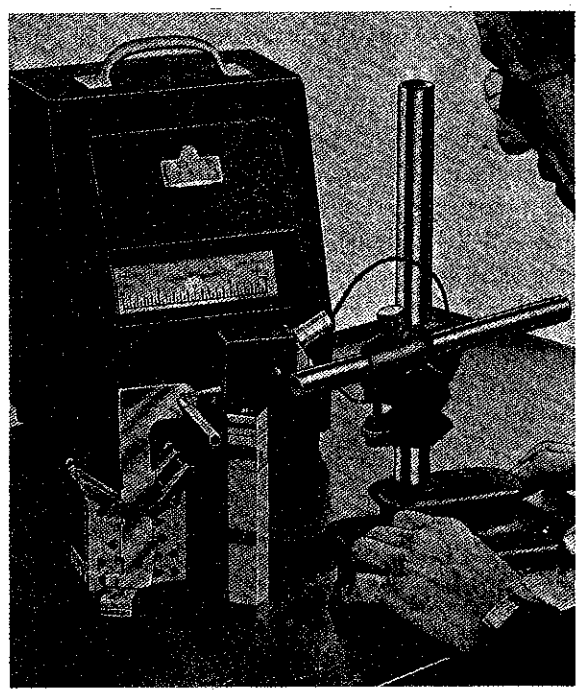


Fig. 3-137. Comprobación de la posición de un agujero con bloques de calibrado y un calibre de alturas electrolímite (Pratt & Witney Co.)

de 0,01 mm; 2 a 25 mm, en escalonamientos de 1 mm; 50 mm; 75 mm, y 100 mm.

103. ¿Qué son los juegos de medidas límite?

Para facilitar la composición de medidas límites correspondientes a los ajustes ISO, existen los llamados juegos de medidas límite, cuyas calas están escalonadas, por ejemplo, en centésimas y milésimas de milímetro, positiva y negativamente, respecto a una medida nominal, por ejemplo, 3 mm. En este juego habría, pues, las calas siguientes: una de 3 mm; nueve desde 3−0,001 a 3−0,009; nueve desde 3+0,001 a 3+0,009; nueve desde 3−0,01 a 3−0,09, y nueve desde 3+0,01 a 3+0,09.

104. ¿Qué se entiende por medida media de una cala?

Es la distancia tomada perpendicularmente entre el punto medio de la superficie de prueba, de un lado de la cala, y el plano de un cuerpo del mismo material y acabado superficial, asentado sobre la superficie opuesta. La diferencia en un punto cualquiera de la superficie es la discrepancia entre la medida en este punto y la medida media.

105. ¿Cómo se combinan corrientemente los bloques o calas?

Los bloques de la tercera serie (fig. 3-138) pueden combinarse con los de la cuarta serie para dar cualquier múltiplo de 0,050" entre 0,050" y 10". La segunda serie se usa para obtener dimensiones que varían en milésimas de pulgada, y la primera serie para obtener dimensiones que varían en diezmilésimas de pulgada.

Por lo que se refiere a calas de dimensiones métricas, pueden combinarse siguiendo el órden de magnitud de los escalonamientos, siempre de menor a mayor, o sea, empezando por las calas de medida en milésimas de mm (si hace falta), siguiendo con las de medida en centésimas, décimas, milímetros enteros, etc.

106. ¿Son todos los bloques o calas de la misma calidad?

No. Los bloques de calibrado en pulgadas se fabrican en tres calidades designadas calidad B,

PRIMERA SERIE

0,1001	0,1002	0,1003	0,1004	0,1005	0,1006	0,1007	0,1008	0,1009

SEGUNDA SERIE

0,101	0,102	0,103	0,104	0,105	0,106	0,107	0,108	0,109	0,110
0,111	0,112	0,113	0,114	0,115	0,116	0,117	0,118	0,119	0,120
0,121	0,122	0,123	0,124	0,125	0,126	0,127	0,128	0,129	0,130
0,131	0,132	0,133	0,134	0,135	0,136	0,137	0,138	0,139	0,140
0,141	0,142	0,143	0,144	0,145	0,146	0,147	0,148	0,149	

TERCERA SERIE

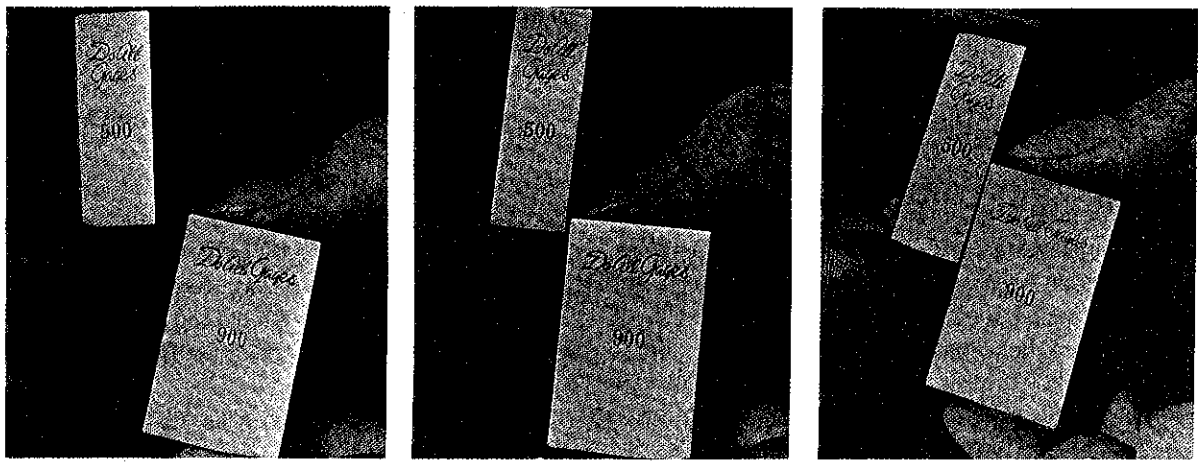
0,050

0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900
0,150	0,250	0,350	0,450	0,550	0,650	0,750	0,850	0,950

CUARTA SERIE

1,000 2,000 3,000 4,000

Fig. 3-138. Series de bloques con dimensiones en pulgadas.



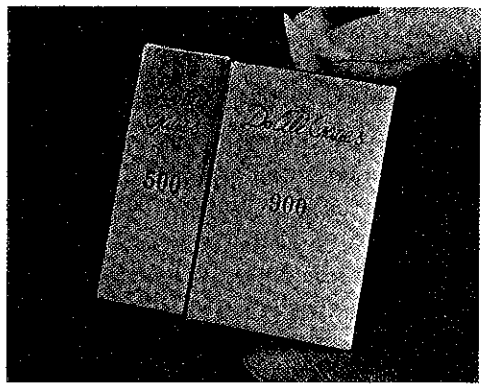


Fig. 3-139. Fases en la unión de dos bloques de precisión (DoAll Co.)

calidad A y calidad AA. A la temperatura de 68° F (20°C), estos bloques tienen la siguiente precisión:

Juego de trabajo (Calidad B) =
= 0,000008" (0,0002 mm)
Juego de inspección (Calidad A) =
= 0,000004" (0,0001 mm)
Juego de laboratorio (Calidad AA) =
= 0,000002" (0,00005 mm)

En las calas para medidas métricas hay establecidos dos grados de calidad para las de gran precisión, un grado de calidad para las de precisión media, y un cuarto grado de calidad (el de menor precisión) para las calas que se usan como medidas de referencia. Las fórmulas para calcular las diferencias admisibles de la longitud o medida media m de la cala son las siguientes ($1\,\mu = 1/1000$ mm):

Grado de calidad I : $\triangle m = \pm \left(0{,}2\ \mu + \frac{m}{200000}\right)$

Grado de calidad II : $\triangle m = \pm \left(0{,}5\ \mu + \frac{m}{100000}\right)$

Grado de calidad III: $\triangle m = \pm \left(1\ \mu + \frac{m}{50000}\right)$

Grado de calidad IV: $\triangle m = \pm \left(5\ \mu + \frac{m}{20000}\right)$

Este último grado de calidad se utiliza exclusivamente cuando se trata de medidas de referencia para máquinas herramientas; la sección de las calas correspondientes es, por lo general, de 15 x 25 mm.

107. ¿Cómo se pone de manifiesto la extrema precisión de los bloques de calibrado o calas?

La extraordinaria precisión de los bloques o calas se pone de manifiesto con las siguientes comparaciones: Un cabello humano tiene aproximadamente 0,003" (0,075 mm) de grueso. El trabajo de mayor precisión en el campo de la mecánica es el que realizan los constructores de utillajes, que operan con calidades de una diezmilésima de pulgada (0,0025 mm), o sea, 30 veces más finas que un cabello humano. Las ondas de la luz tienen aproximadamente una longitud de 16 millonésimas de pulgada (0,0004 mm), la cual es 200 veces más pequeña que el grueso de un cabello y 6,26 veces más fina que la precisión observada por los constructores de utillajes.

Comparando con la precisión de los bloques de calidad AA, que es 0,000002" (0,00005 mm), los valores anteriores son relativamente grandes, pues, según puede apreciarse, la precisión de los bloques es 1500 veces más fina que un cabello humano, 50 veces más fina que la calidad de los trabajos de los constructores de utillajes, y 8 veces más fina que la longitud de una onda luminosa. Por lo que respecta a las calas métricas, basta tener en cuenta que, para una cala de menos de 10 mm de medida media, las diferencias admisibles en los grados de calidad I y II son, respectivamente, $\pm$ 0,2 μ y $\pm$ 0,5 μ .

108. ¿Cómo se procede para efectuar una combinación de bloques que dé una dimensión definida?

Se recomienda lo siguiente:

1. Familiarizarse con el tamaño de los bloques existentes en el juego.
2. Empezar con la cifra de la derecha de la dimensión especificada.
3. Continuar operando de derecha a izquierda.
4. Formar la combinación con el menor número posible de bloques.

Los siguientes ejemplos muestran algunas de las posibles combinaciones para una medida determinada.

En pulgadas:

		0,1008	0,1006	0,1007
	0,1009	0,1003	0,1005	0,1004
0,1001	0,1002	0,139	0,138	0,141
0,149	0,147	0,132	0,133	0,130
0,123	0,124	0,100	0,500	0,600
0,900	0,800	0,700	0,300	0,200
1,2721	1,2721	1,2721	1,2721	1,2721

En milímetros:

1,005	1,005	
1,02	1,02	
1,9	1,3	1,005
10,00	1,6	1,92
19,00	3,00	30,00
50,00	75,00	50,00
100,00	100,00	100,00
182,925	182,925	182,925

Para juntar un bloque a otro, se procede como sigue:

1. Elegir dentro del juego los dos primeros bloques de la combinación.
2. Limpiar y enjugar cada una de las superficies de contacto de los bloques sobre la palma de la mano, con la muñeca o con una pieza de gamuza, y luego poner dichas superficies juntas.
3. Con una ligera presión, hacer deslizar un bloque sobre otro. Si las superficies de contacto están limpias, se adherirán como si estuviesen imanadas.
4. Continuar de esta forma hasta completar la combinación requerida (fig. 3-139).

109. ¿Qué es un comparador para bloques o calas?

Es un instrumento electrónico (fig. 3-140) diseñado para calibrar piezas y calas patrón con referencia a otros patrones, hasta una precisión de varias millonésimas de pulgada, o cienmilésimas de milímetro.

110. ¿Qué es una regla de senos?

La regla, o galga, de senos (fig. 3-141) está constituida por una regla de acero templado y rectificado, en la cual se han fijado dos discos o botones del mismo material y de igual diámetro uno respecto al otro. Para que los cálculos puedan realizarse con mayor facilidad, la distancia entre centros de los botones es de 5, 10 ó 20 pulgadas (125, 250 ó 500 mm). Los cantos o aristas longitudinales de la regla deben ser paralelos a la línea de centros de los dos botones. La regla de senos se usa siempre conjuntamente con una superficie perfectamente plana, como, por ejemplo, un mármol (fig. 3-142), desde la cual se toman las medidas. La regla de senos recibe este nombre por el hecho de que, al ajustarla a un ángulo requerido, como en la figura 3-143, la dimensión *AB* se calcula multiplicando el seno de dicho ángulo por la longitud de la regla.

111. ¿Cuáles son las principales aplicaciones de la regla de senos?

La regla de senos puede usarse para ajustar una pieza al ángulo requerido. En la figura 3-143, el botón de un extremo de la regla es elevado por

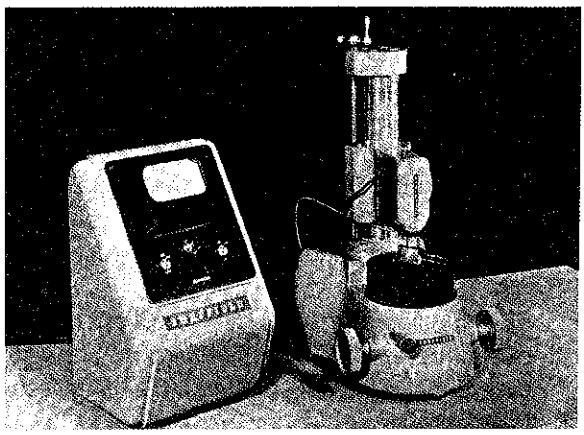


Fig. 3-140. Comparador electrónico de gran precisión para el calibrado de calas (Sheffield Corp.)

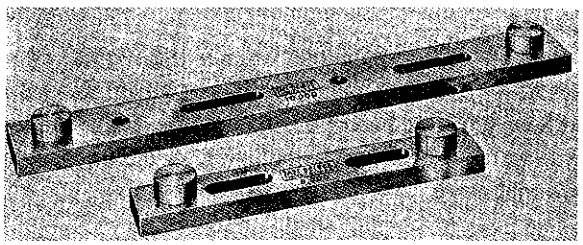


Fig. 3-141. Reglas de senos (Taft-Peirce Mfg. Co.)

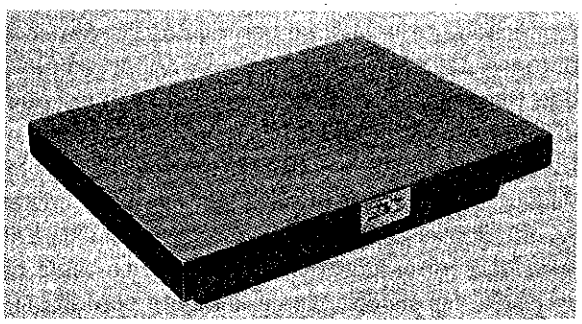


Fig. 3-142. Mármol de granito (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

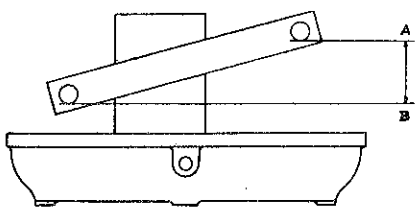


Fig. 3-143. La distancia *AB* es igual al seno del ángulo multiplicado por la longitud de la regla de senos.

encima del otro extremo en una altura igual al seno del ángulo en cuestión, multiplicado por la longitud de la regla. En este caso, el ángulo es 32° 29′, y la longitud de la regla, 125 mm; por tanto, la diferencia de alturas de los dos botones de la regla es igual al seno de 32° 29′, que es 0,53705, multiplicado por 125, lo que da 67,13 mm. La regla de senos puede ajustarse en posición utilizando calas o con la ayuda de un calibre vernier de alturas (fig. 3-144).

También puede usarse la regla de senos para determinar la medida de un ángulo. La distancia vertical entre los botones de la regla de senos de 125 mm de la figura 3-145 resulta ser 84,153 mm; dividiendo esta magnitud por 125, se tiene que el seno del ángulo requerido es 0,67321, el cual, examinando la tabla de senos, se ve que corresponde a un ángulo de 42°40′.

112. ¿Qué son los bloques angulares?

Los bloques angulares (fig. 3-146) son piezas planas de acero templado que miden 4″ (100 mm) en la base y 5/8″ (16 mm) de espesor. Un juego completo comprende 16 bloques angulares con ángulos de:

Serie de grados	**1°**	**3°**	**5°**	**15°**	**30°**	**45°**
Serie de minutos	**1′**	**3′**	**5′**	**20′**	**30′**	
Serie de segundos	**1″**	**3″**	**5″**	**20″**	**30″**	

113. ¿Qué ventaja presentan los bloques angulares comparados con la regla de senos?

La fijación de un ángulo de precisión ofrece siempre dificultades debido a que es necesario

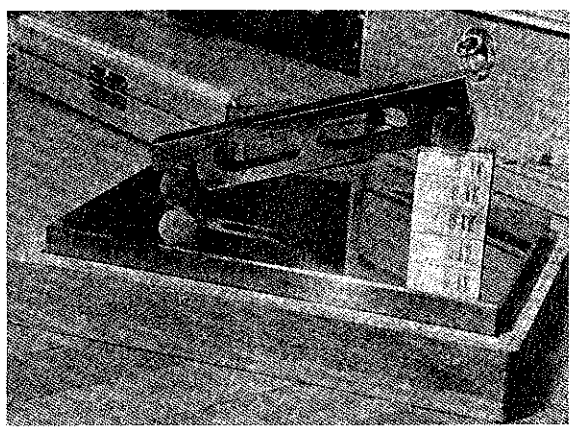


Fig. 3-144. La regla de senos puede ajustarse a un ángulo utilizando calas de precisión (DoAll Co.)

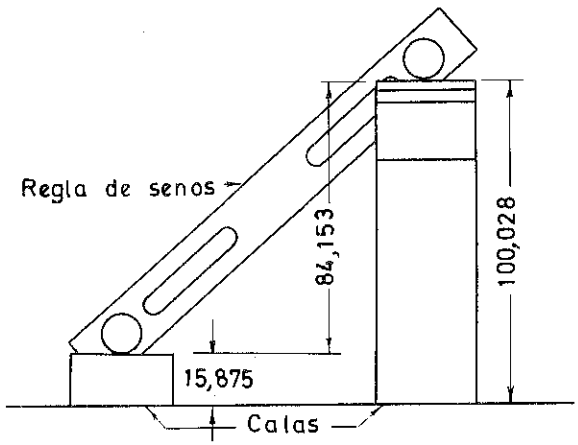


Fig. 3-145. El ángulo al cual es ajustada la regla de senos puede determinarse conociendo la distancia vertical entre los dos botones de la regla.

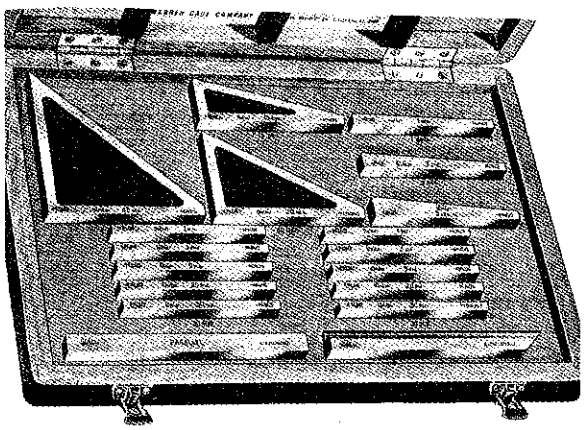


Fig. 3-146. Juego de bloques angulares (Webber Gage Co.)

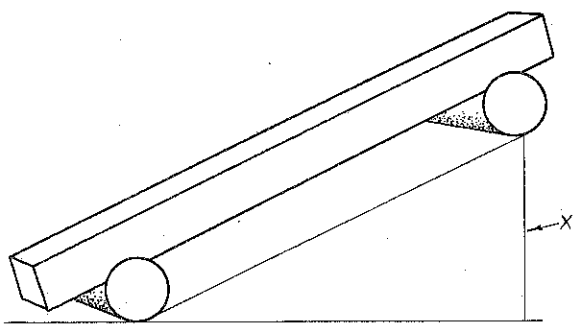


Fig. 3-147. Diagrama para un problema de regla de senos.

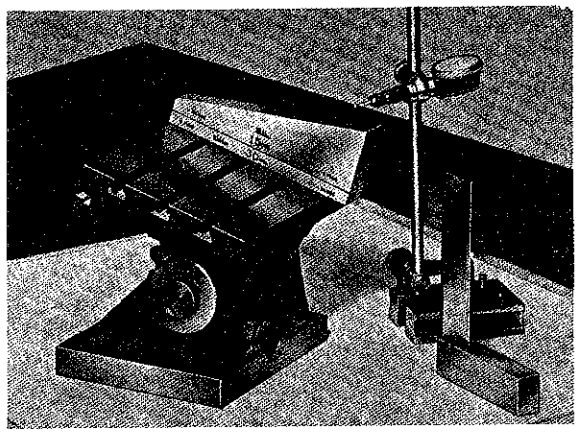


Fig. 3-148. El ángulo de una mesa inclinable es ajustado con precisión mediante bloques angulares y un comparador universal montado en un gramil (Webber Gage Co.)

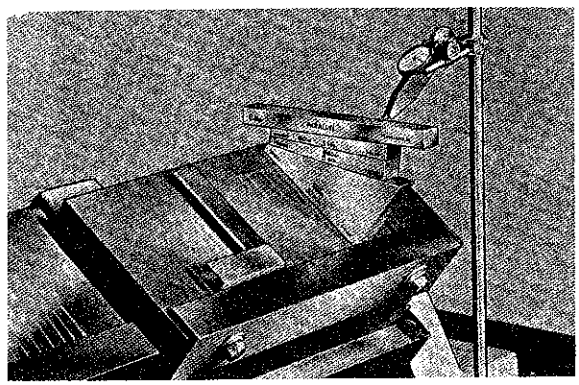


Fig. 3-149. Ajuste de un plato magnético mediante una combinación de bloques angulares (Webber Gage Co.)

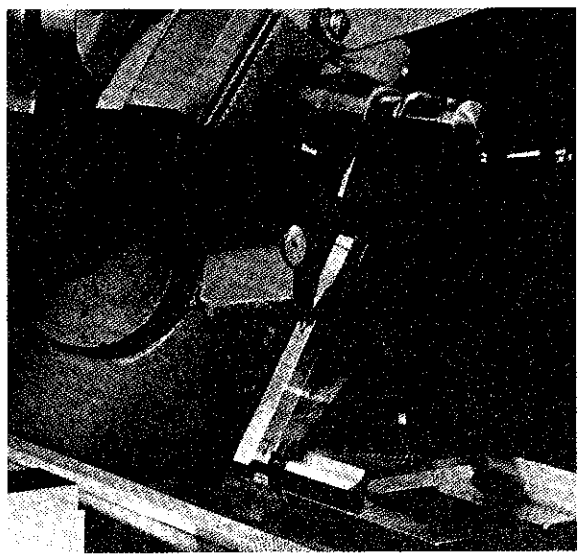


Fig. 3-150. El portaherramienta de una limadora es ajustado con precisión a un ángulo requerido empleando bloques angulares (Webber Gage Co.)

emplear fórmulas trigonométricas junto con la regla de senos. La dificultad principal estriba en la dimensión *X* (fig. 3-147), la cual a menudo se obtiene con un valor de muchas cifras decimales. Las calas sólo pueden aproximar este valor. Por ejemplo, para medir 44°30′ por el método de la regla de senos, empleando una regla de 125 mm, se requieren las siguientes operaciones:

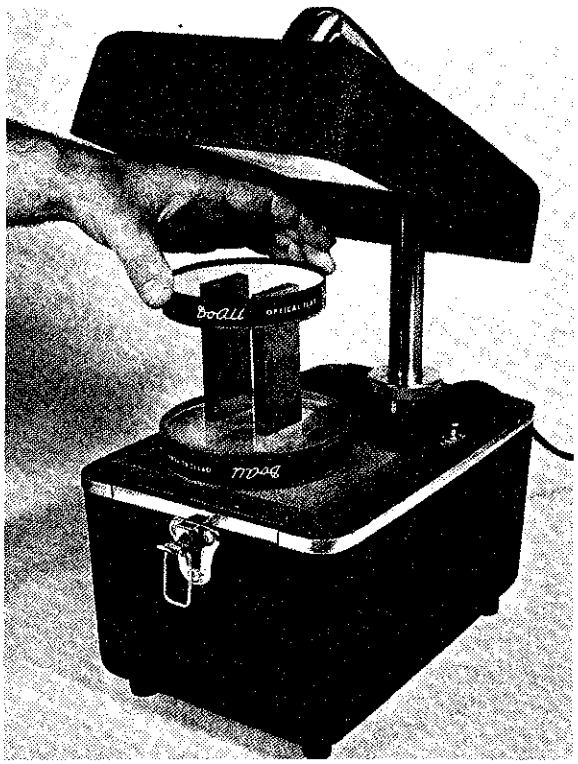


Fig. 3-151. Planos ópticos (DoAll Co.)

Seno del ángulo 44°30′ = 0,7009093
Para la dimensión *X*, multiplicar por 125 =
= 87,6136625
Disponiendo de un juego de calas a la centésima de mm, podríamos ajustar la medida a 87,614 mm, con un error por exceso de 0,0003375 mm.

Este error no puede eliminarse operando con la regla de senos; sin embargo, puede eliminarse empleando bloques angulares. Con estos bloques, el de 45° se pone en contacto con el de 30′ de

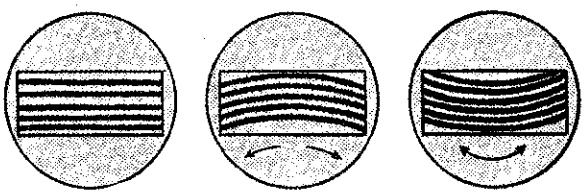


Fig. 3-152. Los tipos de las franjas que aparecen a través de los planos ópticos indican el grado de precisión (DoAll Co.)

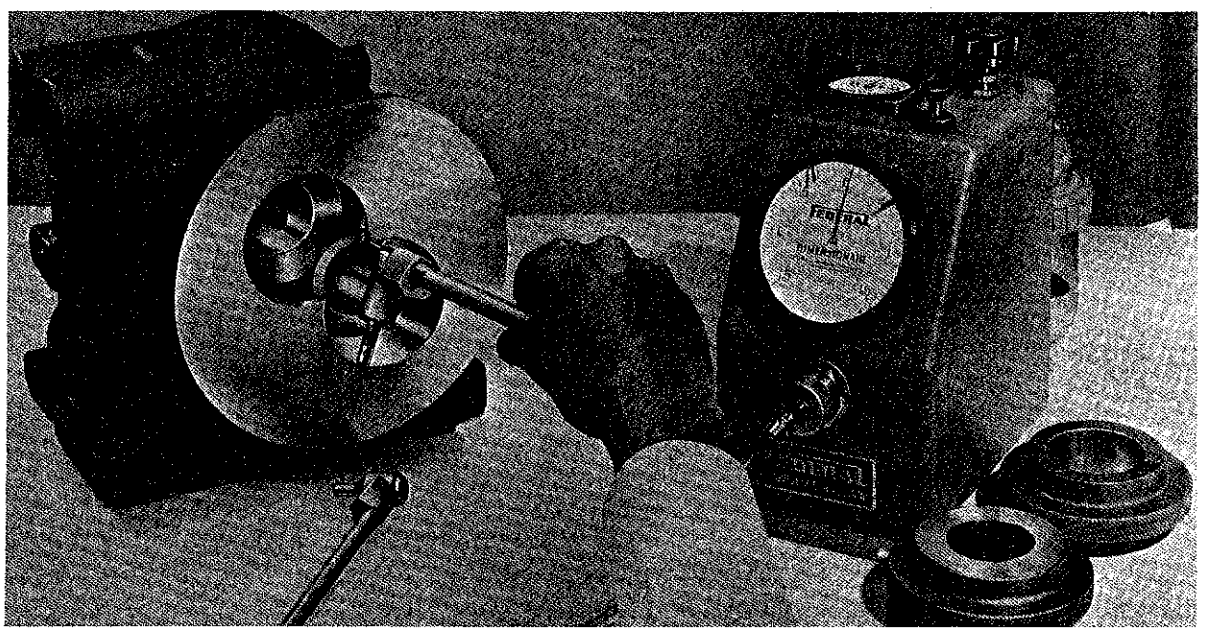


Fig. 3-153. Calibre neumático (Federal Products Corp.)

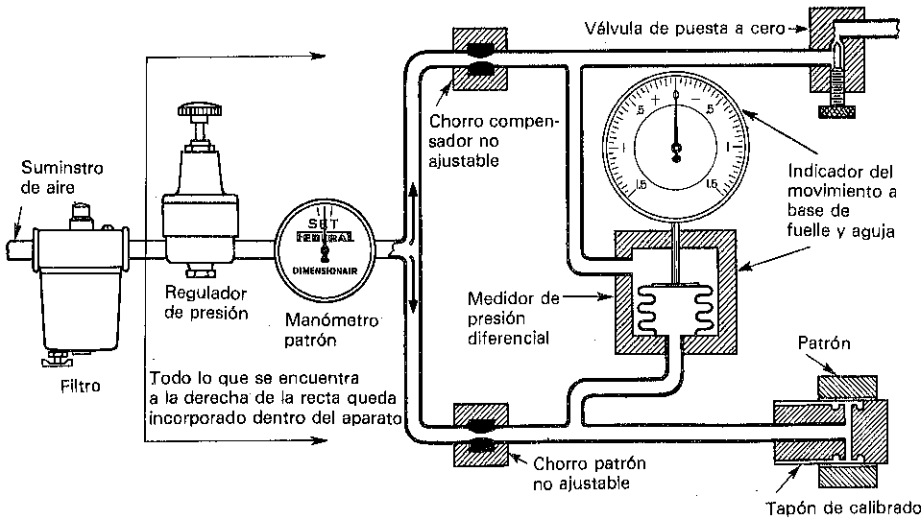


Fig. 3-154. Principio de funcionamiento del calibre neumático (Federal Products Corp.)

forma que sea la cara más del primero la que esté junto a la cara menos del segundo; así se tiene un ángulo de 44°30'. Esto representa un procedimiento sencillo, y lo que es más importante, es absolutamente preciso.

Un juego completo de 16 bloques angulares permite combinar 356.400 ángulos de segundo en segundo, con una precisión medida en millonésimas partes de la circunferencia. A primera vista, esta facilidad de medir centenares de miles de ángulos con un número tan reducido de bloques, parece imposible. Sin embargo, al descubrir que estos ángulos pueden medirse tanto por sustracción como por adición, se ve que ello no ofrece dificultades.

En las figuras 3-148 a 3-150 se muestran algunas aplicaciones de los bloques angulares.

114. ¿Qué son los planos ópticos?

Los planos ópticos (fig. 3-151) son discos de cuarzo transparente o vidrio especial que tienen superficies extremadamente planas y paralelas. Se fabrican en medidas desde 1" a 16" (25 a 400 mm) de diámetro, y existen varios grados de precisión o planicidad que oscilan desde una a ocho millonésimas de pulgada (0,025 a 0,2 micras). Cuando el plano óptico descansa sobre la superficie a comprobar bajo la luz amarilla del helio, llamada fuente luminosa monocromática, aparecen franjas que pueden ser paralelas y uniformemente

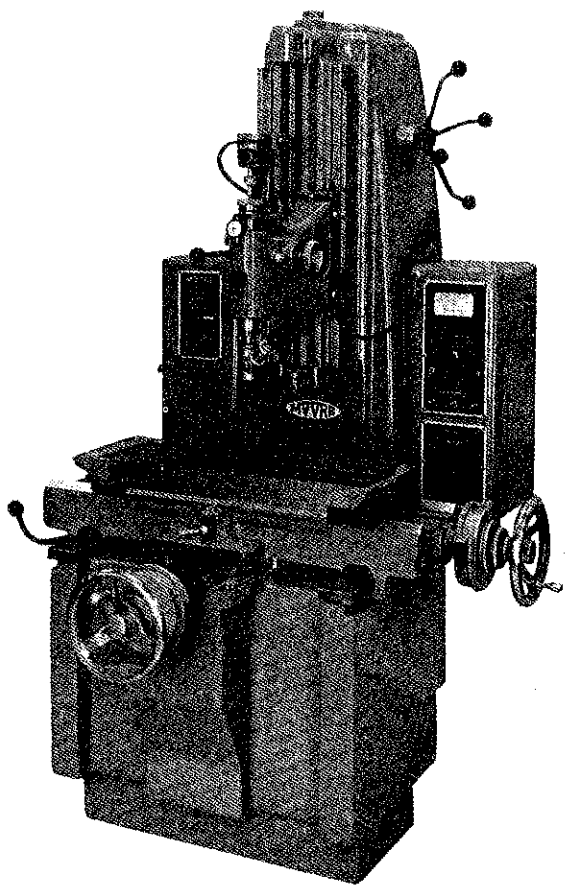


Fig. 3-155. Máquina de medir de precisión (Moore Special Tool Co., Inc.)

espaciadas y que entonces indican que la superficie es plana. Las franjas curvas indican una superficie convexa o cóncava (fig. 3-152). Siendo la longitud de onda de la fuente luminosa de 23,2 millonésimas de pulgada (0,590 micras), es posible medir y determinar variaciones en los bloques de calibrado o calas y en muchos otros tipos de piezas y útiles de precisión.

115. ¿Qué es un calibre neumático?

Es un dispositivo de calibrado (fig. 3-153) que efectúa mediciones o comparaciones funcionales mediante la indicación del escape de aire entre los chorros de unas toberas neumáticas y la pieza, o mediante la indicación del movimiento del aire al pasar por la propia pieza. Este tipo de calibre es considerado un comparador por el hecho de que el ajuste original y la verificación se realizan comparando con calibres patrones de precisión conocida, tales como las calas. La figura 3-154 muestra los principios de construcción y funcionamiento de un calibre neumático.

116. ¿Qué es una máquina de medir?

La figura 3-155 representa una máquina de medir extremadamente precisa adaptada a una máquina de taladrar o rectificar con plantilla; se ha omitido el mecanismo para sujetar y accionar las herramientas de corte. La máquina de medir es utilizada con el único objeto de medir y verificar la precisión dimensional hasta dentro de menos de una diezmilésima de pulgada (2,5 micras). Para los movimientos de avance longitudinal y transversal de la mesa hay unos tornillos de precisión especialmente diseñados, los cuales van equipados con grandes limbos graduados provistos de nonius, lo que hace posible la inspección eficiente de las piezas de precisión.

4. BROCAS Y PROCESOS DE TALADRADO

La ejecución de un agujero en una pieza puede ser, en algunos casos, una operación sencilla, pero en el taller mecánico suele constituir un trabajo importante y preciso. Han sido diseñadas un gran número de herramientas y de máquinas con el fin de que los taladros puedan ser practicados rápida, económica y adecuadamente en toda clase de materiales.

Todas las herramientas mencionadas en este capítulo se usan en las máquinas de taladrar o *taladradoras.* La taladradora es la segunda máquina herramienta conocida por órden de antigüedad, habiendo sido inventada poco después del torno, y probablemente es la máquina más usada en el taller. Puede clasificarse en tres grupos generales: de husillo vertical, de varios husillos o taladradora múltiple, y de husillo radial o, simplemente, taladradoras radiales. Las máquinas de taladrar verticales se construyen en tres tipos: corrientes, sensitivas y pesadas.

1. ¿Qué es una taladradora vertical corriente?

La máquina de taladrar de husillo vertical, tipo corriente (fig. 4-1), está constituida por una columna principal unida a una base; una ménsula amordazada a la columna sirve de soporte a la mesa. La ménsula o brazo puede girar alrededor de la columna según un ángulo de 90°, a derecha o a izquierda; también puede deslizarse hacia arriba o hacia abajo y puede sujetarse firmemente en cualquiera de las posiciones que consienten los movimientos mencionados. Asimismo, la mesa puede girar sobre su centro hasta la posición deseada y, entonces, enclavarse en la misma. La columna sostiene también el mecanismo de accionamiento, el cual incluye una transmisión a velocidad variable, el mecanismo de inversión, el soporte del husillo y el husillo, y un mando de avance automático. El husillo puede ajustarse a la altura deseada sobre la columna y enclavarse en el punto deseado.

Este tipo de taladradora es una máquina para trabajos en general, la cual puede usarse para todas las clases de taladrado, escariado, avellanado, refrentado, roscado y lapeado. Las piezas grandes se fijan corrientemente a la mesa mediante bridas y pernos en T. Las piezas pequeñas se sujetan con un tornillo de mordazas que puede fijarse a la mesa, aunque, para piezas realmente pequeñas, a veces el tornillo se mantiene estacionario sujetándolo firmemente por su mango.

2. ¿Qué es una máquina de taladrar sensitiva?

Es una taladradora ligera (fig. 4-2) que es más adecuada que una taladradora de mayor capacidad para operaciones tales como lapeado y taladrado de agujeros pequeños a gran velocidad. Estas máquinas no tienen mecanismos de avance automático, por lo que esta operación debe ser efectuada a mano. La mesa inferior y el husillo pueden ajustarse a la altura requerida. La mesa cuadrada superior puede inclinarse para el taladrado angular y puede girar para situarla fuera de la trayectoria de la broca cuando deben taladrarse piezas de gran longitud.

Otro tipo de taladradora sensitiva es el modelo de banco representado en la figura 4-3. El cabezal, junto con el husillo, pueden subir y bajar a lo largo de la columna cilíndrica cuando la broca es llevada a establecer contacto con la pieza.

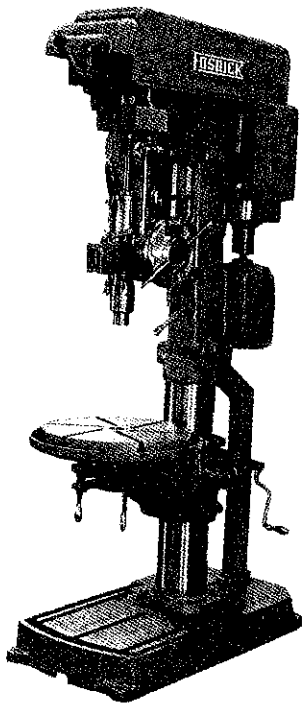


Fig. 4-1. Taladradora vertical corriente con transmisión por engranajes (Fosdick Machine Tool Co.)

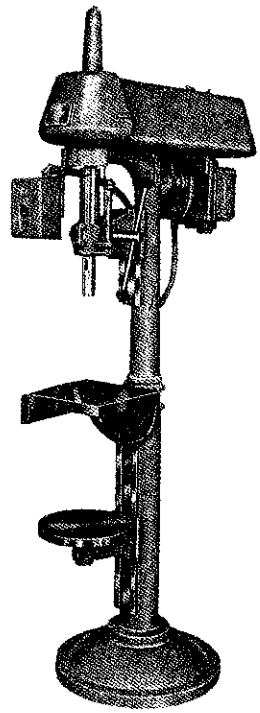


Fig. 4-2. Taladradora sensitiva (Cincinnati Lathe & Tool Co.)

3. ¿Qué es una taladradora pesada?

Es una máquina potente (fig. 4-4) diseñada para taladrar grandes agujeros, aunque puede usarse para cualquier clase de trabajo de taladrado. Tiene una plataforma ajustable fuertemente sujeta a la parte anterior de la columna y que se apoya sobre un tornillo también ajustable. Las velocidades del husillo son 12, desde 60 a 1000 rpm; los avances son en número de 9. Los giros de avance y de retroceso, así como la posición de paro del husillo, son controlados por la palanca situada en el lado izquierdo de la máquina. El husillo tiene su alojamiento adaptado al cono Morse no. 4.

4. ¿Qué es una taladradora múltiple de husillos independientes?

Es una máquina que comporta una gran base para sostener una larga mesa. Como puede verse en la figura 4-5, la parte superior de la base, o bastidor, permite que sea posible el montaje de varios husillos, siendo cada uno de éstos accionado por su motor individual directamente conectado. La mesa tiene una regata en su contorno para

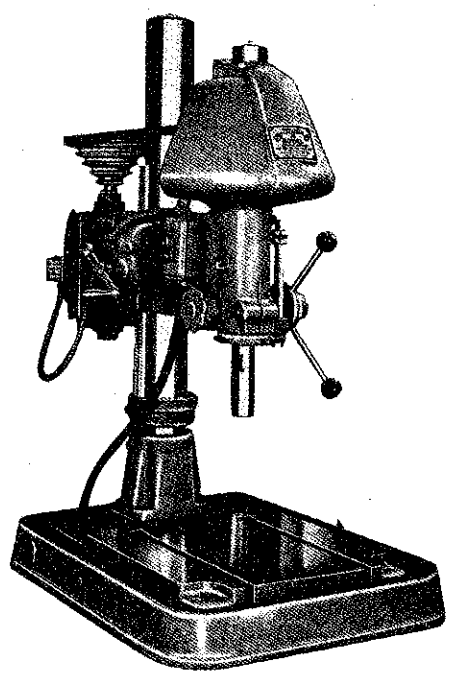


Fig. 4-3. Taladradora sensitiva sobre banco (Cincinnati Lathe & Tool Co.)

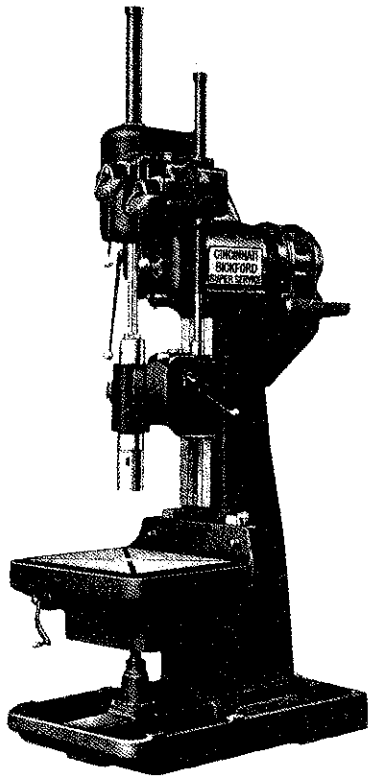


Fig. 4-4. Taladradora pesada (Cincinnati Bickford Tool Co.)

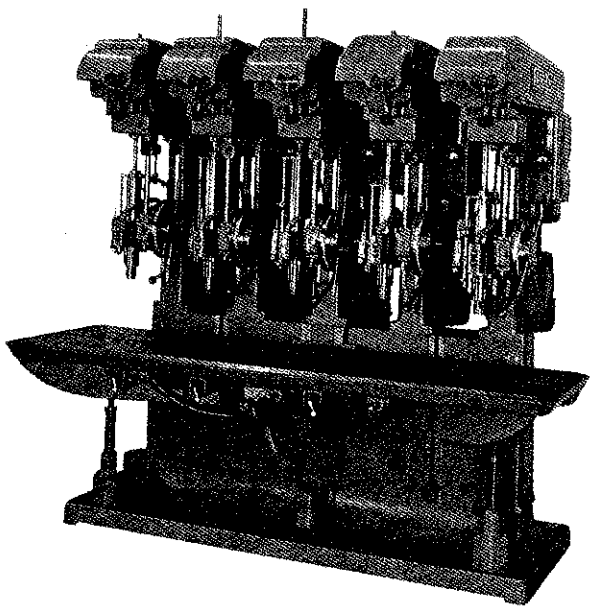


Fig. 4-5. Taladradora múltiple de husillos independientes (Fosdick Machine Tool Co.)

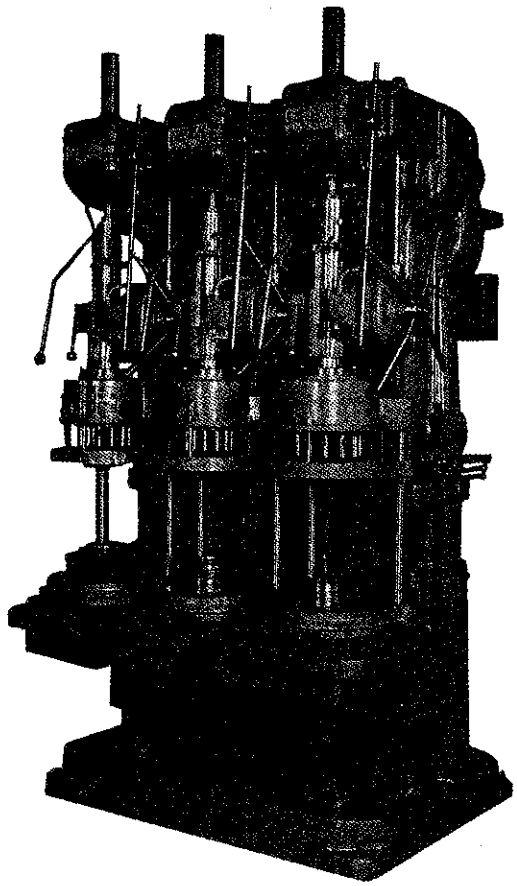


Fig. 4-6. Taladradora múltiple con cabezales de varios husillos (Cincinnati Bickford Tool Co.)

el retorno del lubricante de corte y ranuras en T en su superficie para facilitar la estacada de las piezas sobre ella; su altura puede ajustarse por medio de una manivela que acciona unos tornillos a través de una transmisión de vis sin fin y rueda helicoidal montada sobre cojinetes de bolas.

Por lo general, este tipo de máquina se prefiere cuando la pieza debe moverse desde un husillo a otro para operaciones sucesivas. Los husillos pueden colocarse en el bastidor de acuerdo con la naturaleza particular del trabajo a ejecutar.

5. ¿Qué es una taladradora múltiple con cabezales de varios husillos?

Esta máquina (fig. 4-6) no debe confundirse con la taladradora de varios husillos independientes. La taladradora múltiple con varios cabezales puede tener un número cualquiera de husillos des-

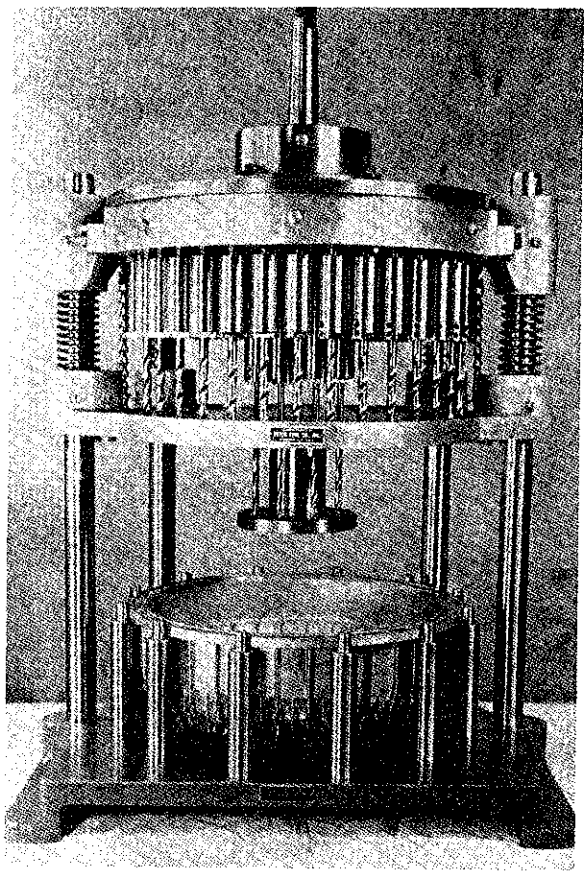


Fig. 4-7. Cabezal de taladrado múltiple preparado para ejecutar un trabajo particular (Ettco Tool Co.)

de 4 a 48, o más, todos ellos accionados mediante una transmisión única montada en un cabezal. Los cabezales con varios husillos sirven especialmente para operaciones de producción en masa, tales como taladrado, escariado o roscado de muchos agujeros a la vez en una pieza específica, por ejemplo, el bloque de un motor de automóvil. A veces, en una máquina, pueden haber dos o más cabezales de taladrado, cada uno con varios husillos; esto es necesario cuando hay que taladrar agujeros desde más de una dirección, como, por ejemplo, en los lados y en las partes superior e inferior de una pieza. Las unidades de producción de este tipo rara vez se emplean en los talleres donde normalmente se efectúan trabajos que requieren una gran destreza. La figura 4-7 muestra un cabezal de taladrado múltiple preparado para un trabajo particular.

6. ¿Qué es una taladradora radial?

La taladradora radial (fig. 4-8) es una máquina de precisión diseñada de forma que el mecanismo completo puede ajustarse para llevar el husillo a la posición requerida sobre la pieza, la cual se sujeta fuertemente a la base fija. El brazo, de grandes dimensiones, de la máquina sube o baja mediante un mecanismo accionado por un motor, el cual actúa sobre un tornillo de elevación largo y fijo; este brazo queda automáticamente enclavado a la columna vertical cuando se para el mecanismo de elevación. El cabezal, que contiene el husillo y el mecanismo de avance mecánico, puede moverse a lo largo del brazo y fijarse en posición. El brazo puede también girar alrededor de la columna y fijarse en posición.

Este tipo de máquina de taladrar se emplea generalmente para piezas demasiado grandes o pesadas para ser colocadas sobre la mesa de una taladradora vertical, y especialmente para trabajos

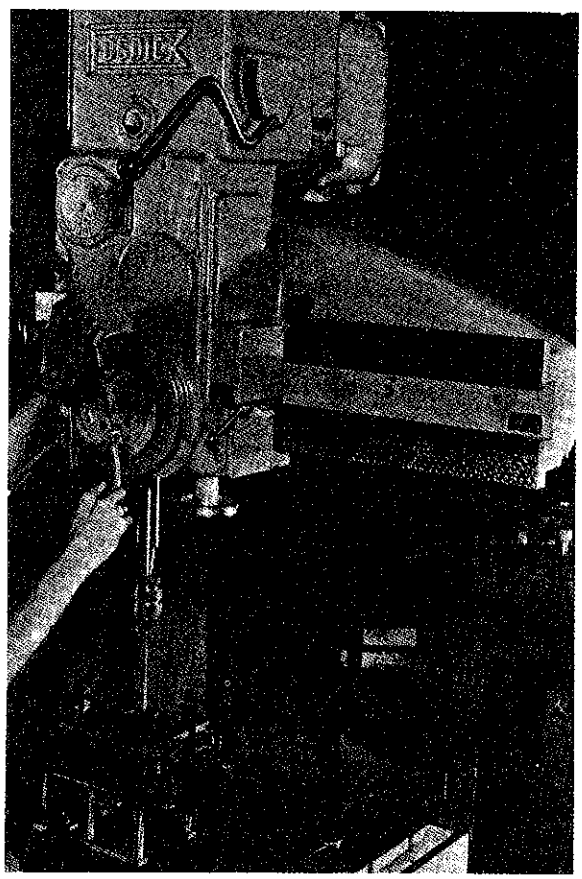


Fig. 4-8. Taladradora radial (Fosdick Machine Tool Co.)

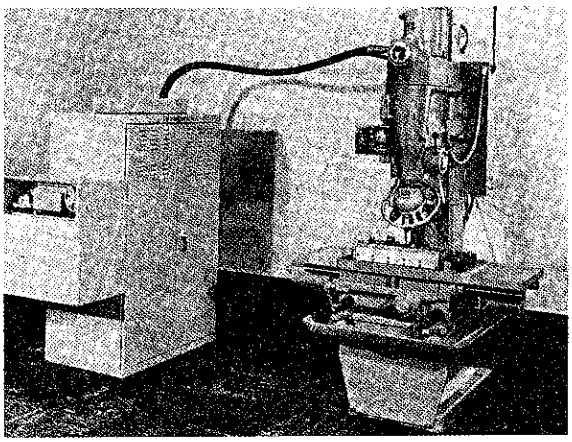


Fig. 4-9. Taladradora con mando por cinta perforada (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

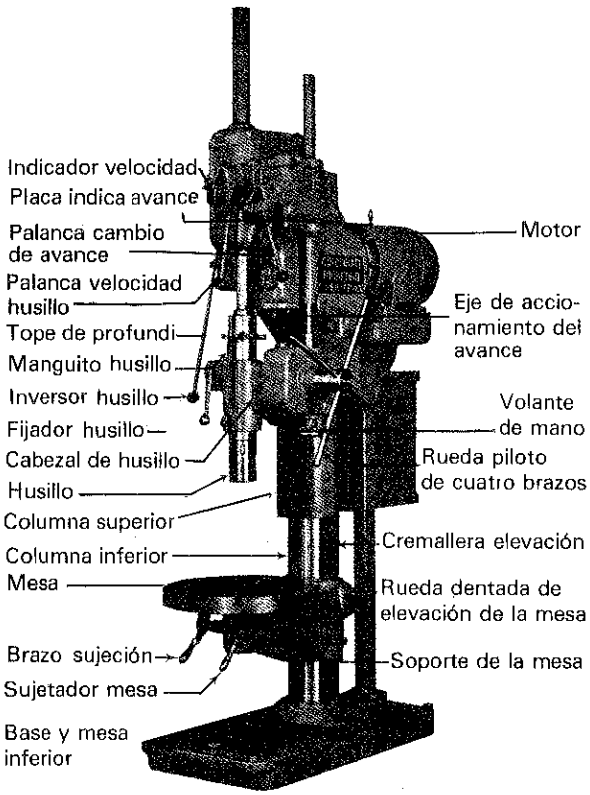


Fig. 4-10. Partes principales de una taladradora normal con transmisión por engranajes (Cincinnati Bickford Tool Co.)

en que se requiere un alto grado de precisión. Tiene una capacidad apropiada para taladrar o roscar agujeros de hasta 1 1/2" (38 mm) de diametro en acero y de hasta 2" (50 mm) de diámetro en hierro fundido, dentro de tolerancias muy estrictas.

7. ¿Qué es una taladradora con mando por cinta perforada?

Es una máquina herramienta de control numérico (fig. 4-9) que automáticamente realiza la mayoría de las operaciones que un operario experto ejecutaría manualmente. La pieza es fijada en posición sobre un dispositivo de sujeción montado encima de la mesa. Mediante el uso de una cinta perforada es posible mandar los motores que accionan los tornillos de avance de la mesa y situar la pieza según convenga para las operaciones de mecanizado. La cinta también controla el movimiento de avance del husillo de la broca hacia la pieza hasta el punto requerido, la penetración en ella, la circulación e interrupción del refrigerante en el tiempo deseado, y otros movimientos necesarios para producir una pieza mecanizada.

8. ¿Cuáles son los nombres de las partes principales de una taladradora normal?

Los nombres de las partes principales de una máquina de taladrar normal son los que aparecen en la figura 4-10.

Dispositivos y accesorios para la sujeción de las piezas

Antes de que pueda producirse un trabajo preciso es necesario preparar correctamente la pieza. Esto requiere el empleo de ciertos dispositivos de sujeción y accesorios tales como una mordaza de taladradora, gruesos paralelos, una plantilla de taladrar, o elementos de fijación tales como bridas y pernos en T, arandelas y tuercas.

9. ¿Qué es una mordaza de taladradora?

La mordaza de taladradora (fig. 4-11) es un dispositivo de sujeción de las piezas en el cual éstas pueden asentarse perpendicular y paralelamente y estacarse fuertemente mientras se lleva a cabo el taladrado y otras operaciones. La figura 4-12 representa un tipo de mordaza de seguridad.

10. ¿Qué es una plantilla de taladrar?

Es un dispositivo de sujeción de la pieza (fig.

4-13), el cual la sitúa en la posición apropiada y la fija firmemente. La broca y otras herramientas de corte son guiadas por casquillos de taladrar, de acero templado, de modo que los agujeros y todas las partes así taladradas están en la misma posición exacta. Las plantillas de taladrar son útiles de producción utilizados en la fabricación de piezas en serie.

11. ¿Qué son los gruesos paralelos y para qué se utilizan?

Los gruesos paralelos (fig. 4-14) son reglas de acero templado y bien rectificado, de varios espesores, anchos y longitudes, que se emplean para elevar la pieza y asentarla perpendicular y paralelamente con respecto a la base de una mordaza o a la mesa de la taladradora.

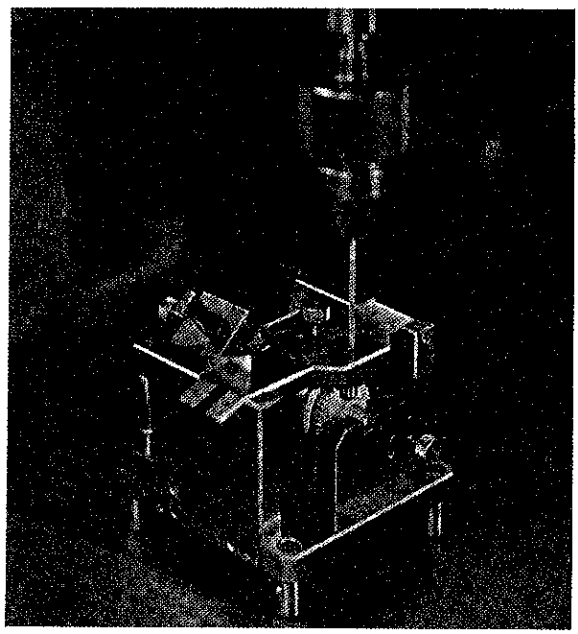


Fig. 4-13. Taladrado de una pieza con plantilla.

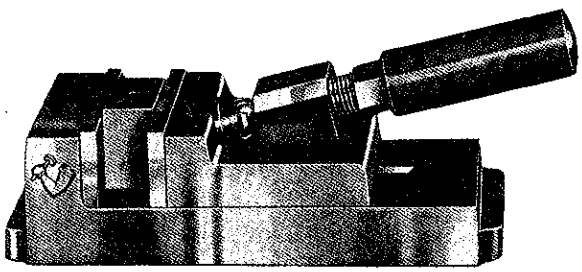


Fig. 4-11. Mordaza de taladradora (Armstrong Bros. Tool Co.)

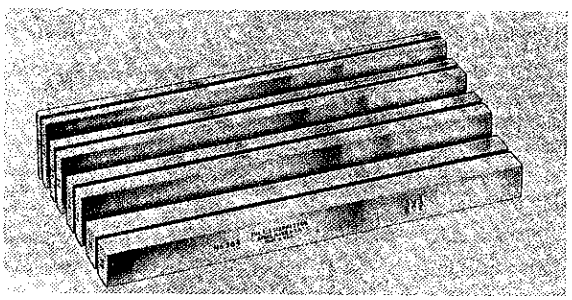


Fig. 4-14. Gruesos paralelos (L.S. Starrett Co.)

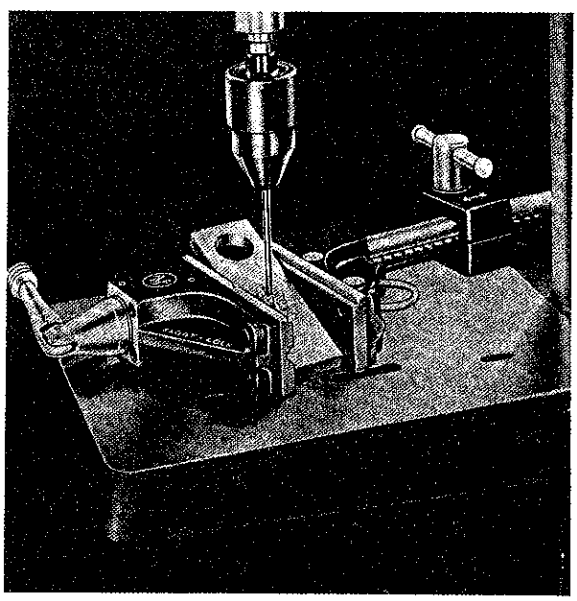


Fig. 4-12. Una mordaza de seguridad para taladradora, fijada a la mesa, puede sujetar la pieza en cualquier posición (American Machine & Foundry Co.)

12. ¿Cómo pueden sujetarse las piezas firmemente en posición sobre una mesa con ranuras en T?

La sujeción de las piezas encima de una mesa con ranuras en T puede efectuarse empleando tornillos en T cuya cabeza puede introducirse en dichas ranuras; estos tornillos se fabrican en varias longitudes y con ellos se utilizan diversos tipos de bridas (fig. 4-15). Cuando se usan gruesos paralelos para situar la pieza, las bridas deben disponerse directamente sobre los gruesos para evitar cualquier desviación en la posición de aquélla.

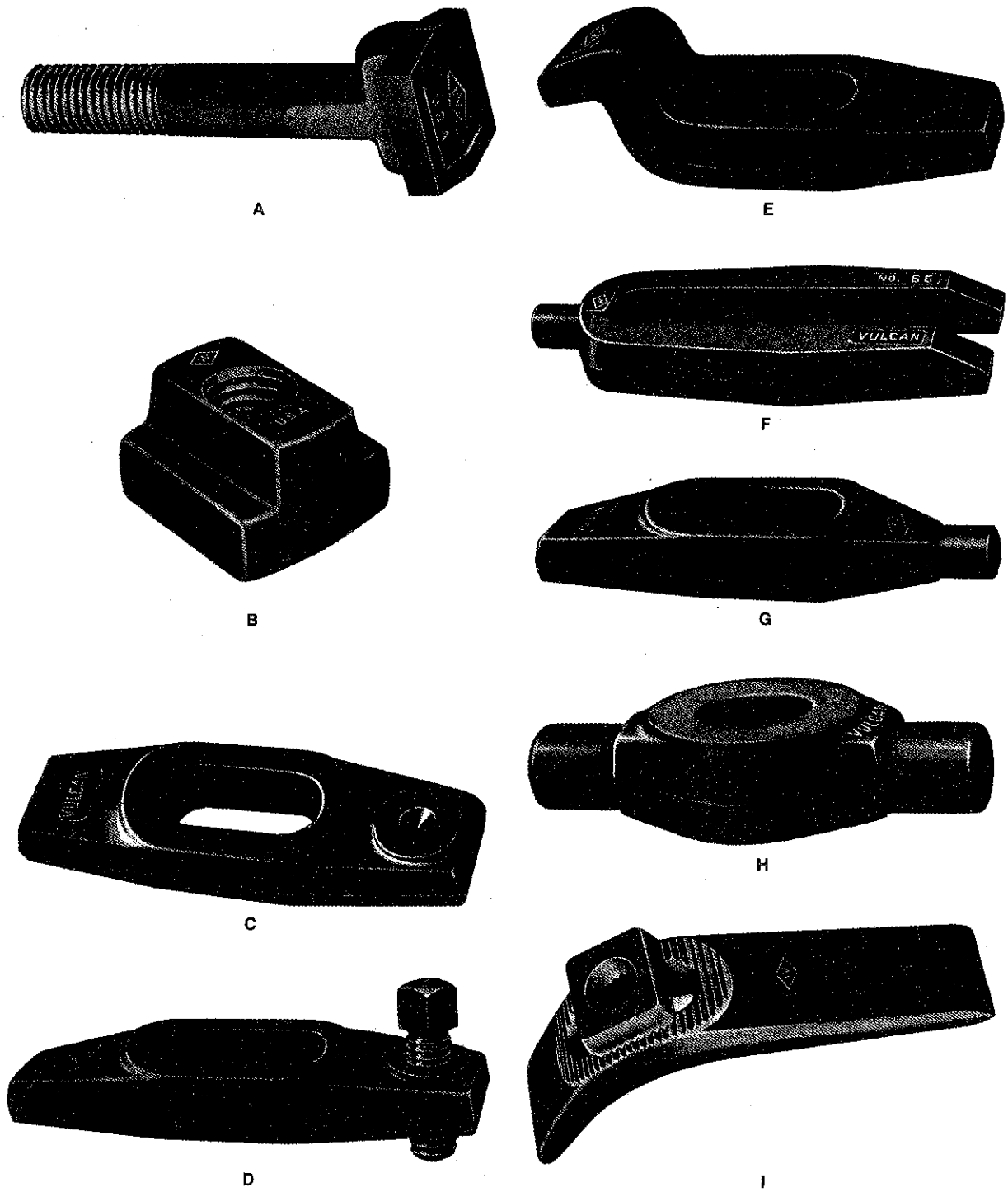


Fig. 4-15. Elementos de sujeción de las piezas: (A) Tornillo en T. (B) Tuerca en T. (C) Brida plana, o de trabar. (D) Brida de apriete ajustable, o de tornillo. (E) Brida de cuello de ganso. (F) Brida en U. (G) Brida de espiga. (H) Brida de doble espiga. (I) Brida universal ajustable (J. H. Williams & Co.)

Herramientas de corte y métodos de sujeción de las mismas

La herramienta de corte más común para efectuar agujeros es la broca; consiste en una pieza cilíndrica de acero con estrías espirales (fig. 4-16). Un extremo del cilindro es puntiagudo; el otro tiene la forma adecuada para alojarse en una taladradora portátil o estacionaria. Las estrías, o ranuras, pueden cortarse en el propio cilindro de acero, o bien, formarse retorciendo una pletina de acero alrededor de un redondo; de este último tipo de brocas procede la designación de broca helicoidal.

13. Definir la operación de taladrado.

Es la operación de producir un agujero en una pieza maciza por medio de una herramienta de corte llamada broca. Para producir agujeros las brocas comúnmente usadas son las helicoidales y las planas. Otros métodos incluyen la obtención de agujeros de fundición, el punzonado o perforado, y el mandrinado.

14. Nombrar y describir los principales tipos de brocas utilizados en las taladradoras.

Las brocas generalmente usadas en las taladradoras son las brocas helicoidales, las brocas planas, las brocas con agujero para aceite y las brocas de estría recta. Las brocas helicoidales fabricadas con mango cilíndrico o cónico son ampliamente utilizadas para trabajos de taladrado en general. Las estrías se tallan con diferentes ángulos de hélice adecuados para trabajos especiales como el taladrado de metales blandos y de agujeros profundos. La broca plana (fig. 4-17) es preferida para taladrar latón, ya que no penetra o avanza por sí misma en el material; otra razón para su empleo es que, así como los puntos duros



Fig. 4-16. Broca helicoidal de mango cilíndrico (Whitman & Barnes).



Fig. 4-17. Broca plana (Whitman & Barnes).





Fig. 4-18. Broca hueca (Whitman & Barnes).



Fig. 4-19. Broca de estría recta (Cleveland Twist Drill Co.)

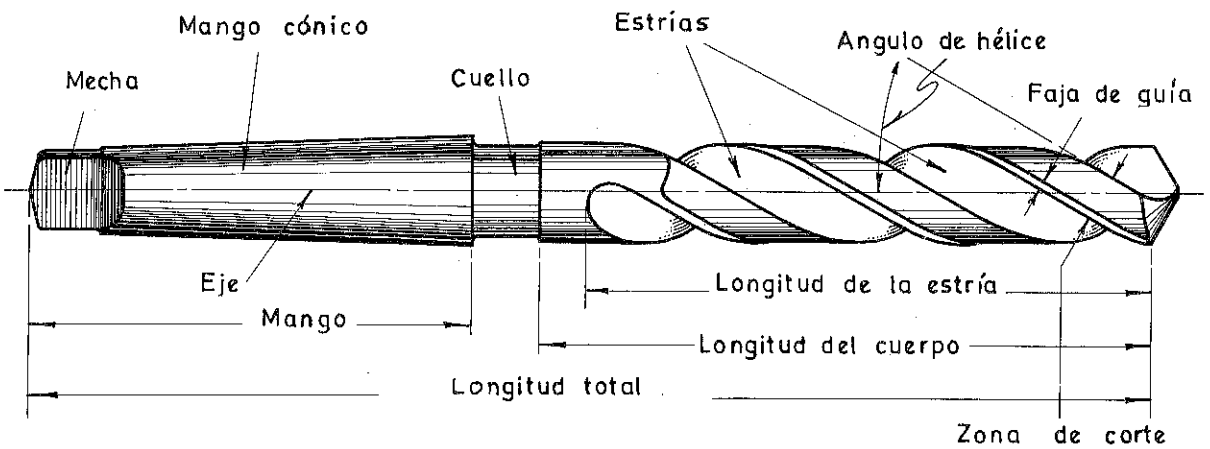


Fig. 4-20. Partes principales de una broca helicoidal (Morse Twist Drill & Machine Co.)

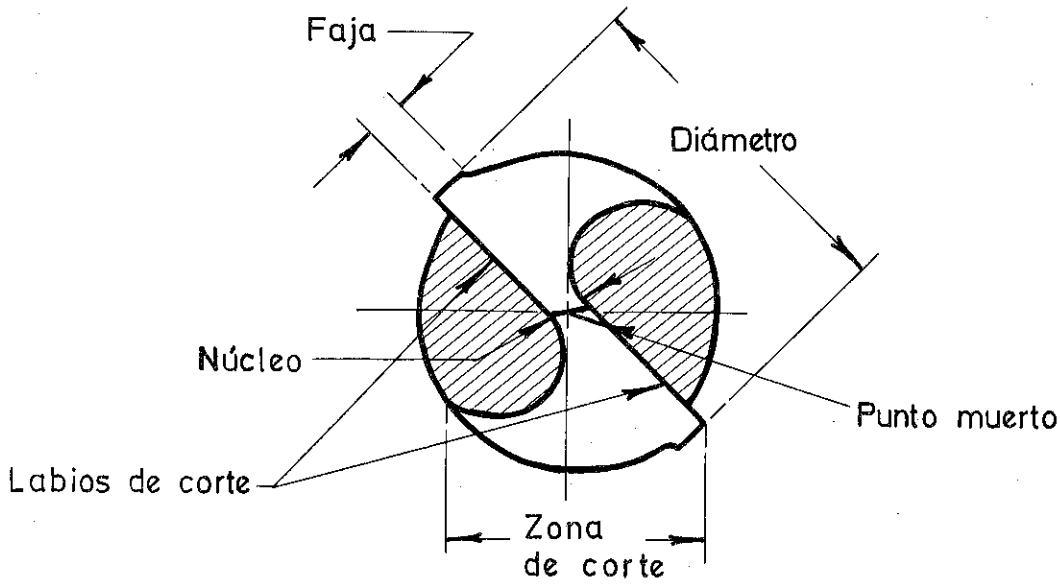


Fig. 4-21. Punta de una broca helicoidal (Morse Twist Drill & Machine Co.)

en el acero pueden causar el descentrado de una broca ordinaria, no sucede tal cosa con las brocas planas, las cuales, por otra parte, producen viruta fina en lugar de largos serpentines. La broca con conductos de aceite, o broca hueca, tiene agujeros practicados a lo largo del cuerpo desde el mango hasta la punta (fig. 4-18); esto permite que el aceite fluya hacia abajo para lubricar y refrigerar la punta de la broca, la cual se usa generalmente para el taladrado de agujeros profundos. La broca de estría recta (fig. 4-19) se utiliza para taladrar latón y metales blandos, así como plancha delgada; no teniendo ángulo de corte o de hélice, como las brocas helicoidales, estas brocas no se agarrotan ni ahondan.

15. Nombrar las partes principales de una broca helicoidal normal.

Los nombres de las partes principales de una broca helicoidal normal vienen dados en la figura 4-20. El cuerpo es la unidad de corte, y el mango es la parte que se aloja en la máquina de taladrar a fin de conseguir el accionamiento o giro de la broca.

16. Describir la punta de una broca.

La punta de la broca no debe confundirse con el punto muerto. La punta es la superficie cónica completa que hay en el extremo cortante de la broca (fig. 4-21).

17. ¿Qué es el punto muerto de una broca?

El punto muerto, o filo transversal, es el canto afilado que hay en el extremo o centro de la punta de la broca (ver fig. 4-21). Está formado por la intersección de las superficies de forma cónica de la punta y debe estar siempre en el centro exacto de la broca.

18. ¿Qué es la arista cortante de una broca?

La arista de corte, o filo principal, de una broca (fig. 4-21) es aquella parte de la punta que realmente corta el material cuando se taladra un agujero. Ordinariamente es tan afilada como el filo de un cuchillo. Hay una arista cortante para cada estría de la broca.

19. ¿Qué es la holgura de labio de una broca?

La holgura de labio, o destalonado, de una broca es la superficie de la punta que ha sido amolada rebajándola por detrás de la arista cortante y a partir de una cierta distancia de la misma.

20. ¿Qué es la faja de guía de una broca?

Es la estrecha faja que se aprecia en la figura 4-21; también se llama bisel y se extiende desde el

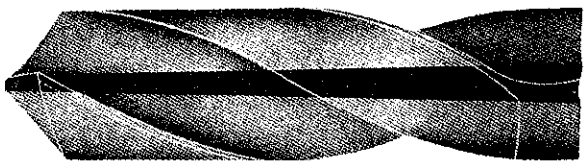


Fig. 4-22. La parte oscura central representa el núcleo de la broca (Cleveland Twist Drill Co.)

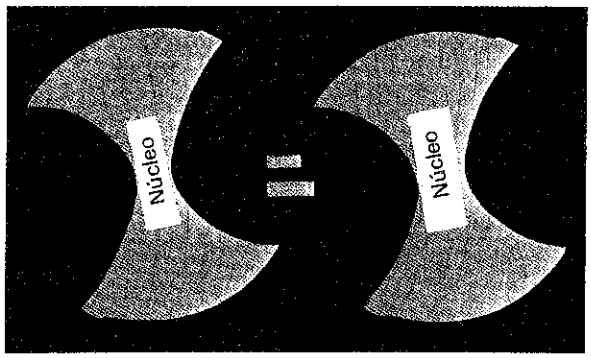


Fig. 4-23. La sección de broca de la izquierda muestra el grueso del núcleo cerca de la punta; la sección de la derecha muestra el grueso del mismo núcleo cerca del mango de la broca (Cleveland Twist Drill Co.)

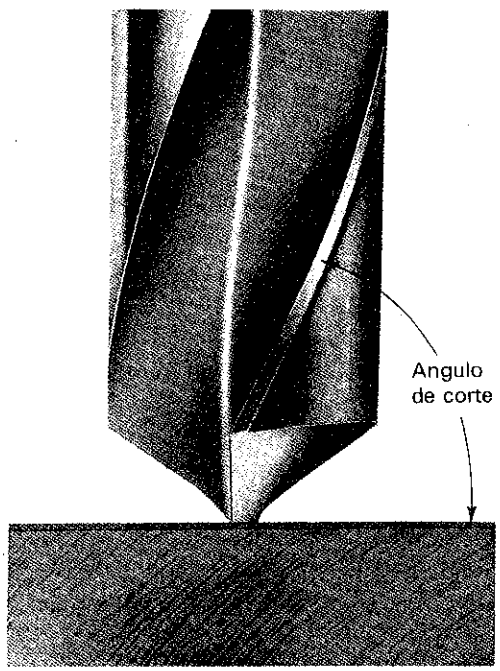


Fig. 4-24. Angulo de hélice de una broca (Cleveland Twist Drill Co.)

filo hasta el principio del destalonado. Prácticamente determina el diámetro total de la broca y abarca toda la longitud de la estría. Su superficie constituye una parte de un cilindro que está interrumpido por las estrías y por lo que se conoce como holgura del cuerpo. El diámetro de la faja de guía en el extremo del mango de la broca es de 0,005" a 0,002" (0,0125 a 0,05 mm) menor que el diámetro en la punta. Este huelgo se llama huelgo longitudinal y permite que la broca gire sin agarrotarse cuando se taladran agujeros profundos.

21. ¿Qué es la holgura del cuerpo de una broca?

Es la porción de cuerpo de broca que, a partir de la faja de guia, es de menor diámetro que ésta (ver fig. 4-21), por lo que esta reducción de medida se llama también *holgura de faja.* Esta holgura disminuye el rozamiento entre la broca y las paredes del agujero que se taladra, en tanto la faja de guía asegura la medida precisa de este agujero.

22. ¿Qué es el núcleo de una broca?

El núcleo, o alma, de la broca es la columna de metal que separa las estrías. Abarca toda la longitud de la broca por el cuerpo interior que dejan las ranuras (ver fig. 4-22) y constituye la sección resistente de la herramienta, podríamos decir la "espina dorsal". Aumenta gradualmente de grueso hacia el mango (ver fig. 4-23), lo que proporciona una rigidez adicional a la broca.

23. ¿Qué es el ángulo de hélice de una broca?

El ángulo de hélice, o ángulo de corte, de una broca es el ángulo que forma la estría con el plano de la pieza a taladrar (fig. 4-24). Para el taladrado ordinario, el ángulo de hélice establecido por el fabricante de la broca es el correcto y debe mantenerse inalterable. Si este ángulo fuese de 90° o más, no daría un buen filo de corte. Sin embargo, si el ángulo, al afilar, queda demasiado pequeño, se obtiene un filo de corte tan delgado que se rompe bajo el esfuerzo de trabajo.

El ángulo de corte también determina parcialmente el espesor según el cual las virutas se desprenden (correspondiente a ellas mismas) y, por tanto, el espacio que ocupan. A igualdad de las otras condiciones, un ángulo de hélice muy grande produce una viruta que tiende a enrollarse fuertemente, mientras que un ángulo de hélice

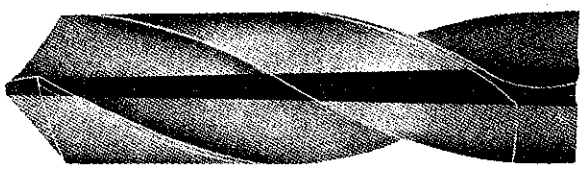


Fig. 4-22. La parte oscura central representa el núcleo de la broca (Cleveland Twist Drill Co.)

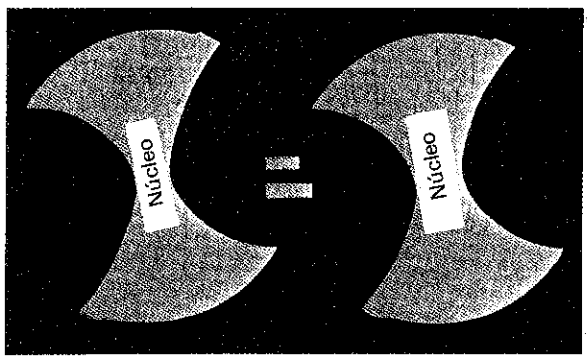


Fig. 4-23. La sección de broca de la izquierda muestra el grueso del núcleo cerca de la punta; la sección de la derecha muestra el grueso del mismo núcleo cerca del mango de la broca (Cleveland Twist Drill Co.)

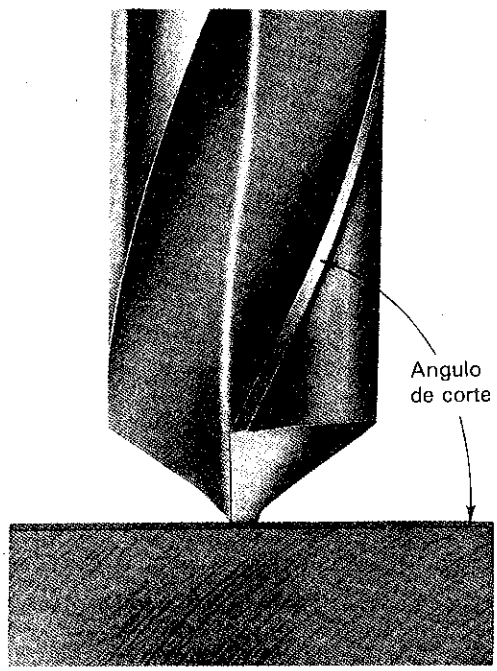


Fig. 4-24. Angulo de hélice de una broca (Cleveland Twist Drill Co.)

filo hasta el principio del destalonado. Prácticamente determina el diámetro total de la broca y abarca toda la longitud de la estría. Su superficie constituye una parte de un cilindro que está interrumpido por las estrías y por lo que se conoce como holgura del cuerpo. El diámetro de la faja de guía en el extremo del mango de la broca es de 0,005" a 0,002" (0,0125 a 0,05 mm) menor que el diámetro en la punta. Este huelgo se llama huelgo longitudinal y permite que la broca gire sin agarrotarse cuando se taladran agujeros profundos.

21. ¿Qué es la holgura del cuerpo de una broca?

Es la porción de cuerpo de broca que, a partir de la faja de guia, es de menor diámetro que ésta (ver fig. 4-21), por lo que esta reducción de medida se llama también *holgura de faja.* Esta holgura disminuye el rozamiento entre la broca y las paredes del agujero que se taladra, en tanto la faja de guía asegura la medida precisa de este agujero.

22. ¿Qué es el núcleo de una broca?

El núcleo, o alma, de la broca es la columna de metal que separa las estrías. Abarca toda la longitud de la broca por el cuerpo interior que dejan las ranuras (ver fig. 4-22) y constituye la sección resistente de la herramienta, podríamos decir la "espina dorsal". Aumenta gradualmente de grueso hacia el mango (ver fig. 4-23), lo que proporciona una rigidez adicional a la broca.

23. ¿Qué es el ángulo de hélice de una broca?

El ángulo de hélice, o ángulo de corte, de una broca es el ángulo que forma la estría con el plano de la pieza a taladrar (fig. 4-24). Para el taladrado ordinario, el ángulo de hélice establecido por el fabricante de la broca es el correcto y debe mantenerse inalterable. Si este ángulo fuese de 90° o más, no daría un buen filo de corte. Sin embargo, si el ángulo, al afilar, queda demasiado pequeño, se obtiene un filo de corte tan delgado que se rompe bajo el esfuerzo de trabajo.

El ángulo de corte también determina parcialmente el espesor según el cual las virutas se desprenden (correspondiente a ellas mismas) y, por tanto, el espacio que ocupan. A igualdad de las otras condiciones, un ángulo de hélice muy grande produce una viruta que tiende a enrollarse fuertemente, mientras que un ángulo de hélice

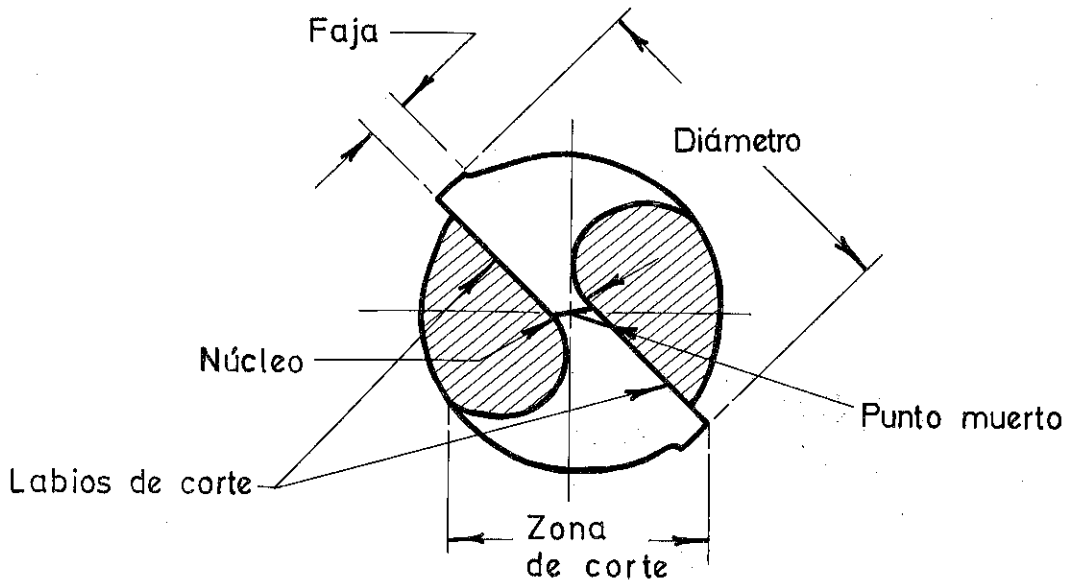


Fig. 4-21. Punta de una broca helicoidal (Morse Twist Drill & Machine Co.)

en el acero pueden causar el descentrado de una broca ordinaria, no sucede tal cosa con las brocas planas, las cuales, por otra parte, producen viruta fina en lugar de largos serpentines. La broca con conductos de aceite, o broca hueca, tiene agujeros practicados a lo largo del cuerpo desde el mango hasta la punta (fig. 4-18); esto permite que el aceite fluya hacia abajo para lubricar y refrigerar la punta de la broca, la cual se usa generalmente para el taladrado de agujeros profundos. La broca de estría recta (fig. 4-19) se utiliza para taladrar latón y metales blandos, así como plancha delgada; no teniendo ángulo de corte o de hélice, como las brocas helicoidales, estas brocas no se agarrotan ni ahondan.

15. Nombrar las partes principales de una broca helicoidal normal.

Los nombres de las partes principales de una broca helicoidal normal vienen dados en la figura 4-20. El cuerpo es la unidad de corte, y el mango es la parte que se aloja en la máquina de taladrar a fin de conseguir el accionamiento o giro de la broca.

16. Describir la punta de una broca.

La punta de la broca no debe confundirse con el punto muerto. La punta es la superficie cónica completa que hay en el extremo cortante de la broca (fig. 4-21).

17. ¿Qué es el punto muerto de una broca?

El punto muerto, o filo transversal, es el canto afilado que hay en el extremo o centro de la punta de la broca (ver fig. 4-21). Está formado por la intersección de las superficies de forma cónica de la punta y debe estar siempre en el centro exacto de la broca.

18. ¿Qué es la arista cortante de una broca?

La arista de corte, o filo principal, de una broca (fig. 4-21) es aquella parte de la punta que realmente corta el material cuando se taladra un agujero. Ordinariamente es tan afilada como el filo de un cuchillo. Hay una arista cortante para cada estría de la broca.

19. ¿Qué es la holgura de labio de una broca?

La holgura de labio, o destalonado, de una broca es la superficie de la punta que ha sido amolada rebajándola por detrás de la arista cortante y a partir de una cierta distancia de la misma.

20. ¿Qué es la faja de guía de una broca?

Es la estrecha faja que se aprecia en la figura 4-21; también se llama bisel y se extiende desde el

más bien pequeño hace que las virutas salgan con tendencia a enrollarse más flojamente. La figura 4-25 muestra como salen las virutas de la pieza cuando la broca ha sido correctamente afilada.

24. ¿Qué es la mecha de una broca?

La mecha existe sólo en las herramientas de mango cónico (ver fig. 4-20), y es la parte del extremo de éste que ajusta en una ranura que tiene el portabrocas o husillo de la máquina. Puede contribuir en parte al arrastre de la broca, pero su aplicación principal es facilitar la extracción de la misma de su alojamiento en el husillo con la ayuda de un extractor de brocas (fig. 4-26). En la figura 4-27 se representa un extractor de brocas de seguridad, el cual no requiere el uso del martillo.

25. ¿Cuáles son los cuatro tipos de mangos más empleados en las brocas?

Los cuatro mangos más corrientes (fig. 4-28) son: el cuadrado cónico *A,* el cilíndrico *B,* el cónico *C,* y el de berbiquí *D.*

26. ¿Por qué se usa el mango cónico en las brocas?

El mango cónico permite que la broca pueda insertarse rápida y adecuadamente en el husillo de la máquina sin necesidad de tornillos o bridas.

27. ¿Qué es lo que evita que una broca de mango cónico se desprenda del husillo?

El alojamiento en el husillo y el mango cónico se acoplan uno con otro. Cuando la broca es introducida con cierto esfuerzo en el husillo, ambos elementos quedan acuñados; y, mientras se taladra, la presión de la pieza contra la broca incrementa la acción de fijación que el acuñado produce.

28. ¿Qué es lo que debe hacerse para asegurar un contacto perfecto entre el alojamiento del husillo y el mango de la broca?

Antes de insertar una broca en un protabrocas, debe frotarse el mango para cerciorarse de que es liso y está exento de suciedad. También hay que inspeccionar el alojamiento del portabrocas a fin de tener la seguridad de que se halla en buenas condiciones.

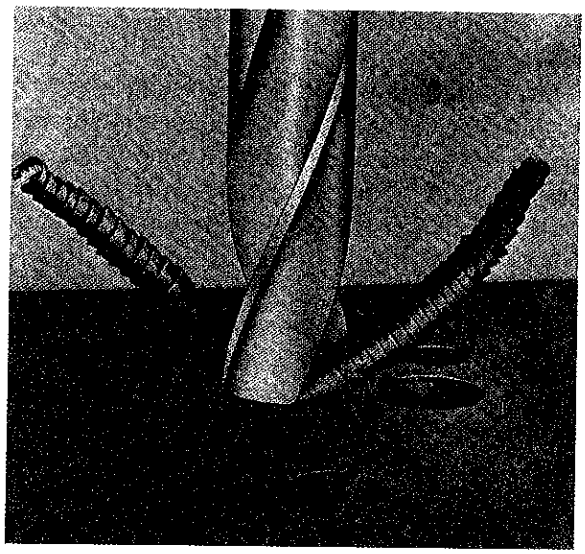


Fig. 4-25. Tipo de viruta que produce una broca correctamente afilada (Cleveland Twist Drill Co.)



Fig. 4-26. Extractor de brocas (Armstrong Bros. Tool Co.)



Fig. 4-27. Extractor de brocas de seguridad (Armstrong Bros. Tool Co.)

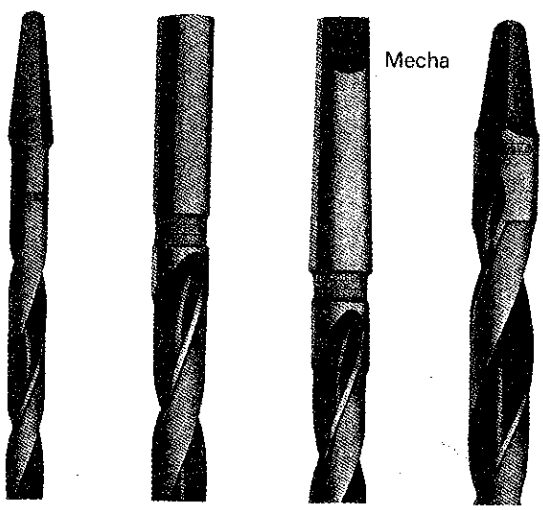


Fig. 4-28. Mangos de broca corrientes: Cuadrado; Cilíndrico; Cónico; Cuadrado para berbiquí (Cleveland Twist Drill Co.)

29. ¿Tienen todas las brocas de mango cónico mangos de la misma medida?

No. Cuando es necesario utilizar una broca de mango pequeño en una máquina con portabrocas grande, se emplea un manguito o cono de alargamiento (fig. 4-29). Los manguitos se fabrican en varias combinaciones de medidas exterior e interior.

30. Explicar cómo se saca una broca de mango cónico del husillo de una taladradora.

Para sacar una broca de mango cónico, introdúzcase el extractor en la ranura del husillo, como en la figura 4-30, de modo que el canto inclinado del extractor se acople con el declive que presenta el extremo del mango de la broca. Un ligero golpe con el martillo en el extremo ancho del extractor es comúnmente suficiente para aflojar el mango del husillo. Debe evitarse que la broca

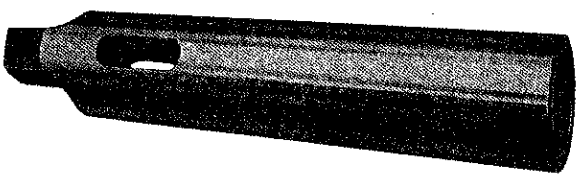


Fig. 4-29. Manguito para mangos cónicos.

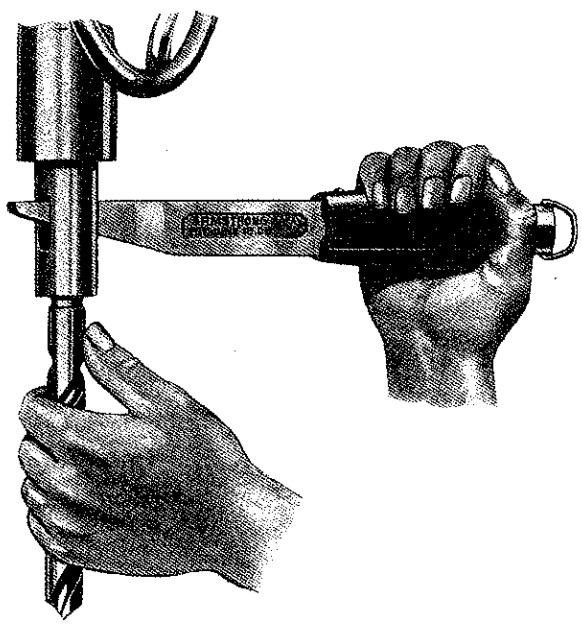


Fig. 4-30. Extracción de una broca del husillo de una taladradora (Armstrong Bros. Tool Co.)

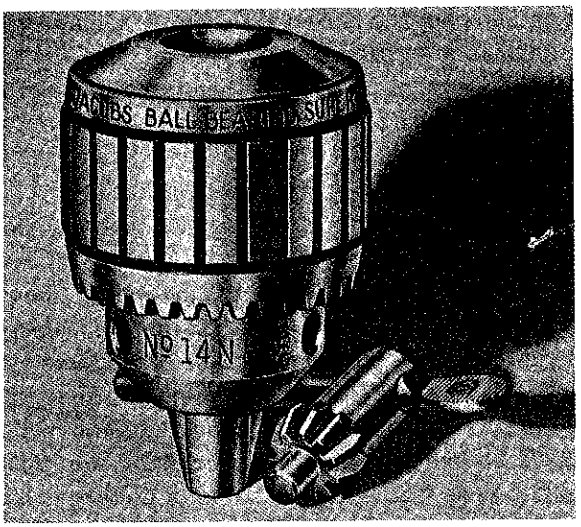


Fig. 4-31. Portabrocas con llave de apriete (Jacobs Mfg. Co.)

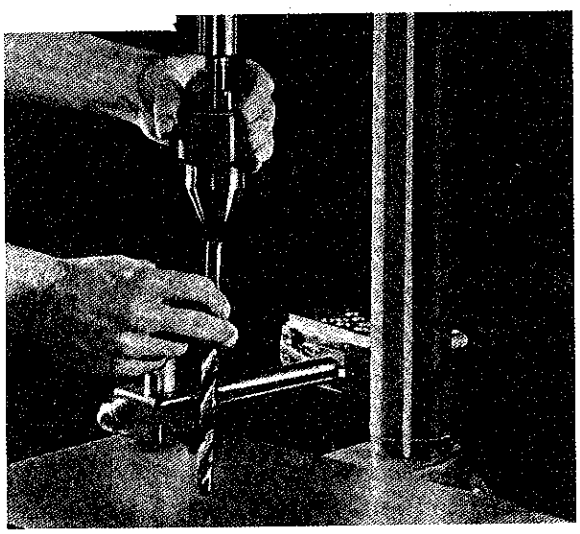


Fig. 4-32. El portabrocas sin llave permite sacar la broca sin parar la máquina (American Machine & Foundry Co.)

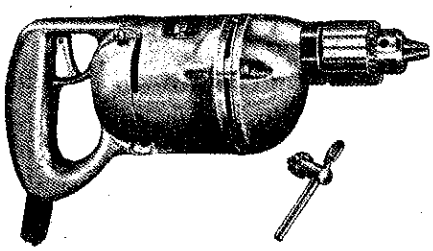


Fig. 4-33. Taladradora eléctrica portátil (Black & Decker Mfg. Co.)

caiga sobre la mesa de la máquina, pues, en tal caso, la punta de aquélla quedaría deteriorada. Por otra parte, si es necesario apretar un mango en un husillo, debe emplearse un mazo de cuero verde o de otro material igualmente blando para golpear la punta de la broca.

31. ¿Cómo se sujetan a la taladradora las brocas de mango cilíndrico?

Estas brocas se sujetan a la taladradora mediante un portabrocas cuyas mordazas se aprietan alrededor del mango con la ayuda de una llave especial. En la figura 4-31 se muestra un tipo de portabrocas, y otro en la figura 4-32. Las brocas de mango cilíndrico se usan también en la mayoría de las máquinas de taladrar portátiles, tales como la taladradora eléctrica (fig. 4-33) y la taladradora de mano (fig. 4-34).

32. ¿Con qué ángulo respecto al eje de la broca deben afilarse las aristas de corte?

La experiencia ha puesto de manifiesto que el ángulo de 59° (ángulo del cono de punto igual a 118°) es el mejor para el afilado de una broca que debe trabajar sobre acero o hierro fundido (fig. 4-35). No obstante, para otros materiales, la medida de este ángulo debe variarse; para metales muy duros, es mejor un ángulo mayor, de hasta 70°, mientras que, para materiales blandos, como fibra, puede reducirse hasta 40°. Se acostumbra utilizar la galga de ángulos (fig. 4-36) para comprobar la medida del ángulo de afilado.

NOTA: Las brocas de acero rápido deben afilarse con una muela seca de grano medio y grado blando. Después del afilado no deben sumergirse en agua, pues esto sería causa de rotura de la punta de la broca.

33. ¿Cuál es el ángulo aproximado con que debe destalonarse una broca?

El talón (superficie de la punta detrás del labio de corte) debe afilarse, a partir del filo, con un ángulo de 8° a 12° (fig. 4-37), que es el que da la holgura de labio adecuada (fig. 4-38). Este ángulo suele también llamarse *ángulo de incidencia.*

34. ¿Qué es lo que puede suceder si el ángulo de destalonado no es correcto?

Si la incidencia es nula, o muy reducida, como en la figura 4-39, se pierde filo. Cuando se ejerce presión para taladrar, la broca no corta, lo que, a veces, da por resultado la rotura de la misma, como en la figura 4-40. Si el ángulo de destalonado es demasiado grande, las esquinas de las aristas de corte pueden romperse por falta de soporte, como en la figura 4-41.

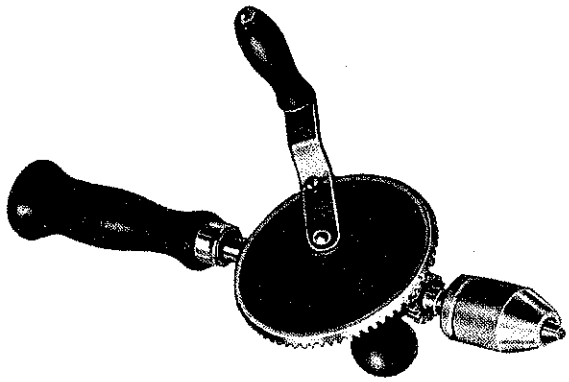


Fig. 4-34. Taladradora de mano (Stanley Tools).

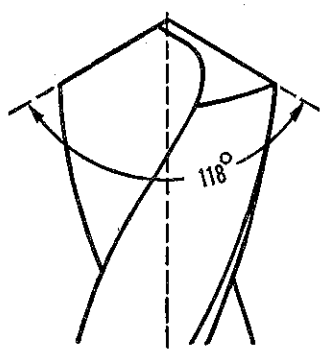


Fig. 4-35. Angulo de corte normal de una broca (Cleveland Twist Drill Co.)

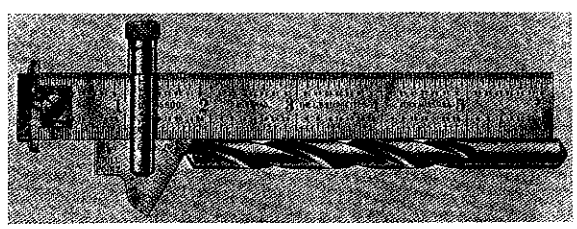


Fig. 4-36. Galga de afilado de brocas (L. S. Starrett Co.)

35. ¿Qué sucederá si los ángulos de corte de una broca son iguales pero los labios son de longitud diferente?

El resultado será que tanto la punta como el labio estarán descentrados (fig. 4-42), siendo ello causa de que se obtenga un agujero mayor que la broca. En estas condiciones, los efectos son los mismos que produciría una muela con su eje pasando por cualquier punto que no fuera el centro exacto de la misma. Por otra parte, tales condiciones ocasionan esfuerzos anormales en la taladradora, el husillo tiende al balanceo y a las oscilaciones, la broca se desgasta rápidamente y, si se sigue trabajando de esta forma, la máquina puede sufrir eventualmente roturas en virtud de las tensiones que se originan en los cojinetes del husillo y otras partes.

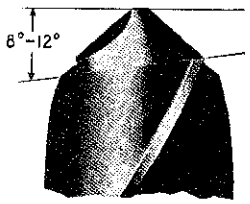


Fig. 4-37

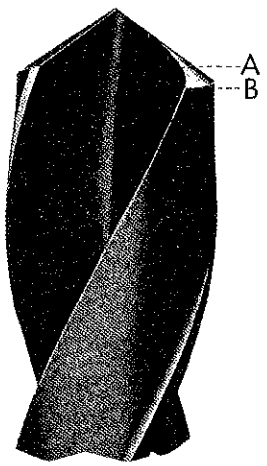


Fig. 4-38

Fig. 4-37. Angulo de destalonado de una broca (Cleveland Twist Drill Co.)

Fig. 4-38. Broca con holgura de labio adecuada, la cual viene indicada por el espacio entre *A* y *B* (Cleveland Twist Drill Co.)

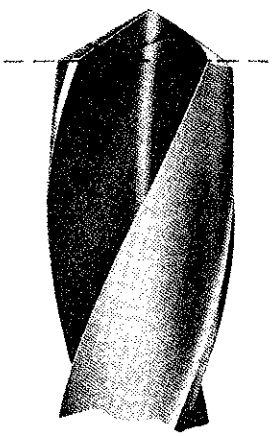


Fig. 4-39



Fig. 4-40

Fig. 4-39. Broca sin holgura de labio (Cleveland Twist Drill Co.)

Fig. 4-40. Broca rota por falta de destalonado (Cleveland Twist Drill Co.)

36. Si una broca es afilada con su punta centrada, pero con ángulos de corte diferentes, ¿cómo quedará afectado el taladrado?

La broca quedará pegada a un lado del agujero, como en la figura 4-43, y sólo un labio o arista de corte efectuará el trabajo; esto dará lugar a un rápido desgaste de dicho labio, y el agujero tendrá un diámetro mayor que el de la broca.

37. Explicar en qué consiste el adelgazamiento de la punta de una broca.

El espesor del núcleo de una broca va aumentando a medida que la estría se aproxima al mango. Después de muchos afilados de la broca, el espesor del núcleo, por ser mayor que en un principio, llega a causar un correspondiente aumento en el ancho del punto muerto, lo que dificulta cada vez más la penetración en la pieza. Esta condición puede remediarse adelgazando la punta, como en la figura 4-44. El empleo de una muela convexa (fig. 4-45) constituye el método más corriente de adelgazar la punta de una broca.

38. ¿Cuáles son los principales síntomas de embotamiento de una broca?

El embotamiento o desgaste de una broca viene indicado principalmente por: 1) la broca penetra en la pieza muy lentamente, o no penetra; 2) la broca se calienta mucho; 3) la broca produce ruidos agudos; 4) el agujero terminado tiene una superficie rugosa.

39. ¿Cuáles son los puntos más importantes a tener en cuenta cuando se aprende a afilar una broca a mano?

El afilado a mano de brocas en una máquina de rectificar no manual es una operación corriente

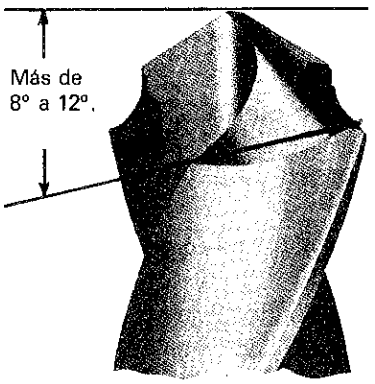


Fig. 4-41. Esquinas de broca rotas por ser excesivo el ángulo de destalonado (Cleveland Twist Drill Co.)

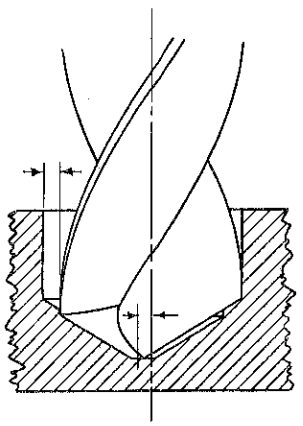


Fig. 4-42. Una broca con labios de diferente longitud produce un agujero de un diámetro mayor que el requerido (Cleveland Twist Drill Co.)

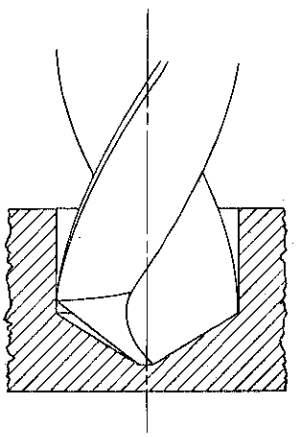


Fig. 4-43. Resultado de operar con una broca con aristas de corte afiladas a distinto ángulo (Cleveland Twist Drill Co.)

en muchos talleres. Las sugerencias siguientes pueden servir de ayuda: Apoyar el dedo índice de una mano en el soporte de herramienta; colocar el extremo de la arista de corte de la broca entre el pulgar y el índice, el cual actúa como un pivote; sujetar el mango con la otra mano; poner la broca en posición adecuada al ángulo de punta deseado; cerciorarse de que la arista cortante del labio es perpendicular a la cara de la muela; no elevar el extremo del mango por encima de la arista de corte mientras se está afilando. A medida que el mango va moviéndose hacia abajo, el movimiento natural de la muñeca proporciona el giro necesario para conseguir la holgura posterior del filo. Con la práctica se desarrolla la habilidad para afilar filos y ángulos iguales.

40. Las puntas de las brocas helicoidales, ¿se afilan igual para todos los materiales?

No. El ángulo del cono de la punta de la broca, así como el ángulo de destalonado, deben variar según las características de la pieza. Asimismo, cuando se usa una broca helicoidal para taladrar latón y algunos otros metales blandos, es necesario reducir el ángulo de corte (ver fig. 4-46 E); esto se hace para evitar que la broca escarbe o se agarrote dentro del metal. Las brocas helicoidales nuevas vienen generalmente afiladas con un ángulo de cono de 118°, el cual es bastante



Fig. 4-44

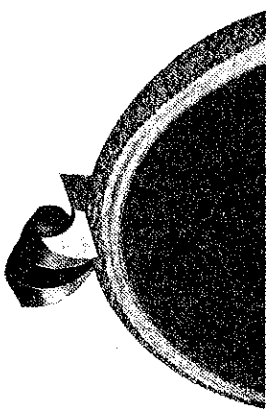


Fig. 4-45

Fig. 4-44. Broca con punta adelgazada (Cleveland Twist Drill Co.)

Fig. 4-45. Adelgazamiento de la punta de una broca mediante una muela convexa (Cleveland Twist Drill Co.)

satisfactorio para taladrar acero dulce y para trabajos en general. La figura 4-46 muestra los ángulos de punta y de destalonado o incidencia adecuados para varios materiales.

41. ¿Cómo suelen designarse los tamaños de las brocas?

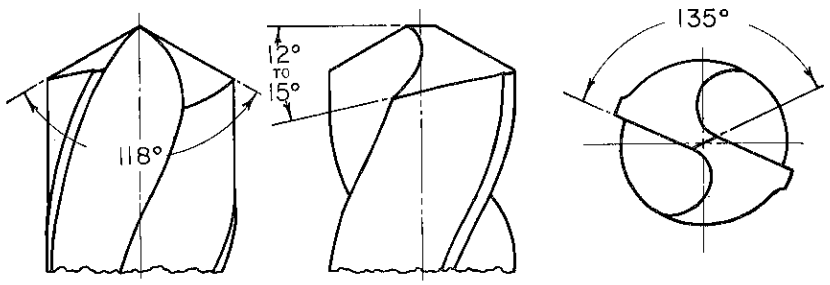
Los tamaños de las brocas suelen designarse de cuatro maneras: por los números de la galga de alambres, desde el 1 al 80, oscilando entre 0,0135" para el número 80 y 0,228" para el número 1; por letras, de la A a la Z (0,234" a 0,413"); por fracciones de pulgada, desde 1/64" hasta 3 1/2"; y por milímetros, normalmente desde 0,3 hasta 20 mm. En la figura 4-47 se da una lista completa de los varios tamaños de brocas hasta la medida de 10,5 mm.

42. ¿Cómo se miden o calibran los diámetros de las brocas?

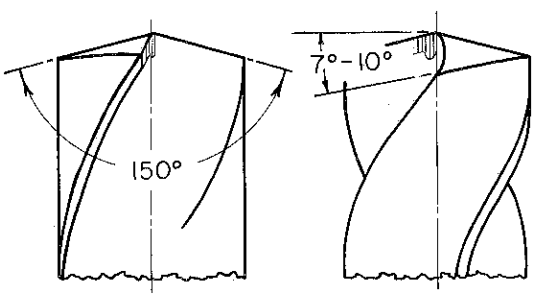
Para determinar el diámetro correcto de una broca, debe usarse un micrómetro para medir entre fajas de guía de las mismas. También puede emplearse galgas de tamaños de broca (fig. 4-48), las cuales existen para diámetros en pulgadas (fig. 4-48), para diámetros en número de la galga de alambres (fig. 4-49), para diámetros en letras (fig. 4-50), y para diámetros en milímetros.

43. ¿Cómo debe trazarse una pieza para el taladrado?

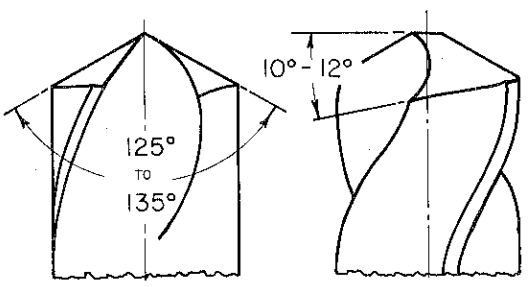
El trazado de los agujeros que deben taladrarse se efectúa partiendo de un croquis, dibujo o copia de plano. Sobre la superficie de la pieza a taladrar, primero se extiende una capa de yeso o sulfato de cobre (fig. 4-51); luego, se marcan los ejes de los agujeros sobre la superficie mediante un calibre de alturas o un gramil, de acuerdo con las dimensiones especificadas en el dibujo. La intersección de los ejes se marca con el punzón para centros y, para que el mecánico pueda ver claramente si se está taladrando el agujero sobre su centro, se marca con el compás de puntas una circunferencia del mismo diámetro que aquel (fig. 4-52);



A. Trabajos de taladrado en general.

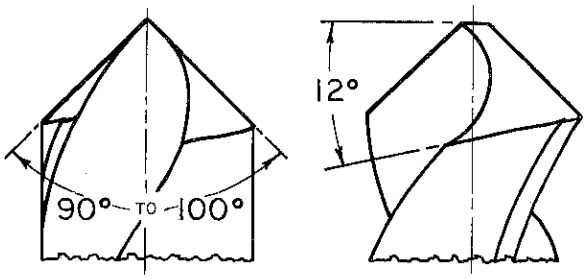


B. Carrilles de acero - 7% a 13% de manganeso; aceros aleados tenaces; planchas de blindaje.

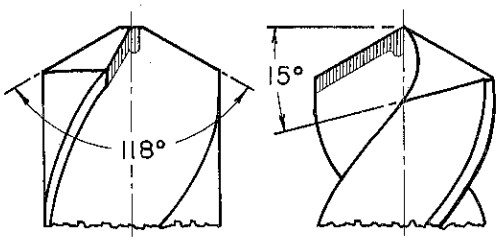


C. Aceros tratados; piezas forjadas con martinete; aceros aleados; metal Monel; acero inoxidable.

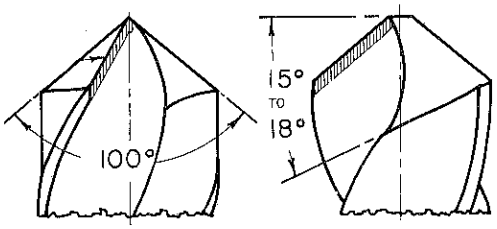
Fig. 4-46. Puntas de broca recomendadas para varios materiales (Morse Twist Drill & Machine Co.)



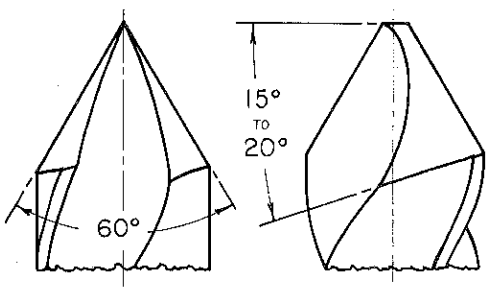
D. Hierro fundido medio y blando.



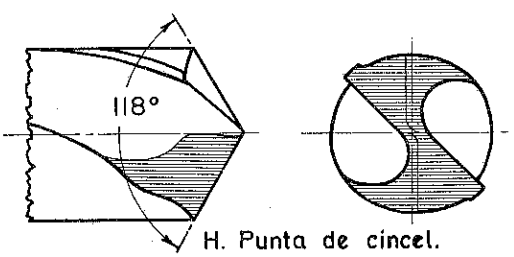
E. Cobre y latón duro, medio y blando.
Reducir el ángulo de corte a 5°



F. Aleaciónes de magnesio.



G. Madera.



H. Punta de cincel.

Fig. 4-46. (continuación).

entonces, la propia circunferencia es identificada marcando pequeños puntos de contrapunzón a cortos intervalos (ver fig. 4-53).

44. Explicar cómo puede corregirse la posición de una broca que ha empezado la operación de taladrado, y estando descentrada

Tan pronto como la broca empieza a cortar en la pieza, forma un agujero cónico; si éste es concéntrico con el trazado, la broca ha iniciado el trabajo correctamente. Sin embargo, una broca puede empezar a actuar descentrada, como en la figura 4-54 *A*; esto puede ser debido a un marcado incorrecto del centro, falta de cuidado al poner en marcha la broca, afilado inadecuado de la punta de la broca, o a puntos duros en el metal.

Para corregir el descentrado, úsese un buril que haya sido afilado con punta redonda (fig. 4-54 *D*) y córtese una ranura en el lado del agujero hacia el cual deba correrse el centro, como en la figura 4-54 *B*. El desplazamiento del centro puede apreciarse comparando el canto del agujero con la circunferencia del trazado; puede ser necesario mover el centro varias veces antes de que el canto del agujero y la circunferencia del trazado sean concéntricos, como en la figura 4-54 *C*. Cuando la broca empieza a cortar a su diámetro máximo, los puntos marcados sobre la citada circunferencia deben quedar cortados por igual en el centro de sus marcas.

45. ¿Por qué se usa un lubricante o aceite de corte en el taladrado?

Los refrigerantes y aceites de corte se emplean, en el taladrado, para eliminar el calor de la punta de la broca y evitar un sobrecalentamiento de la misma. Así, son posibles mayores velocidades de corte y se alarga la vida de la herramienta. Prácticamente todos los metales requieren el empleo de refrigerantes o lubricantes cuando son taladrados; no obstante, el hierro fundido puede taladrarse sin refrigerar, ya que contiene un elevado porcentaje de grafito que actúa en forma de lubricante.

46. Además del taladrado de agujeros, ¿qué otras operaciones pueden comúnmente efectuarse en las taladradoras?

El escariado, lapeado, avellanado, achaflanado, refrentado y roscado con macho.

Pulgadas	mm	Galgas de alambre	Decimales de pulgada
	1,25		0,049212
	1,3		0,051181
		55	0,052
	1,35		0,053149
		54	0,055
	1,4		0,055118
	1,45		0,057086
	1,5		0,059055
		53	0,0595
	1,55		0,061023
1/16			0,0625
	1,6		0,062992
		52	0,0635
	1,65		0,06496
	1,7		0,066929
		51	0,067
	1,75		0,068897
		50	0,07
	1,8		0,070866
	1,85		0,072834
		49	0,073
	1,9		0,074803
		48	0,076
	1,95		0,076771
5/64			0,078125
		47	0,0785
	2		0,07874
	2,05		0,080708
		46	0,081
		45	0,082
	2,1		0,082677
	2,15		0,084645
		44	0,086
	2,2		0,086614
	2,25		0,088582
		43	0,089
	2,3		0,090551
	2,35		0,092519
		42	0,0935
3/32			0,09375
	2,4		0,094488
		41	0,096
	2,45		0,096456
		40	0,098

Fig. 4-47. Tamaños de brocas según diferentes designaciones.

Pulgadas	mm	Medidas en letras	Decimales de pulgada
	5,9		0,232283
		A	0,234
15/64			0,234375
	6		0,23622
		B	0,238
	6,1		0,240157
		C	0,242
	6,2		0,244094
		D	0,246
	6,25		0,246062
	6,3		0,248031
1/4		E	0,25
	6,4		0,251968
	6,5		0,255905
		F	0,257
	6,6		0,259842
		G	0,261
	6,7		0,263779
17/64			0,265625
	6,75		0,265747
		H	0,266
	6,8		0,267716
	6,9		0,271653
		I	0,272
	7		0,27559
		J	0,277
	7,1		0,279527
		K	0,281
9/32			0,28125
	7,2		0,283464
	7,25		0,285432
	7,3		0,287401
		L	0,29
	7,4		0,291338
		M	0,295
	7,5		0,295275
19/64			0,296875
	7,6		0,299212
		N	0,302
	7,7		0,303149
	7,75		0,305117
	7,8		0,307086
	7,9		0,311023
5/16			0,3125

Fig. 4-47. Tamaños de brocas según diferentes designaciones (continuación).

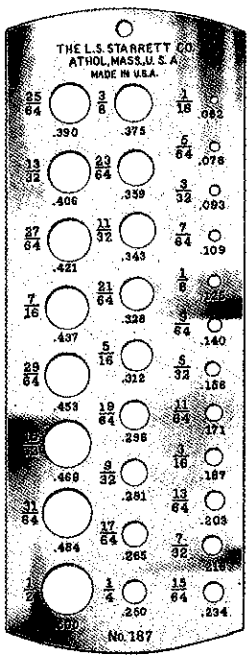


Fig. 4-48. Galga para brocas de medida en pulgadas (L.S. Starrett Co.)

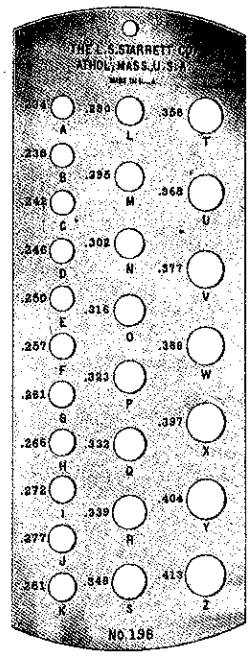


Fig. 4-50. Galga para brocas de medida en letras (L. S. Starrett Co.)

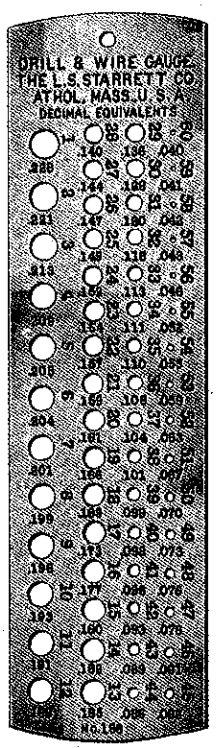


Fig. 4-49. Galga para brocas de medida en números de la galga de alambres (L. S. Starrett Co.)

47. Describir la operación de avellanado.

El avellanado es la operación de achaflanar la boca de un agujero mediante una herramienta giratoria llamada avellanador o *punta de avellanar* (fig. 4-55). Los avellanadores se fabrican en varios diámetros y ángulos. La medida del ángulo depende del motivo por el cual se efectúa el avellanado. Los agujeros para tornillos de cabeza avellanada se achaflanan a 82° ó a 90°, mientras que los agujeros para puntos de máquina se achaflanan a 60°.

48. ¿Qué es una broca de centros y para qué se utiliza?

Una broca de centros (fig. 4-56), conocida también con la denominación de *doble broca de hacer puntos,* se utiliza para taladrar y avellanar en una sola operación. En los extremos de los árboles que han de tornearse en un torno se practican agujeros con esta herramienta a fin de obtener superficies de apoyo para los puntos del torno. Se usa también para iniciar adecuadamente los agujeros una vez trazados y marcados con contrapunzón. El ángulo del avellanado es 60°.

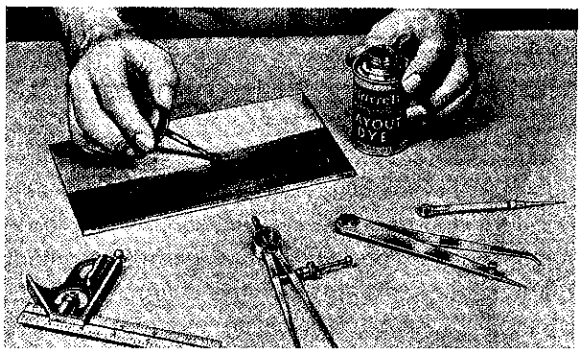


Fig. 4-51. Coloreado de la pieza después del trazado (L. S. Starrett Co.)

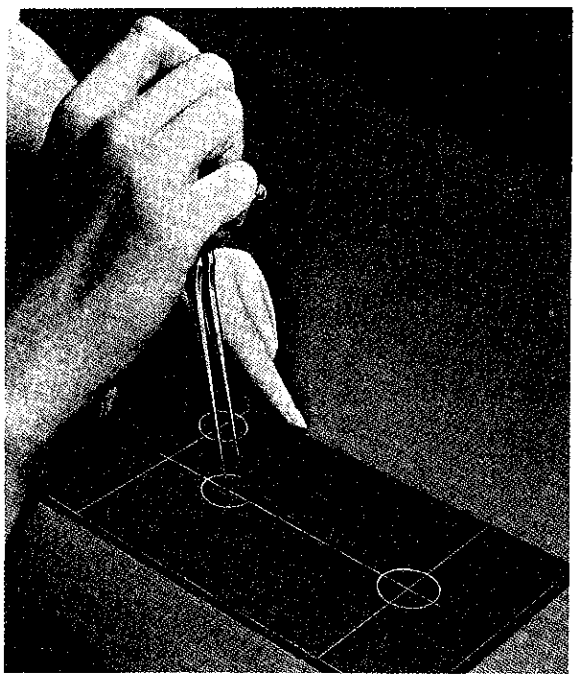


Fig. 4-52. Trazado de agujeros que deben taladrarse (L. S. Starrett Co.)

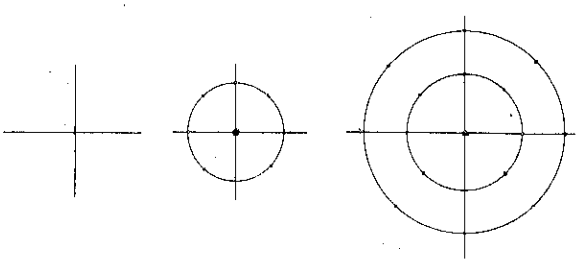


Fig. 4-53. Fases del trazado de un agujero a taladrar.

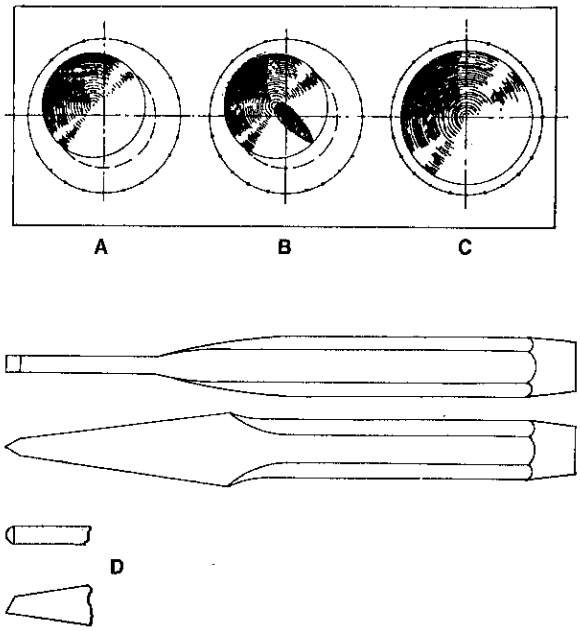


Fig. 4-54. Corrección del descentrado en el inicio de un taladrado burilando una ranura en un lado del mismo.

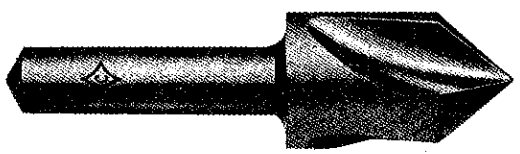


Fig. 4-55. Broca de avellanar (Cleveland Twist Drill Co.)



Fig. 4-56. Broca de centros (Whitman & Barnes).

49. Describir la operación de escariado.

Un agujero obtenido por taladrado raramente tiene la medida precisa, pues, por lo general, resulta de un diámetro ligeramente mayor que el nominal. Esto es bastante satisfactorio para agujeros pasantes destinados a tornillos o remaches, pero, cuando se requiere una mayor precisión de medida y un acabado más liso, el agujero se taladra primero a un diámetro algo menor que el nominal y luego se acaba por escariado. El escariador se inserta en el husillo de la máquina del mismo modo que una broca. Cuando un agujero debe escariarse a una medida ligeramente por encima o por debajo de la nominal, se usa un escariador extensible.

50. Nombrar y describir varios tipos de escariadores normales usados en las máquinas de taladrar.

Los escariadores comúnmente usados en las taladradoras, son: 1) escariadores de diente fijo con mango cilíndrico; 2) escariadores de diente fijo, tipo "rose", con mango cónico; 3) escariadores huecos; 4) escariadores extensibles de mango cilíndrico; 5) escariadores de estrías largas, tipo "jobber", y mango cónico; y 6) escariadores para pasadores cónicos. Los escariadores tipo "rose" y los extensibles tienen siempre las estrías rectas, mientras que los de los demás tipos se fabrican con estrías rectas o en espiral, tal como se indica en la figura 4-57.

El escariador de diente fijo con mango cilíndrico (fig. 4-58) se emplea para acabar agujeros con precisión y dejando una superficie lisa; se trata, pues, de un escariador de precisión apto para quitar de 0,005" a 0,010" (0,125 a 0,250 mm) de material. Cada diente es afilado con un ángulo de incidencia, por detrás de la arista de corte, que abarca toda la longitud de la faja; los extremos de cada diente se achaflanan ligeramente para facilitar el corte de entrada.

El escariador de diente fijo tipo "rose" (fig. 4-59) está diseñado para cortar solamente con los extremos de los dientes, ya que no tiene holgura o aristas de corte en la periferia. Las estrías proporcionan un camino de salida para las virutas y permiten que el refrigerante alcance los filos extremos. Al objeto de conseguir una incidencia longitudinal, el diámetro cerca del extremo correspondiente al mango es ligeramente menor que en el extremo frontal. Este escariador es considerado un escariador de desbaste, ya que quita gran cantidad de material, pero no deja un agujero preciso y liso.

El escariador hueco (fig. 4-60 A), a veces llamado escariador de vaina, es, en realidad, un escariador sin mango con un agujero concéntrico longitudinal ligeramente cónico que permite montarlo fuertemente sobre una barrena o árbol (fig. 4-60 B) provisto de pitones de arrastre. En una sóla barrena pueden montarse escariadores de diversas medidas. Los escariadores huecos se fabrican lo mismo con estrías provistas de holgura, que con estrías del tipo "rose", las cuales cortan solamente por el extremo de los dientes.

El escariador extensible de mango cilíndrico (fig. 4-61) es ranurado y dispone de un tornillo de ajuste para aumentar el diámetro; así, cuando el escariador está muy desgastado y, por tanto, tiene una medida inferior a la normal, puede expandirse y reafilarse al diámetro requerido varias veces. Esta herramienta mecaniza los agujeros con precisión según tolerancias muy estrechas, y deja lisa su superficie.

El escariador para pasadores cónicos (fig. 4-62) se utiliza para mecanizar agujeros profundos, aúnque más bien de pequeño diámetro, a través de piezas que deben unirse entre sí mediante un pasador cónico. Su conicidad es de 1/4" por pie, o bien, cuando se trata de escariadores métricos, de 1:50. El paso corto de las estrías produce un agujero liso y preciso para asiento del pasador cónico.

El escariador de estrías largas tipo "jobber"

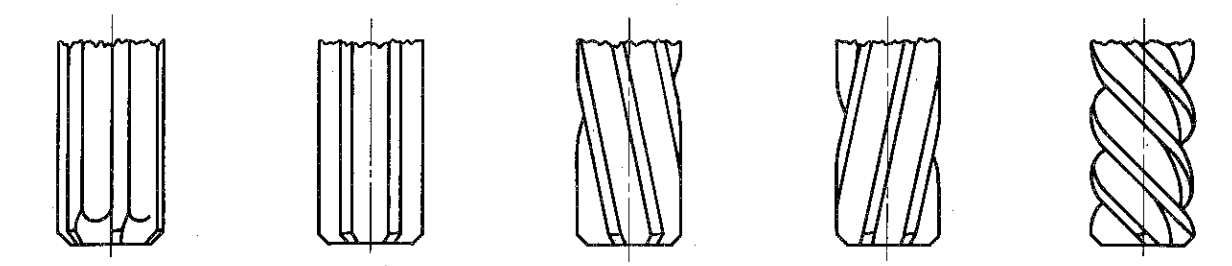


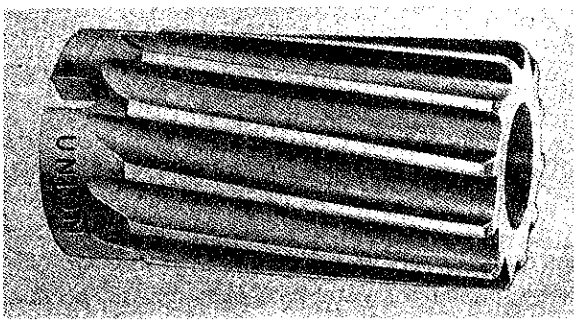
Fig. 4-57. Tipos de estrías para escariadores de máquina (Morse Twist Drill & Machine Co.)



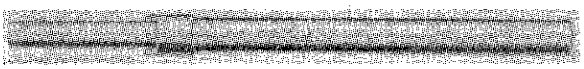
Fig. 4-58. Escariador de diente fijo con mango cilíndrico (Cleveland Twist Drill Co.)



Fig. 4-59. Escariador de diente fijo tipos "rose" (Whiteman & Barnes).



A



B

Fig. 4-60. (A) Escariador hueco. (B) Barrena para escariador hueco (Union Twist Drill Co.)



Fig. 4-61. Escariador extensible de mango cilíndrico (Morse Twist Drill & Machine Co.)



Fig. 4-62. Escariador para pasadores cónicos (Cleveland Twist Drill Co.)



Fig. 4-63. Escariador de estrías largas tipo "jobber" (Whitman & Barnes).

(fig. 4-63) es un escariador de máquina, de mango cónico, cuyas estrías tienen aproximadamente la misma longitud que un escariador de mano; se utiliza para acabados de precisión.

51. Describir la operación de penetrado.

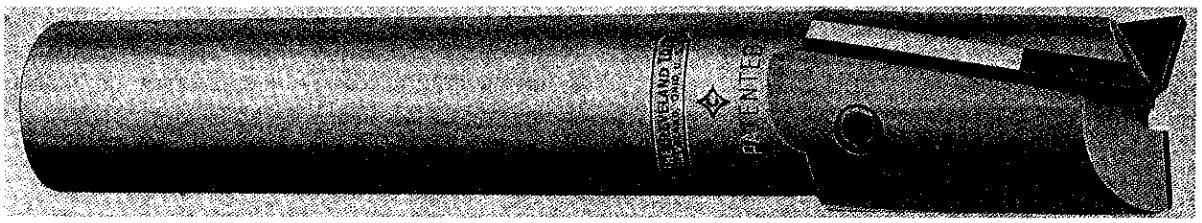
El penetrado es la operación de practicar un segundo agujero de mayor diámetro que el primero, pero concéntrico con él. Cuando la operación se efectúa en una taladradora, se emplea una herramienta de penetrar conocida con la designación de broca de dos diámetros, la cual está constituida por la herramienta de corte propiamente dicha (fig. 4-64 A) y un elemento de guía, o *piloto,* de menor diámetro que aquella, el cual tiene la forma que muestra la figura 4-64 B; los pilotos sirven, una vez montados en la broca, para que ésta se mantenga concéntrica con el agujero original, y son intercambiables con otros de diferentes medidas a fin de poder ajustarse a varios diámetros de agujero.

52. ¿Qué es la operación de refrentado?

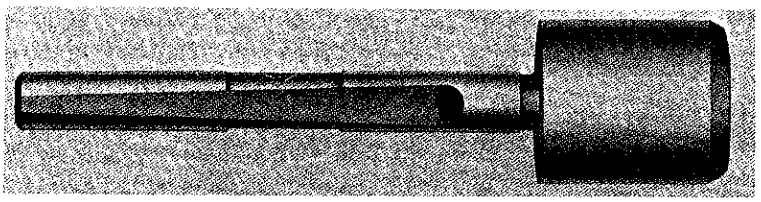
Es la operación de mecanizar una superficie circular plana alrededor de un agujero con el fin de obtener un asiento para una cabeza de tornillo, una tuerca o una arandela. Por lo general, esta operación se efectúa en las piezas fundidas, pudiéndose llevar a cabo con una broca de dos diámetros. La superficie mecanizada debe ser perpendicular al eje del agujero.

53. Describir la operación de roscar en una taladradora.

Los agujeros que deben roscarse con macho se taladran primero a un diámetro especificado. Para roscar agujeros en una máquina de taladrar normal, debe utilizarse un accesorio especial como, por ejemplo, el representado en la figura 4-65; este accesorio se sujeta al husillo de la taladradora mediante un árbol cónico que también acciona el mecanismo del tipo de fricción. El portaherramientas o giramachos centra con precisión el macho sobre la parte redonda de éste, mientras que unas mordazas lo sujetan por su extremo cuadrado en forma firme y rígida, lo que evita que el macho se salga cuando gira al revés. El mecanismo de accionamiento está construido de forma que hace girar el macho en el sentido de las agu-



A



B

Fig. 4-64. (A) Broca para penetrar y refrentar. (B) Vástago de guía para la misma (Cleveland Twist Drill Co.)

jas del reloj (dentro de la pieza) cuando la manivela de avance de la máquina es movida hacia abajo; cuando la manivela es movida hacia arriba, se invierte el sentido de giro del macho y, así, puede sacársele del agujero. Con la práctica, es posible mandar los movimientos de avance y de retroceso del macho con una experta manipulación de la manivela citada. El accesorio de roscar es un dispositivo que permite ahorrar tiempo cuando hay que roscar con macho un gran número de piezas idénticas.

54. Describir la operación de lapeado.

El lapeado es un método de quitar cantidades muy pequeñas de material por medio de un abrasivo, el cual se mantiene en contacto con las paredes del agujero a lapear utilizando una herramienta adecuada. Existen muchas clases de herramientas de lapear; los casquillos de cobre de la figura 4-66 constituyen un ejemplo típico de ellas. En funcionamiento, la herramienta debe ajustar precisamente en el agujero y, mientras gira dentro de él, debe moverse constantemente arriba y abajo a fin de que aquél quede perfectamente cilíndrico.

El trabajo de lapeado es largo y tedioso. Por lo general, con este método sólo se extraen unas pocas milésimas de pulgada, o centésimas de mm, de material. Es práctica común lapear pequeños agujeros, de menos de 3/8" (10 mm) de diámetro, cuando el metal ha sido templado, porque

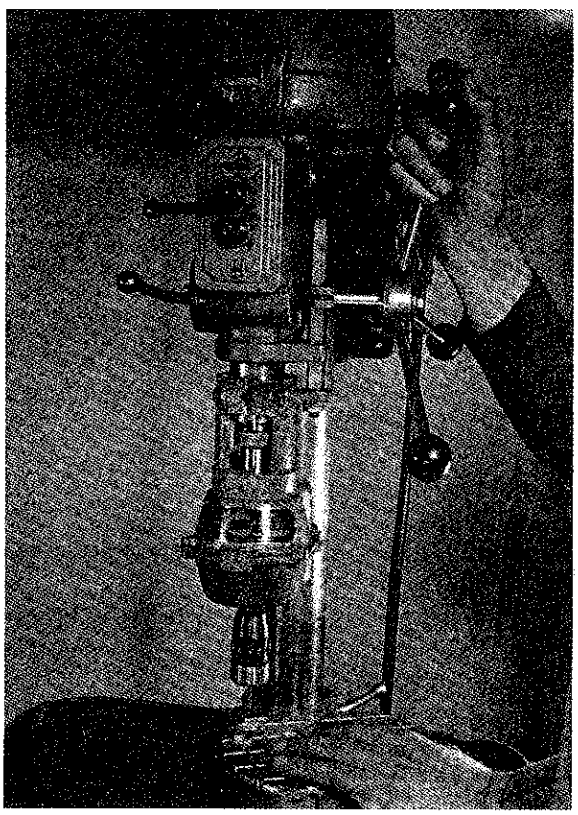


Fig. 4-65. Accesorio para roscar con macho (Ettco Tool Co.)

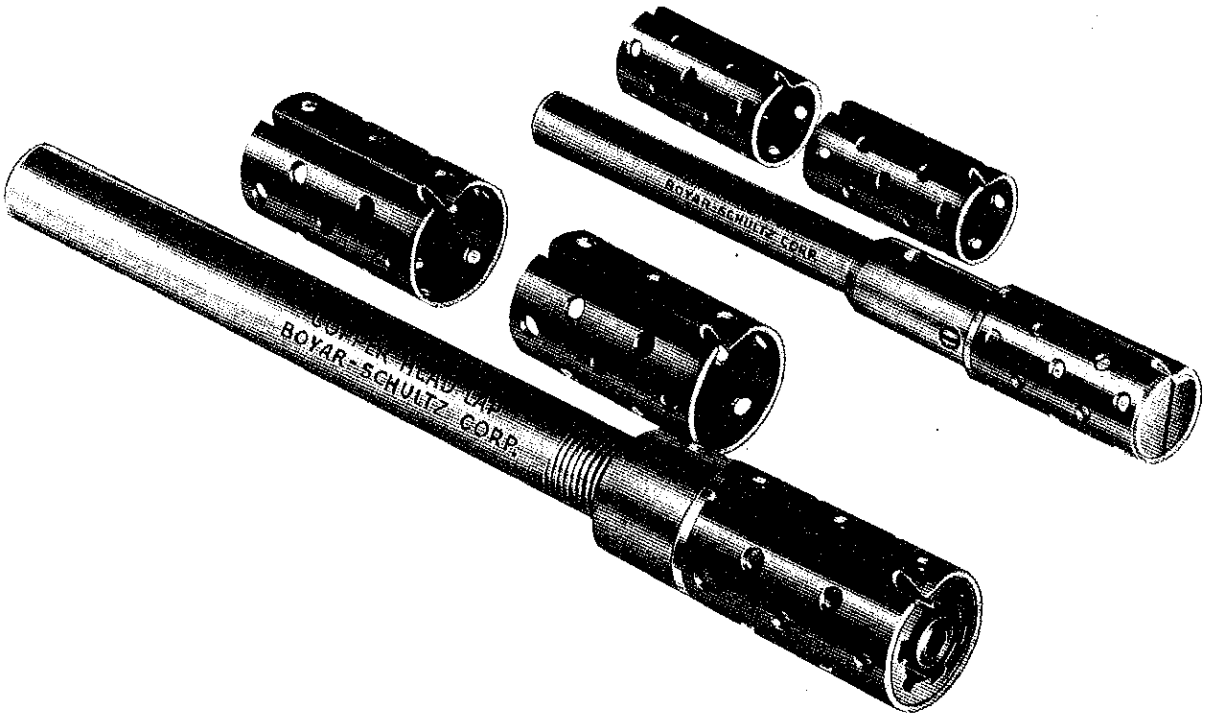


Fig. 4-66. Casquillos de cobre para lapear (Beyar-Schultz Corp.)

raramente se encuentran muelas tan reducidas. Antes del temple, los agujeros pequeños que deben lapearse se escarían con un escariador de lapear, el cual tiene una o dos milésimas de pulgada (0,025 ó 0,05 mm) menos que el escariador de medida normal.

55. Describir el método usado para taladrar vidrio.

Como broca se emplea un tubo de cobre o de latón, el cual debe tener un diámetro exterior igual al del agujero deseado. Para aplicar entre el extemo del tubo y el vidrio da buen resultado, como abrasivo, un compuesto para rectificado basto, por ejemplo, polvo de esmeril mezclado con gasolina o petróleo. El vidrio debe descansar sobre una colchoneta de caucho o de fieltro, algo mayor que la dimensión del agujero a taladrar. Primero se taladra hasta aproximadamente la mitad del espesor del vidrio y luego se invierte éste para taladrar desde el lado opuesto.

56. ¿Qué se entiende por velocidad de corte de una broca?

La velocidad de corte de una broca es la velocidad circunferencial a menudo llamada velocidad periférica; puede explicarse diciendo que es la distancia que rodando recorrería una broca si, sin avanzar longitudinalmente se hiciese rodar durante un minuto a un número dado de rpm. La velocidad de corte se expresa en metros, o en pies, por minuto, y no significa rpm.

57. Explicar cómo se cálcula la velocidad de corte de una broca de 12 mm que gira a 600 rpm.

Una broca de 12 mm girando a 600 rpm tendrá su velocidad circunferencial expresada en metros. Por tanto, la circunferencia en metros es igual al diámetro (0,012 m) multiplicado por π (3,1416), lo que da 0,0377 m; y multiplicando por el número de rpm (600), se tendrá la velocidad de corte buscada, o sea

$$0{,}0377 \times 600 = 22{,}6 \text{ m por minuto}$$

58. Cuando se conoce la velocidad de corte, ¿cómo puede calcularse el número de rpm?

En tal caso, puede aplicarse la siguiente fórmula:

$$\text{rpm} = 1000\, v / \pi\, d$$

Diámetro		VELOCIDADES DE CORTE EN PIES Y EN METROS POR MINUTO												
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
		9 m	12 m	15 m	18 m	21 m	24 m	27 m	30 m	33 m	36 m	39 m	42 m	45 m
Pulgadas	mm	REVOLUCIONES POR MINUTO												
1/16	1	1833	2445	3056	3667	4278	4889	5550	6111	6722	7334	7945	8556	9167
1/8	3	917	1222	1528	1833	2139	2445	2750	3056	3361	3667	3973	4278	4584
3/16	5	611	815	1019	1222	1426	1630	1933	2037	2241	2445	2648	2852	3056
1/4	6	458	611	764	917	1070	1222	1375	1528	1681	1833	1986	2139	2292
5/16	8	367	489	611	733	856	978	1100	1222	1345	1467	1589	1711	1833
3/8	10	306	407	509	611	713	815	917	1019	1120	1222	1324	1426	1528
7/16	11	262	349	437	524	611	698	786	873	960	1048	1135	1222	1310
1/2	12	229	306	382	458	535	611	688	764	840	917	993	1070	1146
5/8	15	183	244	306	367	428	489	550	611	672	733	794	856	917
3/4	19	153	203	255	306	357	407	458	509	560	611	662	713	764
7/8	22	131	175	218	262	306	349	393	436	480	524	568	611	655
1	25	115	153	191	229	267	306	344	382	420	458	497	535	573
1 1/8	28	102	136	170	204	238	272	306	340	373	407	441	475	509
1 1/4	32	92	122	153	183	214	244	275	306	336	367	397	428	458
1 3/8	35	83	111	139	167	194	222	250	278	306	333	361	389	417
1 1/2	38	76	102	127	153	178	204	229	255	280	306	331	357	382
1 5/8	41	70	94	117	141	165	188	212	235	259	282	306	329	353
1 3/4	45	65	87	109	131	153	175	196	218	240	262	284	306	327
1 7/8	48	61	81	102	122	143	163	183	204	244	244	265	285	306
2	51	57	76	95	115	134	153	172	191	210	229	248	267	287
2 1/4	57	51	68	85	102	119	136	153	170	187	204	221	238	255
2 1/2	63	46	61	76	92	107	122	137	153	168	183	199	214	229
2 3/4	70	42	56	69	83	97	111	125	139	153	167	181	194	208
3	76	38	51	64	76	89	102	115	127	140	153	166	178	191

Fig. 4-67. Velocidades de corte para brocas (Cleveland Twist Drill Co.)

siendo v la velocidad de corte en m por minuto y d el diámetro de la broca en mm. Así, para el ejemplo anterior se tendría

$$rpm = 1000 \times 22{,}6 / 3{,}1416 \times 12 = 600$$

59. ¿Cuáles son las velocidades de corte recomendadas para taladrar algunos de los metales más comúnmente usados?

Cuando se emplean brocas de acero rápido, las velocidades de corte medias recomendadas son las siguientes:

Aluminio	90 m (300 pies) por minuto
Latón	60 m (200 pies) por minuto
Hierro fundido	30 m (100 pies) por minuto
Cobre	60 m (200 pies) por minuto
Acero para maquinaria	24 m (80 pies) por minuto
Metal Monel	15 m (50 pies) por minuto
Acero inoxidable	15 m (50 pies) por minuto
Aleaciones de acero de herramientas	18 m (60 pies) por minuto

Para brocas de acero de herramientas al carbono, las velocidades de corte deben ser aproximadamente la mitad de las indicadas.

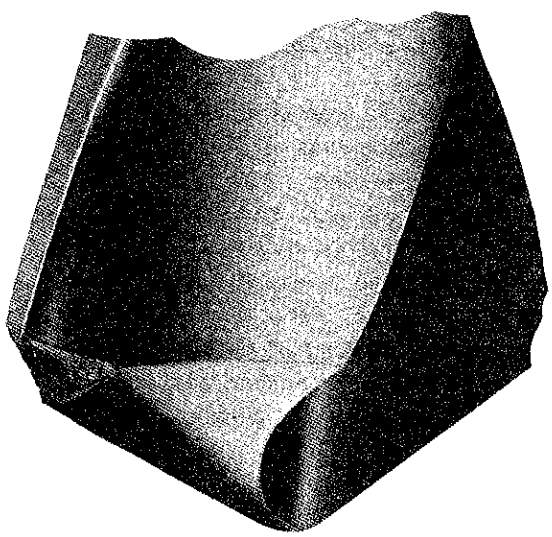


Fig. 4-68. Broca con las esquinas desgastadas debido a una velocidad de funcionamiento excesiva (Cleveland Twist Drill Co.)

60. Si un mecánico de utillajes tiene necesidad de taladrar un agujero de 12 mm en una pieza de acero para maquinaria a la velocidad recomendada de 21 m por minuto, ¿a qué velocidad en rpm debe funcionar la taladradora?

Aunque la respuesta puede determinarse matemáticamente, es más práctico utilizar una tabla de velocidades de corte similar a la de la figura 4-67. Localizando el diámetro de la broca en las columnas de la izquierda de la tabla y luego leyendo hacia la derecha, se encuentra que para una velocidad de corte de 70 pies, o 21 m, por minuto, el husillo de la taladradora debe girar a 535 rpm.

61. ¿Qué le sucede a una broca si la velocidad de funcionamiento es demasiado elevada?

Si la broca gira demasiado rápidamente, se sobrecalienta y el temple del acero se elimina. Esto es causa de que las esquinas exteriores de la broca sufran un rápido desgaste (fig. 4-68).

62. ¿Qué se entiende por avance de una broca?

El avance de una broca es la longitud de penetración en la pieza por cada revolución de aquella. Este avance se mide en fracciones de pulgada o en mm; por ejemplo, una broca que gira a 600 rpm con un avance de 0,005" perforará un agujero de 3" de profundidad en 1 minuto, ya que, multiplicando el avance en una revolución por el número de revoluciones efectuadas en un minuto, se tiene 0,005 x 600 = 3". Si el avance fuese de 0,125 mm, la profundidad del agujero al cabo de 1 minuto sería de 0,125 x 600 = 75 mm.

agujas al señalar la una, es de 30° (fig. 5-5). Es mucho más seguro el uso del transportador de ángulos de la figura 5-4; colocando su base sobre el lado de la cuchilla y moviendo su brazo hasta ponerlo en contacto con la superficie afilada, puede efectuarse una medición angular verdadera, (fig. 5-6)

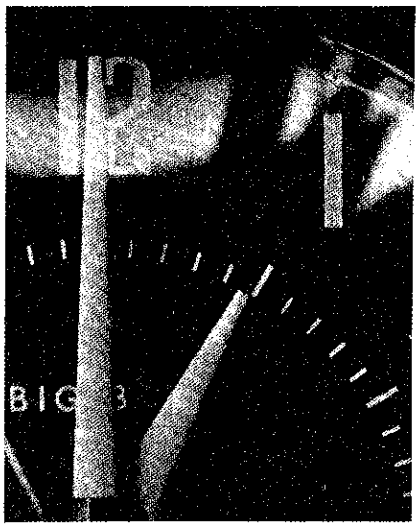


Fig. 5-5. Las agujas de este reloj forman un ángulo de 30°.

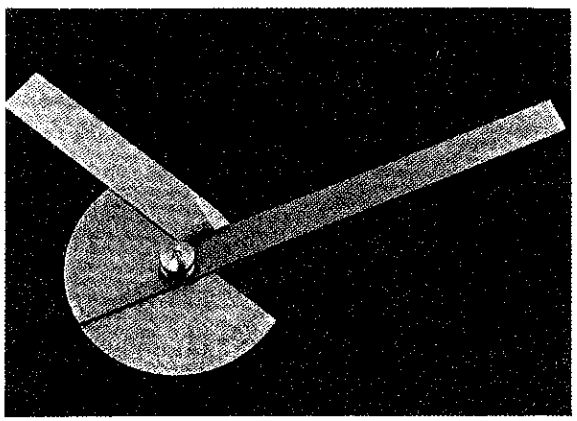


Fig. 5-6. Medición del ángulo de incidencia frontal de una cuchilla con un transportador de ángulos (Lufkin Rule Co.)

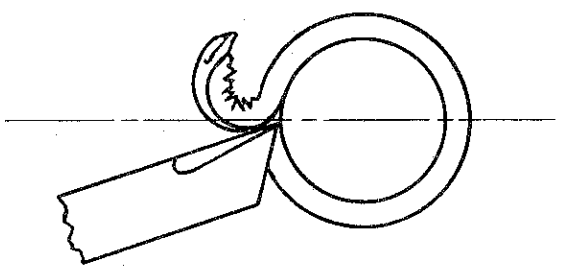


Fig. 5-7. El ángulo de desprendimiento superior guía la viruta hacia fuera de la pieza y protege la punta de la herramienta.

7. ¿Qué es el ángulo de desprendimiento superior?

Es el ángulo que forman la superficie superior de la herramienta y la cara afilada superior de la punta de la misma.

8. ¿Para qué sirve el ángulo de desprendimiento superior?

El objeto del ángulo de desprendimiento superior es principalmente guiar la dirección del flujo de la viruta; también sirve para proteger la punta de la herramienta (fig. 5-7). La medida de este ángulo depende del material a mecanizar; cuanto más blando es éste, mayor debe ser el ángulo de desprendimiento superior. Así, el aluminio requiere más ángulo que el hierro fundido o el acero. El ángulo de desprendimiento superior puede ser positivo, neutro o negativo (fig. 5-8); el ángulo negativo se usa para algunos materiales blandos a fin de evitar que el empuje de la viruta deteriore el filo.

9. ¿Qué es el ángulo de desprendimiento lateral?

Es el ángulo formado al afilar la superficie superior de la cuchilla, ya que a esta superficie se le da una inclinación hacia abajo partiendo del filo lateral (fig. 5-2). El ángulo de desprendimiento lateral determina si una herramienta es de corte a derecha o a izquierda.

10. ¿Para qué sirve el ángulo de desprendimiento lateral?

El ángulo de desprendimiento lateral realiza una función similar a la del ángulo de desprendimiento superior: guía la dirección de salida de la viruta hacia fuera de la pieza. Por lo general, en el afilado se le da una medida que oscila entre 6° y 15°. Junto con el ángulo de incidencia lateral, forma la arista de corte, produciéndose una acción de cizallamiento a medida que la herramienta se mueve de lado sobre el material. El grado de curvatura de una viruta depende de la magnitud de este ángulo (fig. 5-9).

11. ¿Qué es el ángulo de incidencia lateral?

Es el formado por aquella superficie de la herramienta que se encuentra debajo del filo (fig. 5-9).

12. ¿Para qué sirve el ángulo de incidencia lateral?

Este ángulo permite que la cuchilla avance de lado en la pieza, pudiendo cortar sin fricción; si es demasiado pequeño, la herramienta no puede avanzar sobre el material, ya que al rozar contra el mismo, se sobrecalienta y se embota. De esta forma, el acabado es muy basto y rasposo. Si el ángulo de incidencia lateral es demasiado grande, el filo se rompe en partículas pequeñas debido a un soporte insuficiente.

13. ¿Qué es el ángulo de incidencia frontal?

Es el formado por la cara frontal de la herramienta y una recta imaginaria tangente a la pieza y perpendicular al eje del torno (fig. 5-10).

14. ¿Para qué sirve el ángulo de incidencia frontal?

Sirve para evitar el frotamiento de la cuchilla contra la pieza. La medida de este ángulo puede variar entre 8° y 15°, siendo el diámetro de la pieza uno de los factores que determinan dicha medida. Si el ángulo es demasiado pequeño, la herramienta tiene roce con la pieza, dificultando el corte y dejando un acabado defectuoso. Si el ángulo es demasiado grande, la punta o arista de corte de la cuchilla tendrá poco soporte y se romperá; un ángulo de incidencia frontal excesivo puede también producir marcas de vibración sobre la superficie acabada de la pieza.

15. ¿Qué es un rompevirutas?

Es una ranura practicada con muela precisamente detrás del filo de la cuchilla, pero sin que necesariamente alcance la arista extrema de la herramienta. El ancho de la zona entre el filo y la ranura dependerá del grado de avance y del tipo de metal que se mecaniza (fig. 5-11).

16. ¿Para qué sirve el rompevirutas?

Los rompevirutas se practican con muela en las puntas de las herramientas de filo único con el fin de regular la salida de las virutas continuas en forma de cinta que se producen a altas velocidades de corte. Las virutas continuas son peligrosas para el operario de la máquina, ya que son afiladas, duras y calientes; por otra parte, constituyen un em-

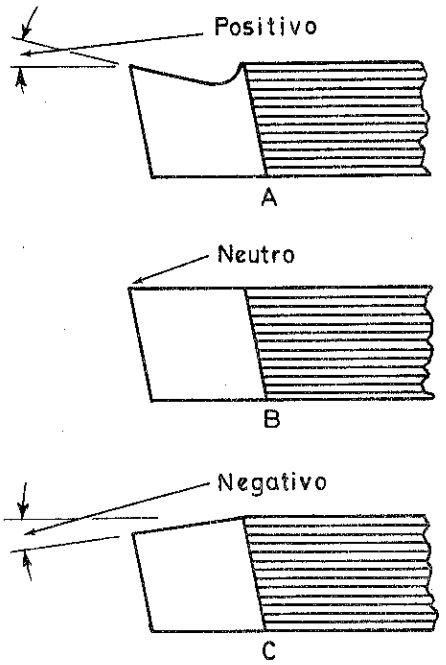


Fig. 5-8. Angulos de desprendimiento superior positivo, neutro y negativo.

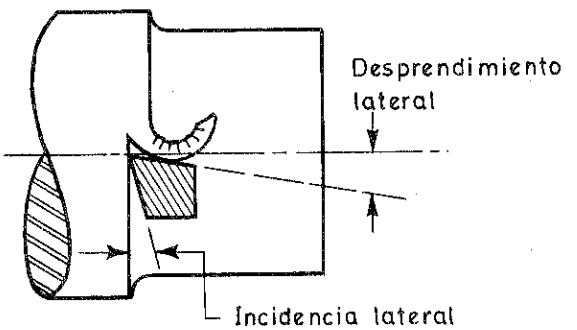


Fig. 5-9. El ángulo de desprendimiento lateral curva la viruta.

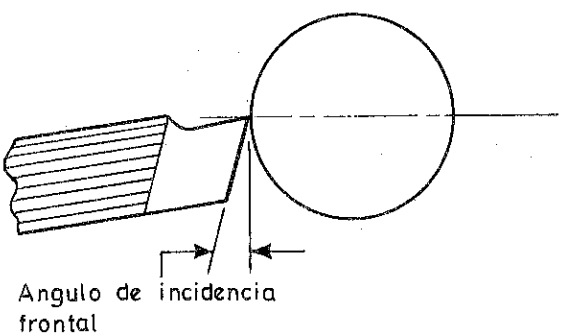


Fig. 5-10. Angulo de incidencia frontal.

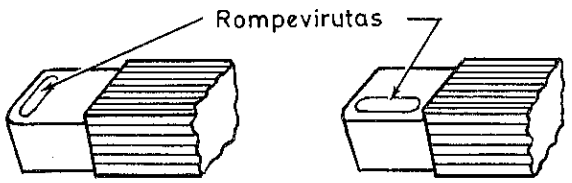


Fig. 5-11. Rompevirutas.

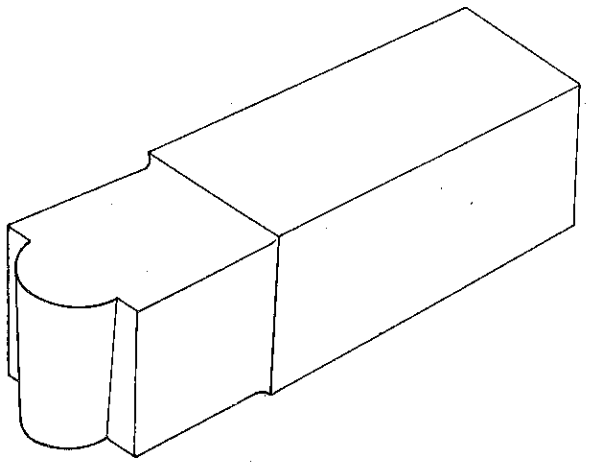


Fig. 5-12. Punta de herramienta para formar ranuras a la medida exacta.

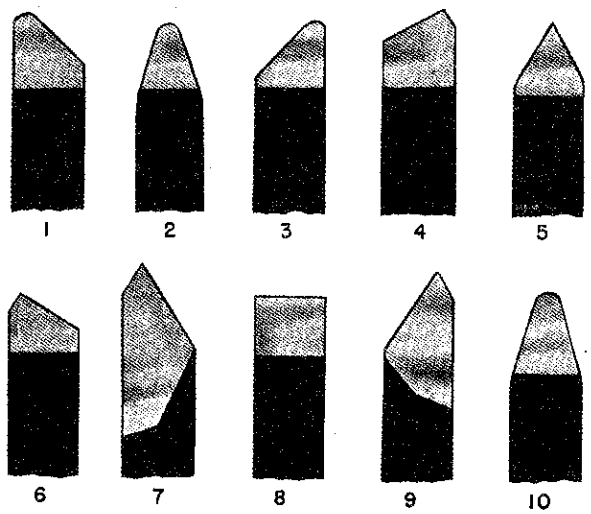


fig. 5-13. Cuchillas afiladas para trabajos de torno (Armstrong Bros. Tool Co.)

1. Cuchilla a izquierda
2. Cuchilla redonda
3. Cuchilla a derecha
4. Cuchilla cantonera a izquierda
5. Cuchilla de roscar
6. Cuchilla cantonera a derecha
7. Cuchilla lateral a izquierda
8. Cuchilla cuadrada
9. Cuchilla lateral a derecha
10. Cuchilla para latón

brollo alrededor de la pieza que gira, la herramienta de corte y los elementos en movimiento de la máquina tales como el plato del torno. El rompevirutas actúa como una obstrucción al flujo libre de la viruta y motiva que ésta se rompa en trozos cortos y manejables.

17. ¿Cuál es la forma correcta de la punta de una herramienta?

La forma de la punta de una herramienta de un solo filo depende del trabajo que debe efectuarse con ella. En todos los casos, independientemente de la forma, conviene recordar que cualquier filo ha de tener un ángulo de incidencia y que debe tenerse en cuenta la dirección según la cual la herramienta necesita avanzar en la pieza. La medida de los ángulos de desprendimiento y de incidencia dependerá del material, del tamaño de la pieza, del valor del avance y de la profundidad del corte. Las puntas de las herramientas pueden afilarse según formas especiales (fig. 5-12). En la figura 5-13 se representan las formas normales de las puntas de las cuchillas destinadas a trabajos en el torno.

18. ¿En que difiere la cuchilla de tronzar de las demás?

La cuchilla de tronzar, o de segar, sólo corta en una dirección, la cual va en línea recta hacia el interior de la pieza. El ángulo de desprendimiento se mantiene a un mínimo para evitar que la herramienta se agarrote dentro del material que corta. Después de afilar una cara plana en la parte superior de la cuchilla, no se requiere ningún otro afilado posterior. El ángulo de incidencia frontal se deja a 10°. Las cuchillas de tronzar se acaban con incidencia u holgura lateral en ambos lados (fig. 5-14), sin que sea necesario afilarlos.

19. ¿Qué es una herramienta con plaquita de metal duro?

Es la herramienta que tiene una plaquita o pastilla de carburo soldada o insertada en la punta de su mango de acero; esta plaquita de metal duro forma las aristas de corte (fig. 5-15). El carburo es una mezcla de varias aleaciones diferentes de carbono y elementos metálicos tales como tungsteno, titanio o tantalio; es excepcionalmente duro y mantiene la arista de corte afilada bajo condicio-

nes que en las herramientas ordinarias producirían un desgaste rápido del filo. Los carburos comprimidos hacen posible un incremento considerable de las velocidades de corte; se encuentran en el mercado con diferentes nombres registrados tales como Carboloy, Firthrite, Vascolloy-Ramet, Widia, etc.

20. ¿Qué precauciones deben tomarse en el afilado de las cuchillas?

Las herramientas de corte no deben sufrir sobrecalentamiento alguno; el calor que se origina al afilar excesivamente causa la rotura del filo. El sobrecalentamiento puede también producirse a consecuencia de una muela sobrecargada, una muela demasiado dura, o una presión excesiva aplicada a la punta de la cuchilla. Debe mantenerse al mínimo la zona de la superficie de la punta en contacto con la muela; hay que mover continuamente la herramienta a través de la cara de la muela, sin aplicar demasiada presión entre cuchilla y muela. Para desbastar la forma de las puntas de las herramientas de un solo filo se prefiere una muela húmeda; si el afilado se hace en seco, la herramienta debe refrigerarse frecuentemente sumergiéndola en agua, pues si se deja que se sobrecaliente antes de mojarla, después de sumergida aparecerán pequeñas grietas a lo largo del filo.

21. ¿Cómo se afilan las puntas de herramientas con plaquita de carburo aglutinado?

La arista cortante de las cuchillas con plaquita de metal duro se afila y conserva mejor empleando una muela de diamante, la cual está constituida por pequeñas partículas de diamante que se aglomeran juntas. Las muelas de carburo de silicio pueden usarse para acabar el filo de una cuchilla con pastilla de carburo aglutinado, pero el resultado es que no se obtiene el filo fuerte, puntiagudo y eficiente que se consigue con el empleo de la muela de diamante.

22. ¿Cómo se afilan los ángulos de desprendimiento y de incidencia exactos en una punta de herramienta?

Muchas afiladoras de herramientas están provistas de una barra o pequeño soporte de herramienta que sólo puede ser movido para acercarse o separarse de la cara de la muela al objeto de compensar el desgaste de la misma. La obtención del ángulo exacto depende de la destreza y de la

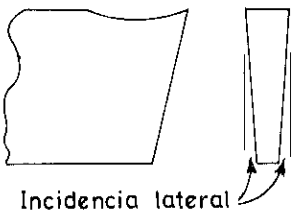


Fig. 5-14. Herramienta de segar o tronzar.

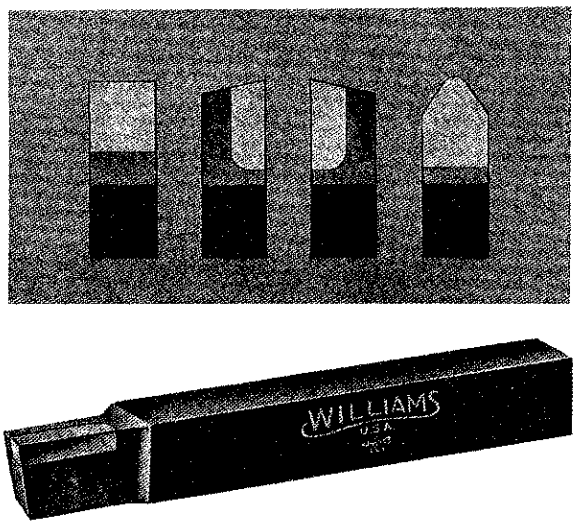


Fig. 5-15. Cuchillas con plaquita de metal duro (J. H. Williams & Co.)

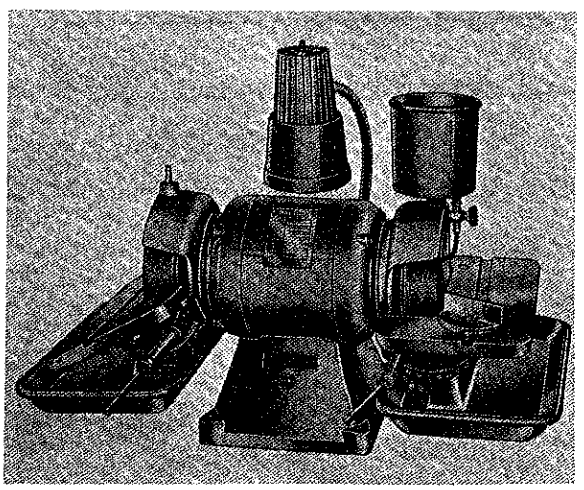


Fig. 5-16. Afiladora de herramientas con plaquita de carburo, provista de soporte de herramienta con comprobador de ángulos (Baldor Electric Company).

paciencia del operario. La mayoría de las máquinas de afilar van equipadas con mesas grandes y ajustables, las cuales pueden inclinarse según ángulos exactos que se miden por medio de un cuadrante tipo comprobador unido a la mesa. Se necesitan tablas de verificación de ángulos para el afilado de las cuchillas con plaquita de metal duro, y también deberían usarse para el afilado de todas las herramientas de corte de un solo filo (fig. 5-16).

23. ¿Qué se entiende por esmerilado de una punta de herramienta?

Esmerilar una punta de herramienta significa alisar las aristas cortantes con una piedra de aceite;

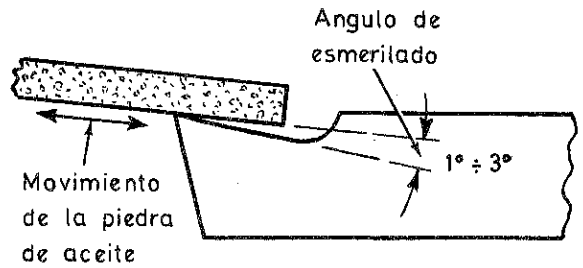


Fig. 5-17. Esmerilado del filo de una cuchilla.

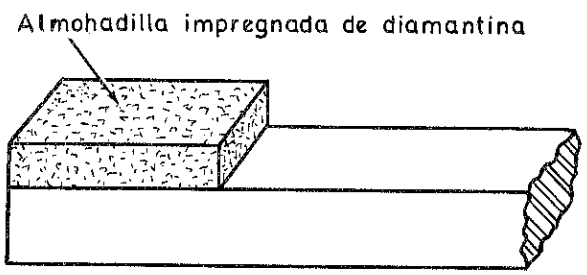


Fig. 5-18. Esmerilador manual de diamante.

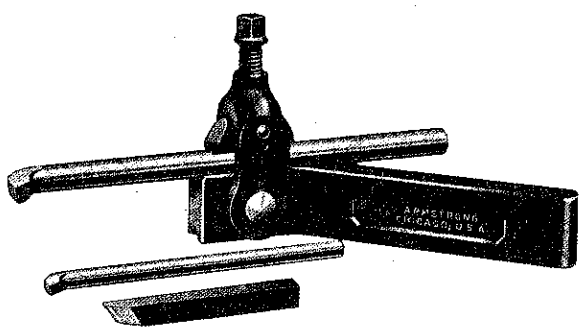


Fig. 5-19. Herramientas de mandrinar con su soporte (Armstrong Bros. Tool Co.)

se trata, pues, de un superacabado (honing). Los mejores resultados se obtienen manteniendo la piedra inclinada de 1° a 3° menos que el valor del ángulo de desprendimiento y esmerilando un estrecho plano de 1/32" (0,8 mm) adyacente al filo (fig. 5-17). Para puntas de acero rápido y de aleaciones fundidas, úsese una piedra de aceite fina; cuando se trate de puntas con plaquita de carburo, úsese un esmerilador manual de diamante de grano fino.

24. ¿Qué es el esmerilador manual de diamante?

El esmerilador manual diamantino se utiliza para alisar el filo de las cuchillas con plaquita de metal duro; la almohadilla impregnada de diamantina se monta en el extremo de un soporte (fig. 5-18), cuya sección es un cuadrado de 3/8" a 1/2" (10 a 12,5 mm) de lado, siendo su longitud de 4" (unos 100 mm). Algunos soportes tienen una almohadilla con abrasivo de diamante en cada extremo; en cualquier caso, estas almohadillas son de la misma anchura que el soporte y de una longitud aproximada de 1" (unos 25 mm). Los abrasivos se encuentran en varios tamaños de grano, desde el 100 (basto) hasta el 320 (fino).

25. ¿Qué es una herramienta de mandrinar?

Es una herramienta de torno utilizada para agrandar interiormente los agujeros. El modelo representado en la figura 5-19 se emplea para tornos pequeños y trabajos ligeros, ya que un corte pesado haría flexar esta herramienta apartándola de la pieza, lo que daría por resultado un agujero con un diámetro menor en el extremo final que en el de comienzo, es decir, un agujero cónico. Los ángulos de desprendimiento y las aristas cortantes de la herramienta de mandrinar se afilan de una manera similar a las otras herramientas de corte, por las mismas razones. El ángulo de incidencia frontal dependerá de la medida del agujero a mandrinar, debiendo haber holgura entre la herramienta y la superficie del agujero (fig. 5-20). Las herramientas de mandrinar se fabrican en diferentes tamaños y se sujetan en soportes de herramienta de tipo especial.

Para el mandrinado se usan también las cuchillas alojadas en barrenas o barras similares a la representada en la figura 5-21. Este tipo de herramienta de mandrinar se emplea para trabajos du-

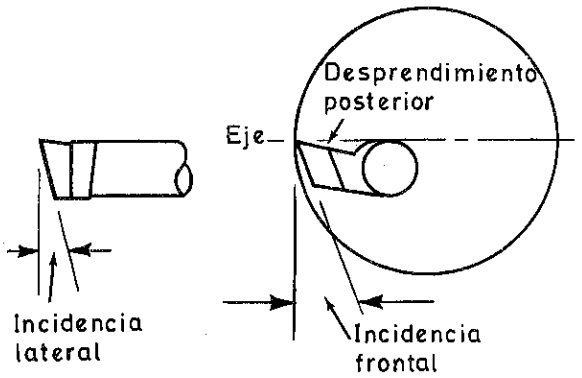


Fig. 5-20. Angulos de incidencia frontal y lateral para el mandrinado de agujeros.

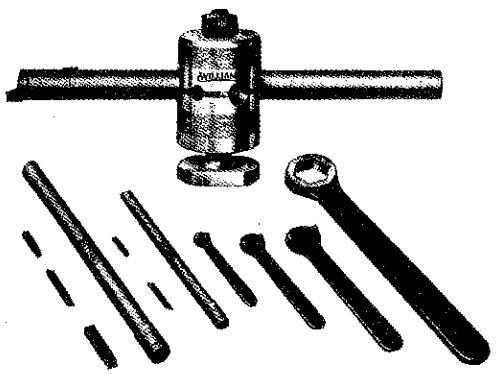


Fig. 5-21. Barrenas de mandrinar, soportes y llaves (J. H. Williams & Co.)



Fig. 5-22. Soporte de herramienta acodado a izquierda (J. H. Williams & Co.)

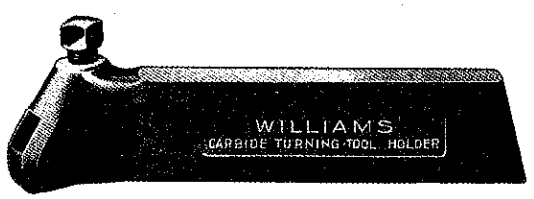


Fig. 5-23. Soporte de herramienta acodado a derecha (J. H. Williams & Co.)

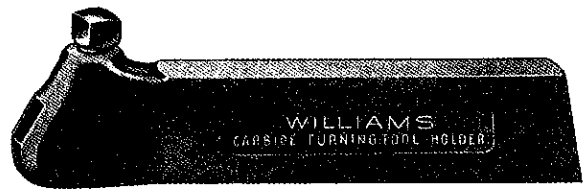


Fig. 5-24. Soporte de herramienta recto (J. H. Williams & Co.)

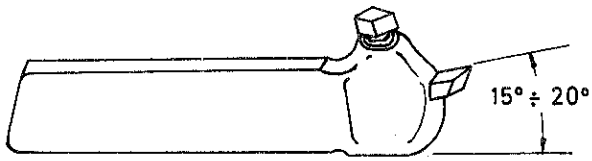


Fig. 5-25. El agujero para insertar la herramienta en su soporte, es efectuado formando un cierto ángulo.



Fig. 5-26. Soporte de herramienta ajustable para alojar cuchillas de varios tamaños (Robert H. Clark Co.)

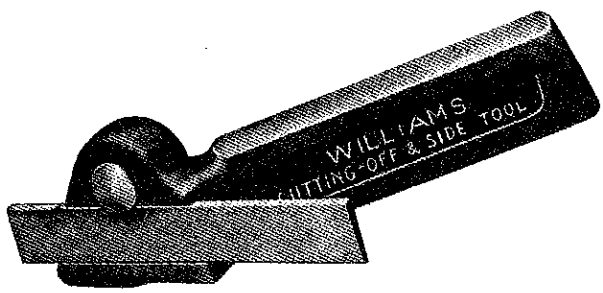


Fig. 5-27. Herramienta de tronzar dirigida hacia la derecha (J. H. Williams & Co.)

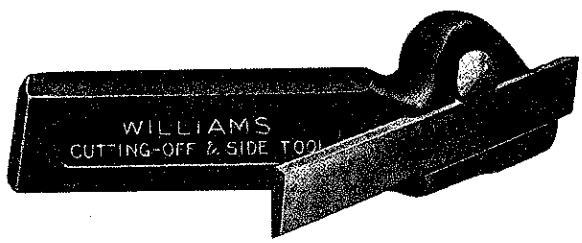


Fig. 5-28. Herramienta de tronzar dirigida hacia la izquierda (J. H. Williams & Co.)

ros y agujeros grandes, pudiéndose llevar a cabo pasadas profundas y trabajar con avances rápidos con pocas probabilidades de que por flexión se separe la herramienta de la pieza. Los alojamientos en las barrenas para las cuchillas se practican con ángulos de 45°, 60° ó 90° respecto del eje de la barrena.

26. ¿Cómo difieren los soportes de herramienta para torno?

Los soportes de herramienta para torno se fabrican en varios modelos: a izquierda (fig. 5-22), a derecha (fig. 5-23) y rectos (fig. 5-24), a fin de que la cuchilla pueda ser presentada a la pieza según diferentes ángulos. El agujero practicado en los soportes para alojamiento de las cuchillas puede ser paralelo a la superficie inferior de los mismos o formar con ella un ángulo de 15° a 20° (fig. 5-25); esto reduce la necesidad de afilar desprendimientos superiores en las cuchillas utilizadas para muchos tipos de trabajo. Existen soportes de herramienta de varios tamaños para cuchillas de diferentes medidas; algunos son ajustables a fin de permitir el alojamiento de cuchillas de dimensiones diversas (fig. 5-26).

27. ¿Cuáles son las ventajas relativas al uso de soportes de herramienta acodados o rectos?

Muchas veces es necesario segar o cortar una pieza acabada lo más cerca posible del plato del torno; entonces se requiere una herramienta de tronzar acodada a derecha (fig. 5-27). Cuando se usa una herramienta de tronzar para cortar redondos o chapa, o para abrir ranuras en la cara de una pieza, ofrece una gran ventaja el soporte de he-

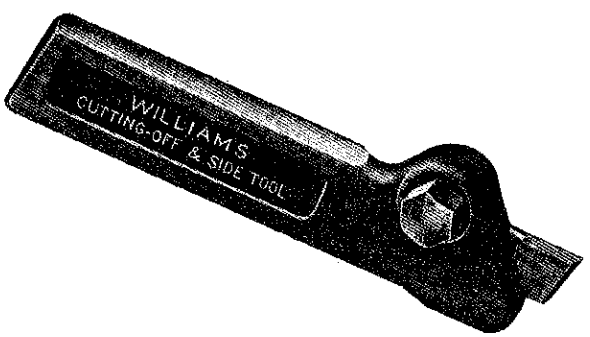


Fig. 5-29. Herramienta de tronzar montada en un soporte recto (J. H. Williams & Co.)

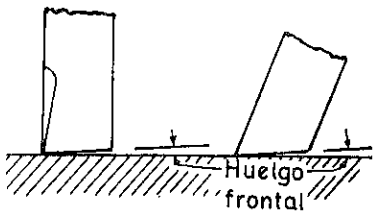


Fig. 5-30. Angulo de huelgo frontal de las cuchillas para limadora y acepilladora.

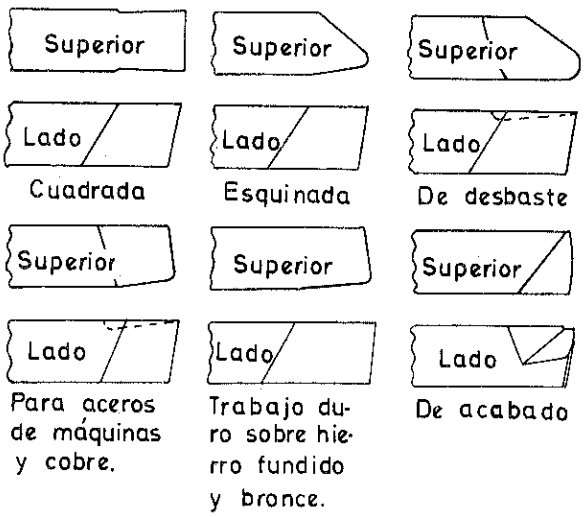


Fig. 5-31. Tipos comunes de puntas de herramientas para limadora y acepilladora.

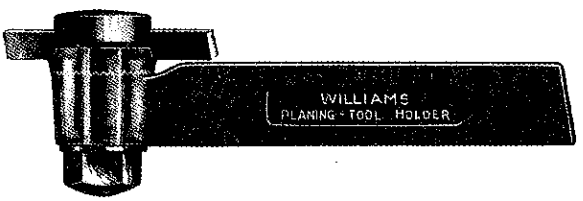


Fig. 5-32. Soporte de herramienta para limadora y acepilladora con vista figurada del perno de sujeción y de la base móvil (J.H. Williams & Co.)

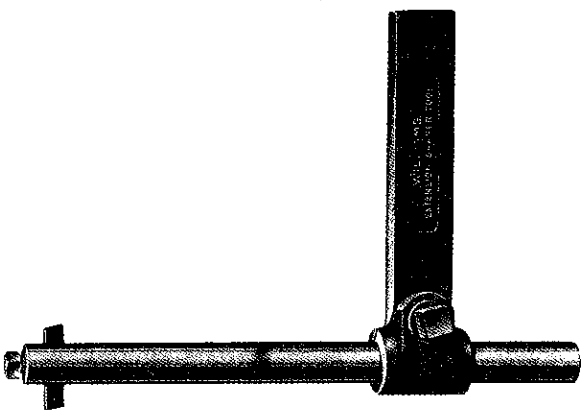


Fig. 5-33. Herramienta extensible para limadora (J. H. Williams & Co.)

rramienta acodado a izquierda (fig. 5-28). El soporte recto para herramienta de tronzar sostiene la cuchilla en toda su longitud y es útil cuando hace falta tal apoyo mayor de lo normal (fig. 5-29).

28. ¿Cómo pueden compararse las cuchillas para limadora y acepilladora con las usadas en el torno?

Las herramientas de corte para limadora y acepilladora son afiladas de acuerdo con el material que hay que mecanizar. Las incidencias y los desprendimientos se hallan en las mismas posiciones que para las herramientas de torno. Las cuchillas destinadas a las máquinas citadas se sujetan rectas, no formando ángulo alguno; sus filos requieren un soporte máximo. Los ángulos de incidencia frontal y lateral son mínimos, manteniéndose el primero entre los 3° y los 4° (fig. 5-30). Dado que el mecanismo de avance de estas máquinas no funciona mientras la herramienta está cortando, el ángulo de incidencia lateral en el lado de corte de la cuchilla no debe exceder de 3°. En la figura 5-31 se muestran algunos ejemplos de cuchillas afiladas para su uso en limadoras y acepilladoras.

29. ¿Cómo difieren los soportes de herramienta para limadora y acepilladora de los utilizados para el torno?

El soporte de herramienta para limadora y acepilladora es más grueso y más largo (fig. 5-32); es construido para proporcionar a la cuchilla el máximo soporte contra presiones considerables. La punta de la herramienta puede girarse según varios ángulos, a fin de adaptarse a los requerimientos de la pieza.

La herramienta extensible para limadora (fig. 5-33) se emplea para tallar chaveteros, ranuras y entallas en ruedas dentadas y poleas. También puede usarse para muchos trabajos especiales en que el operario de primera, con su ingeniosidad, se aprovecha de las posibilidades de ajuste y adaptación que posee tal herramienta.

6. TORNOS Y OPERACIONES DE TORNEADO

La máquina herramienta más versátil en un taller mecánico moderno, es el torno provisto de mecanismo para el tallado de roscas. Su antecesor más antiguo es la rueda de alfarero, la cual se remonta tan atrás en la historia como hacia el año 4000 a. C. Dando vueltas a la rueda de alfarero sobre su lado, los antiguos obtuvieron el primer torno horizontal, al cual siguió el torno de pértiga que podía funcionar con una cuerda y un pedal. En el siglo XV, la cuerda de accionamiento iba fijada a un listón elástico sujeto al techo. La mayoría de las mejoras primitivas que se diseñaron para ser introducidas en el torno, lo fueron para sujetar y accionar la pieza; muchos dispositivos poco perfectos fueron experimentados con tesón para conseguir el tallado de roscas en el torno, pero nunca se llegó a un resultado satisfactorio. Los relojeros franceses idearon un torno para tallar roscas (fig. 6-1), pero su disposición lo limitaba al tallado de roscas del mismo paso.

El creador del torno moderno fue Henry Maudsley, quien primero inventó el carro deslizante. Maudsley, mecánico inglés, combinó después el carro móvil con un tornillo de avance por medio de engranajes; esta combinación permitió a Maudsley el tallado de roscas de 16 a 100 hilos por pulgada (fig. 6-2). Esto tuvo lugar a principios del siglo XIX e hizo del torno la máquina más importante en la revolución industrial, ya que, sin ella, la máquina de vapor de James Watt no se habría podido construir jamás; debido a que con el torno se mecanizaron las piezas de dicha máquina, recibió el nombre de torno de máquinas. A partir de entonces, el torno ha sido mejorado y perfeccionado; cada perfeccionamiento añadido al objetivo de su utilidad, ha permitido la ejecución de operaciones más complicadas con grados de precisión y de acabado más finos.

La finalidad principal del torno es quitar material haciendo girar la pieza contra una herramienta

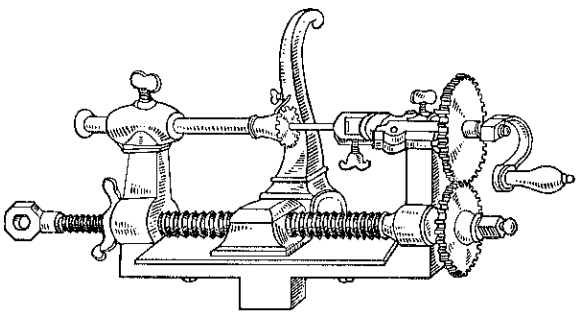


Fig. 6-1. Torno francés con dispositivo de tallado de roscas, 1740 (Libro de Roe titulado "English and American Tool Builders", con permiso de McGraw-Hill Co.)

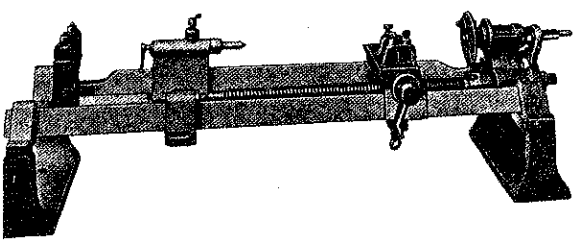


Fig. 6-2. Torno apto para tallar roscas ideado por Henry Maudsley hacia 1797 (South Bend Lathe Works).

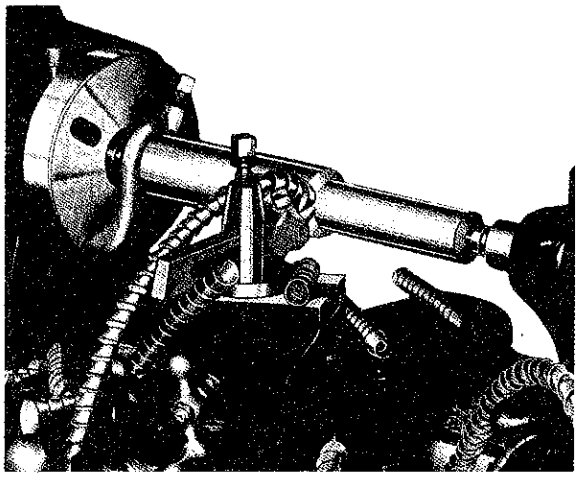


Fig. 6-3. El torneado en un torno produce una pieza cilíndrica (South Bend Lathe Works).

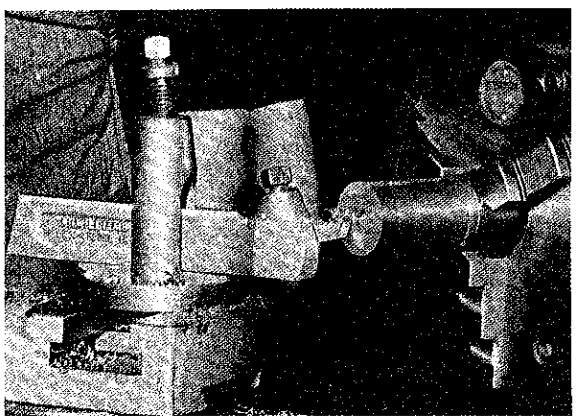


Fig. 6-4. El refrentado produce una cara plana que es perpendicular al eje de la pieza.

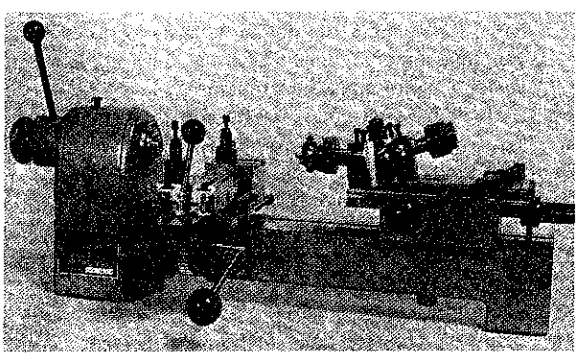


Fig. 6-5. Pequeño torno del tipo de sobre banco (F. W. Derbyshire Inc.)

de corte (fig. 6-3); esta herramienta lo mismo puede moverse a lo largo de la pieza (torneado) que a través de ella (refrentado), como en la figura 6-4. En el torno pueden mecanizarse superficies exteriores o interiores; la superficie torneada resultante puede ser de forma cilíndrica (torneado cilíndrico), o cónica (torneado cónico). De la operación de refrentar resulta una superficie plana.

El torno puede también utilizarse para taladrar, escariar, mandrinar, roscar y muchas otras operaciones especializadas.

Los tornos se fabrican en una gran variedad de dimensiones que oscilan entre las de los pequeños tornos de sobre banco (fig. 6-5), utilizados en las industrias de instrumentos de precisión y relojería, y los gigantescos tornos de 150 pies (45 m) y 400 t (fig. 6-6) utilizados en la construcción de barcos, cañones y proyectiles espaciales.

En América, la medida de un torno viene determinada por el mayor diámetro de pieza que puede hacerse girar encima de las guías de la bancada (fig. 6-7). En Europa, la medida viene dada por el radio de la pieza más grande que se puede hacer girar encima de las guías.

Hay diferentes métodos de identificación de la longitud de un torno. Algunos constructores dan la longitud de las guías, mientras que otros dan la longitud desde el plato frontal hasta el extremo de la bancada. Las especificaciones de los tornos incluyen la distancia máxima entre puntos, desde el del cabezal hasta el del contrapunto.

El torno

Las cinco partes principales de un torno son: la bancada, el cabezal, el contrapunto, el carro, el mecanismo de avance y el mecanismo para tallar roscas. La figura 6-8 muestra los elementos más importantes de que está constituido un torno modermo.

Bancada. A la bancada se la considera a menudo como la espina dorsal del torno (fig. 6-9). La precisión del torno depende principalmente de la rigidez, alineación perfecta y mecanizado correcto de la bancada. Es una pieza fundida muy robusta, con traviesas que le ayudan a resistir los esfuerzos provinentes de las fuertes pasadas y de los burdos avances. La superficie superior es me-

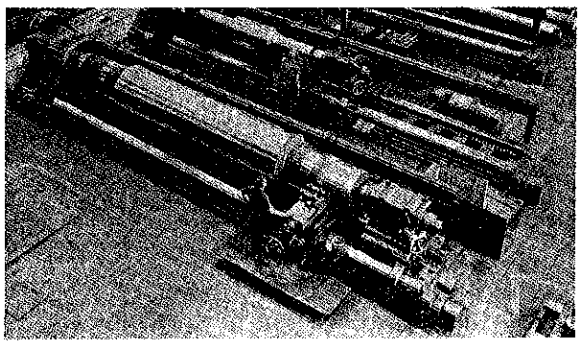


Fig. 6-6. Estos tornos pueden mecanizar grandes piezas cuyo peso es de toneladas (R. K. LeBlond Machine Tool Co.)

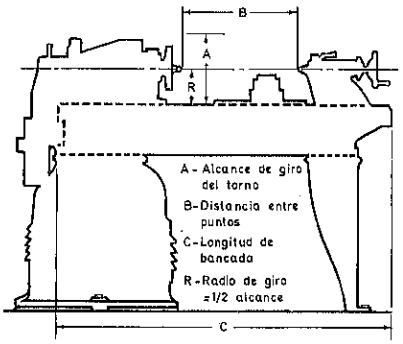


Fig. 6-7. Modo de especificar las medidas de un torno (South Bend Lathe Works).

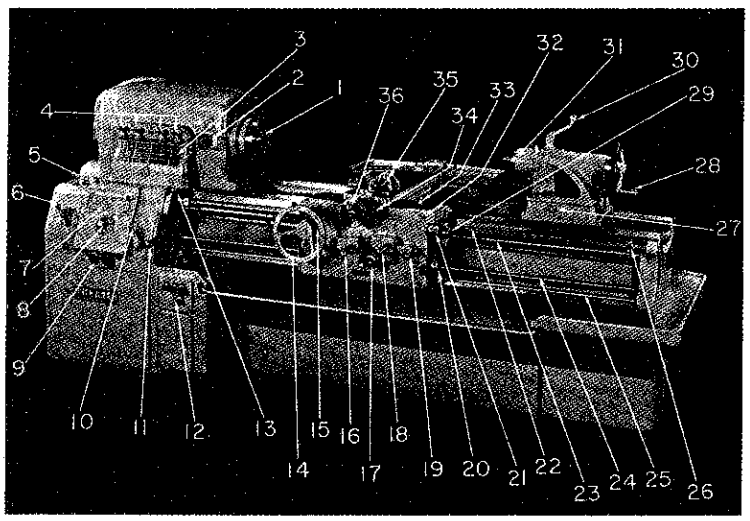


Fig. 6-8. Elementos más importantes de un torno moderno (Monarch Machine Tool Co.)

1. Husillo del cabezal.
2. Placa de identificación.
3. Placa indicadora de las velocidades del husillo.
4. Palancas de cambio de velocidad del husillo del cabezal.
5. Palanca de conexión combinada superior.
6. Palanca de conexión combinada inferior.
7. Placa indicadora del avance para roscar.
8. Cuadrante de ajuste de la caja de engranajes.
9. Botón de ajuste de la caja de engranajes.
10. Palanca de avance para roscar.
11. Palanca de mando del husillo.
12. Interruptor eléctrico de conexión.
13. Palanca de voltear.
14. Volante del delantal.
15. Disco de lectura directa de la longitud.
16. Palanca de mando del avance longitudinal y del transversal.
17. Botón de mando del avance del carro y del carrillo transversal.
18. Palanca de arranque del carro y del carrillo transversal.
19. Palanca de cierre de las medias tuercas.
20. Palanca de mando del husillo del carro.
21. Cuadrante de roscas.
22. Varilla de inversión de la barra de roscar.
23. Barra de roscar.
24. Barra de cilindrar.
25. Barra de mando.
    Nota: Inmediatamente detrás de la barra de cilindrar y completamente oculta por ella, hay la barra de accionamiento transversal rápido.
26. Brida de paro para marcha atrás.
27. Tornillo de fijación del contracabezal.
28. Volante del contracabezal.
29. Palanca de marcha atrás de la barra de roscar.
30. Palanca de sujeción del husillo del contracabezal.
31. Husillo del contracabezal.
32. Pulsador de desplazamiento del carro.
33. Brida de fijación del carro.
34. Dispositivo de paro del mecanismo de roscar.
35. Disco del soporte orientable.
36. Disco del avance transversal.

canizada para formar guías en V invertida y planas; las guías en V son cuidadosamente rasqueteadas para proporcionar una alineación precisa al cabezal, contracabezal y carro. No existe una norma que especifique el número de guías en V y

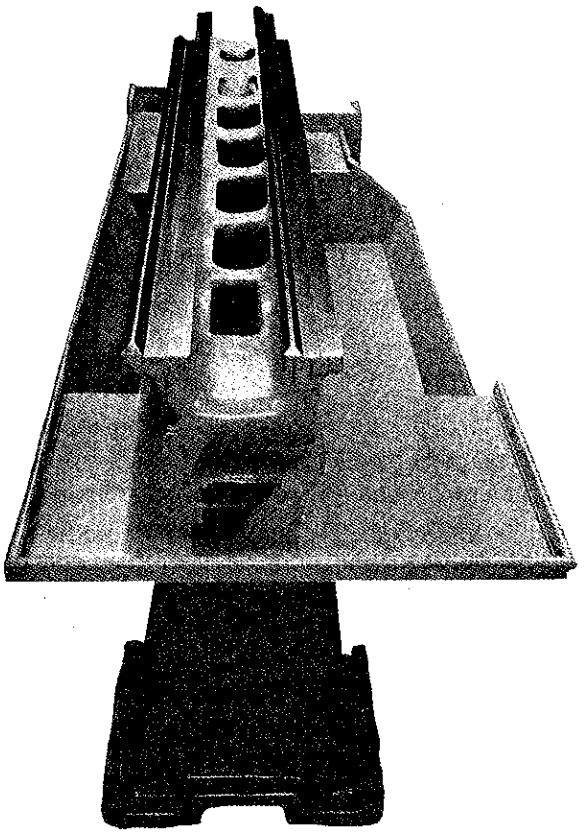


Fig. 6-9. La bancada es la espina dorsal del torno (Monarch Machine Tool Co.)

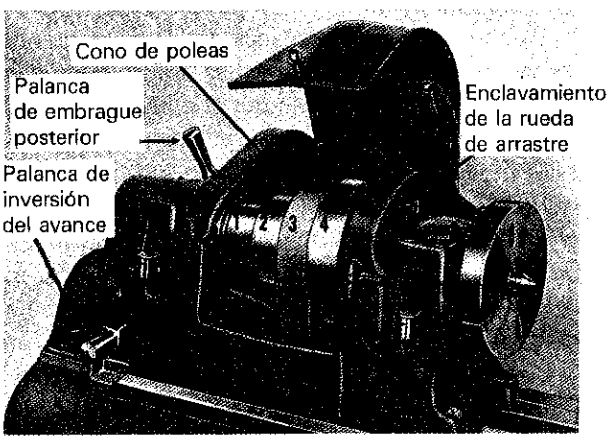


Fig. 6-10. Cabezal de un torno mostrando el cono de poleas de accionamiento (South Bend Lathe Works).

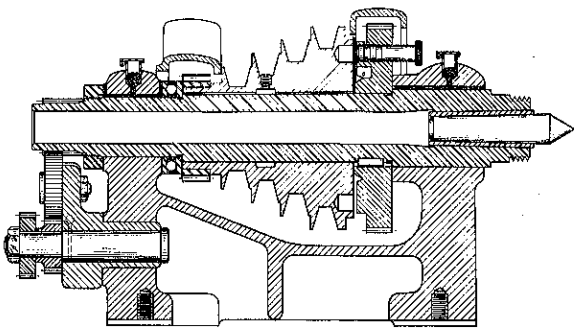


Fig. 6-11. Sección transversal de un cabezal de accionamiento con poleas para correas trapeciales (South Bend Lathe Works).

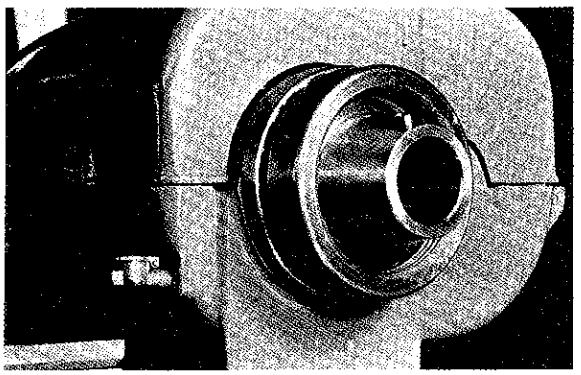


Fig. 6-12. Husillo normal del tipo cónico con chaveta (Sheldon Machine Co., Inc.)

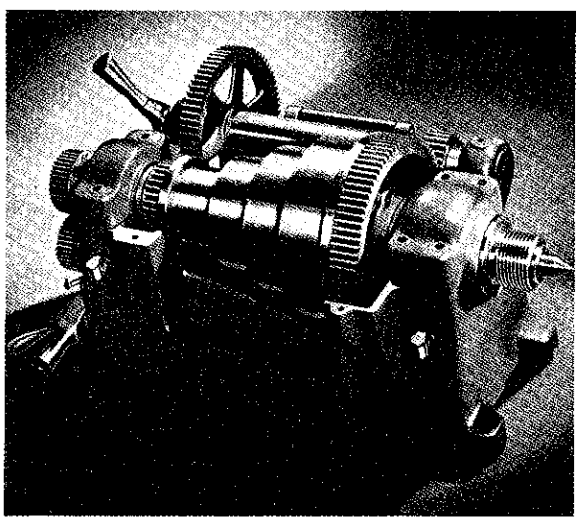


Fig. 6-13. Cabezal con cono de poleas mostrando la disposición de los engranajes de cambio (South Bend Lathe Works).

planas en la bancada; algunos tornos tienen tres guías en V y una plana, otros dos en V y dos planas.

Cabezal. El cabezal va fijado sólidamente sobre las guías interiores en el extremo izquierdo de la bancada (fig. 6-10). Posee cojinetes en cada extremo para apoyo del husillo; éste es hueco para permitir el paso de barras o de dispositivos de sujeción de la pieza, y, por uno de sus extremos, es cónico interiormente, por lo general Morse, para que pueda ajustarse en él un punto de centro

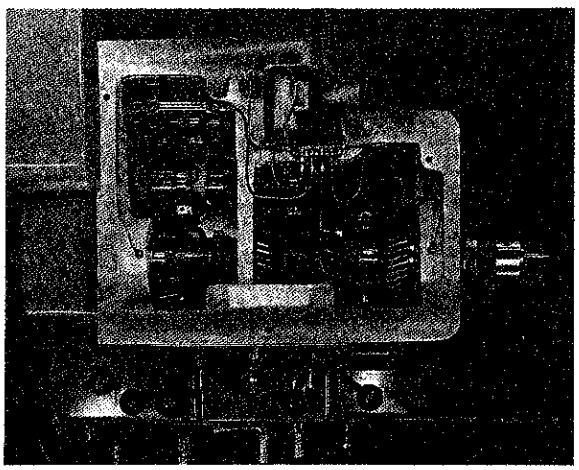


Fig. 6-14. Cabezal de torno con transmisión por engranajes (Monarch Machine Tool Co.)

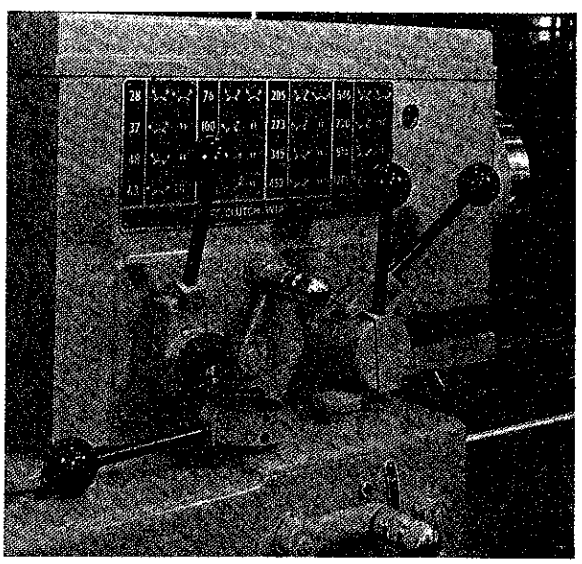


Fig. 6-15. Placa indicadora de velocidades y posiciones de palanca para un torno con transmisión por engranajes (Monarch Machine Tool Co.)

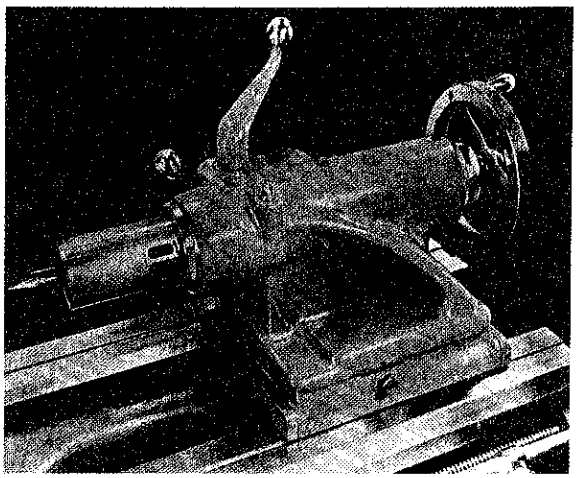


Fig. 6-16. Contracabezal de torno (Monarch Machine Tool Co.)

(fig. 6-11). La parte exterior de este extremo, a veces llamada pínola, puede ser roscada, o bien, cónica con chaveta (fig. 6-12) para fijar los platos de mordazas y frontales. En el extremo opuesto del husillo va montada una pequeña rueda dentada, o piñón, para transmitir el movimiento, a través de un tren de engranajes, al mecanismo de cilindrar y de roscar. El husillo también sostiene el cono de poleas que gira libremente en tanto no está acoplado a la rueda dentada de arrastre mediante un pasador de fijación.

El cabezal de un torno accionado con poleas contiene también las ruedas de cambio que permiten la reducción de la velocidad del husillo, lo que hace falta para pasadas profundas y piezas grandes (fig. 6-13).

El cabezal de un torno accionado por engranajes (fig. 6-14) comporta todas las ruedas dentadas y el mecanismo de cambio por engranajes necesario para obtener las diversas velocidades del husillo; para guiar al operario en la elección de la velocidad requerida, hay una placa indicadora de velocidades (fig. 6-15) fijada al propio cabezal. En estos tornos, el motor se coloca generalmente en la parte frontal, o en el pie, precisamente debajo del cabezal.

Contracabezal. El contracabezal se halla situado en el torno hacia el extremo opuesto al del cabezal. La base del contracabezal tiene la forma adecuada para su ajuste a las guías de la bancada (fig. 6-16); la parte superior del mismo es

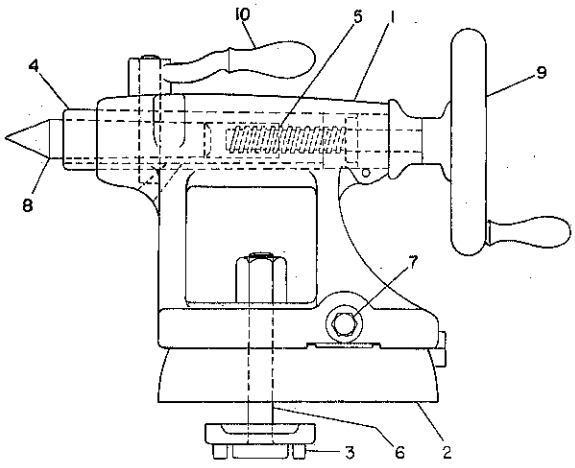


Fig. 6-17. Vista exterior e interior de un contracabezal (Sheldon Machine Co., Inc.)

1. Pieza fundida superior
2. Pieza fundida inferior
3. Brida de sujeción a la bancada
4. Husillo
5. Tornillo
6. Perno de sujeción
7. Tornillo de ajuste de la inclinación
8. Contrapunto
9. Volante
10. Palanca de fijación del husillo

ajustable y puede situarse junto al operario o más o menos apartada de él, lo que permite alinear el contracabezal con el cabezal según el grado de precisión necesario, y, además, tornear conos inclinándo el contrapunto respecto a la línea de centros. El husillo del contracabezal tiene en un extremo el agujero apropiado para alojar el contrapunto, pudiendo ajustarse mediante un volante (fig. 6-17). El contracabezal sirve principalmente para sostener la pieza, pero también puede sujetar mandriles, brocas, escariadores y terrajas.

Carro. Los órganos de mando del movimiento de la herramienta de corte se hallan contenidos dentro del carro (fig. 6-18), el cual está compuesto de dos partes: el carro propiamente dicho y el delantal (fig. 6-19).

El carro propiamente dicho desliza sobre las guías entre el cabezal y el contracabezal y sostiene el carrillo transversal, el soporte orientable y el portaherramientas, así como el sistema de avance transversal y el tornillo correspondiente. El tornillo de avance transversal controla el movimiento de la herramienta de corte perpendicularmente a las guías; puede hacerse girar a mano mediante una manivela de bola, siendo posible fijar con precisión la magnitud del giro por medio de un disco graduado que puede leerse en milésimas de pulgada o en centésimas de milímetro (fig. 6-20). El carrillo transversal sostiene el soporte orientable cuyo movimiento es controlado por un tornillo que gira accionado con una manivela de bola y que tiene montado un disco graduado también en milésimas de pulgada o en centésimas de mm. El soporte orientable puede girar para situarlo a cualquier ángulo, lo que permite el torneado y mandrinado de piezas cortas que requieren una determinada conicidad, y el mecanizado de pequeñas superficies con cierta inclinación. La base del soporte orientable es graduada en grados (fig. 6-21), de modo que puede situarse formando cualquier ángulo requerido; este soporte lleva me-

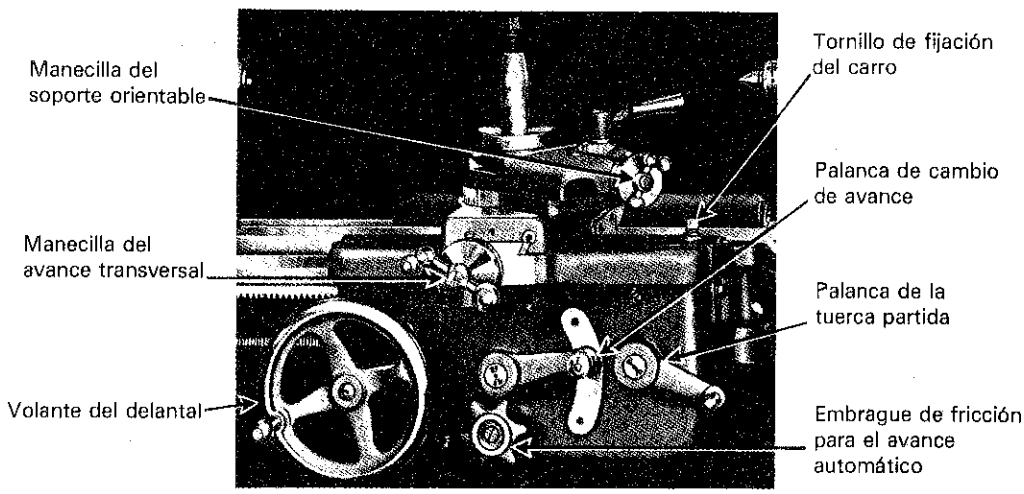


Fig. 6-18. Elementos más importantes del carro del torno (South Bend Lathe Works).

canizada una ranura en T para alojar el portaherramientas o la torre de sujeción de las herramientas.

El delantal (fig. 6-22) contiene el tren de engranajes y los mecanismos de embrague que proporcionan el movimiento controlado de los avances longitudinal y transversal; también están situadas en el delantal la tuerca partida y la palanca que la regula. La tuerca partida se acopla al tornillo de avance cuando hay que tallar roscas.

El carro puede moverse a mano a lo largo de la bancada del torno por medio de un volante, y el carrillo transversal puede moverse a mano a través del torno haciendo girar una manivela de bola. La maniobra a mano da por resultado irregularidades en la superficie que se mecaniza; por otra parte, requiere destreza en la regulación del avance por el operario. Por ello, el torno está provisto de un mecanismo de avance mecánico que da un movimiento suave y uniforme a la herramienta de corte (fig. 6-18).

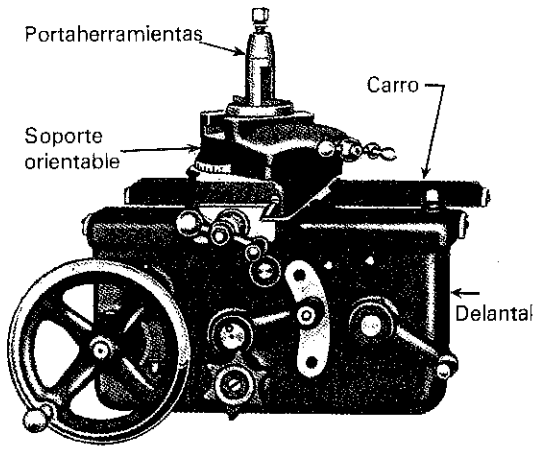


Fig. 6-19. Carro principal del torno (South Bend Lathe Works).

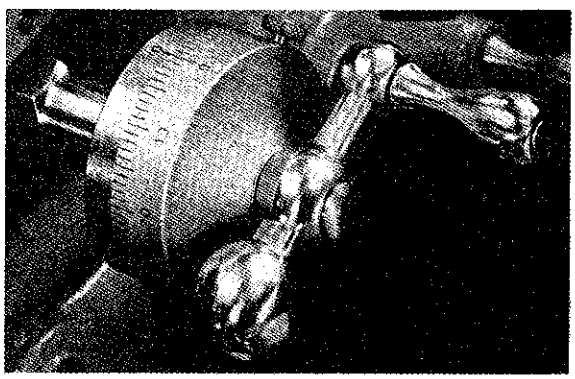


Fig. 6-20. Disco graduado para el avance transversal (South Bend Lathe Works).

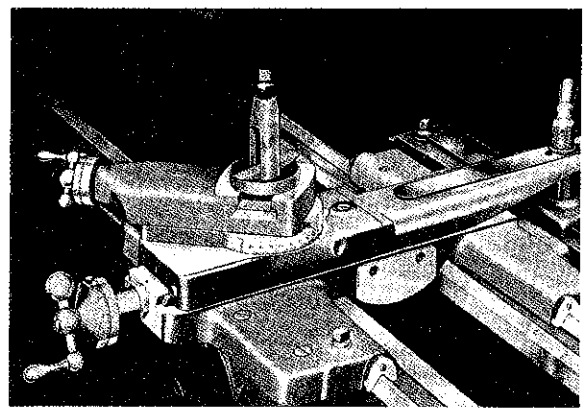


Fig. 6-21. Soporte orientable para tornear en ángulo y para mecanizar conos cortos (South Bend Lathe Works).

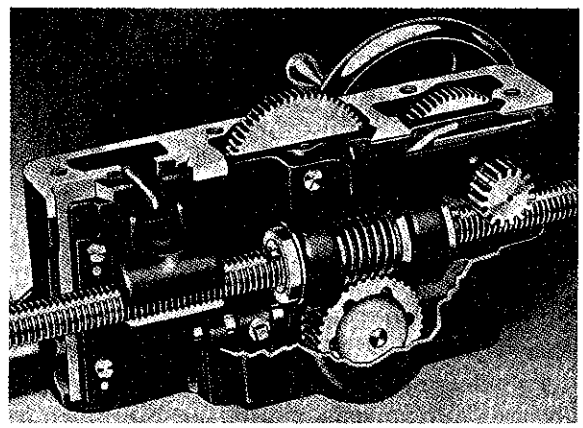


Fig. 6-22. Disposición constructiva del delantal (South Bend Lathe Works).

Mecanismo de avance. La fuerza que da movimiento al carrillo transversal y al carro es trasmitida desde el husillo y su rueda dentada a través de un tren de engranajes hasta la barra de avance o de cilindrar, la cual se extiende a lo largo del frente de la bancada del torno (fig. 6-8); esta barra no está roscada pero puede identificarse por el chavetero practicado en toda su longitud. Este tipo de torno tiene también una barra roscada que asismismo se extiende a lo largo del frente de la bancada, precisamente encima de la barra de cilindrar; se trata de la barra de roscar. En algunos tornos esta barra de roscar tiene también un chavetero por toda su longitud, lo que le permite ac-

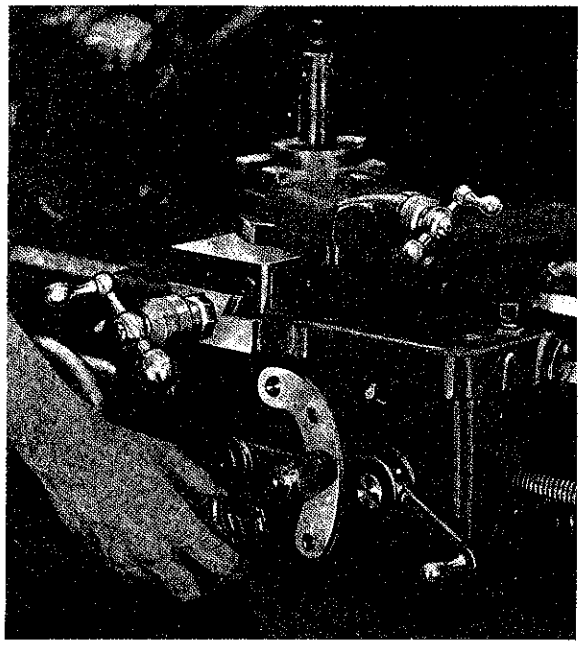


Fig. 6-23. La fuerza de avance del carro es regulada mediante un pequeño volante dispuesto en el delantal (South Bend Lathe Works).

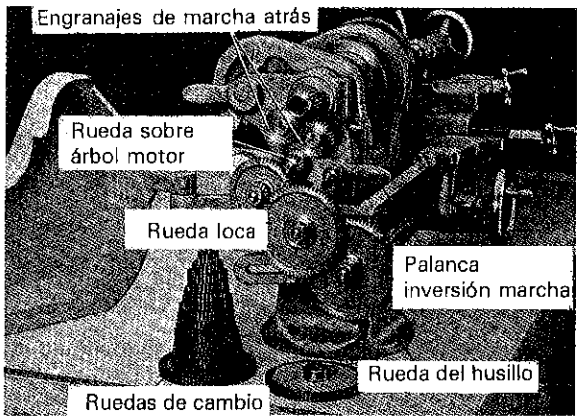


Fig. 6-24. La caja de cambio normal de un torno requiere la elección y el montaje de las ruedas dentadas adecuadas para los diversos avances y pasos de roscado (South Bend Lathe Works).

tuar, además, como barra de cilindrar (fig. 6-22). El movimiento es transmitido a lo largo de la barra de avance y, por medio de un juego de engranajes existente en el delantal, es transmitido a su vez a la cremallera unida a la parte frontal de la bancada. Apretando una manivela dispuesta en el lado exterior del delantal (fig. 6-23), se pone en acción un acoplamiento de fricción y el movimiento es transmitido al carro; asimismo, apretando una manivela similar también dispuesta en el frente del delantal, puede ponerse en movimiento el avance transversal. La dirección del avance puede invertirse o neutralizarse moviendo la palanca de cambio de avance existente en la parte anterior del delantal.

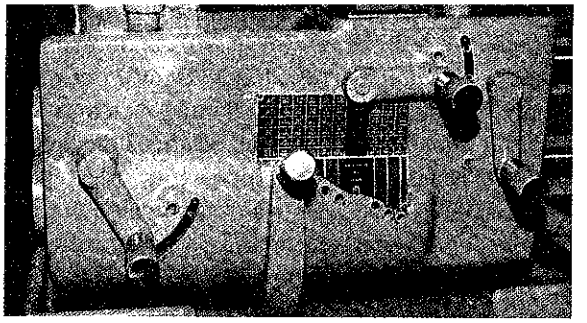


Fig. 6-25. La caja de engranajes de cambio rápido facilita la elección inmediata de los avances y pasos de roscado (Monarch Machine Tool Co.)

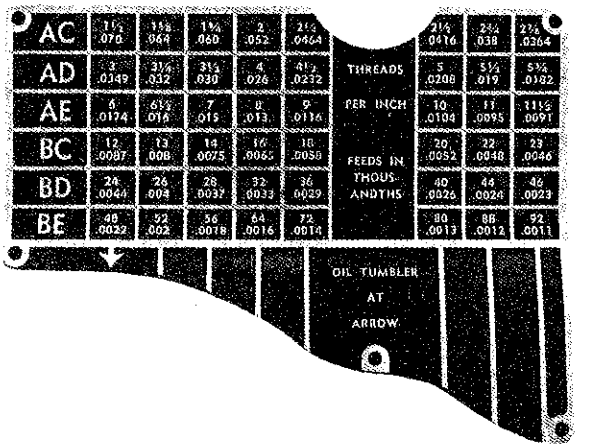


Fig. 6-26. Tablilla indicadora de avances y pasos de roscado (Monarch Machine Tool Co.)

Mecanismo de tallado de roscas. Este mecanismo transmite la fuerza a través de unos engranajes desde el husillo a la barra de roscar.

El torno con caja de engranajes de cambio normal puede ajustarse para tallar una gran variedad de pasos de rosca cambiando la relación de transmisión entre el husillo y la barra de roscar (fig. 6-24), pero esto comporta cálculos y tiempo invertido.

La caja de engranajes de cambio rápido (fig. 6-25) permite actuar con una gama de pasos de

rosca que se extiende desde 1,5 a 92 filetes por pulgada (17 a 0,275 mm de paso), o de avances desde 0,011" a 0,070" (0,28 a 1,78 mm) por revolución; los distintos valores dentro de estas gamas se obtienen moviendo las palancas de regulación. En la figura 6-26 se representa una tablilla de posiciones de palancas requeridas para un paso especificado; esta tablilla va fijada a la caja de engranajes de cambio.

Accesorios y elementos diversos

Un accesorio es un dispositivo que puede montarse en el torno a fin de poder realizar una amplia gama de operaciones. Como ejemplos de accesorios de torno, cabe citar: 1) plato de arrastre,

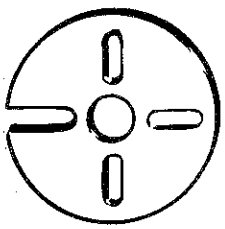


Fig. 6-27. Plato de arrastre para torno (Sheldon Machine Co., Inc.)



Fig. 6-28. Aplicación de plato de arrastre (South Bend Lathe Works).

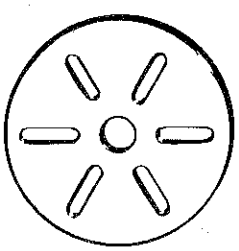


Fig. 6-29. Plato frontal (Sheldon Machine Co., Inc.)

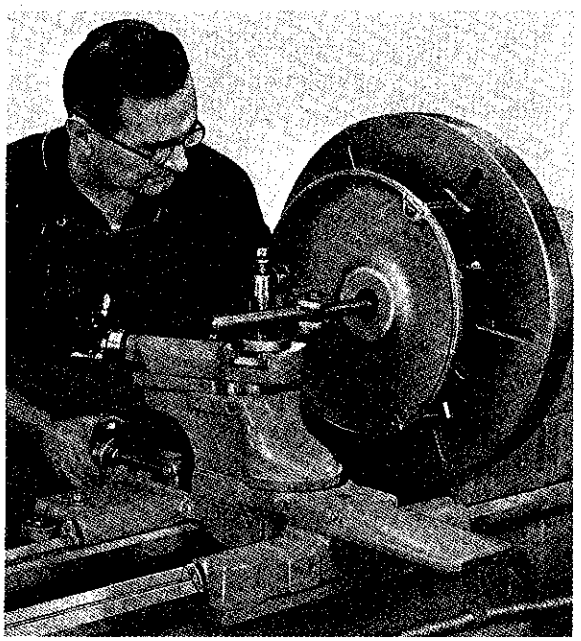


Fig. 6-30. Aplicación del plato frontal (South Bend Lathe Works).

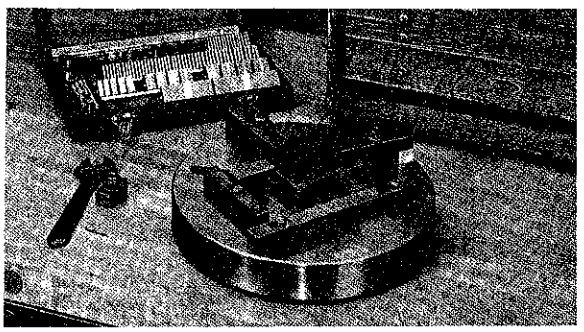


Fig. 6-31. Colocación y sujeción de la pieza encima del plato frontal (South Bend Lathe Works).

2) plato frontal plano, 3) platos universales, 4) mandril con casquillos elásticos, 5) luneta fija, 6) luneta móvil, 7) dispositivo de paro del carro, 8) aparato para tornear conos, 9) portaherramientas, 10) aparato para rectificar, 11) aparato para destalonar, y 12) aparato para fresar.

Muchos de los pequeños elementos utilizados para sujetar las herramientas de corte y para arrastrar las piezas son a menudo considerados como accesorios en vez de como elementos diversos. Entre éstos se encuentran los perros de torno, las bridas de arrastre, los mandriles, los so-

portes de herramientas, los puntos de centro, las brocas y los portabrocas.

1. Explicar para qué sirve un plato de arrastre.

El plato de arrastre (fig. 6-27) se emplea para arrastrar un perro de torno, el cual, a su vez, va firmemente unido a la pieza que se tornea. Es redondo, en forma de placa ranurada, y se acopla al husillo. El extremo acodado del perro se encaja en la ranura abierta del plato (fig. 6-28). El plato de arrastre recibe a veces el nombre de plato plano.

2. ¿Qué es un plato frontal?

El plato frontal (fig. 6-29) es similar al plato de arrastre, excepto en que es de mayor diámetro. Tiene más ranuras pasantes o ranuras en T, a fin de que puedan usarse los pernos corrientes o los pernos en T para estacar la pieza a la cara del plato. Muchos tipos de piezas que no se prestan a estacarse en el plato universal o de mordazas, pueden mecanizarse convenientemente al ser montadas en un plato frontal (fig. 6-30).

3. ¿Cuál es el procedimiento de fijar las piezas en el plato frontal?

Se coloca el plato encima del banco, con su cara hacia arriba (fig. 6-31), y se sitúa la pieza sobre ella. Se disponen los pernos, arandelas y tuercas en las ranuras de modo que pueda obtenerse una fijación adecuada, así como las bridas y los bloques de apoyo o contretes. Se centra la pieza a simple vista y se aprietan las tuercas de sujeción sólo lo suficiente para mantener la pieza en su lugar, y luego se monta el plato frontal con la pieza en el husillo del torno. Después de asegurarse de que la pieza se halla bien colocada, se completa el apretado de las tuercas, y se arreglan y fijan los contrapesos para equilibrar la pieza si ello es necesario.

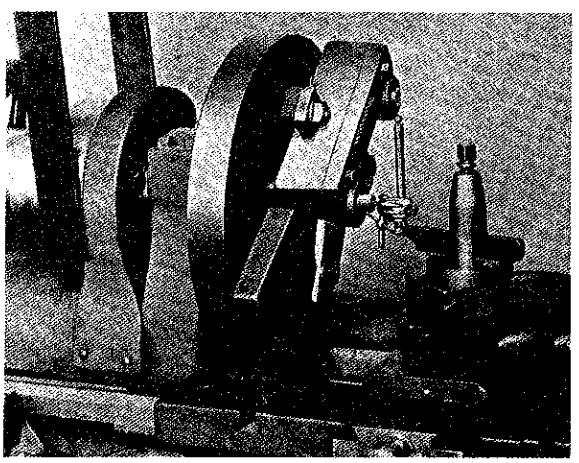


Fig. 6-32. Plato frontal con contrapesos (South Bend Lathe Works).

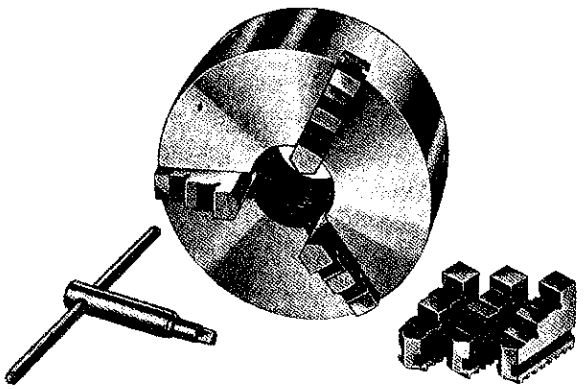


Fig. 6-33. Plato universal con tres mordazas para interiores y otras tres para exteriores (L.W. Chuck Co.)

4. ¿Por qué son necesarios los contrapesos en un plato frontal?

Los contrapesos se usan para equilibrar el plato cuando las piezas se montan descentradas, ayudando a distribuir por igual el peso de modo que el plato frontal pueda girar suavemente mientras se realiza el mecanizado (fig. 6-32).

5. Nombrar los platos sujetadores comúnmente usados en los tornos.

Son: 1) el plato universal o de tres mordazas, 2) el plato de cuatro mordazas independientes, y 3) el plato magnético.

6. ¿Qué es un plato universal de tres mordazas?

Es un plato (fig. 6-33) que sirve para sujetar piezas cilíndricas o hexagonales; las tres mordazas se mueven juntas para dejar la pieza bien centrada. Se suministra con dos juegos de mordazas intercambiables porque éstas no son reversibles; se llaman mordazas para interiores y mordazas para exteriores. Un juego se emplea para agarrar la pieza por dentro, y el otro, para agarrarla por fuera.

7. ¿Cómo se cambian las mordazas en el plato universal?

El plato universal tiene tres ranuras numeradas 1, 2 y 3, y cada mordaza lleva marcado el número correspondiente. Se sacan las mordazas del plato haciéndolas retroceder con la llave del plato; se hace girar éste hasta que la ranura 1 se encuentra arriba, y luego se da vueltas a la llave hasta que el primer diente de la placa dentada está a punto de entrar en la ranura citada. Se inserta la mordaza 1 y se la fija hacia abajo contra la superficie en diente de sierra, girando seguidamente la llave hasta que los dientes de la mordaza quedan agarrados por los del plato. A continuación se da vueltas a la llave sólo lo suficiente para alcanzar la ranura 2, no más; se inserta la mordaza 2 y luego se repite la operación para la mordaza 3.

8. ¿Qué es un plato de cuatro mordazas independientes?

Es un plato (fig. 6-34) que se utiliza para sujetar la mayoría de las piezas que requieren un plato de mordazas para ser mecanizadas en el torno. Las mordazas de acero templado son reversibles y pueden sujetar piezas de diferentes tamaños y formas. Cada mordaza puede moverse independientemente de las otras, lo que permite situar las piezas en posición correcta a fin de que giren con precisión.

9. ¿Cómo se sujeta correctamente la pieza en un plato de cuatro mordazas independientes?

Este plato tiene varias ranuras circulares concéntricas practicadas sobre la cara del cuerpo (ver fig. 6-34), lo que permite ajustar aproximada-

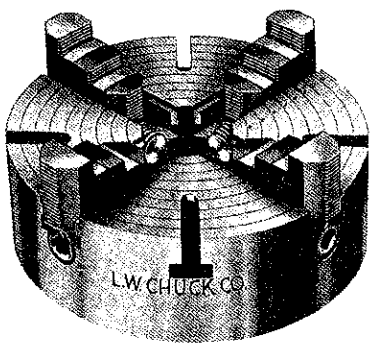


Fig. 6-34. Plato de cuatro mordazas independientes (L. W. Chuck Co.)

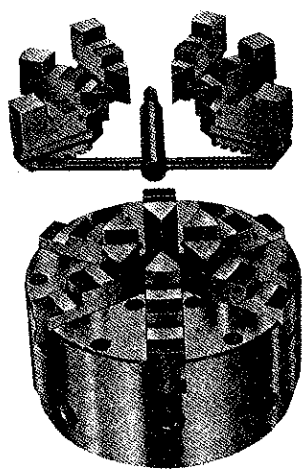


Fig. 6-35. Plato combinado de seis mordazas (Buck Tool Co.)

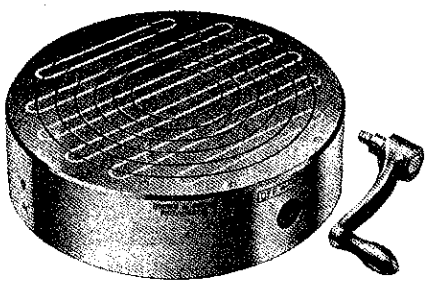


Fig. 6-36. Plato magnético (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

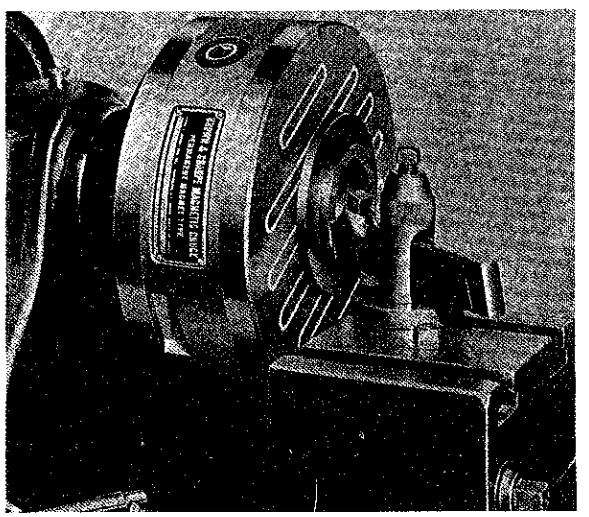


Fig. 6-37. El plato magnético es útil para sujetar piezas de poco grueso (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

mente las mordazas centrándolas de acuerdo con estas ranuras; luego se inserta la pieza y se aprietan las mordazas sólo lo suficiente para que aquella se mantenga en posición. A continuación, se invierte el portaherramientas, el cual se aprieta a mano solamente, y se hace girar hasta que se establece contacto con la pieza. Entonces se hace girar el plato para situar el punto más saliente o el menos saliente de la pieza, y se ajustan las mordazas hasta que ésta gira bien centrada. Si se requiere una mayor precisión, debe usarse un comparador de comprobación.

10. ¿Qué es un plato combinado?

Por lo general, es un plato de cuatro mordazas en el cual éstas pueden ajustarse, ya sea independientemente, como en el plato de cuatro mordazas independientes, ya sea juntas, como en el plato universal de tres mordazas. Es útil para sujetar piezas duplicadas; la primera pieza se coloca adecuadamente ajustando cada una de las mordazas, situándose después las piezas siguientes como la primera y utilizándose, para sujetarlas, el cubo de centrado automático que comporta el cuerpo del plato. La figura 6-35 muestra un plato combinado de seis mordazas.

11. ¿Qué es un plato magnético?

El plato magnético (fig. 6-36) sujeta las piezas de acero por medio de imanes permanentes existentes dentro del mismo. La cara del plato se magnetiza insertando una llave en el canto del mismo y dando a ésta un giro de 180°. El grado de magnetismo puede regularse girando la llave sólo una cierta parte del giro total citado; de esta forma, una pieza puede sujetarse ligeramente sobre la cara del plato mientras se ajusta a la posición requerida, después de lo cual puede darse la imanación completa. Este tipo de plato es adecuado para trabajos que necesitan sólo ligeras pasadas y es especialmente útil para sujetar piezas cuyo grueso es demasiado reducido (fig. 6-37) para poder estacarse en un plato ordinario.

12. ¿Cómo se determina el tamaño de un plato de torno?

El tamaño de un plato de torno puede saberse midiendo el diámetro del cuerpo del mismo.

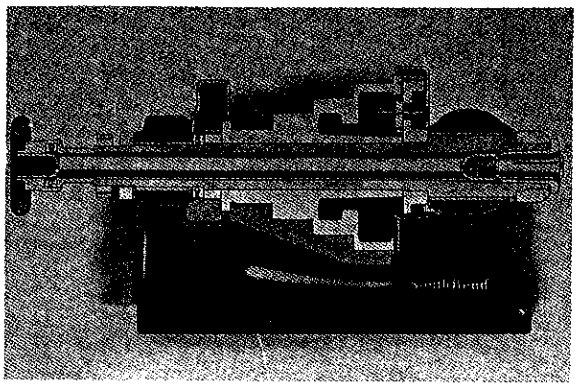


Fig. 6-38. Vista en sección longitudinal de un mandril con casquillo elástico, montado en el husillo del torno (South Bend Lathe Works).

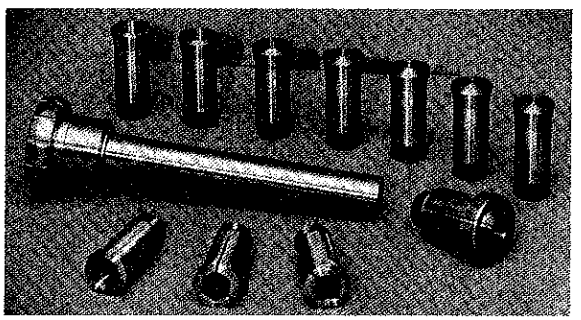


Fig. 6-39. Casquillos elásticos, barra de arrastre y pieza de adaptación adecuados para ser utilizados en los tornos de los talleres de utillaje (Hardinge Brothers, Inc.)

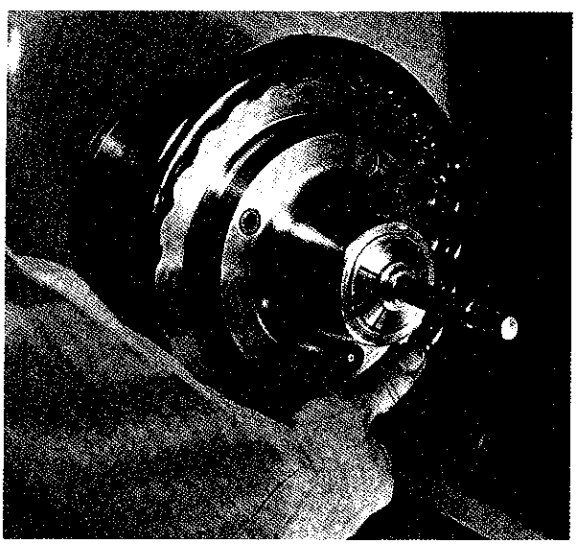


Fig. 6-40. Plato con casquillo elástico, tipo Sjogren, montado en el extremo del husillo (Cincinnati Lathe & Tool Co.)

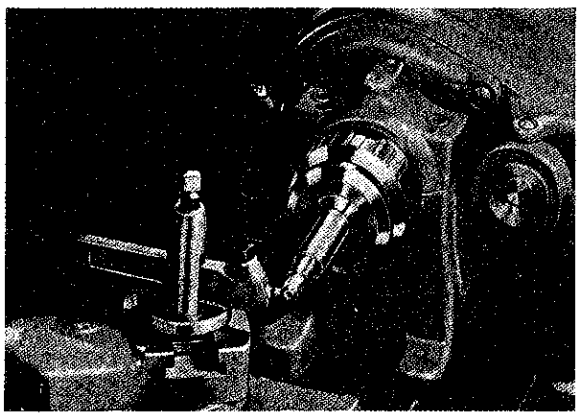


Fig. 6-41. Torneado de una pieza sujetada con mandril y casquillo elástico (South Bend Lathe Works).

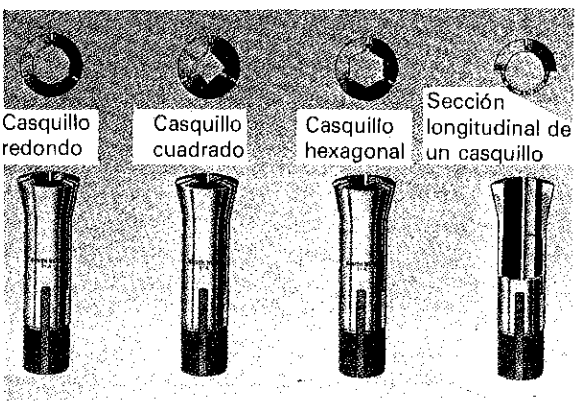


Fig. 6-42. Casquillos elásticos para diferentes perfiles de barra (South Bend Lathe Works).

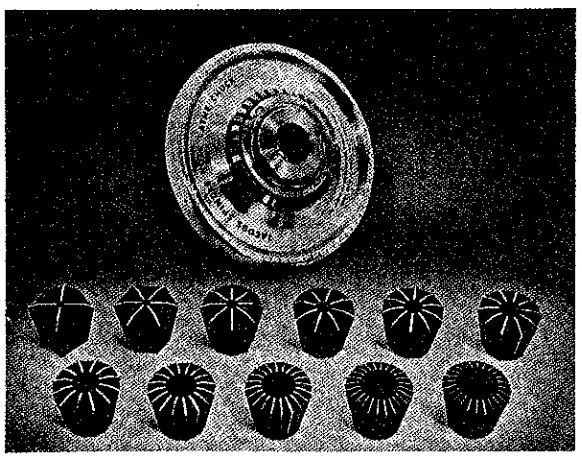


Fig. 6-43. Plato "Jacobs" de fijación al extremo del husillo y casquillos flexibles de caucho (Monarch Machine Tool Co.)

13. ¿Qué es un mandril con casquillos elásticos?

El mandril con casquillo elástico proporciona un medio de sujeción en el torno de piezas que tienen diámetros normales o medidas que les permiten girar centradas. La figura 6-38 muestra en sección un mandril de este tipo montado en el cabezal. Un modelo de accesorio de esta clase (fig. 6-39) comprende un manguito cónico que ajusta en el agujero del husillo del torno, una barra de arrastre y un juego de casquillos elásticos. Otro modelo (fig. 6-40) está constituido por una pieza en forma de plato que se fija al husillo y un juego de casquillos elásticos que pueden insertarse a la pieza y sujetarla haciendo girar un volante de gran diámetro.

14. ¿Para qué tipo de piezas debe usarse el mandril con casquillos elásticos?

Este accesorio se emplea para la producción de pequeñas piezas metálicas y, en el taller de utillaje, para trabajos de precisión. Las barras largas a tornear pueden pasar por el agujero longitudinal de la barra de arrastre y sujetarse por medio del casquillo elástico mientras el extremo de aquellas se está mecanizando o segando (fig. 6-41). En el casquillo sólo deben sujetarse barras acabadas o lisas cuyo diámetro discrepe del diámetro interior de aquel en pocas milésimas de pulgada, o en un corto número de centésimas de mm; las barras con diámetro en exceso o en defecto, o con errores de cilindricidad, destruyen la precisión del casquillo elástico al obligarle a deformarse. En la figura 6-42 se muestran casquillos elásticos para barra cilíndrica, hexagonal y cuadrada.

15. ¿Qué son los casquillos flexibles de caucho?

El plato tipo "Jacobs" de fijación al extremo del husillo y los casquillos flexibles de caucho (fig. 6-43) pueden sujetar piezas con una amplia gama de diámetros no comprendidos entre los normales. Los once casquillos representados pueden admitir piezas cuyo diámetro oscile entre 1/16" y 1 3/8" (1,5 y 35 mm).

16. ¿Qué es una luneta fija o de centrar?

La luneta fija (fig. 6-44) es un dispositivo que se sujeta a las guías del torno y sirve para apoyar ejes largos de pequeño diámetro mientras se procede al torneado de los mismos; también se usa

para mandrinar o roscar husillos largos (fig. 6-45). La luneta evita que la flexión separe la pieza de la herramienta, ya que aquella queda apoyada más rígidamente. Para operaciones que requieren mayores velocidades de la pieza, se recomiendan las lunetas con rodillos en sus mordazas (fig. 6-46).

17. ¿Qué es una luneta móvil?

La luneta móvil (fig. 6-47) es un dispositivo de apoyo de la pieza que va atornillado al carro, desplazándose junto con la herramienta de corte. Las guías ajustables de esta luneta establecen contacto directo con la parte acabada de la pieza, detrás de la herramienta, evitando que aquella se flexe y se aparte de ésta (fig. 6-48).

18. Cuando se utiliza un plato de arrastre y una luneta fija, ¿cuál es el mejor método de sujetar un eje al punto del cabezal para que el extremo de este eje pueda ser refrentado y mandrinado?

Se ata el eje y el perro de arrastre al plato según se indica en la figura 6-49. El plato se desenrosca unas tres o cuatro revoluciones a partir de la solera del husillo; luego, se coloca la pieza en el punto del cabezal y se ata firmemente al plato de arrastre con cordón de cuero crudo. Finalmente, se vuelve a roscar el plato hasta tope con la solera del husillo; esto tensa la atadura y sujeta fuertemente la pieza.

19. ¿Para qué sirve el dispositivo micrométrico de paro del carro?

Es un dispositivo (fig. 6-50) unido a las guías del torno que sirve para parar el carro en un lugar definido y limitar la carrera de la herramienta de corte. Es de utilización provechosa en operaciones precisas de refrentar, mandrinar y de mecanizado de soleras. El manguito micrométrico permite ajustes de una milésima de pulgada, o de una centésima de milímetro.

20. Describir el dispositivo para torneado cónico.

Se trata de un dispositivo (ver fig. 6-102) unido a la parte posterior del carro del torno. Se emplea para tornear y mandrinar piezas cónicas. Consta de una pieza fundida, que es la que se une al carro, en la cual se acopla una pieza deslizante que lleva, en su parte superior, una barra de guía. Esta barra, o bien, la pieza deslizante, van gradua-

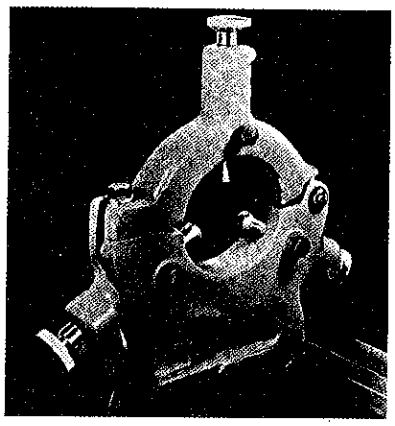


Fig. 6-44. Luneta fija (Monarch Machine Tool Co.)

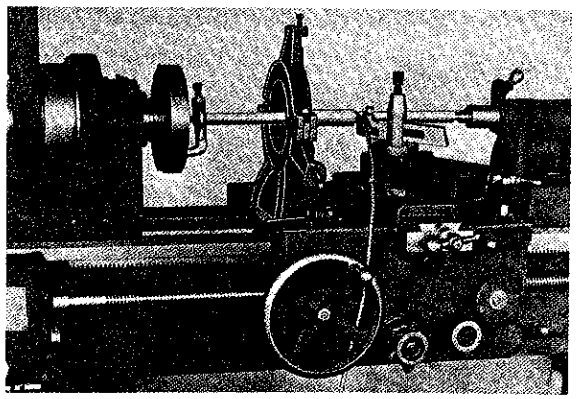


Fig. 6-45. Aplicación de la luneta fija (South Bend Lathe Works).

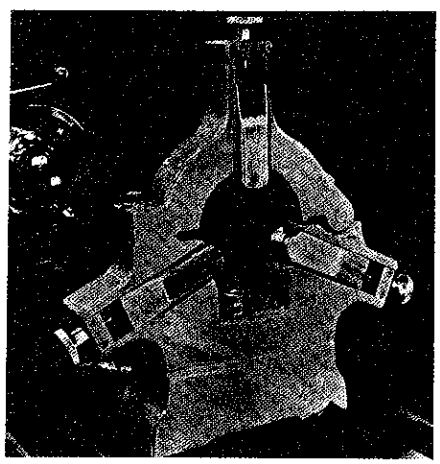


Fig. 6-46. Luneta fija con rodillos en las mordazas (Monarch Machine Tool Co.)

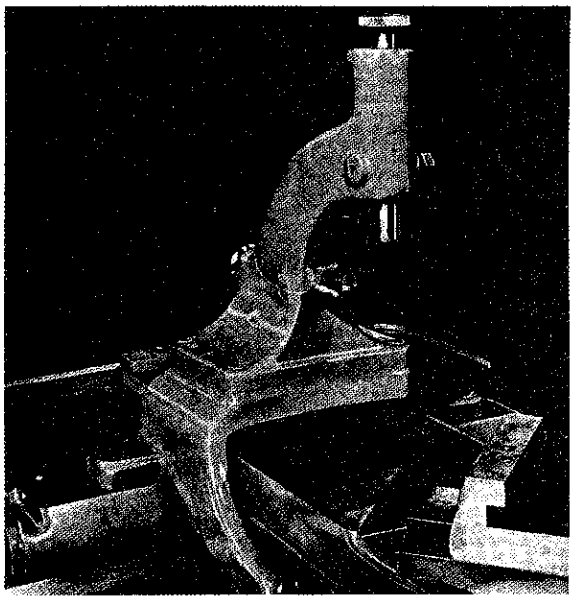


Fig. 6-47. Luneta móvil (Monarch Machine Tool Co.)

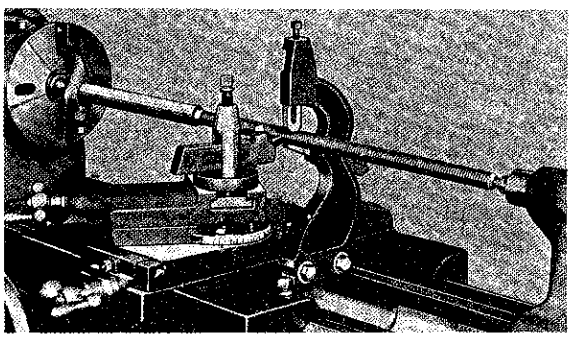


Fig. 6-48. Aplicación de la luneta móvil (South Bend Lathe Works).

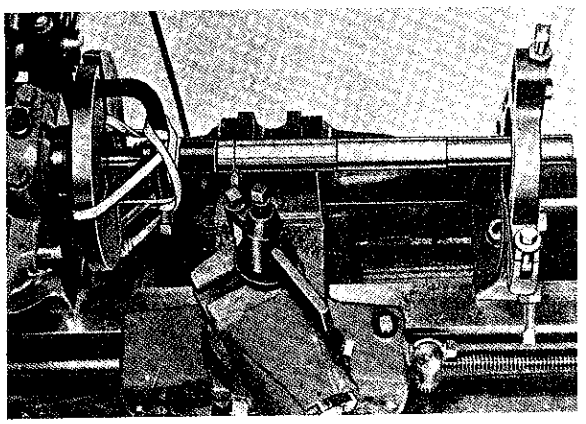


Fig. 6-49. Pieza sujeta contra el punto del cabezal con un cordón de cuero crudo (Sheldon Machine Co., Inc.)

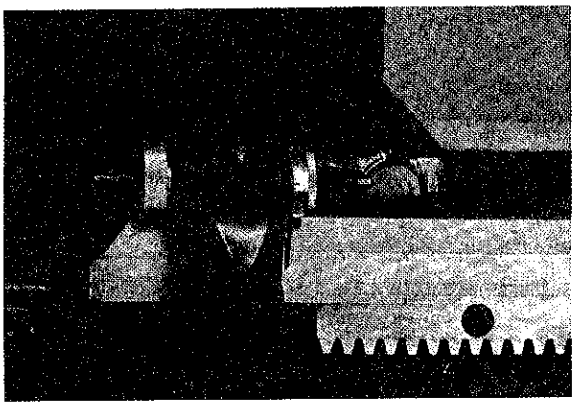


Fig. 6-50. Dispositivo micrométrico de paro del carro (Cincinnati Lathe & Tool Co.)

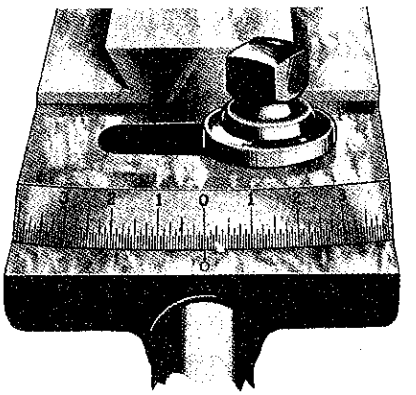


Fig. 6-51. Extremo de la barra giratoria de un aparato para tornear cónico, mostrando las graduaciones correspondientes a las conicidades (South Bend Lathe Works).

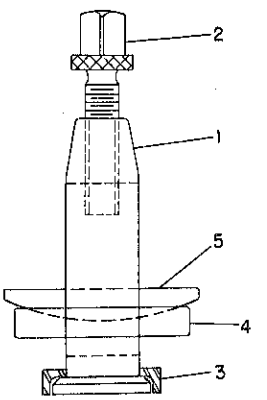


Fig. 6-52. Conjunto de un portaherramientas de tipo corriente: (1) Cuerpo. (2) Tornillo de fijación. (3) Brida con ranura en T. (4) Anillo. (5) Cuña.

das en grados por un extremo y en conicidades (pulgadas por pie, conicidades por unidad de longitud, conicidades 1: *x*, o conicidades en tanto por ciento) por el otro extremo (fig. 6-51). Por medio de una brida se sujeta la pieza deslizante a las guías del torno, en una posición prefijada. Cuando la barra de guía es ajustada a la conicidad deseada, el soporte de avance transversal que contiene la herramienta de corte sigue el ángulo de ajuste, o conicidad, y así produce esta conicidad en la pieza que se trabaja.

21. ¿Qué es un portaherramienta?

El portaherramienta (fig. 6-52) se usa para embridar y sujetar varios tipos de soportes de cuchillas o accesorios de torno. El soporte de la cuchilla descansa sobre una cuña cuya parte inferior tiene la forma adecuada para ajustar dentro de la concavidad del anillo de fondo, proporcionando un medio de situar adecuadamente dicho soporte en la posición requerida en relación con la pieza que debe mecanizarse. En la figura 6-53 se representa el portaherramientas llamado "torre", el cual permite montar cuatro soportes de cuchilla diferentes en vez de uno, ahorrándose así tiempo y costes de preparación; el giro que puede darse a la torre portaherramientas permite situarla en hasta 12 posiciones diferentes.

22. ¿Qué es el aparato para rectificar?

Este accesorio de torno (fig. 6-54), a veces llamado rectificador sobre torre, es una unidad con motor de accionamiento propio que se sujeta al portaherramientas del torno. Se emplea para rectificados exteriores e interiores. Algunos de estos aparatos son de diseño especial y se usan para el rectificado de filetes de roscas (fig. 6-55).

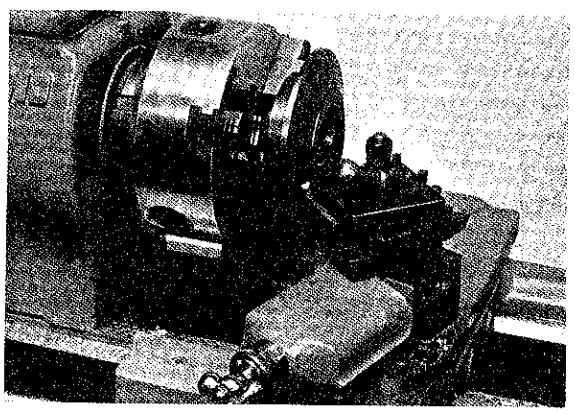


Fig. 6-53. Torre de torno para cuatro herramientas (R. K. LeBlond Machine Tool Co.)

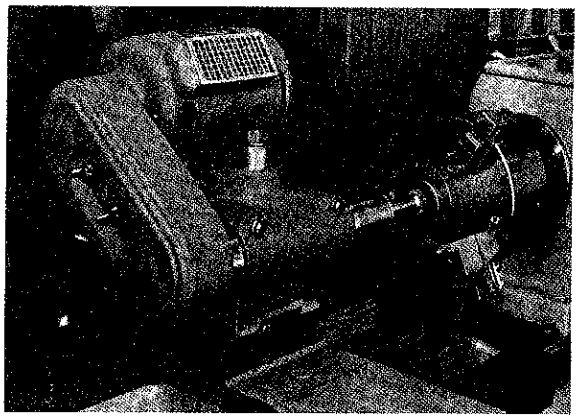


Fig. 6-54. Aparato de rectificar interiores sujeto al portaherramientas (Cincinnati Lathe & Tool Co.)

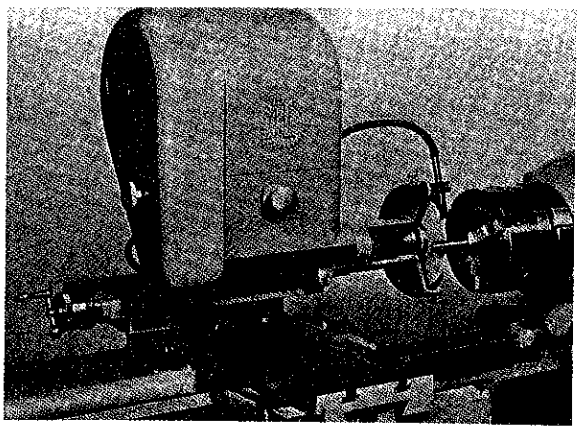


Fig. 6-55. Aparato para rectificar filetes de rosca (Kurt Orban Co., Inc.)

23. ¿Qué precauciones deben tomarse cuando se opera con un aparato de rectificar?

Debe tenerse cuidado en proteger las guías y otras superficies de desgaste contra las partículas de material abrasivo provinentes de la muela. Las guías deben cubrirse con una tela protectora (fig. 6-56), y debe colocarse una pequeña pieza metálica directamente debajo del chorro de chispas para evitar que se queme la tela utilizada.

24. ¿Qué es el aparato para destalonar?

El aparato de destalonar, o de vaciar, del tipo representado en la figura 6-57, se emplea para dar

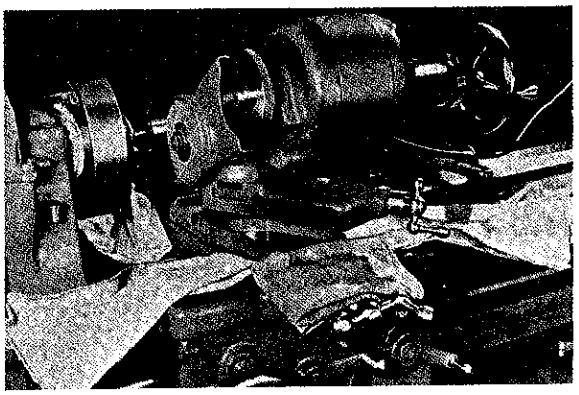


Fig. 6-56. Las superficies mecanizadas deben cubrirse cuando se rectifica en el torno (South Bend Lathe Works).

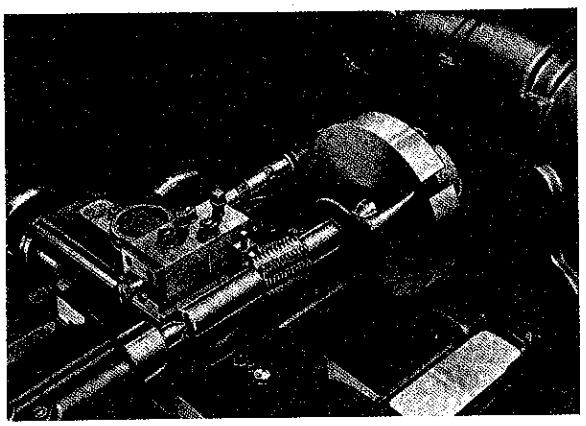


Fig. 6-57. Aparato para destalonar (American Tool Works Co.)

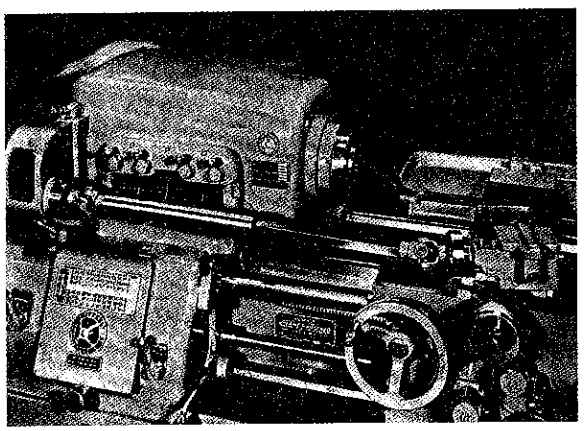


Fig. 6-58. El aparato de destalonar funciona accionado por un eje conectado al mecanismo de engranajes de cambio que se monta en el extremo del cabezal (Monarch Machine Tool Co.)

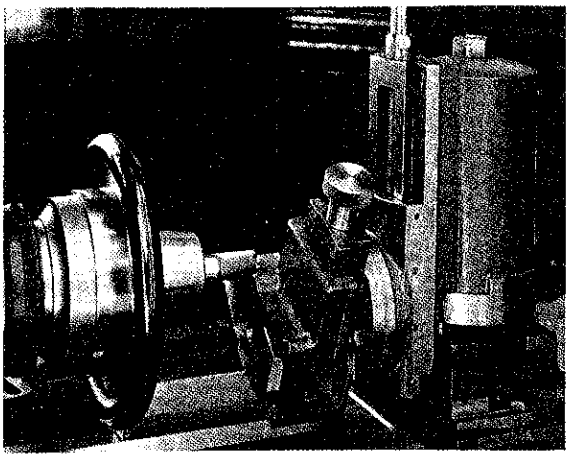


Fig. 6-59. Aparato para fresar en el torno fijado a la ranura en T del soporte orientable (Cincinnati Lathe & Tool Co.)

huelgo (ángulo de incidencia), frontal, exterior e interior a los filos de fresas y escariadores. El movimiento oscilante de la cuchilla se obtiene mediante una leva impulsada desde el cabezal por un eje con juntas universales (fig. 6-58). Se necesita muy poco tiempo para acoplar este accesorio al torno, y puede desacoplarse fácilmente una vez realizado el trabajo requerido.

25. ¿Qué es el dispositivo para fresar?

En la figura 6-59 se representa un tipo de aparato para fresar, el cual se sujeta en el soporte orientable en vez de en el portaherramientas. Tiene una base inclinable graduada, y el husillo de avance vertical a mano es graduado en milésimas de pulgada, o en centésimas de mm. Otro tipo de dispositivo para fresar va montado en el carro transversal en vez de en el soporte orientable; se usa para fresar superficies planas, colas de milano, cuadrados, ranuras y, como puede verse en la figura 6-60, para el fresado de chaveteros. Tiene graduaciones en la base y en el tornillo de giro.

26. ¿Qué son los puntos del torno?

Los puntos de centro del torno (fig. 6-61) son piezas de acero templado que tienen un mango cónico y una punta a 60º Los mangos cónicos ajustan en los agujeros cónicos del husillo del cabezal y del contracabezal. La punta a 60° se introduce en los agujeros a 60° que para centrado se

taladran en la pieza a tornear, a fin de proporcionar el apoyo que necesita la misma al girar.

27. ¿Cuál es la diferencia entre el punto fijo y el punto móvil?

El punto fijo, o contrapunto, se monta en el contracabezal y no gira. El punto móvil se ajusta al husillo del cabezal y gira con la pieza. El punto fijo debe ser siempre de acero duro. A menudo los puntos son de acero rápido o de carburo de tungsteno para resistir el desgaste y asegurar su resistencia. Los puntos móviles pueden ser de acero aleado blando, lo que permite rectificar su punta con la herramienta de corte montada sobre el soporte orientable colocado según un ángulo de 60° (fig. 6-62). Los puntos de acero templado deben ser rectificados con muela (fig. 6-63).

28. ¿Cuáles son los accesorios y dispositivos usados para sujetar las piezas que deben tornearse entre centros?

El equipo requerido para sujetar las piezas entre centros consiste de: 1) un punto móvil, 2) un punto fijo, 3) un plato de arrastre, y 4) un perro de apéndice acodado (fig. 6-64).

29. ¿Por qué debe obrarse con cuidado y con prudencia al ajustar el punto fijo?

La lubricación del punto debe llevarse a cabo con cuidado y su ajuste efectuarse correctamente

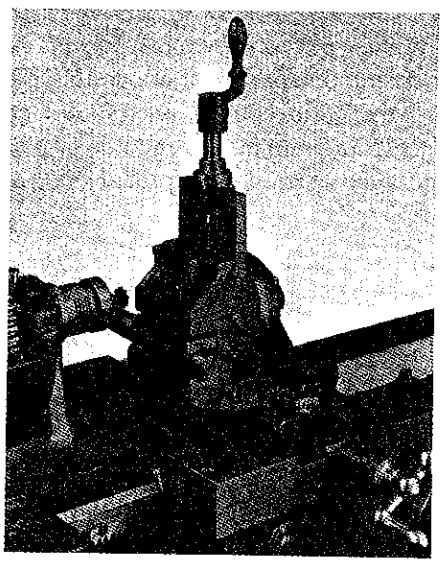


Fig. 6-60. Aparato de fresar dispuesto para mecanizar un chavetero en un eje (Sheldon Machine Co., Inc.)

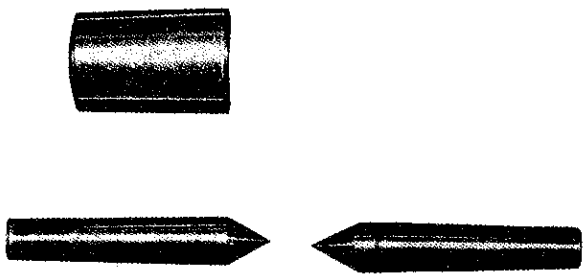


Fig. 6-61. Puntos de torno y manguito del husillo.

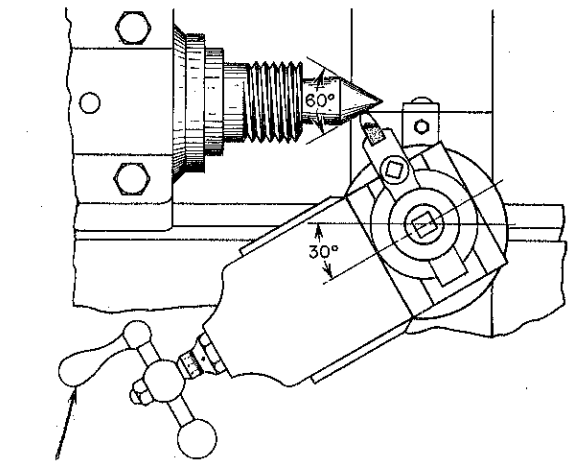


Fig. 6-62. Disposición para el rectificado con herramientas de la punta 60° de un punto de centro de acero dulce montado en el cabezal.

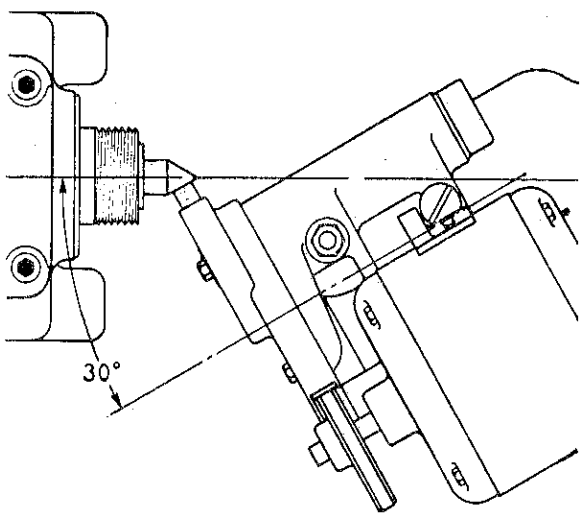


Fig. 6-63. Disposición para el rectificado con muela de rectificadora montada en el portaherramientas, de un punto de cabezal, de acero duro.

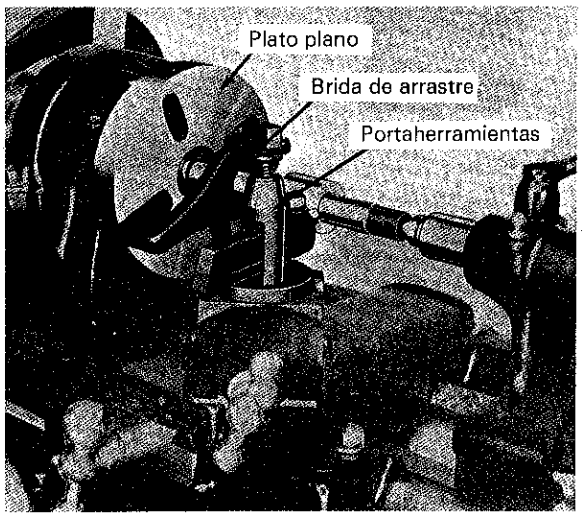


Fig. 6-64. Plato de arrastre y portaherramientas dispuestos para tornear entre centros (South Bend Lathe Works).

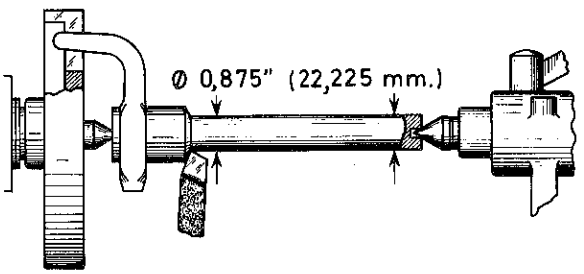


Fig. 6-65. La pieza que se cilindra debe ser de diámetro uniforme.

a fin de que la pieza gire libremente y sin holgura alguna. El rozamiento entre la pieza y el punto fijo motivará que ambos elementos se calienten y se dilaten. Para evitar un rozamiento excesivo y el consiguiente sobrecalentamiento de la pieza, el punto fijo debe reajustarse a la misma después de que ésta ha girado durante un corto tiempo; este reajuste no debe efectuarse mientras la pieza está girando.

30. ¿Qué se entiende por alineación de centros?

Alineación de centros significa que ambos puntos, el fijo en el contracabezal y el móvil en el cabezal, tienen un eje común. Cuando los puntos tienen una alineación exacta, la pieza que se tornea tendrá el mismo diámetro en toda su longitud; esto se llama *torneado cilíndrico* (fig. 6-65).

31. Cuando los puntos están desalineados, ¿qué clase de pieza se produce?

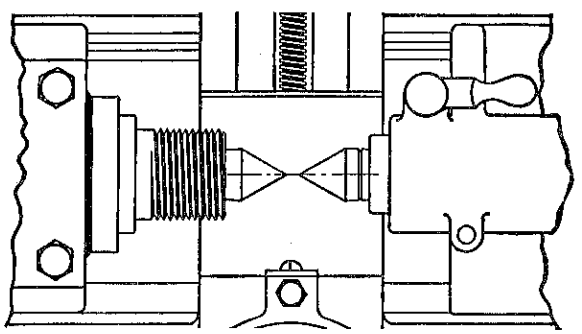
Cuando los puntos no tienen una alineación correcta, la pieza que resulta es cónica; el diámetro en cada extremo tiene una medida diferente.

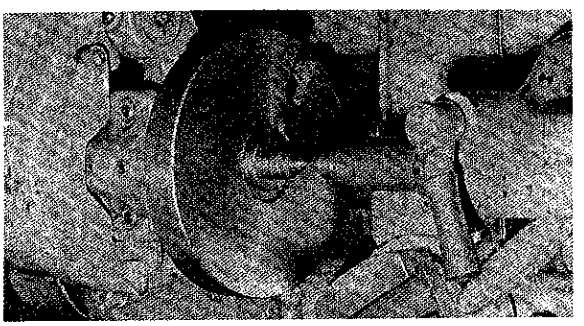
32. ¿Cómo pueden colocarse los puntos aproximadamente en una alineación correcta?

Una alineación aproximadamente correcta de los puntos puede obtenerse: 1) corriendo el punto fijo hasta alcanzar el punto móvil y viendo si las puntas de centro coinciden (fig. 6-66); 2) observando los trazos de graduación de las piezas fundidas inferior y superior del contracabezal y comprobando si los trazos cero están alineados (fig. 6-67). Para trabajos de precisión, estos métodos no son recomendables.

33. ¿Cómo pueden alinearse los puntos con precisión?

Los puntos pueden alinearse con precisión: 1) operando con una pasada ligera en una cierta distancia y midiendo con un micrómetro cada extremo de la longitud mecanizada de la pieza, y 2) utilizando una barra de comprobación y un comparador.





1 Fig. 6-66. Método aproximado para comprobar la alineación de los puntos. 2

34. Explicar cómo puede llevarse a cabo la alineación precisa de los centros mediante una barra de comprobación y un comparador.

Para alinear los puntos con precisión, colóquese entre ellos la barra de comprobación y móntese un comparador sujetándolo al soporte de herramienta o al portaherramientas. Ajústese la punta de contacto del comparador contra la barra a la altura de los puntos de centro y obténgase una lectura en un extremo de aquella. Hágase avanzar el carro a mano a lo largo de la barra de comprobación y anótese la lectura del comparador. Si los puntos están bien alineados, la lectura debe ser la misma en cada extremo de la barra; si estas lecturas discrepan, hay que ajustar el contracabezal y volver a comprobar (fig. 6-68).

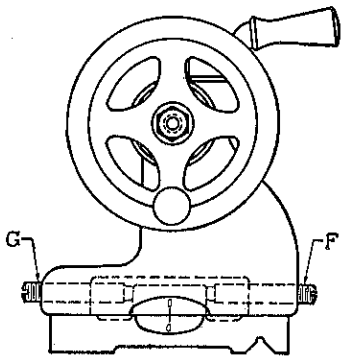


Fig. 6-67. Los trazos marcados en el contracabezal pueden servir para alinear los puntos de un modo aproximadamente correcto (South Bend Lathe Works).

35. ¿Por qué el punto móvil debe girar bien centrado para producir una pieza perfectamente cilíndrica cuando se tornea entre puntos?

Si el punto móvil no gira perfectamente centrado, será imposible tornear un cilindro que sea concéntrico en toda su longitud. Cuando se invierta la pieza entre puntos, las dos pasadas no coincidirán exactamente, resultando una pieza más excéntrica que concéntrica.

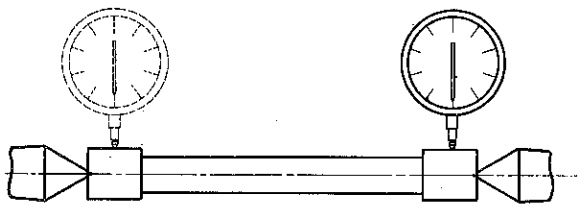


Fig. 6-68. La alineación de los puntos mediante una barra de comprobación y un comparador constituye un método preciso.

36. ¿Cómo se monta una pieza entre los puntos del torno?

Cuando hay que montar una pieza entre puntos debe tenerse cuidado de que éstos se hallen en buenas condiciones. La figura 6-69 muestra un eje correctamente montado entre los puntos *A* y *B;* el perro sujeta bien la pieza y su extremo acodado deja holgura en el fondo de la ranura del plato de arrastre (como se ve en *C*), pudiendo así aquella apoyarse con firmeza, aúnque no demasiado apretada, en el punto y en el contrapunto. El mecánico puede aprender rápidamente el modo de ajustar los puntos en forma adecuada a la pieza; una presión excesiva del contrapunto sobre la pieza producirá un chirrido y tanto el punto como la pieza se sobrecalentarán.

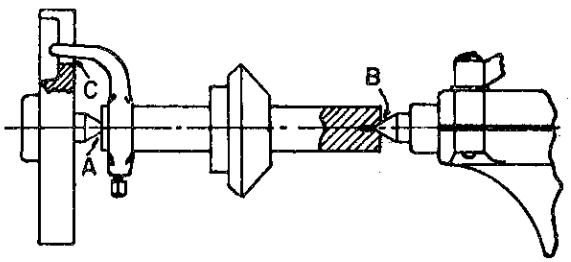


Fig. 6-69. Eje correctamente montado entre puntos.

En la figura 6-70 se muestra un montaje incorrecto de la pieza entre centros. En este caso, el perro es de una medida tal que su extremo acodado no deje huelgo en el fondo de la ranura del plato de arrastre (según se aprecia en *C*). Esta situación crea un empuje que tiende a separar la

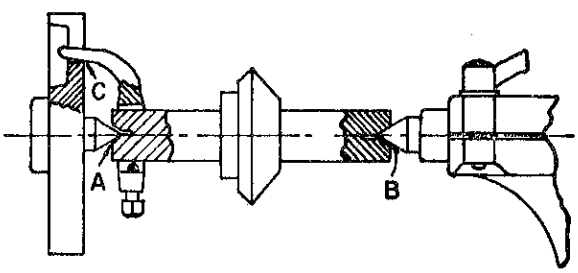


Fig. 6-70. Cuando el perro queda apoyado en el fondo de la ranura del plato de arrastre, el empuje que produce descentra la pieza.

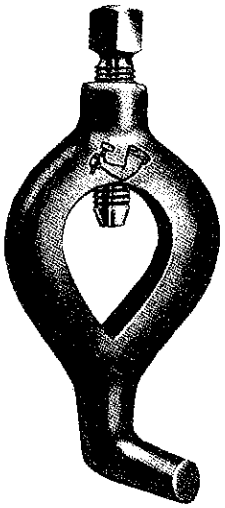


Fig. 6-71. Perro de extremo acodado (Armstrong Bros. Tool Co.)

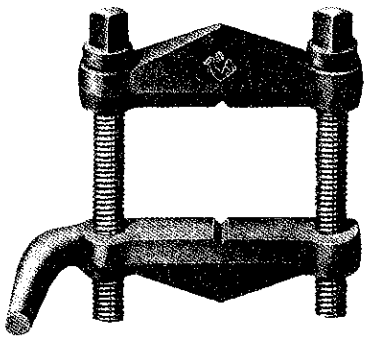


Fig. 6-72. Cepo o brida de arrastre (Armstrong Bros. Tool Co.)



Fig. 6-73. Perro de extremo acodado con tornillo de seguridad (South Bend Lathe Works).

pieza del punto, como se indica en *A,* obligándola a girar excéntricamente. Esta condición puede superarse utilizando un perro más grande o colocando el extremo acodado del perro en una ranura más profunda del plato de arrastre.

37. ¿Qué precaución especial debe tomarse al insertar una pieza entre puntos?

No hay que forzar el contrapunto contra la superficie de la parte avellanada del agujero de centro practicado en la pieza, ya que esto puede causar irregularidades en el mismo, las cuales son motivo de que aquella no gire bien centrada.

38. ¿Qué son las bridas de arrastre o perros de torno?

Son dispositivos que se sujetan a las piezas que se han de tornear entre puntos (ver fig. 6-64). Un tornillo de fijación, o dos de atirantado, mantienen el perro o la brida firmemente unidos a la pieza. El extremo acodado ajusta con holgura en una de las ranuras del plato y sirve de elemento de arrastre de la misma pieza.

39. ¿Cuáles son los tipos de perros de arrastre utilizados en los trabajos de torneado?

Los perros de extremo acodado (fig. 6-71) son los más comúnmente usados, fabricándose en muchos estilos y tamaños. El cepo o brida de arrastre (fig. 6-72) se emplea para arrastrar piezas cuadradas o rectangulares. Los perros preferidos son los que llevan tornillo de seguridad (fig. 6-73).

40. ¿Cómo puede evitarse que una superficie mecanizada quede estropeada por el tornillo de fijación del perro de torno?

Protéjase esta superficie colocando una pequeña pieza de cobre o de metal blando entre el tornillo y la pieza.

41. ¿Qué es un mandril de torno?

Es un dispositivo (fig. 6-74) de acero templado y revenido que sirve para sujetar la pieza a tornear. Se emplea para el mecanizado ulterior de una pieza entre puntos después de haber sido ya mandrinada o escariada estando sujeta al plato. El mandril corriente es rectificado a una conicidad de 0,006" por pie (1: 2000) y se introduce con una cierta presión en el agujero ya mecanizado

de forma que exista el apriete suficiente para que la pieza no deslice mientras se procede al segundo mecanizado. En el extremo mayor del mandril se estampa la medida del mismo.

42. ¿Qué es un mandril extensible?

El mandril extensible (fig. 6-75) está constituido por una pieza maciza cónica y un manguito cónico ranurado que se expande en diámetro cuando dicha pieza maciza es forzada a entrar en él. Corrientemente, los mandriles extensibles se fabrican en juegos, pudiendo usarse cada mandril para varios diámetros de agujeros. La magnitud de la expansión varía desde 1/16" (1,5 mm) para los más pequeños hasta 1/2" (12,5 mm) para los mayores.

43. ¿Qué es un mandril de tuerca?

Es un mandril cilíndrico (fig. 6-76) roscado por un extremo, en el cual pueden montarse y sujetarse fuertemente un cierto número de piezas para el torneado conjunto entre centros.

44. ¿Cuál es la diferencia entre un mandril y una barrena?

El mandril es un dispositivo para sujetar las piezas. La barrena (fig. 6-77) sirve para sujetar y arrastrar herramientas de corte tales como las fresas. A menudo los términos se usan impropiamente.

45. ¿Qué precaución debe tomarse antes de entrar a presión un mandril en un agujero terminado?

Debe lubricarse tanto el mandril como el agujero para evitar que aquél quede agarrotado dentro de éste; sin el empleo de un lubricante, ambos pueden deteriorarse. Utilícese una prensa de palanca (fig. 6-78) para sacar los mandriles de las piezas.

46. Describir el soporte orientable.

El soporte orientable (fig. 6-79) es un elemento del torno que sostiene el portaherramientas y la herramienta de corte, a los que permite tomar varias posiciones. Puede girar sobre el carro transversal para situarse según cualquier ángulo en el plano horizontal. Su base es graduada hasta 180°, o hasta 90° por cada lado a partir del centro, y el collar del husillo de avance es graduado en milésimas de pulgada, o en décimas y centésimas de mm. El soporte orientable es esencial para tornear y mandrinar cónico piezas cortas y para tornear ángulos y perfiles sobre herramientas de forma (fig. 6-80).



Fig. 6-74. Mandril corriente (Whitman & Barnes).

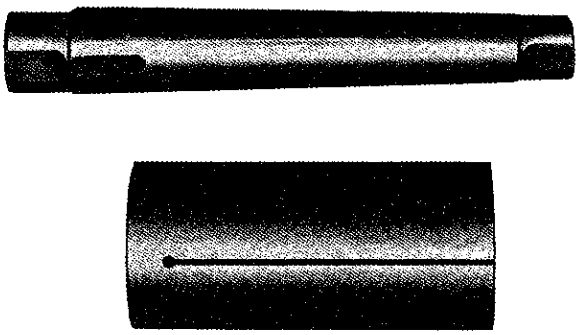


Fig. 6-75. Mandril extensible (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

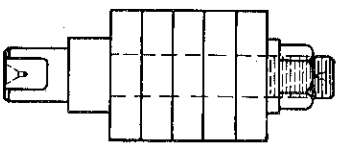


Fig. 6-76. El mandril de tuerca sujeta varias piezas para mecanizarlas en una operación (South Bend Lathe Works).

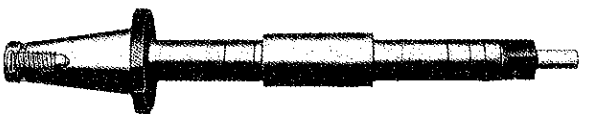


Fig. 6-77. Barrena para fresa (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

47. ¿Qué es un soporte de herramienta?

Es un dispositivo para sujetar rígidamente la cuchilla en una posición deseada sobre el portaherramientas del torno. Como puede verse en la figura 6-81, existen varios tipos y estilos de soportes de herramienta.

48. Indíquese cómo debe colocarse el soporte de herramienta en el portaherramienta para llevar a cabo una operación de torneado.

Como regla general, colóquese el soporte de

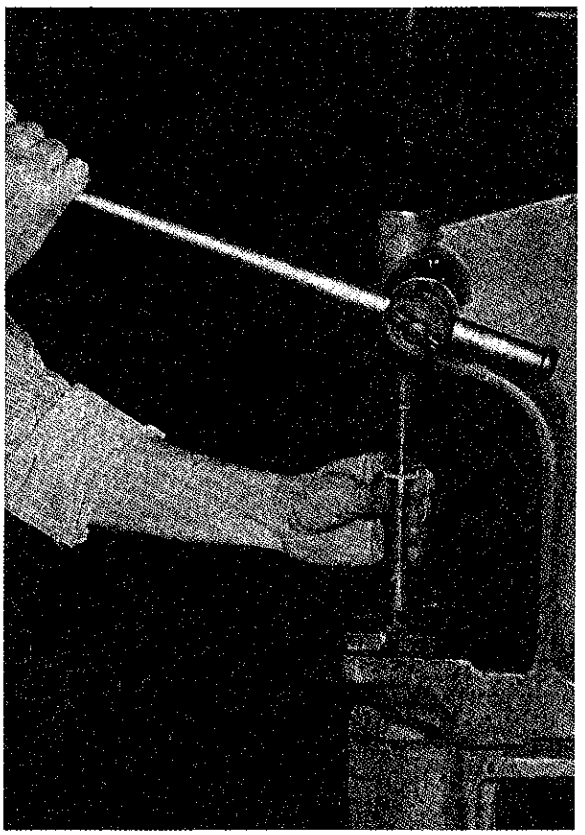


Fig. 6-78. Prensa de palanca.

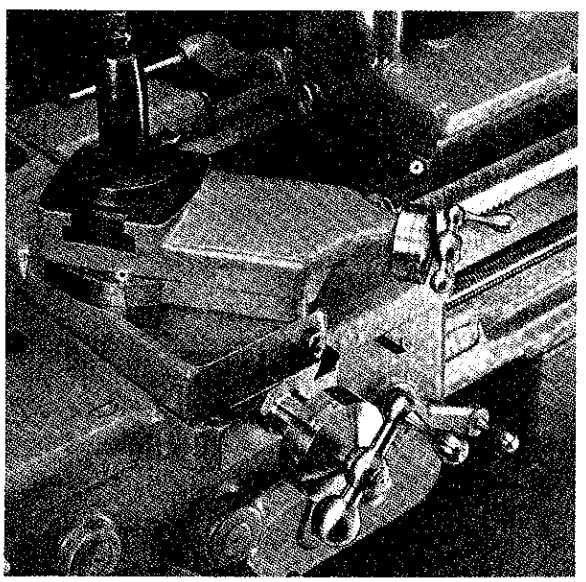


Fig. 6-79. Soporte orientable (South Bend Lathe Works).

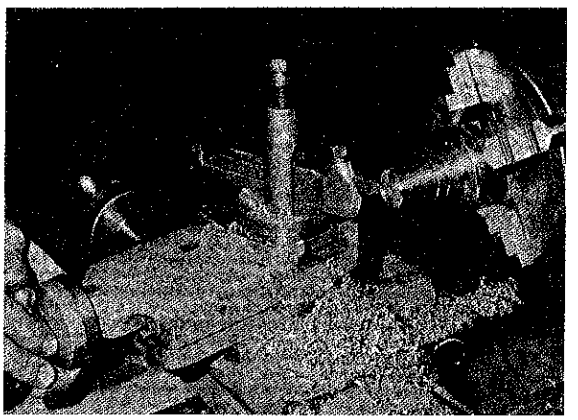


Fig. 6-80. Torneado de un cono corto con el soporte orientable.

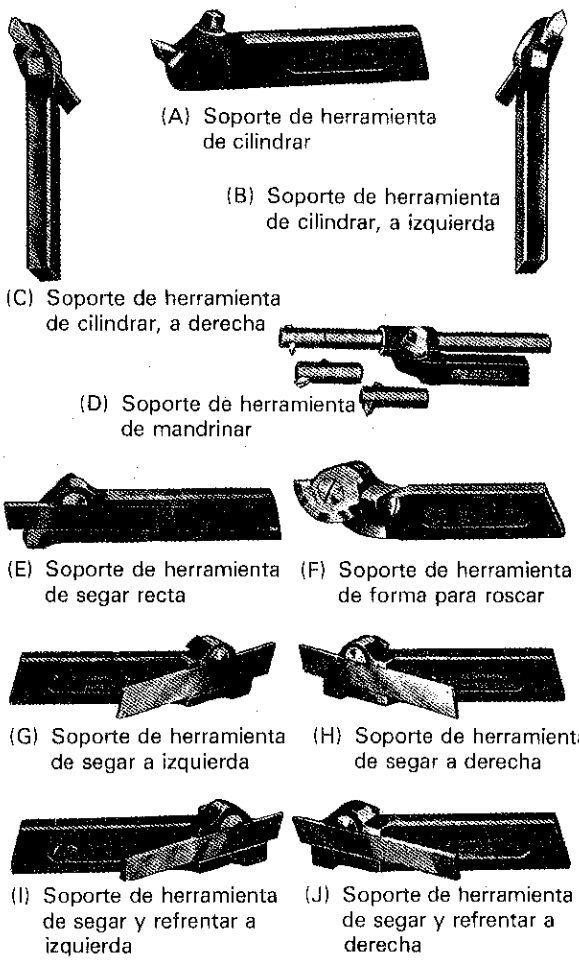


Fig. 6-81. Varios tipos de soportes de herramienta (Armstrong Bros. Tool Co.)

herramienta formando un ángulo de aproximadamente 90° con la línea de centros, o con una pequeña inclinación en dirección al contrapunto cuando se avanza hacia el cabezal. La punta de la cuchilla debe estar a la altura de la línea de centros entre el punto y el contrapunto, y debe sobresalir sólo lo suficiente para que pueda actuar el filo. Tampoco el soporte de herramienta debe sobresalir más de lo necesario, ya que así se tiene una fijación rígida y se evita la trepidación. En la figura 6-82 se muestra una buena disposición de conjunto.

49. ¿Qué precaución debe tomarse al posicionar el soporte de herramienta cuando hay que practicar un corte profundo?

Cuando se practica un corte profundo en el que se quita mucho material, no debe mantenerse la punta de la cuchilla dirigida hacia el punto móvil. Si la herramienta tiene la punta según esta dirección y encuentra un punto duro, el material tenderá a empujar la cuchilla hacia el contrapunto, forzándola a ahondar en la pieza y quizás a deteriorarla (fig. 6-83). No es necesaria esta precaución cuando se practica una pasada ligera.

Operaciones en el torno y procesos de torneado

Normalmente se requieren varias fases para producir una pieza acabada; estas fases específicas suelen recibir el nombre de *operaciones.* Como ejemplos de operaciones cabe citar el refrentado, el taladrado de centros, o el desbastado.

Los aspectos más amplios del torneado pueden denominarse *procesos.* Como ejemplos de procesos de torneado cabe citar el cilindrado, el torneado cónico, el mandrinado y el roscado.

Frecuentemente existen varios procesos para efectuar una misma operación. Por ejemplo, el cilindrado puede efectuarse entre puntos, en un plato o en un mandril con casquillo elástico. O bien, las roscas pueden tallarse con terraja o con una herramienta de corte.

50. ¿Qué es la operación de refrentado?

El refrentado (fig. 6-84) es la operación de mecanizar el extremo de una pieza para hacer la superficie del mismo perpendicular al eje o línea de centros. La figura 6-69 muestra una pieza sujetada entre puntos mientras se está refrentando. Las piezas pueden también refrentarse estando sujetadas en el plato de mordazas, en el plato frontal, en un mandril con casquillo elástico, o estando apoyadas en la luneta del torno.

51. ¿Cuál es un buen procedimiento para refrentar?

1) Medir la longitud para ver la cantidad de material que hay que quitar. 2) Mecanizar sólo para quitar del primer extremo el material necesario para dejarlo limpio (fig. 6-85). 3) Avanzar la herramienta de refrentar desde el centro hacia fuera en vez de desde el exterior de la pieza hacia el centro. 4) Mecanizar el extremo opuesto para quitar

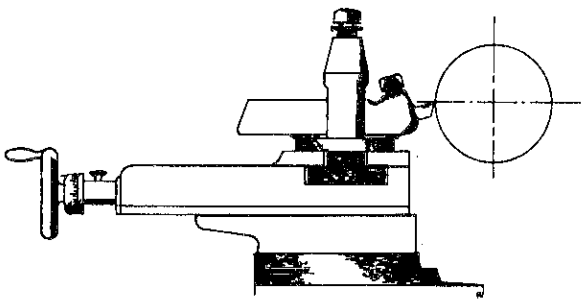


Fig. 6-82. El grabado muestra la relación que existe entre el soporte de herramienta, el portaherramientas y la cuchilla respecto a la pieza.

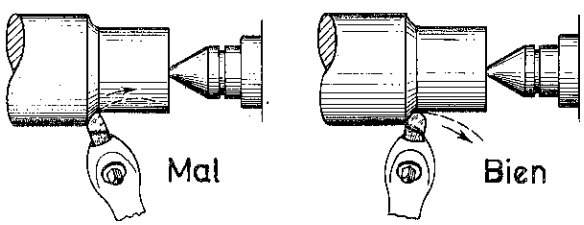


Fig. 6-83. Modos erróneo y correcto de posicionar el soporte de herramientas para pasadas profundas (South Bend Lathe Works).

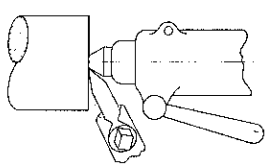


Fig. 6-84. Refrentado del extremo de un eje sujetado entre centros.

todo el material que falta hasta dejar la pieza a la longitud requerida.

52. ¿Qué es el refrentado por fases?

Cuando hay que quitar gran cantidad de material por refrentado, puede mecanizarse rápidamente en desbaste a base de una serie de pasadas profundas efectuadas longitudinalmente en vez de desde el centro hacia el exterior (fig. 6-86). Este proceso se llama también refrentado escalonado.

53. ¿Qué es el taladrado de centros?

Es un proceso de taladrado y avellanado que se practica en cada extremo de una barra que debe ser torneada entre puntos (fig. 6-87). El taladrado de centros proporciona superficies de apoyo para los puntos del torno (fig. 6-68).

54. ¿Qué es una broca doble de hacer puntos de centrado?

La broca doble de taladrar y avellanar se usa generalmente para hacer puntos de centrado. El ángulo de avellanado obtenido con esta herramienta es de 60°, o sea, el mismo que tienen el punto y el contrapunto. La parte que actúa como broca proporciona un agujero cilíndrico con fondo cónico que, al mismo tiempo que da holgura al punto, sirve de pequeño depósito de lubricante.

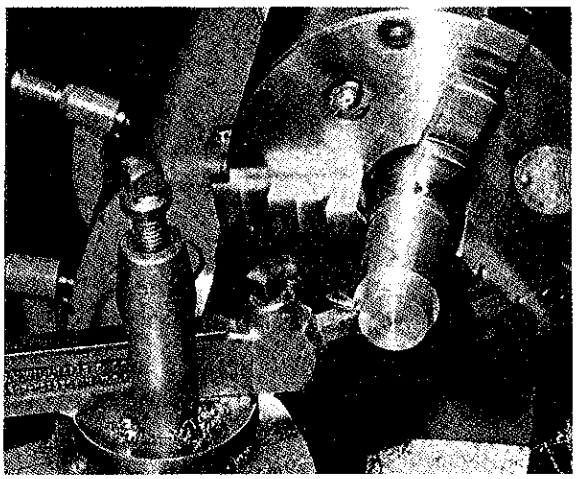


Fig. 6-86. El refrentado escalonado quita material con rapidez.

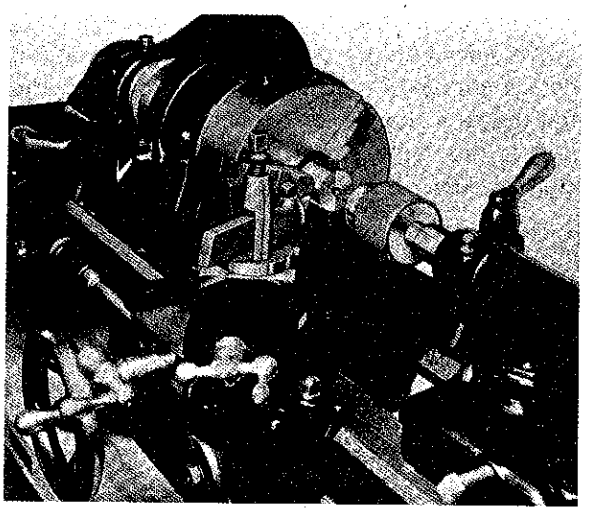


Fig. 6-87. Disposición para el taladrado de centros en una pieza pequeña (South Bend Lathe Works).

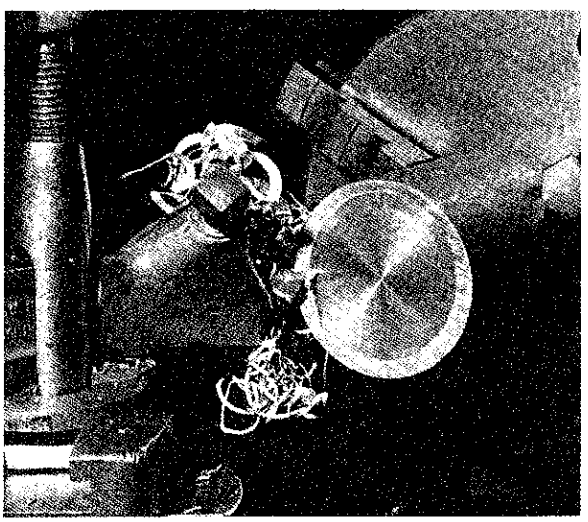


Fig. 6-85. Refrentado del extremo de un árbol sujetado al plato.

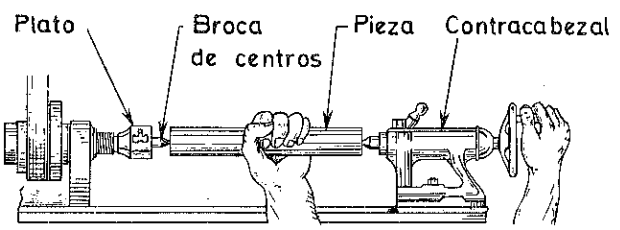


Fig. 6-88. Método de taladrado de centros en una pieza una vez marcados los mismos (South Bend Lathe Works).

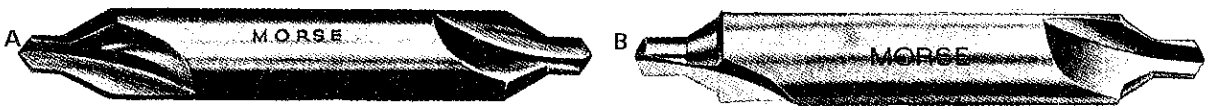
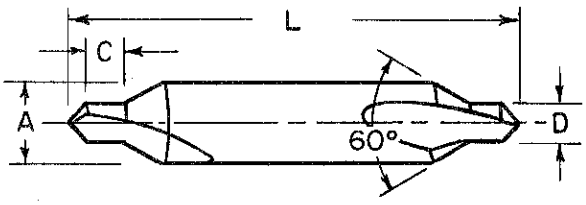
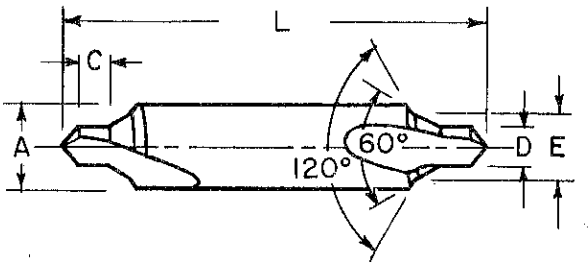


Fig. 6-89. Broca doble de taladrar y avellanar. (A) Tipo corriente. (B) Tipo campana.





Brocas de taladrar y avellanar, tipo corriente

Medidas y dimensiones normales
Acero rápido

Designación de la medida	Dimensiones en pulgadas			
	Diám. cuerpo	Diám. broca	Longitud broca	Longitud total
	A	D	C	L
00	1/8	0,025	0,040	1 7/32
0	1/8	1/32	3/64	1 7/32
1	1/8	3/64	3/64	1 1/4
2	3/16	5/64	5/64	1 1/8
3	1/4	7/64	7/64	2
4	5/16	1/8	1/8	2 1/8
5	7/16	3/16	3/16	2 3/4
6	1/2	7/32	7/32	3
7	5/8	1/4	1/4	3 1/4
8	3/4	5/16	5/16	3 1/2

Brocas de taladrar y avellanar, tipo de doble avellanado

Medidas y dimensiones normales

Designación de la medida	Dimensiones en pulgadas				
	Diám. cuerpo	Diám. broca	Longitud broca	Longitud total	Diám. avellan.
	A	D	C	L	E
11	1/8	3/64	3/64	1 1/4	0,100
12	3/16	1/16	1/16	1 1/8	0,150
13	1/4	3/32	3/32	2	0,200
14	5/16	7/64	7/64	2 1/8	0,250
15	7/16	5/32	5/32	2 3/4	0,350
16	1/2	3/16	3/16	3	0,400
17	5/8	7/32	7/32	3 1/4	0,500
18	3/4	1/4	1/4	3 1/2	0,600

Fig. 6-90. Dimensiones normales, en pulgadas, para brocas dobles de taladrar y avellanar (Morse Twist Drill & Machine Co.)

La figura 6-89 representa los tipos corrientes y de campana de brocas de hacer puntos.

55. ¿Cuáles son las medidas de las brocas dobles de taladrar y avellanar?

De acuerdo con las normas vigentes, son las que se especifican en las figuras 6-90 y 6-90 bis.

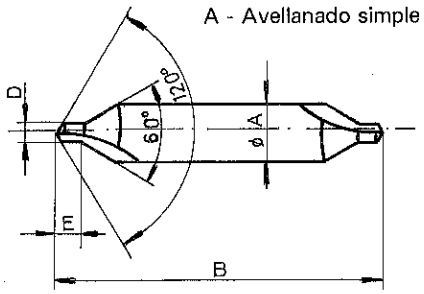
56. ¿De qué magnitud han de ser los agujeros para puntos de centrado?

No existe regla alguna que sirva para determinar el tamaño de los agujeros de centrado. Es necesario servirse del buen criterio, teniendo en cuenta que el tamaño depende de la medida de la pieza y que este agujero sólo debe ser lo suficientemente grande para proporcionar una superficie de apoyo adecuada. La figura 6-91 muestra algunas de las condiciones resultantes de practicar incorrectamente los agujeros para los puntos de centrado.

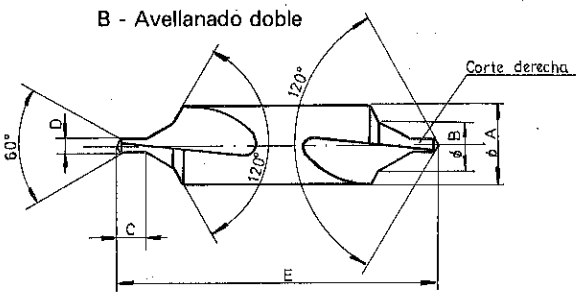
57. ¿Qué es la operación de mecanizado denominada torneado?

El torneado es la operación de quitar material de una pieza mientras está girando en el torno; ello se hace mediante una herramienta de corte apropiada. Con esta operación se obtiene una pieza acabada que lo mismo puede ser cilíndrica que cónica.

A - Avellanado simple



B - Avellanado doble



D	Diferencia admisible	FORMA A A_{h9}	B	E	Diferencia admisible
(0,5)	+ 0,1	3,15	20	0,9	−0,1
(0,8)				1,3	−0,2
1			31,5	1,6	−0,3
1,25		4	35,5	1,9	
1,6	+ 0,15	5	40	2,4	−0,4
(2)		6,3	45	2,9	
2,5		8	50	3,6	−0,5
(3,15)		10	56	4,4	
4	+ 0,2	12,5	63	5,6	−0,6
(5)		16	71	6,9	
6,3		20	80	8,6	
(8)		25	100	10,8	−0,7
10		31,5	125	13,5	

D	Diferenc. admisib.	FORMA B A_{h9}	B	C	Diferenc. admisib.	E
1	+ 0,1	6,3	2,5	1,6	−0,3	40
(1,25)		7,1	3,15	1,9		45
1,6	+ 0,15	8	4	2,4	−0,4	50
(2)		10	5	2,9		56
2,5		11,2	6,3	3,6	−0,5	63
(3,15)		14	8	4,4		71
4	+ 0,2	16	10	5,6	−0,6	80
(5)		20	12,5	6,9		90
6,3		25	16	8,6		100

Material: F-552

Los diámetros entre paréntesis son a evitar

Fig. 6-90 bis. Dimensiones normales, en milímetros, para brocas de taladrar y avellanar.

58. ¿Qué se entiende por torneado en desbaste?

Es una operación mediante la cual se quita el exceso de material rápida y eficazmente, dejando sólo la parte suficiente para el acabado a una medida especificada.

59. ¿Cuáles son las reglas generales para el torneado en desbaste?

El torneado basto requiere una pasada lo más profunda posible, un avance grueso y una velocidad tan grande como lo permitan las prácticas de seguridad. El acabado producido con el torneado en desbaste no necesita ser liso.

60. ¿Por qué se considera una buena práctica aplicar un avance basto cuando se mecaniza barra que ha de ser rectificada?

Aplicando un avance basto se ahorra mucho tiempo. Dado que la barra a rectificar suele recibir antes un tratamiento térmico, el acabado superficial después del mecanizado no es siempre un factor importante.

61. ¿Cuánto material para el rectificado debe dejarse en un árbol de 25 mm de diámetro y 1200 mm de longitud, si la operación debe efectuarse sobre la pieza sin tratar?

Aproximadamente, 0,4 mm.

62. ¿Cuánto material para el rectificado debe dejarse en un árbol de 25 mm de diámetro y 1200 mm de longitud, si la operación debe efectuarse sobre la pieza templada?

Aproximadamente, 0,9 mm.

63. ¿Cuánto material para el rectificado debe dejarse en los diámetros exterior e interior de un casquillo en el que los expresados diámetros miden, respectivamente, 62 y 50 mm, si la operación debe efectuarse sobre la pieza sin templar?

Dejar 0,4 mm sobre cada diámetro.

64. ¿Cuánto material para el rectificado debe dejarse en el casquillo anterior, si el mismo es de acero rápido y ha de ser templado y rectificado?

Dejar 0,6 mm en cada diámetro.

65. ¿Cómo se puede mecanizar el hierro fundido rápida y eficazmente?

Aplíquese una velocidad bastante lenta y un avance basto. Como refrigerante suele usarse la lejía de sosa.

66. ¿Cómo debe afilarse una herramienta destinada al acabado de una pieza de hierro fundido?

La herramienta debe afilarse con punta redonda ancha y con un pequeño ángulo de incidencia lateral.

67. Cuando se mecaniza hierro fundido, ¿debe aplicarse una pasada profunda o superficial?

Siempre que sea posible, la pasada ha de ser profunda; sólo cuando la medida de la pieza no lo permite, se aplicará una pasada superficial. El hierro fundido tiene una escama o superficie exterior muy duras debido al enfriamiento rápido que experimenta el hierro después de fundido; por ello, al mecanizar piezas de este material, la herramienta debe ser forzada a penetrar inmediatamente debajo de la escama, ya que, de no procederse de este modo, el filo se estropea enseguida.

68. ¿Qué se entiende por torneado de acabado?

Significa el mecanizado de una pieza a las dimensiones requeridas dentro de la tolerancia especificada. El acabado superficial puede ser especificado o puede resultar según el justo criterio del mecánico.

69. ¿Cuáles son las reglas generales para el torneado de acabado?

El torneado de acabado requiere una pasada ligera, y una velocidad más rápida y un avance más fino que los aplicados en el torneado en desbaste. La herramienta de corte debe ser puntiaguda y de forma adecuada para producir un acabado liso.

70. ¿Qué es el cilindrado?

Es la operación de producir una pieza cilíndrica, en la cual el diámetro sea de medida uniforme en toda la longitud de la misma (ver fig. 6-65). Cuando el diámetro en un extremo de la pieza difiere del otro extremo, se dice que hay conicidad.

71. ¿Qué métodos pueden usarse para sujetar la pieza a cilindrar?

El cilindrado puede efectuarse estando la pieza sujetada entre puntos, en un plato, en un mandril con casquillo elástico, o apoyada sobre lunetas fijas o móviles.

72. ¿Qué precauciones deben observarse cuidadosamente cuando hay que cilindrar entre puntos?

Para cilindrar una pieza entre puntos es necesario alinear estos con precisión. El punto del cabezal debe girar bien centrado. Aplíquese una pasada ligera en una longitud adecuada y mídase cada extremo, así como en algunos puntos entre ellos, a fin de tener la seguridad de que el diámetro es el mismo en toda la longitud.

73. Si después de haber efectuado una pasada a lo largo de la pieza, se ve que el diámetro en el extremo cercano al contracabezal es mayor

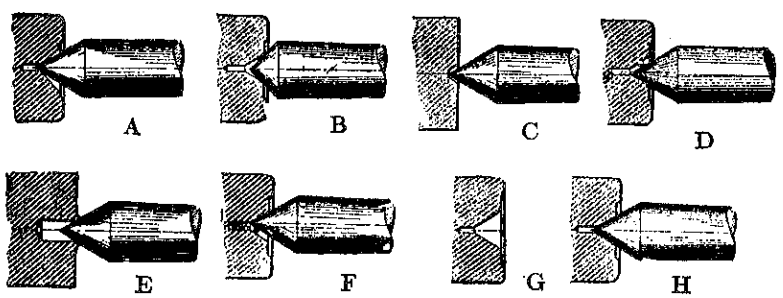


Fig. 6-91. Ejemplos de agujeros de centrado incorrectos y correctos: (A) Angulo de avellanado demasiado grande. (B) Angulo del punto demasiado grande. (C) Agujero poco profundo. (D) Agujero descentrado. (E) Agujero sin avellanar. (F) Virutas en el fondo del agujero. (G) Agujero de centrado correcto, como puede verse por el buen ajuste obtenido (H).

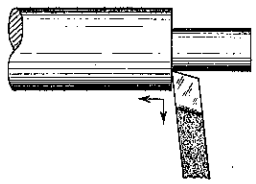


Fig. 6-92. Mecanizado del rincón de una solera en ángulo recto.

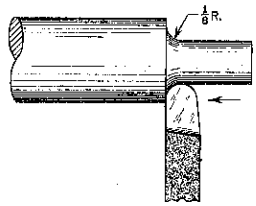


Fig. 6-93. Torneado de una solera con rincón de radio pequeño.

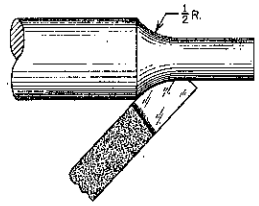


Fig. 6-94. Torneado de una solera con rincón de radio grande.

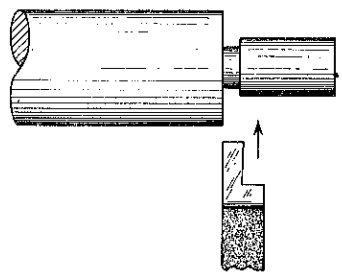


Fig. 6-95. Mecanizado de una solera con rebaje.

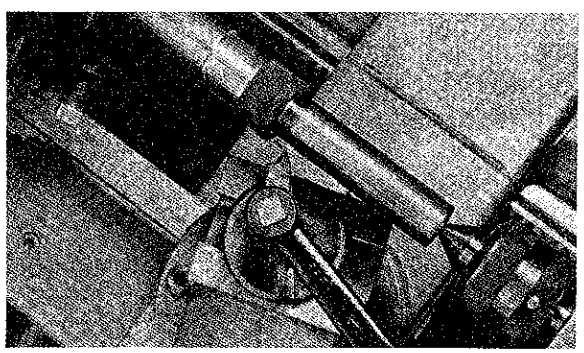


Fig. 6-96. Disposición para mecanizar una solera con rebaje para el rectificado.

que en el extremo cercano al cabezal, ¿qué debe hacerse?

Ajustar el contracabezal acercándolo al operador y efectuar otra pasada ligera; después, volver a medir.

74. ¿En qué dirección debe ajustarse el contracabezal cuando la pieza es de menor diámetro en el extremo correspondiente al mismo?

Debe ajustarse apartándolo del operador.

75. ¿Qué se entiende por torneado de soleras?

Cuando se tornea una pieza que tiene dos o más diámetros de medidas diferentes, se forma una solera donde acaba un diámetro y empieza otro.

76. ¿Cuáles son las diferentes clases de soleras producidas en las piezas torneadas?

Las soleras producidas en las piezas torneadas pueden ser en ángulo recto, redondeadas o con rebaje.

77. ¿Qué es una solera en ángulo recto?

Es la que tiene el rincón vivo, es decir, sin radio alguno (fig. 6-92). Para mecanizar esta solera se usa una cuchilla de refrentar con punta aguda.

78. ¿Qué es una solera redondeada?

Es la que tiene el rincón redondeado como resultado de tornearlo según un radio especificado (figs. 6-93 y 6-94).

79. ¿Qué es una solera con rebaje?

En las soleras con rebaje el diámetro menor es rebajado junto a la misma formando un cuello o ranura, como en la figura 6-95. Este rebaje se practica cuando la parte de menor diámetro de la pieza tiene que rectificarse, ya que el canto de la muela no es capaz de producir una esquina en ángulo recto.

80. Cuando en un plano se especifica el rectificado de un diámetro hasta una solera, ¿qué clase de rebaje debe efectuarse?

El rebaje debe efectuarse con una herramienta estrecha de punta redonda que avance según un ángulo de 45° (fig. 6-96).

81. ¿Por qué es necesario emplear una herramienta de punta redonda para practicar rebajes en una pieza que ha de ser templada y rectificada?

El empleo de una herramienta de punta aguda dejaría una esquina en ángulo recto, la cual provocaría el agrietamiento o la rotura del acero al templarlo.

82. Nombrar los tres sistemas empleados para tornear cónico.

1) Descentrando el contracabezal; 2) utilizando el accesorio de tornear cónico, y 3) empleando el soporte orientable.

83. Explicar el método de tornear cónico por descentrado del contracabezal.

Cuando se coloca una pieza entre los puntos del torno con el contracabezal desplazado de la verdadera alineación, la pieza que resulta después del mecanizado es cónica (fig. 6-97). La magnitud del descentrado del contracabezal necesaria para producir un cono dado, depende de la longitud total de la pieza y de la conicidad. Para un descentrado dado, las piezas de diferentes longitudes se tornearán con diferentes conicidades (fig. 6-98). La magnitud del descentrado del contracabezal es igual a la mitad de la conicidad respecto a la longitud total de la pieza.

84. ¿Cómo puede calcularse el descentrado del contracabezal?

Si la pieza tiene una conicidad de 5/8" por pie (1:19,2) y su longitud es exactamente de 1 pie = 12" (304,8 mm), el contracabezal debe tener un descentramiento de 5/16" (7,938 mm), o sea, de la mitad de 5/8" (15,876 mm).

Para piezas de menos de un pie de longitud, se divide la longitud total de la pieza en pulgadas por 12 y se multiplica el cociente por la mitad del valor de la conicidad por pie, aúnque hay un método más simple, el cual consiste en determinar la conicidad por pulgada dividiendo por 12 la conicidad por pie; entonces, la magnitud del descentrado del contracabezal es igual a la mitad del producto de la longitud total de la pieza por el valor de la conicidad en pulgadas.

Cuando se opera en milímetros, la magnitud del ajuste o descentrado del contracabezal puede hallarse, para una longitud de 100 mm, mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Ajuste (en mm)} = 100/2\,x$$

siendo x el valor de la conicidad expresada en la forma 1: x que significa que el cono aumenta (o disminuye) 1 mm en diámetro por cada x mm de longitud.

85. Calcular el descentrado o ajuste del contracabezal necesario para tornear un cono de 5" de

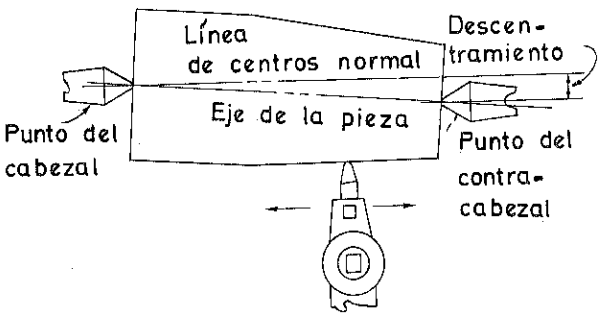


Fig. 6-97. El grabado muestra como se forma un cono cuando el contracabezal está descentrado.

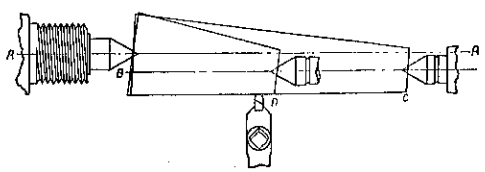


Fig. 6-98. Cuando las piezas varían en longitud y se emplea el mismo descentramiento, el valor de la conicidad será diferente (South Bend Lathe Works).

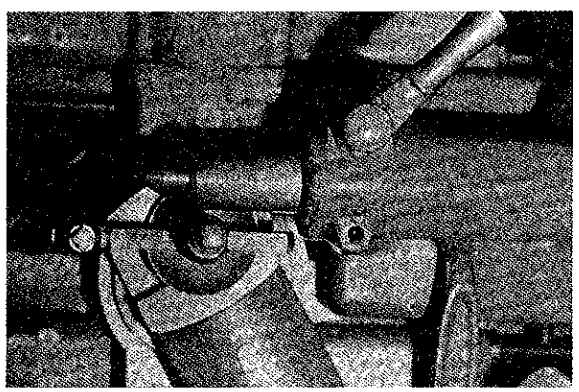


Fig. 6-99. Posición del portaherramienta y del husillo del contracabezal cuando se lleva a cabo la preparación del descentrado para un torneado cónico.

longitud si la conicidad por pulgada es 0,050" y la longitud total es 9". Hacer lo mismo considerando un cono de 125 mm de longitud, una conicidad 1: 20 y una longitud total de 225 mm.

En el primer caso, se tiene

Descentrado del contracabezal =
$= (9 \times 0{,}050) / 2 = 0{,}225''$

Y en el segundo caso,

Descentrado del contracabezal =
$= 225/40 = 5{,}625$ mm.

86. Describir un buen método para efectuar el ajuste del contracabezal.

Suponiendo que los puntos están alineados, el ajuste o descentramiento puede efectuarse como sigue: (A) Sujetar el soporte de herramienta oblicuamente sobre el portaherramientas, o bien, invertirlo a fin de que el cuerpo del portaherramientas pueda moverse hasta entrar en contacto con el husillo saliente del contracabezal (fig. 6-99); o bien, invertir el soporte de herramienta y utilizar el extremo del mismo en vez del portaherramientas. (B) Por medio del tornillo de avance transversal, avanzar el portaherramientas hasta casi tocar el husillo del contracabezal. (C) Con el avance transversal retroceder sólo lo suficiente para eliminar todo el espacio muerto. (D) Situar en el cero el disco graduado del avance transversal. (E) Avanzar el carro o soporte orientable hasta que el portaherramientas establece contacto con una sonda de papel o una galga de tacto colocada entre el portaherramientas o soporte de herramienta, y el husillo del contracabezal (fig. 6-100). (F) Girar el carrillo transversal hacia fuera en un arco correspondiente al número de divisiones (milésimas de pulgada o centésimas de mm) previamente calculado; después de esto, el espacio entre el portaherramientas y el husillo del cabezal debe ser igual al valor resultante del cálculo del descentrado del contracabezal. (G) Aflojar las tuercas de sujeción del contracabezal y mover éste hacia el portaherramientas utilizando la misma sonda de papel o galga de tacto para establecer contacto (fig. 6-101). (H) Apretar las tuercas de sujeción del contracabezal.

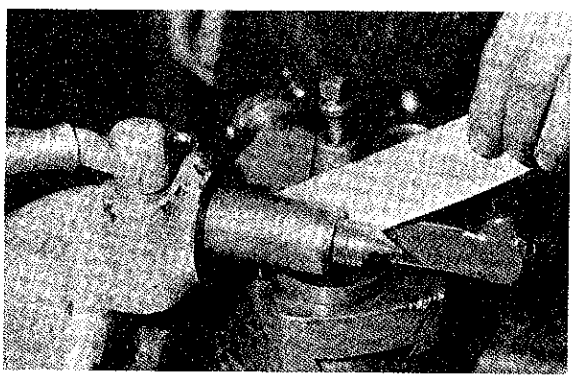


Fig. 6-100. Empleo de una sonda de papel para saber cuando se establece el contacto.

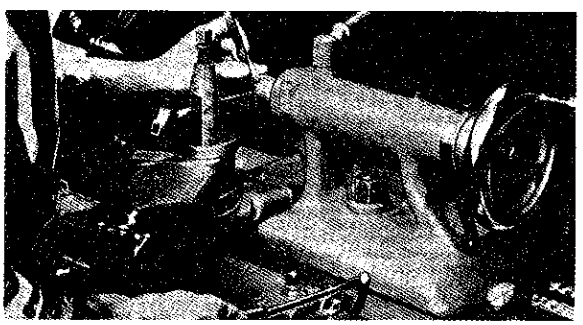


Fig. 6-101. Desplazamiento del contracabezal descentrado y comprobación del contacto con una galga. En este grabado se usa el extremo del soporte de herramienta en vez del portaherramientas (South Bend Lathe Works).

87. Explicar como funciona el aparato para tornear conos para una conicidad deseada.

Para ajustar este aparato a cualquier conicidad deseada, se afloja la tuerca *A* que sujeta la placa-guía a la zapata de deslizamiento, y las tuercas *B* y *C* de los extremos de la barra de guía (fig. 6-102). Se ajusta esta barra a la conicidad deseada, indicada en la escala, por medio del tornillo micrométrico de ajuste, *F*, y se aprietan las tuercas antes mencionadas. Excepto cuando se ajusta la conicidad, estas tuercas deben estar siempre apretadas, incluso cuando no se usa el aparato de tornear cónico. El tornillo de fijación *G* y la tuerca de sujeción *H* deben estar aflojados cuando se emplea el aparato y apretados sólo cuando no se usa. Para embragar o desembragar el aparato de torneado cónico, se aprietan o se aflojan las tuercas *D* que sujetan el brazo de enclavamiento a la bancada. Cuando se utiliza el aparato, la tuerca *E*, que fija la barra al brazo de enclavamiento, debe apretarse. Hay que asegurarse de

que la punta de la herramienta se encuentra sobre la línea de centros.

Si el aparato de torneado cónico se emplea continuamente en un mismo trabajo, es aconsejable mover la barra de deslizamiento de vez en cuando para distribuir por igual cualquier desgaste de la barra de giro.

La guía del soporte orientable y la del aparato de torneado cónico deben moverse suave y libremente, pero no conviene que haya huelgo o juego. Si se produce vibración o un cono no uniforme, es debido al juego de dichas guías, lo que puede corregirse ajustando los suplementos de la base del soporte orientable y del aparato de torneado cónico.

Si se produce algún huelgo o juego en las tuercas del husillo de avance transversal, puede corregirse aflojando el tornillo *J* y apretando el tornillo *K*, y luego volviendo a apretar el tornillo *J*.

88. ¿Cuáles son las ventajas de utilizar un aparato de tornear cónico?

El aparato de torneado cónico presenta las siguientes ventajas respecto al método de descentrado: 1) La alineación del punto no queda perturbada. 2) Puede efectuarse el mandrinado cónico. 3) Pueden tornearse conos duplicados independientemente de la longitud de la pieza. 4) El aparato puede dejarse en la posición de ajuste.

89. ¿Cómo debe situarse el soporte orientable para tornear un cono exterior cuyo ángulo es de 60°?

El soporte orientable debe ajustarse y fijarse formando un ángulo de 30° con la línea de centros del torno (ver fig. 6-62). O sea, que debe ajustarse a la mitad del ángulo del cono especificado y siempre paralelo a la superficie que debe mecanizarse.

90. ¿Cuál es el procedimiento de mecanizado de un mango cónico?

Primero se mecaniza el mango en el torno a la longitud requerida y al diámetro del extremo mayor del cono. Luego se ajusta el torno para el mecanizado del cono según la conicidad especificada en el caso de un cono normal, o de acuerdo con el número de grados del ángulo del cono para conos especiales (fig. 6-103).

La medida de los diámetros mayor y menor del mango cónico puede comprobarse con un pie de rey o un micrómetro, pero es difícil estar seguro de que los instrumentos se sitúan exactamente en el punto correcto. Cuando se requiere una comprobación precisa, se usa un calibre cónico de anillo (fig. 6-104), pudiéndose entonces verificar, no sólo la medida de los diámetros, sino también el valor de la conicidad.

El calibre es primero embadurnado ligeramente, en su interior, con azul de Prusia, y luego, se introduce en él el mango cónico, no fuertemente, sino sólo con la presión suficiente para establecer contacto. Después se hace girar el calibre en uno y otro sentido sobre el mango, sacándolo a continuación; la presencia del azul de Prusia en el man-

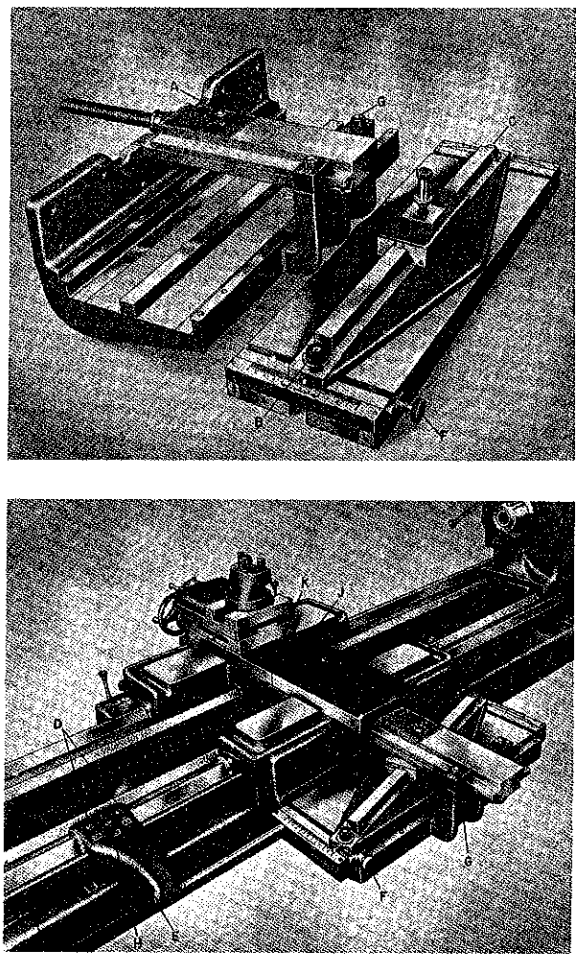


Fig. 6-102. Aparato para tornear conos montado en el frente posterior del torno. Arriba, vista ampliada de los elementos principales del aparato (American Tool Works Co.)

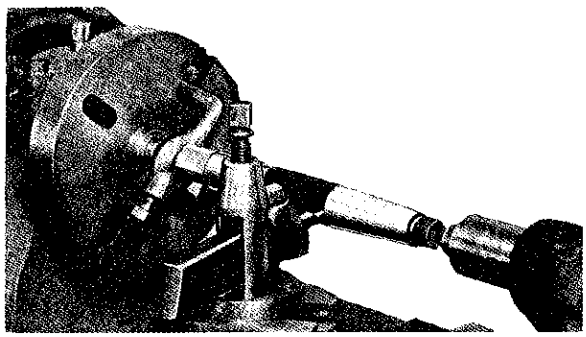


Fig. 6-103. Torneado de un cono con el contracabezal descentrado (South Bend Lathe Works).

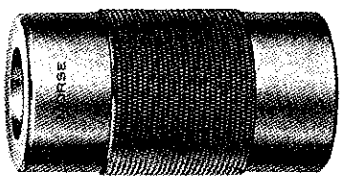


Fig. 6-104. Calibre cónico de anillo (Morse Twist Drill & Machine Co.)

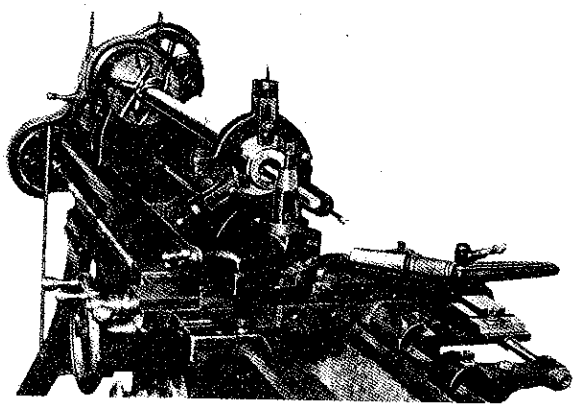


Fig. 6-105. Mandrinado cónico de un agujero con el aparato de tornear cónico (South Bend Lathe Works).

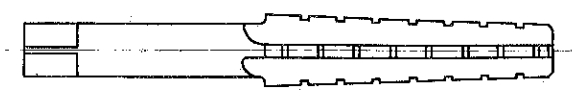


Fig. 6-106. Escariador cónico para desbastar (Morse Twist Drill & Machine Co.)

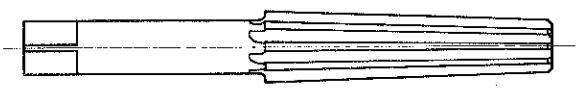


Fig. 6-107. Escariador cónico para acabar (Morse Twist Drill & Machine Co.)

go indicará la precisión del cono. Si se ve uniformemente distribuido, la conicidad es correcta; si un extremo está impregnado y el otro no, debe reajustarse el aparato de tornear cónico conforme a la conicidad requerida. El grado de exactitud del cono debe comprobarse antes de que el mango haya sido mecanizado hasta su medida final, ya que puede necesitarse más de un ajuste antes de obtener la posición precisa.

En el caso de conos especiales, por lo general es mejor mecanizar primero la pieza macho de un conjunto de dos piezas acopladas, y luego utilizarla como calibre para mecanizar la pieza hembra.

91. ¿Cuál es el procedimiento de mecanizado de un agujero cónico?

Primero se taladra o mandrina a la profundidad deseada un agujero de medida igual al diámetro menor del cono. Por ejemplo, un agujero para un cono Morse n.° 3, se haría primero de 0,778" (19,76 mm) de diámetro y 3 1/4" (85,25 mm) de profundidad (véase la Tabla 12 del Apéndice). Entonces el agujero puede mandrinarse a la conicidad de acabado (fig. 6-105), o escariarse con un escariador cónico después de desbastar el cono por mandrinado. En las figuras 6-106 y 6-107 se representan dos tipos de escariador cónico.

92. ¿Cómo se mide la dimensión de un agujero cónico normal?

Cuando se comprueba un agujero cónico, hay que tener en cuenta dos factores importantes: el diámetro y el valor de la conicidad. Es posible medir los diámetros en cada extremo del cono con una regla y el compás de puntas, y también la profundidad del agujero; si unos y otra se han hallado correctos conforme a las normas de la medición, puede presumirse de que la conicidad es asimismo correcta. Sin embargo en la mayoría de los casos este método de medición de un cono no es satisfactorio; para una medición precisa, debe usarse un calibre tapón cónico (fig. 6-108). Para verificar el grado de exactitud de un cono, el calibre se cubre ligeramente con azul de Prusia y luego se inserta con cuidado en el agujero, sin forzarlo sino empujándolo sólo lo suficiente para que entren en contacto las superficies del agujero con las del calibre; una vez esto logrado,

debe hacerse girar el calibre en sentido contrario al de las agujas del reloj. Si, al sacarlo del agujero, el calibre muestra una falta de azul a partir de uno u otro de los extremos, se tendrá una indicación de que es necesario ajustar el valor de la conicidad; cuando éste es correcto, una cierta cantidad de azul de Prúsia falta en toda la longitud del cono del calibre. La dimensión del diámetro del agujero se comprueba observando hasta qué punto entra el calibre en el mismo, pues éste lleva marcada una señal que indica el diámetro correcto para el extremo mayor del agujero (fig. 6-109).

93. ¿Qué es la operación de achaflanar?

Es la operación de producir un canto biselado con un ángulo especificado, en el extremo de un cilindro torneado; se efectúa para matar o quitar el canto vivo y acabar la pieza. El achaflanado se realiza también para facilitar la entrada de una pieza, como, por ejemplo, un gorrón, en un agujero.

94. ¿Cómo se efectúa el achaflanado en el torno?

El achaflanado puede efectuarse fijando el soporte orientable al ángulo requerido y avanzando la cuchilla a mano para producir un chaflán especificado; cuando el ángulo y la longitud del chaflán no se han especificado, puede ajustarse la cuchilla según un ángulo (fig. 6-110) y avanzarla hacia dentro de la pieza que gira, o bien, puede emplearse una lima.

95. ¿Qué es la operación de grafilado o moleteado?

Es un proceso mediante el cual se marcan por rodadura depresiones o mellas de varias formas en el metal, utilizando para ello rodillos giratorios de acero templado que se presionan contra la pieza (fig. 6-111); así se obtiene sobre ésta una reproducción de las marcas grabadas en la herramienta de grafilar (fig. 6-112), la cual, para esta operación, se sujeta en el portaherramientas del torno. El grafilado o moleteado se efectúa para proporcionar un asidero en los mangos, cabezas de tornillo y otras piezas cilíndricas, a fin de que puedan agarrarse bien con la mano. La figura 6-113 muestra un nuevo tipo de herramienta de moletear.



Fig. 6-108. Calibre tapón cónico (Morse Twist Drill & Machine Co.)

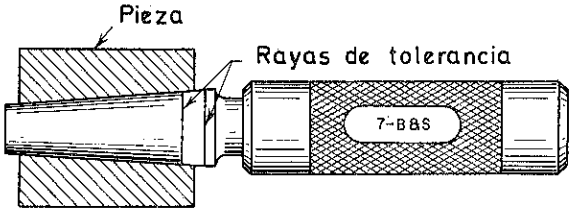


Fig. 6-109. El calibre tapón cónico indica si el diámetro y la conicidad se encuentran dentro de la tolerancia especificada.

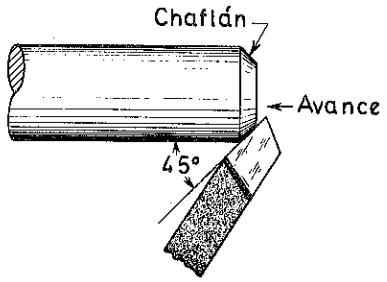


Fig. 6-110. Achaflanado con la cuchilla ajustada a un ángulo.

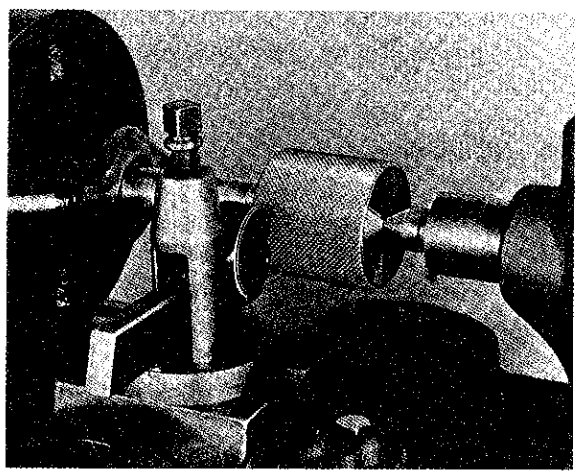


Fig. 6-111. Grafilado de una pieza en el torno (South Bend Lathe Works).

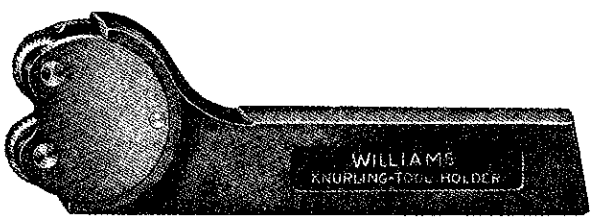


Fig. 6-112. Herramienta de moletear (J. H. Williams & Co.)

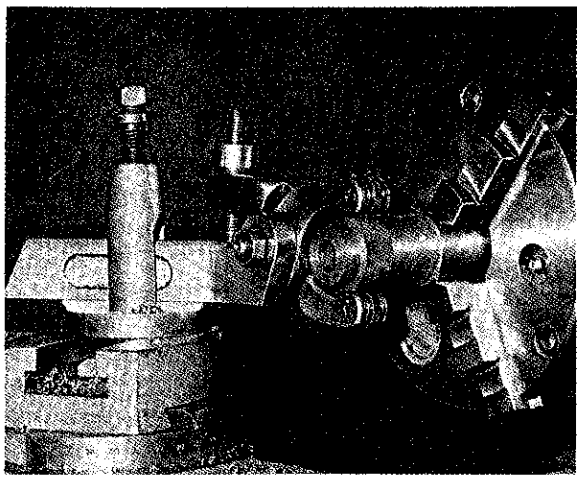


Fig. 6-113. Moleteado con una herramienta de moletear ajustable (Joseph Fakes & Co.)

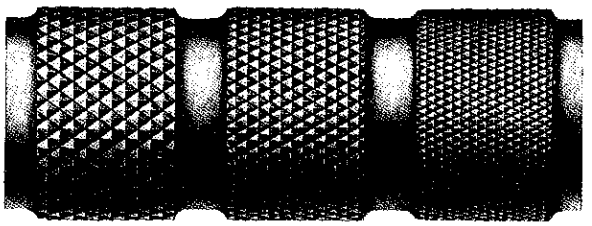


Fig. 6-114. Moleteado cruzado de grados basto, medio y fino (J. H. Williams & Co.)

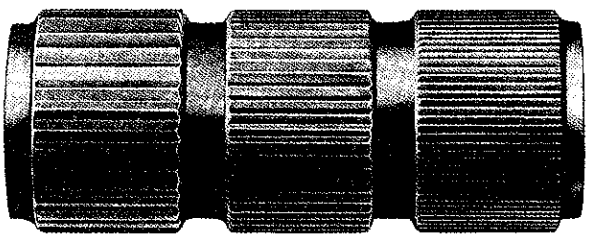


Fig. 6-115. Moleteado recto de grados basto, medio y fino (J. H. Williams & Co.)

96. ¿Cómo se clasifican los moleteadores?

Las herramientas de moletear y, por consiguiente, los moleteados, se clasifican según el modelo de las marcas (cruzado o recto) y según el paso de las mismas. Los grafilados comúnmente usados pueden ser de grado basto, medio o fino (figs. 6-114 y 6-115).

97. ¿Cómo debe efectuarse el moleteado en el torno?

La herramienta debe colocarse en el portaherramientas de modo que está dirigida perpendicularmente a la pieza y estando los ejes de ambas a la misma altura a fin de que la acción de grafilado tenga lugar en el mismo centro de la pieza y se iguale la presión en cada uno de los rodillos. La velocidad depende de la clase de material a moletear; los metales blandos, como el aluminio, pueden grafilarse a velocidades más rápidas que los aceros aleados duros. La superficie a moletear debe ser previamente mecanizada. Los rodillos de moletear deben forzarse lentamente contra la pieza que gira hasta que se obtiene una buena impresión; luego la herramienta ha de ir avanzando a lo largo de toda la superficie a grafilar. Después de cada pasada, el moleteador se avanza hacia la pieza hasta que se consigue un grafilado claramente marcado; mientras dura la operación, hay que utilizar un lubricante de corte.

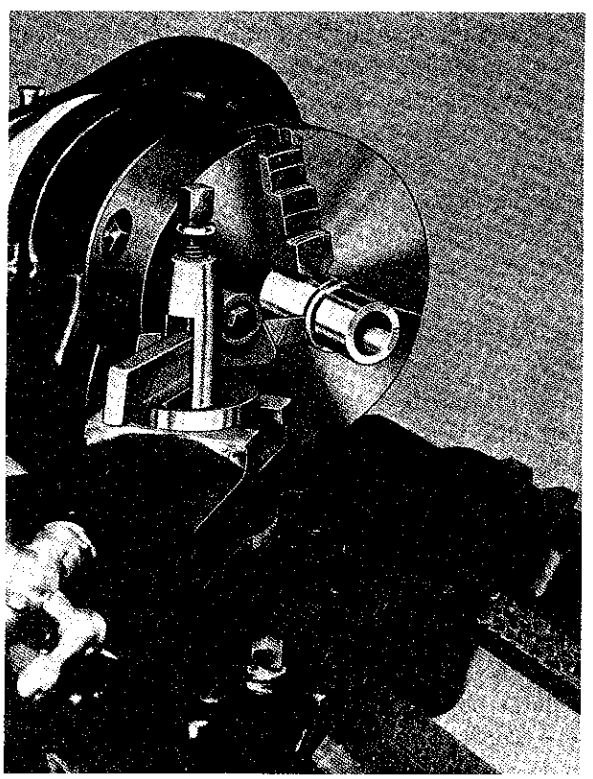


Fig. 6-116. Tronzado de una pieza después del mecanizado (South Bend Lathe Works).

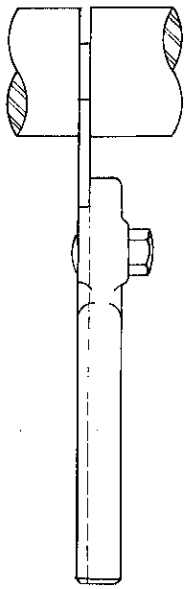


Fig. 6-117. La herramienta de tronzar corta cuando penetra perpendicularmente en la pieza.

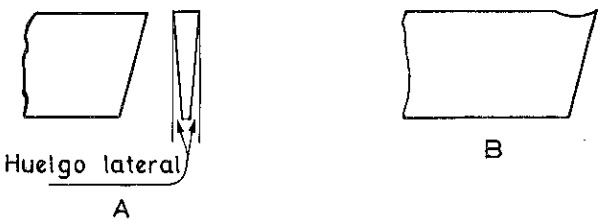


Fig. 6-118. (A) El huelgo lateral en la hoja de la cuchilla de tronzar impide el agarrotamiento. (B) Un ligero desprendimiento superior facilita la acción de corte (Sheldon Machine Co., Inc.)

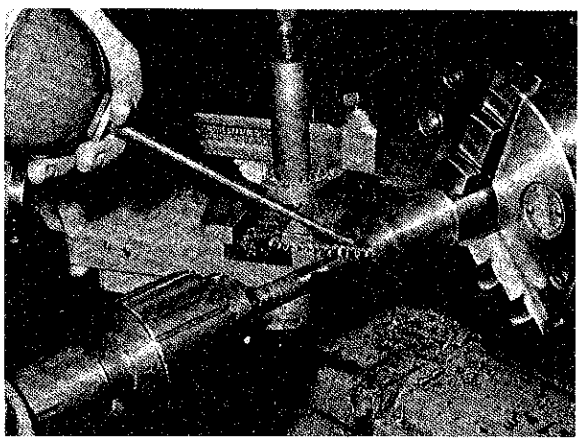


Fig. 6-119. Taladrado de un agujero en el torno.

98. ¿Qué es la operación de tronzado?

El tronzado, o segado, es la operación de separar una pieza acabada de la barra de la cual se mecanizó (fig. 6-116). Se emplea una herramienta de tronzar o segar que tiene una hoja cortante larga y estrecha (fig. 6-117); para piezas de pequeño diámetro, esta herramienta puede obtenerse afilando una cuchilla normal. Las herramientas de tronzar se afilan de modo que corten sólo en el extremo (fig. 6-118) a medida que penetran en la pieza.

99. ¿Cuál es el procedimiento de taladrado y escariado en el torno?

Los agujeros se taladran en el torno al revés de como se taladran en la taladradora. En el torno, la pieza gira y la broca permanece inmóvil. Las brocas de pequeño diámetro se sujetan en un portabrocas del mismo estilo que el usado en una taladradora, el cual se fija en el husillo del contracabezal como en la figura 6-119. Las brocas mayores se sujetan a un portabrocas especial (fig. 6-120) que va fijado al portaherramientas por el extremo izquierdo del mango, apoyándose en el punto fijo del contracabezal por el lado derecho. PRECAUCION: Debe tenerse cuidado en evitar que el portabrocas se deslice del punto fijo. Cuando no se dispone de un portabrocas, puede usarse un perro de arrastre, como en la figura 6-121.

Los agujeros pueden escariarse sujetando un escariador de mango cilíndrico en un portabrocas (fig. 6-122) o insertando un escariador de mango cónico en el husillo del contracabezal (fig. 6-123) y haciéndolo avanzar lentamente hacia dentro del agujero taladrado. Siempre que se taladra o escaría cualquier metal excepto hierro fundido, debe aplicarse un lubricante de corte.

100. ¿Qué es la operación de mandrinado?

El mandrinado es la operación de agrandar un agujero previamente obtenido por taladrado, de fundición, o mediante cualquier otro sistema. Por lo general, se emplea una herramienta de un solo filo para quitar material a medida que avanza hacia dentro de la pieza que gira. Los agujeros se mandrinan para que resulten de una medida precisa y concéntricos con la superficie exterior. Los agujeros cónicos pueden mandrinarse ajustando el soporte orientable o el aparato de tornear có-

nico del mismo modo que para el torneado cónico. En la figura 6-124 se muestra un ejemplo de mandrinado.

101. ¿Cuáles son las más importantes reglas generales para el mandrinado?

La operación de mandrinar agujeros de varios diámetros y longitudes presenta problemas espe-

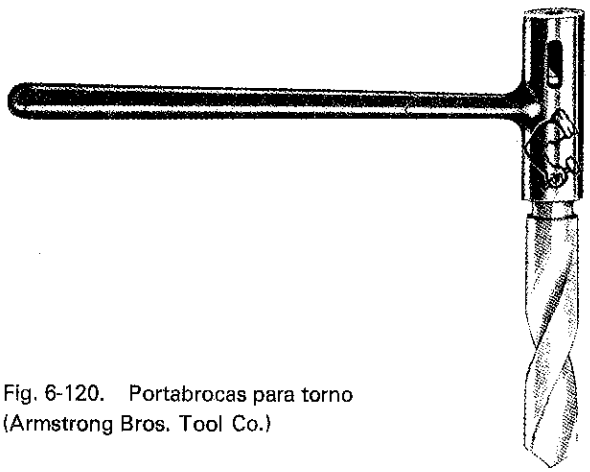


Fig. 6-120. Portabrocas para torno (Armstrong Bros. Tool Co.)

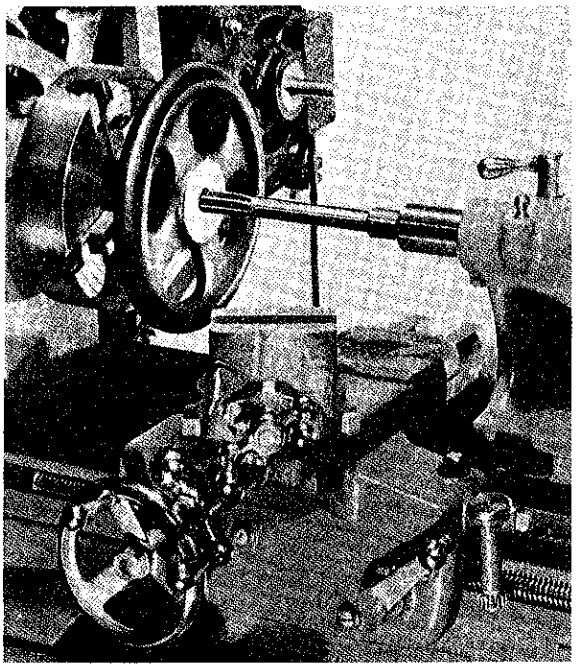


Fig. 6-123. Escariador de mango cónico sujetado al husillo del contracabezal (Sheldon Machine Co., Inc.)

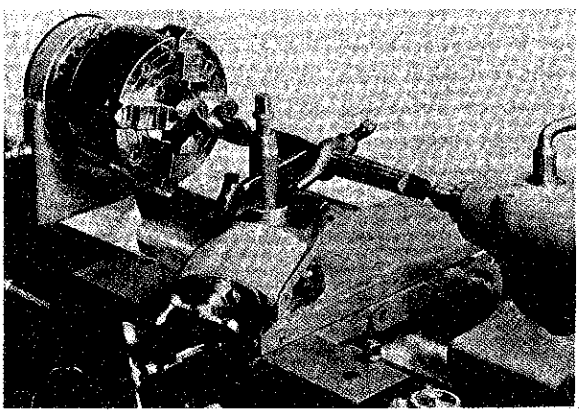


Fig. 6-121. Disposición para taladrar grandes agujeros (Sheldon Machine Co., Inc.)

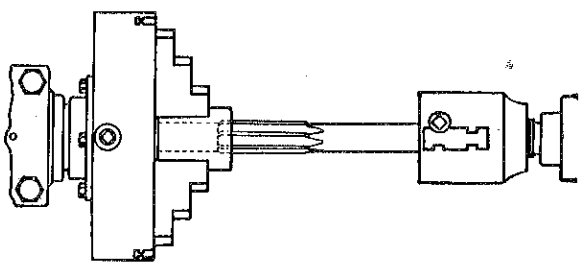


Fig. 6-122. Los escariadores pequeños de mango cilíndrico pueden sujetarse en un portabrocas (South Bend Lathe Co.)

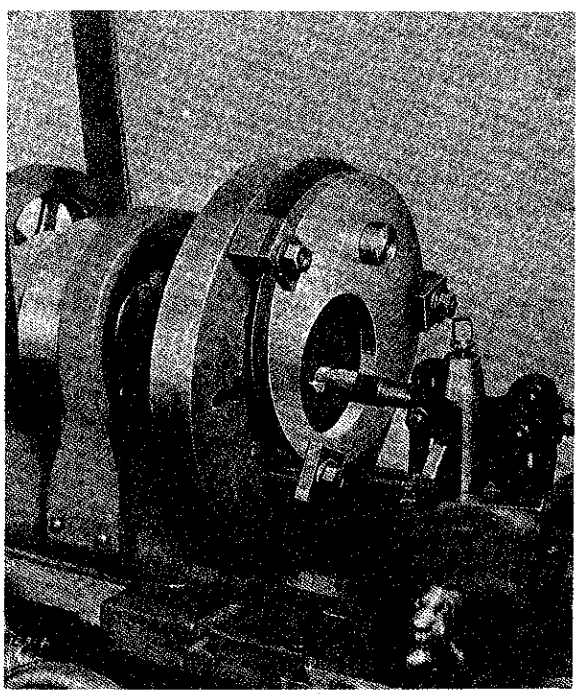


Fig. 6-124. Disposición para el mandrinado de un agujero (South Bend Lathe Works).

ciales que requieren experiencia y buen criterio. Una buena regla general prescribe el uso de una barrena del mayor diámetro posible permitido por el agujero, sujetándola tan cerca de éste y tan rígidamente como se pueda. Las pasadas poco profundas, junto con el avance correcto, ayudan a reducir el chirrido y a conseguir un mejor acabado. Son factores importantes la forma de la herramienta de corte y la magnitud del radio en el filo.

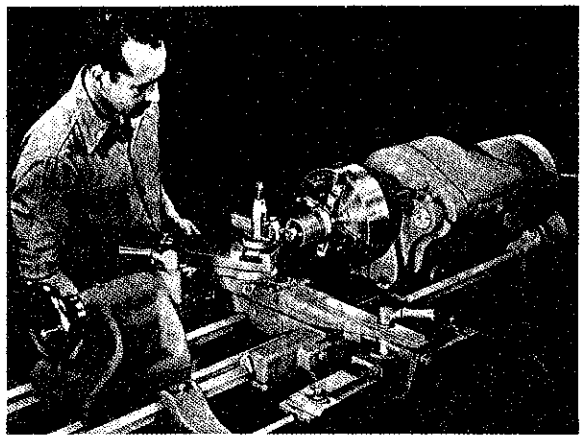


Fig. 6-125. Tallado de una rosca en el torno (South Bend Lathe Works).

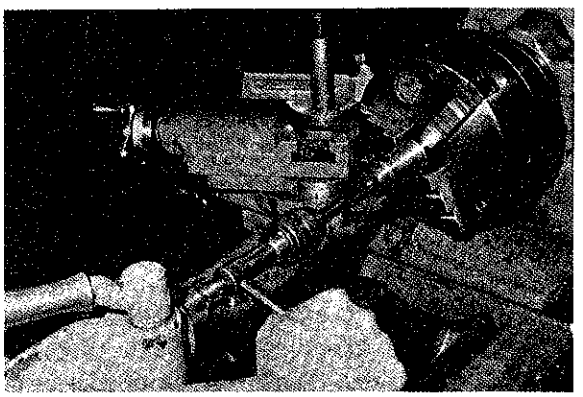


fig. 6-126. Disposición para roscar con macho utilizando una llave en T para machos apoyada en el punto del contracabezal.

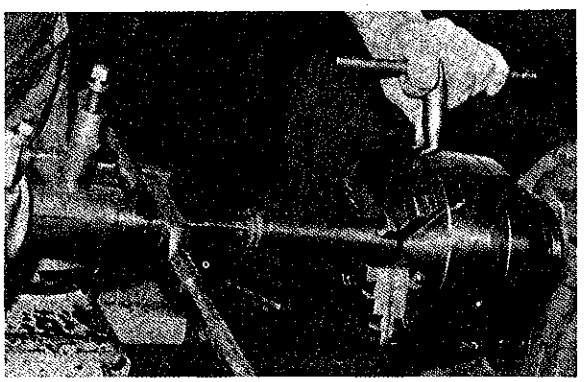


Fig. 6-127. Disposición para roscar con macho utilizando una llave ajustable para machos.

102. ¿Qué es la operación de roscado al torno?

El roscado exterior es el tallado de filetes en el exterior de una barra. El roscado interior es el tallado de filetes dentro de un agujero. Los tornos están diseñados para ejecutar este tipo de trabajo, contándose con dispositivos especiales para el mismo, tales como el mecanismo de cambio rápido de ruedas dentadas, el husillo de roscar, y el disco graduado o cuadrante de roscas. En la fig. 6-125 se muestra un ejemplo de roscado al torno.

103. Explicar cómo puede efectuarse el roscado con macho en el torno.

Primero se centra la broca y luego se taladra el agujero al diámetro adecuado para ser roscado. Los agujeros pequeños pueden ser roscados sujetando el macho en una llave en T para machos (fig. 6-126) cuyo extremo se apoya en el contrapunto. A medida que se hace girar la llave con la mano izquierda, debe hacerse avanzar el contracabezal actuando sobre su volante con la mano derecha. No siempre es necesario enclavar el contracabezal en posición; dejándolo algo flojo se evita tener que aplicar demasiada presión de avance al macho. Para sacar éste, se aflojan más el contracabezal y meramente se hace retroceder el macho. Los machos grandes se apoyan en el contrapunto y se hacen girar dentro del agujero utilizando una llave adecuada aplicada al cuadrado del macho (fig. 6-127). Hágase avanzar el contrapunto con el volante del contracabezal para mantener el apoyo del macho; éste debe hacerse retroceder, haciendo girar dicho volante al revés, cada vuelta o dos, a fin de romper la viruta. Usar siempre el lubricante de corte apropiado.

104. Explicar cómo se puede usar una terraja para roscar una pieza en el torno.

Ajustar el soporte de herramienta en el portaherramientas de modo que sea paralelo a la línea de centros del torno y sujetarlo en el extremo de la

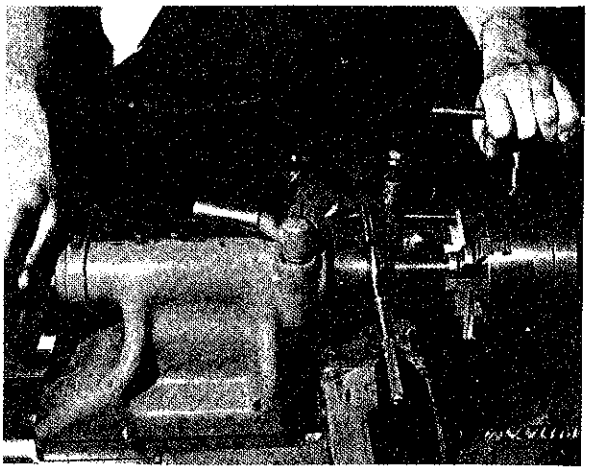


Fig. 6-128. Inicio de un roscado exterior con todo dispuesto para que el mismo resulte concéntrico.

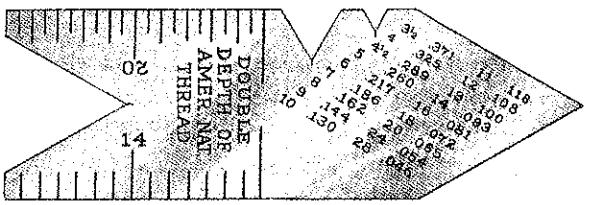


Fig. 6-129. Galga de puntos de torno y perfiles de rosca (L. S. Starrett Co.)

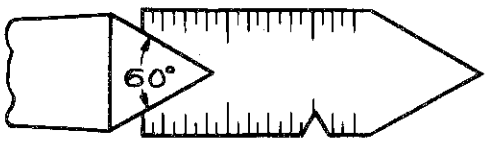


Fig. 6-130. Comprobación del punto de centrado de un torno con una galga (Sheldon Machine Co., Inc.)

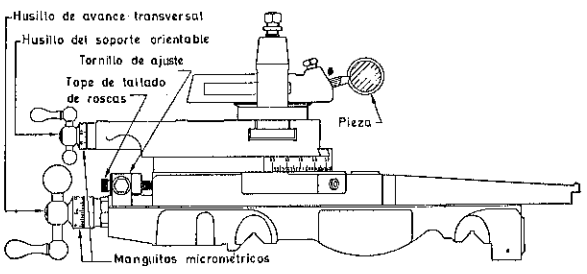


Fig. 6-131. Aplicación del tope de paro ajustable para evitar que la herramienta penetre demasiado en la pieza que se rosca (South Bend Lathe Works).

derecha de la ranura en T del soporte orientable. Hacer retroceder todo lo posible el carrillo transversal. Dejar que el mango del portaterraja descanse sobre el soporte de herramienta (fig. 6-128). Situar el contracabezal lo más cerca posible de la pieza y enclavarlo a la bancada. Dando poca velocidad al husillo, hacer que éste avance hacia la terraja empleando la mano derecha, mientras se regula el movimiento del husillo del torno con la mano izquierda. De esta manera la acción de la terraja se iniciará correctamente.

105. ¿Qué información es necesaria antes de tallar una rosca en el torno?

La mayoría de los planos especifican la siguiente información necesaria antes de que pueda emprenderse el tallado de una rosca en el torno: (A) El diámetro exterior. (B) El paso, o el número de filetes por pulgada. (C) El perfil de la rosca. (D) La clase de ajuste requerido.

Por ejemplo, un plano puede especificar una rosca 3/4-10 NC-3, lo que significa que el diámetro exterior es de 3/4" teniendo 10 filetes por pulgada en la serie americana "National Coarse", es decir, nacional basta, y que el ajuste debe ser el del número 3; o bien, al especificar Tr 48 x 8, debe entenderse que se trata de una rosca trapecial de 48 mm de diámetro y 8 mm de paso. Partiendo de esta información, el operario puede, si hace falta, calcular cualquier otro dato adicional, tal como la profundidad del filete, si la rosca es de uno o más filetes (una o más entradas), y la medición micrométrica si se emplea el sistema de los 3 alambres para comprobar la rosca.

106. ¿Qué es la galga de comprobación de puntos de torno y de perfiles de rosca?

Esta galga (fig. 6-129) es un pequeño utensilio de acero en forma de lámina plana y delgada que, por lo general, tiene cortadas tres muescas con ángulo de 60° diferentemente dimensionadas. Se emplea como galga de afilado de herramientas y para ajustar la cuchilla en el tallado de roscas American National, aguda en V y métrica. Contiene graduaciones para hallar o comprobar el paso o el número de filetes por pulgada, y una tabla de dobles profundidades de los filetes. También se usa para comprobar el ángulo de 60° cuando se rectifican de nuevo los puntos de centrado del torno (fig. 6-130).

107. ¿Para qué sirve el tope de paro ajustable?

El tope ajustable (fig. 6-131) proporciona un medio de evitar que la herramienta penetre más de lo necesario en la pieza cuando se reajusta para pasadas sucesivas.

108. ¿Cuál es el objeto del disco indicador de roscado?

En los tornos que no van equipados con disco indicador de roscado es necesario dejar la tuerca partida embragada con el tornillo de avance e invertir el husillo del torno o dicho tornillo para cada pasada sucesiva. El disco indicador de roscado (fig. 6-132) hace posible desembragar las medias tuercas al final de la pasada de roscado y hacer retroceder el carro a mano hasta el punto de comienzo, ahorrándose así mucho tiempo. Cuando la rueda helicoidal existente en el extremo inferior del disco es acoplada al tornillo de avance, cualquier movimiento de éste viene indicado por un movimiento del disco. Los trazos de graduación sirven para indicar cuando pueden embragarse las medias tuercas para que la herramienta empiece a cortar entrando en la misma ranura previamente tallada. La graduación o graduaciones que pueden usarse depende del paso o número de filetes y de la relación entre estos y los correspondientes en el tornillo de avance. Por lo general, cada torno tiene esta información grabada en una pequeña placa fijada al carro del torno.

109. Cuando se talla una rosca en el torno, ¿qué precaución debe tomarse para comprobar la puesta a punto del tornillo de avance?

Para asegurar la puesta a punto apropiada del tornillo de avance, debe efectuarse una pasada muy ligera (fig. 6-133). El paso, o el número de filetes por pulgada, puede entonces medirse colocando una regla sobre la pieza y contando el número de filetes en una longitud determinada (fig. 6-134); o puede usarse una reglilla sobre una galga de roscas siempre que el paso sea el mismo o un múltiplo de las graduaciones utilizadas. También puede emplearse un peine o galga de pasos de rosca para contar los filetes (fig. 6-135).

110. Describir el uso del soporte orientable.

En el tallado de roscas "American National", agudas en V y métricas, se da una inclinación de

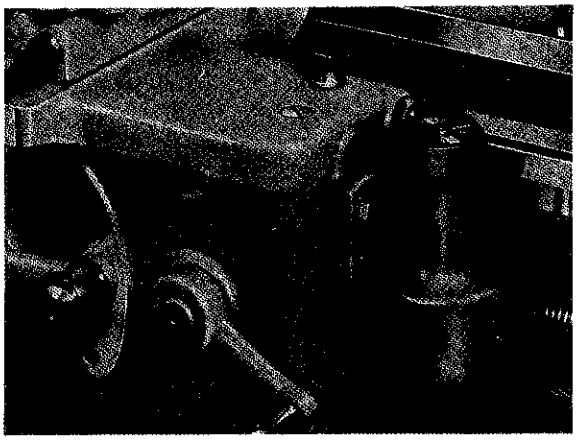


Fig. 6-132. Disco indicador de roscado (South Bend Lathe Works).

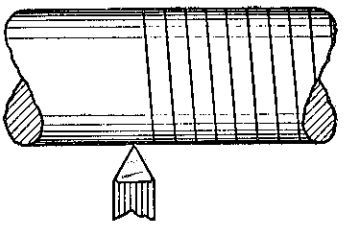


Fig. 6-133. A efectos de comprobación se da una primera pasada muy ligera (South Bend Lathe Works).

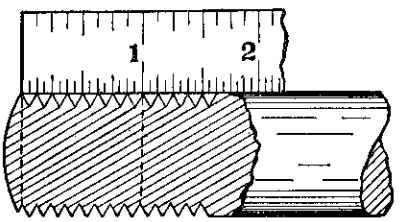


Fig. 6-134. El paso puede comprobarse con una regla de acero (South Bend Lathe Works).

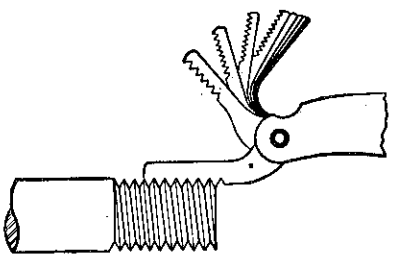


Fig. 6-135. Empleo de una galga de pasos de rosca para comprobar el número de filetes en una longitud especificada (South Bend Lathe Works).

30° al eje del soporte orientable, ángulo que es igual a la mitad del ángulo de flancos de estas roscas. Cuando la herramienta de corte actúa sobre la pieza formando un ángulo de 30° en vez de uno de 90°, trabaja como si se tratara de una herramienta de refrentar, ya que sólo corta por un lado; así, se obtiene un mejor acabado para la rosca porque las virutas no tienen tendencia a acumularse sobre la punta.

Precaución: Hay que tener sumo cuidado en evitar que el canto del soporte orientable choque con el plato del torno, cosa que sucede con demasiada frecuencia. Siempre hay que mantener la cola de milano de deslizamiento cubierta con el soporte orientable al objeto de preservarla de la suciedad y de proteger las superficies de deslizamiento contra los golpes o daños que puedan ocasionar las herramientas al caer sobre las mismas.

Cuando se refrenta el grueso de una pieza, tal como un distanciador, a una dimensión que debe mantenerse dentro de límites de tolerancia muy estrechos, el soporte orientable puede inclinarse hasta formar un ángulo de 30° con la superficie de la pieza, haciendo avanzar la herramienta hacia ella con el tornillo de avance de dicho soporte. La magnitud del avance conseguido con este tornillo viene indicada en un disco graduado en milésimas de pulgada, o en décimas o centésimas de mm. La figura 6-136 muestra el soporte orientable fijado con una inclinación de 30°. La herramienta avanza según la dirección de la hipotenusa del triángulo *ABC,* y sabido es que, en un triángulo rectángulo con ángulo de 30°, el lado opuesto a este ángulo es siempre igual a la mitad de la hipotenusa; en la figura 6-136, *BC* es igual a la mitad de *AB.* Por tanto, si el punto *B* se desplaza 0,05 mm a lo largo de la recta *AB,* el segmento *BC* se desplazará 0,025 mm hacia la superficie que se refrenta, pudiendo observarse que el espesor de la pieza se reduce en media centésima de mm por cada centésima de avance de la herramienta obtenido con el tornillo del soporte orientable.

111. Describir el procedimiento para tallar en el torno roscas exteriores a derecha de perfil métrico o "American National".

Después de fijar la pieza en el torno, el procedimiento a seguir para tallar roscas exteriores a derecha de perfil "American National" o métrico, es:

1. Se mecaniza la pieza a roscar al diámetro exterior de la rosca.
2. Se afila la punta de la cuchilla de modo que ajuste con precisión en la galga de puntos de centrado (fig. 6-137).
3. Se da al soporte orientable una inclinación de 30° a la derecha (ver figs. 6-125 y 6-136). Algunos operarios prefieren fijarlo a un ángulo de 29°.
4. Se coloca la cuchilla en el soporte y se ajusta su altura haciéndola coincidir con la punta del contrapunto (fig. 6-138).
5. Se sitúa la cuchilla perpendicularmente al eje de la pieza utilizando la galga de puntos de centrado y perfiles de rosca (fig. 6-139). En realidad, la galga no debe estar en contacto con la pieza, sino que debe mantenerse perpendicular a la cuchilla estando junto a ésta y dejando un pequeño espacio entre galga y pieza; así, el portaherramientas no se

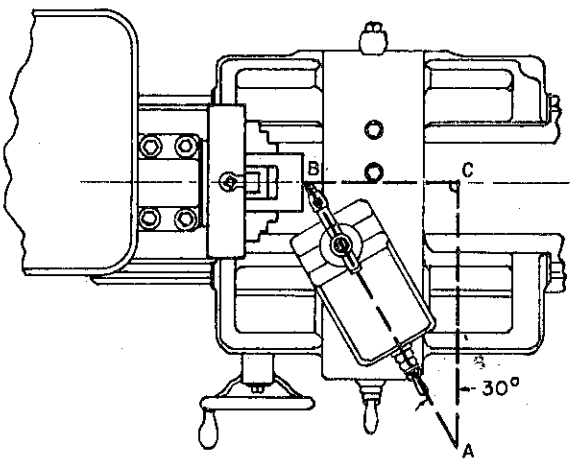


Fig. 6-136. Dando al soporte orientable una inclinación de 30°, el avance de la herramienta a lo largo de la recta *BC* es sólo igual a la mitad del desplazamiento del soporte según la recta *AB*.

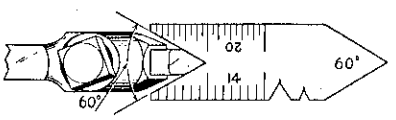


Fig. 6-137. La herramienta para tallar roscas debe afilarse de modo que ajuste con precisión en la galga de puntos de centrado (South Bend Lathe Works).

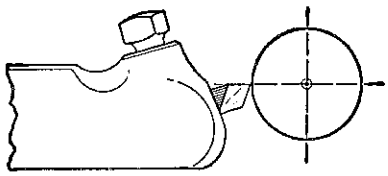


Fig. 6-138. Para obtener una rosca correcta, la punta de la cuchilla debe quedar situada a la misma altura que el eje de la pieza (South Bend Lathe Works).

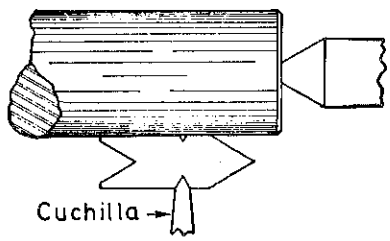


Fig. 6-139. Para situar la herramienta perpendicular al eje de la pieza, se utiliza una galga de puntos de centrado y perfiles de rosca (South Bend Lathe Works).

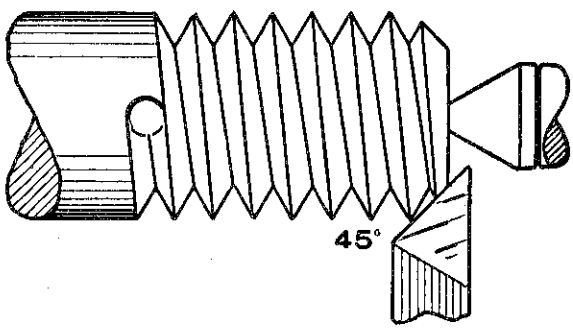


Fig. 6-140. Debe achaflanarse el extremo de la pieza roscada (South Bend Lathe Works).

fija hasta que la galga queda alineada paralelamente a la superficie de la pieza.

6. Se disponen los engranajes del torno conforme al paso de la rosca a tallar y según señala la placa indicadora de la caja de engranajes de cambio rápido.
7. Se acopla la rueda helicoidal del disco indicador de roscado con el tornillo de avance y se determina cual es el trazo que debe usarse.
8. Se pone en marcha el torno y se hace avanzar la herramienta hasta entrar en contacto con la pieza que gira. Se sitúan en el cero los discos graduados del carro transversal y del soporte orientable, cerciorándose de que todo juego de retroceso ha sido eliminado.
9. La mayoría de los tornos poseen un tope de paro ajustable para evitar que la herramienta penetre más de lo debido en la pieza al efectuar las pasadas sucesivas; ajústese dicho tope en el punto correcto (ver fig. 6-131).
10. Se separa un poco la herramienta de la pieza y luego, con el soporte orientable, se hace profundizar de 0,05 a 0,1 mm, ya que constituye una práctica mejor hacer avanzar la herramienta en las sucesivas pasadas mediante dicho soporte. La cuchilla corta sólo por un lado y produce un filete liso. El husillo de avance transversal se usa para hacer retroceder la herramienta y reajustarla respecto al tope de paro después de cada pasada.
11. Con el torno en marcha, se embragan las tuercas partidas de acuerdo con el trazo correcto del disco graduado para el roscado, y se efectúa la primera pasada.
12. Se hace retroceder la herramienta y se desembraga la tuerca partida del tornillo de avance. Se retorna el carro a la posición de inicio moviéndolo a mano.
13. Se comprueba si el paso que se obtiene es el correcto, tal como se indica en la pregunta 109.
14. Se efectúan las sucesivas pasadas haciendo avanzar la herramienta de 0,05 a 0,08 mm por pasada. Para que el filete resulte más liso, úsese aceite de corte sobre la cuchilla.
15. Cuando se ha tallado la rosca hasta casi su profundidad correcta, se utiliza un calibre de anillo para roscas, o una tuerca, para comprobar el ajuste, el cual depende del grado de precisión requerido. Las roscas de precisión pueden medirse aplicando el método de los tres alambres. Las piezas roscadas acabadas deben tener el extremo achaflanado (fig. 6-140).

112. Describir el procedimiento para tallar en el torno roscas interiores de perfil métrico o "American National".

Después de fijar la pieza en el torno, las operaciones a realizar son las siguientes:

1. Se mandrina el agujero a roscar de acuerdo con el diámetro menor del filete.

2. Se elige la barrena que debe usarse, la cual debe ser de un diámetro tan grande como lo permita el agujero, aunque dejando espacio para mover la cuchilla en el retroceso.
3. Se afila una cuchilla para la barrena, empleando una galga de puntos de centrado para comprobar su precisión.
4. Se sitúa la cuchilla de modo que su altura coincida con la del eje de la pieza (fig. 6-141). Para ello, puede usarse un gramil ajustado a la altura de la punta del contrapunto, el cual servirá para fijar la altura de la herramienta (fig. 6-142).
5. Se sitúa la cuchilla perpendicularmente a la pieza utilizando una galga de puntos de centrado y perfiles de rosca (fig. 6-143).
6. Engránese el torno de acuerdo con el paso de rosca requerido.
7. Se acopla la rueda helicoidal del disco indicador de roscado con el tornillo de avance.
8. Se marca a lápiz un trazo sobre las guías del torno en el punto donde debe pararse la herramienta, o el carro. Como que la cuchilla no puede verse, este trazo permite parar el carro y hacer retroceder la herramienta al mismo sitio para cada una de las sucesivas pasadas. Algunos operarios prefieren marcar un trazo en la barrena para indicar la profundidad.
9. Se pone en marcha el torno y la cuchilla en contacto con la pieza que gira. Se ajustan al cero los discos graduados del carro transversal y del soporte orientable, cerciorándose de que todo juego de retroceso ha sido eliminado.
10. Se sitúa el tope ajustable de modo que evite una penetración excesiva de la cuchilla; esta operación es opuesta a la realizada para el roscado exterior. Se procede al tallado de la rosca de la misma manera que se ha indicado para roscar exteriormente. Para comprobar la precisión de la rosca acabada se usa un calibre tapón de rosca, o un tornillo del mismo diámetro y paso.

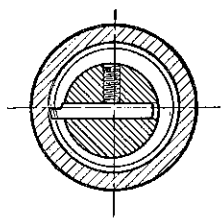


Fig. 6-141. Vista en sección que muestra la herramienta de corte situada a la altura del eje de la pieza que debe roscarse interiormente (South Bend Lathe Works).

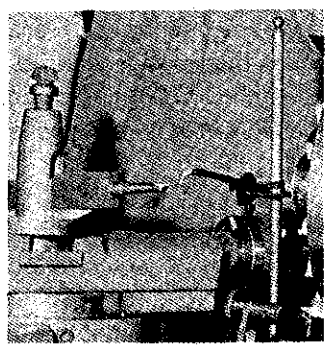


Fig. 6-142. Para situar la cuchilla a la altura del eje de la pieza que debe roscarse interiormente, puede utilizarse un gramil.

113. ¿Cómo puede calcularse la distancia que debe avanzar la herramienta para obtener la profundidad de filete adecuada cuando se usa el soporte orientable inclinado de 30°?

Cuando se tallan roscas de 60° métrica o "American National", la distancia que ha de recorrer el soporte orientable para obtener la profundidad correcta del filete, puede calcularse mediante las fórmulas

$$D = \frac{0{,}650}{N} \times \frac{1}{\cos 30^\circ} = \frac{0{,}750}{N};$$

$$D = \frac{0{,}650\,P}{\cos 30^\circ} = 0{,}750\,P$$

en las que D es la distancia citada, N el número de filetes por pulgada, y P, el paso en milímetros.

114. Cuando es necesario reafilar la herramienta durante la operación de roscado, ¿cómo debe reajustarse para seguir la estría original?

Después de reafilada, la cuchilla debe colocarse perpendicular a la pieza y a la altura del punto. Con la herramienta algo separada de la pieza, se pone en marcha el torno y se embraga la palanca de la tuerca partida a fin de que el carro se mueva. El torno debe pararse cuando la cuchilla alcanza la parte roscada, ya que entonces hay que volver a situarla dentro de la estría entre filetes ajustando el carro transversal y el soporte orientable

hasta que la punta de la herramienta encaja perfectamente en dicha estría. Los discos graduados deben ser reajustados a sus lecturas previas.

115. ¿Se tallan todas las roscas a la derecha?

No. Las roscas se tallan a la derecha siempre que no se especifica otra cosa. Si se requiere una rosca a la izquierda, ello se indica en la especificación. Por ejemplo, rosca métrica M 16 a izquierda.

116. ¿Cómo se tallan en el torno las roscas a la izquierda?

Cuando se talla una *rosca a derecha,* la herramienta se desplaza desde la derecha hacia la izquierda. Para tallar una *rosca a izquierda* se invierte el tornillo de avance a fin de que la herramienta se desplace de izquierda a derecha. El torno se dispone del mismo modo que para tallar las roscas a derecha. Algunos operarios prefieren inclinar el soporte orientable 30° a la izquierda cuando tallan roscas a izquierda.

117. ¿Cómo debe situarse la cuchilla para tallar una rosca cónica?

La herramienta debe fijarse perpendicular al eje de la pieza (fig. 6-144) y no a la periferia del cono.

118. ¿Qué son las roscas múltiples?

Cuando se tallan dos o más estrías o ranuras alrededor de la circunferencia de la pieza, se dice que las roscas resultantes son múltiples o de varias entradas. Si se tallan dos ranuras, la rosca se llama de filete doble o de dos entradas; si son tres ranuras, se llama de filete triple o de tres entradas, y si son cuatro las ranuras talladas, la rosca se llama de filete cuádruple o de cuatro entradas. Las roscas múltiples proporcionan un mayor avance en tanto que el paso, que es ficticio, permanece constante; una rosca de dos entradas tiene un avance o paso real igual al doble del paso ficticio, y una rosca de tres entradas tiene un avance o paso real igual al triple del paso ficticio, etc.

119. Describir tres métodos de tallado de una rosca doble o de dos entradas.

Los ejemplos siguientes ilustran sobre la forma de tallar una rosca doble de 6 mm de avance o paso real y 3 mm de paso ficticio.

Un método implica girar el soporte orientable hasta que su eje sea paralelo a la alineación del punto y el contrapunto. El torno debe disponerse como si hubiera que tallar una rosca de 6 mm de paso. Se hace incidir la herramienta en la pieza hasta la profundidad requerida utilizando el avance del carro transversal. Empleando el tornillo de avance del soporte orientable, que posee un aro graduado, se desplaza la cuchilla una longitud igual a la del paso ficticio y se procede al roscado como antes se ha explicado.

Otro método de ejecución de una rosca doble consiste en emplear un plato frontal con dos ranuras diametralmente opuestas donde insertar la cola del perro de arrastre acodado. Téngase cuidado de no mover el perro con relación a la pieza después de haber empezado el trabajo.

Todavía existe otro método para llevar a cabo el tallado de una rosca de dos entradas, el cual estriba en el marcado de dos dientes diametralmente opuestos de la rueda dentada montada en el extremo del husillo del torno. Después de tallada la primera ranura, se desmonta del husillo la rueda marcada y, a continuación de haber hecho girar

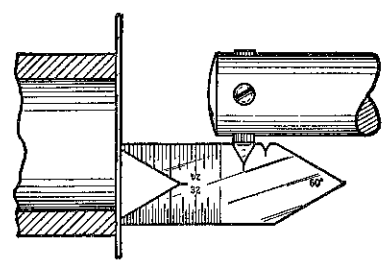


Fig. 6-143. Aplicación de la galga de puntos de centrado y perfiles de rosca para situar la cuchilla perpendicularmente a la pieza que debe roscarse interiormente (South Bend Lathe Works).

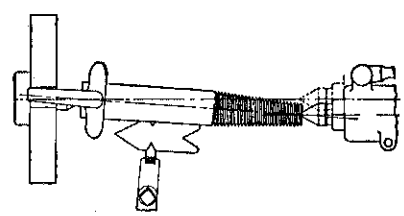


Fig. 6-144. Cuando se tallan roscas cónicas, la cuchilla debe colocarse perpendicular al eje de la pieza (South Bend Lathe Works).

media revolución a ambos, se vuelve a acoplar los engranajes. Entonces puede procederse al tallado de la segunda ranura.

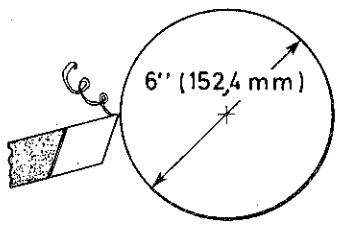
120. ¿Pueden todos los materiales mecanizarse a la misma velocidad?

No. La velocidad a que puede mecanizarse un material depende de su: 1) estructura, 2) dureza, 3) resistencia a la tracción, y 4) cualidad abrasiva.

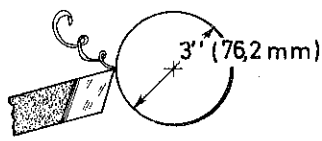
121. Las condiciones de la máquina, ¿afectan a la velocidad de mecanizado?

Sí. Las máquinas viejas o las que están en malas condiciones retardan la producción. Los cojinetes desgastados y las deslizaderas con holgura causan vibraciones que estropean el acabado de la pieza.

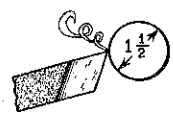
122. ¿Pueden la forma y condiciones de la herramienta de corte alargar el tiempo de mecanizado de un metal?



Velocidad de corte,
90'/min (27,43 m/min); 60 rpm



Velocidad de corte,
90'/min (27,43 m/min); 120 rpm



Velocidad de corte,
90'/min (27,43 m/min); 240 rpm

$$rpm = \frac{V(pies/min) \times 4}{D(pulg)} = \frac{v(m/min) \times 1.000}{\pi \times d(mm)}$$

Fig. 6-145. Para una velocidad de corte dada, el número de revoluciones por minuto variará de acuerdo con el diámetro de la pieza.

Sí. Una cuchilla afilada con ángulos de desprendimiento y de incidencia erróneos puede perjudicar el acabado y ocasionar la rotura y deterioro de la pieza.

123. ¿Cómo puede elegirse con suficiente aproximación la velocidad de la máquina antes de iniciar el mecanizado de un material?

Las investigaciones realizadas permiten establecer velocidades de corte adecuadas para mecanizar los diversos materiales. La velocidad de corte se mide en metros, o en pies, superficiales por minuto.

124. Definir la velocidad de corte.

Se entiende por velocidad de corte la velocidad expresada en metros, o en pies, por minuto, con que un punto de la circunferencia de la pieza pasa por la punta de la herramienta. Si fuese posible medir la longitud de la viruta desprendida en un minuto, esta longitud en metros, o en pies, sería la velocidad de corte. En la figura 6-145 se muestra la relación entre diámetro, revoluciones por minuto y velocidad de corte.

125. Indicar las velocidades de corte usuales para la mayoría de los materiales corrientemente empleados.

Las velocidades periféricas en metros y en pies por minuto recomendadas para el mecanizado en el torno de varios materiales cuando se utilizan cuchillas de acero rápido, se indican en la figura 6-146.

126. ¿Cómo calcula un operario las rpm de un torno?

Se divide la velocidad de corte por el perímetro de la circunferencia de la pieza, o sea, por el producto resultante de multiplicar 3,1416 por el diámetro, teniendo cuidado de que tanto la velocidad como el diámetro vengan dados en la misma unidad. No obstante, dado que la velocidad de corte se expresa en m por minuto y el diámetro se indica normalmente en mm, la fórmula para hallar las rpm cuando se opera con medidas métricas, es

$$rpm = \frac{1000\,v}{\pi\,d} \qquad (1)$$

Cuando la velocidad de corte se da en pies por minuto y el diámetro en pulgadas, suele aplicarse

una fórmula simplificada, que es

$$\text{rpm} = \frac{V \times 4}{D} \qquad (2)$$

En estas fórmulas, *v* es la velocidad en m/min; *d*, el diámetro de la pieza en mm; *V*, la velocidad en pies/min, y *D*, el diámetro de la pieza en pulgadas.

127. Si la pieza es de acero laminado en frío y de 3" (76,2 mm) de diámetro, ¿a qué velocidad (rpm) debe girar el torno?

Aplicando la fómula (1), resulta

$$\text{rpm} = \frac{1000 \times 37}{3{,}1416 \times 76{,}2} = \frac{37.000}{239{,}38} = 155;$$

y aplicando la fórmula (2), se obtiene

$$\text{rpm} = \frac{120 \times 4}{3} = 160,$$

lo que pone de manifiesto que la fórmula (2) sólo da valores aproximados.

128. ¿Qué factores pueden modificar las velocidades de corte recomendadas?

Las velocidades de corte recomendadas se basan en una máquina y unas condiciones de disposición del trabajo ideales, así como en herramientas correctamente afiladas. Tales velocidades pueden ser modificadas para adaptarlas a la profundidad de pasada y al avance por revolución.

129. ¿Por qué debe cambiarse la velocidad de corte recomendada cuando se efectúen pasadas de desbaste?

Cuando se desbasta una pieza, la pasada es más profunda y mayor el avance por revolución. Las rpm se reducen a fin de mantener la vida de la herramienta de corte.

130. ¿Cuál es el efecto de una volocidad excesiva sobre la vida de la herramienta de corte?

El rozamiento entre la pieza y la cuchilla crea calor; la viruta caliente, al pasar por encima de la herramienta, añade más calor. La dureza de ésta viene afectada por el incremento de temperatura; la agudeza del filo de la cuchilla resulta embotada y se reduce el rendimiento de corte.

131. ¿Qué es lo que puede efectuarse para eliminar el calor de la cuchilla?

La temperatura de la pieza, de la viruta y de la herramienta se reduce dirigiendo, tal como se aprecia en la figura 6-147, un chorro de líquido sobre ellas.

132. ¿Da cualquier líquido resultados satisfactorios como refrigerante?

Hay varios tipos de líquidos refrigerantes, llamados fluidos de corte. Los dos más comúnmente usados son 1) aceites solubles en agua y 2) aceites de corte aplicados sin diluir.

Material	Pies/min.	m/min.
Acero al cromo	65-115	20-35
Acero al manganeso	20-40	6-12
Acero al molibdeno	100-120	30-36
Acero al níquel	85-110	26-33
Acero al tungsteno	70-130	21-40
Acero al vanadio	85-120	26-36
Acero de herramientas	70-130	21-40
Acero de máquinas	115-225	35-68
Acero inoxidable	100-150	30-45
Acero moldeado	45-90	14-28
Aluminio	300-1000	90-305
Bronce fosforoso	75-150	25-45
Bronce, plomado	300-700	90-215
Caucho duro	200-300	60-90
Cobre, plomado	300-700	90-215
Duraluminio	275-400	80-120
Fibra	200-300	60-90
Fundición en coquilla	225-350	68-105
Hierro fundido	50-110	15-33
Hierro maleable	80-130	25-40
Latón, plomado	300-700	90-215
Latón, rojo y amarillo	150-300	45-90
Metal Monel	100-125	30-38
Plásticos moldeados en caliente	200-600	60-180

Fig. 6-146. Velocidades de corte recomendadas para varios materiales.

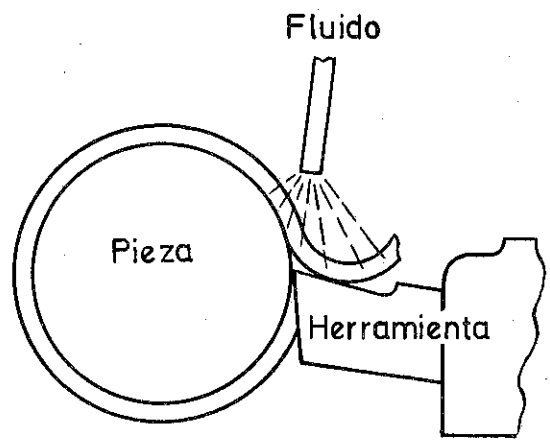


Fig. 6-147. Fluido de corte correctamente aplicado a la punta de la herramienta y en el sitio donde tiene lugar la acción cortante.

133. ¿Qué es un fluido de corte obtenido a base de aceite diluido en agua?

Los aceites solubles en agua son aceites minerales a los que se ha añadido un agente emulsionador. A esta mezcla se le añade también agua para formar un fluido blanco lechoso que en el taller suele dársele el nombre de *taladrina,* o bien, el de agua jabonosa, o el de agua lechosa.

134. ¿Cuál es la proporción de agua en el aceite soluble cuando se mezcla éste para formar un fluido de corte?

La relación entre agua y aceite soluble varía desde 4 (agua) y 1 (aceite) hasta 80 (agua) y 1 (aceite). La proporción varía según el tipo de aceite y la operación de mecanizado a que debe aplicarse el fluido.

135. El agua existente en un fluido de corte a base de aceite soluble, ¿producirá oxidación en la pieza o en la máquina?

Cuando el fluido de corte se mezcla debidamente y el agua y el aceite se hallan en la proporción adecuada, no hay evidencia de oxidación.

136. ¿Qué otras ventajas resultan de la aplicación del fluido de corte?

Los fluidos de corte eliminan el calor excesivo de la herramienta, de la viruta y de la pieza. El uso de un fluido de corte presenta, además, las siguientes ventajas: (A) Limpia de virutas la herramienta de corte. (B) Aumenta la utilidad efectiva de la misma. (C) Proporciona lubricación y reduce el rozamiento entre la viruta y la superficie superior de la cuchilla. (D) Evita el embotamiento del filo de ésta. (E) Mejora la calidad del acabado superficial.

137. ¿Cuáles son las operaciones de mecanizado que se benefician del uso de los fluidos diluidos en agua?

Estos fluidos se usan en (a) el torneado, (b) el fresado, (c) el rectificado de todas clases, (d) el limado a máquina, (e) el acepillado, (f) el aserrado a máquina, y (g) el taladrado.

138. ¿Cómo difieren los aceites de corte de los aceites solubles en agua?

Los aceites de corte son mezclas de aceites minerales con compuestos químicos. Se emplean sin diluir principalmente en la producción en masa y en las máquinas para fabricaciones en serie, tales como las máquinas automáticas para tornillería y los tornos revólver. Estos aceites se aplican cuando la lubricación entre viruta y herramienta es un factor importante para mantener la vida del filo de la cuchilla.

139. Un fluido de corte, ¿es satisfactorio para todos los metales?

Existen fluidos de corte muy diferentes, los cuales se preparan para satisfacer requerimientos especiales. Algunos son adecuados para metales ferrosos tales como los aceros al carbono y aleados, mientras que otros son más efectivos cuandos se usan sobre cobre, latón, bronce y la amplia gama de metales aleados que tienen como base el cobre, el latón y el bronce.

140. ¿Es posible aplicar más de una vez los fluidos de corte a base de aceite diluido en agua?

Sí. Estos fluidos pueden aplicarse a la cuchilla mediante una aceitera o una escobilla, pero, por lo general, son vertidos sobre la zona de corte por la acción de una pequeña bomba. El fluido circula por encima de la herramienta y de la pieza y, después de pasar a través de un tamiz, es recogido en un tanque de almacenamiento donde se enfría y queda preparado para volverlo a usar.

141. Los aceites solubles, ¿pueden usarse muy a menudo, o conservarse durante un periodo de tiempo demasiado largo?

No. Cuando se llevan a cabo fuertes pasadas y avances severos, las temperaturas que se originan son altas, lo que puede ser causa de que el agua se evapore variando la relación aceite-agua deseada. La evaporación normal del agua en un largo periodo de tiempo hace cambiar también dicha relación. En consecuencia, los fluidos de corte con aceite soluble deben inspeccionarse periódicamente para comprobar si se mantiene la proporción adecuada de agua en el fluido.

142. El aceite que contiene un fluido de corte, ¿se vuelve rancio después de haber sido repetidamente usado?

Es posible que alguna bacteria se desarrolle

en los fluidos de corte, lo que puede motivar malos olores.

143. Los fluidos de corte, ¿son perjudiciales para la piel humana?

Estos fluidos pueden ser un factor influyente en la infección de la piel. Algunos aceites solubles contienen desinfectantes que se les han añadido para matar las bacterias y eliminar los malos olores; cuando la cantidad de desinfectante añadido es excesiva, el aceite soluble puede irritar la piel.

144. ¿Pueden irritar la piel los fluidos de corte a base de aceite mineral?

Los aceites de corte insolubles que consisten en aceite mineral, aceite graso, azufre y cloro, son los principales causantes de la mayoría de irritaciones e inflamaciones de la piel que sufren los operarios de taller.

145. ¿Cómo puede evitarse la infección de la piel producida por los aceites de corte?

La limpieza personal es el arma de defensa más importante contra las enfermedades de la piel. El aceite no debe entrar nunca en contacto con granos o pústulas, espinillas, cortes y otras erupciones o heridas de la piel. Es necesario lavarse frecuentemente con agua fría o caliente del grifo utilizando un jabón suave y no irritante. Las máquinas y herramientas deben mantenerse limpias y libres de partículas y grasa. El aceite de corte debe cambiarse por lo menos una vez por semana. También deben cambiarse a menudo los monos y delantales; no debe permitirse que se conviertan en un almacén de aceite y grasa. La dermatitis puede ser una enfermedad penosa, seria y desfigurante.

146. ¿Qué es lo que debe hacerse cuando se produce una infección de la piel después de un contacto con aceites solubles?

Todas las irritaciones de la piel deben ser tratadas médicamente tan pronto son observadas. La asistencia del médico de la fábrica o de cabecera debe obtenerse de inmediato.

147. ¿Qué es una niebla refrigerante?

No siempre es necesario un buen chorro de fluido de corte para preservar la pieza y la herramienta del sobrecalentamiento. En trabajos donde sólo se quita una pequeña cantidad de material, la temperatura se mantiene baja pulverizando aire comprimido y fluido atomizado en forma de niebla o neblina sobre la pieza y la herramienta de corte.

Conservación del torno

El torno está diseñado para producir piezas mecanizadas con un alto grado de precisión. Los elementos de trabajo del torno se mecanizan, rectifican, alisan, pulen y rasquetean con tolerancias muy finas; por tanto, requieren atención y deben conservarse limpios y bien lubricados.

148. ¿Cómo debe engrasarse a menudo el torno?

La respuesta depende de lo largo que sea el periodo de tiempo en que el torno es utilizado. Cuando está en servicio, los cojinetes del cabezal deben engrasarse diariamente. También deben engrasarse cada día los siguientes elementos del torno: los cojinetes y engranajes, desde el husillo al tornillo de avance; los cojinetes del motor, el husillo del contracabezal, el tornillo de avance y los cojinetes de la barra de cilindrar (fig. 6-148), y el delantal y carro, con el carrillo transversal y el

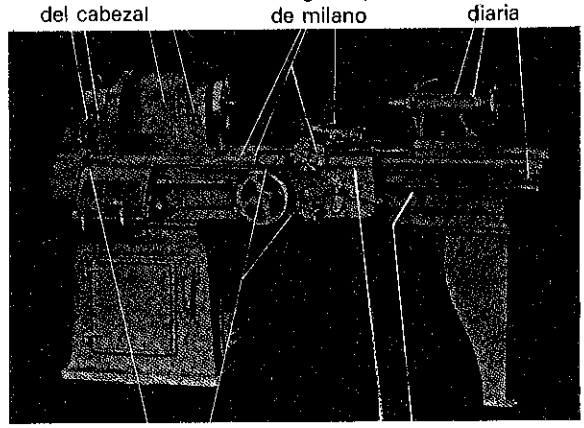


Fig. 6-148. Elementos del torno que requieren un engrase frecuente (South Bend Lathe Works).

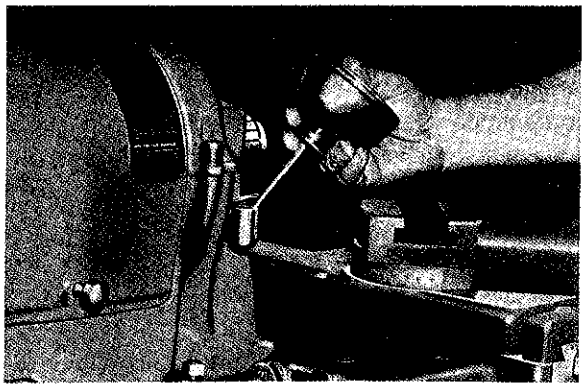


Fig. 6-149. Los cojinetes del cabezal deben estar continuamente engrasados, debiendo ser el punto de partida para el engrase diario (South Bend Lathe Works).

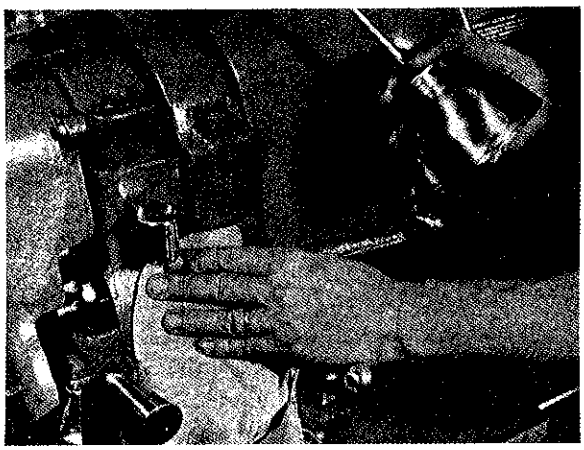


Fig. 6-150. Debe enjugarse todo el aceite que cae (South Bend Lathe Works).

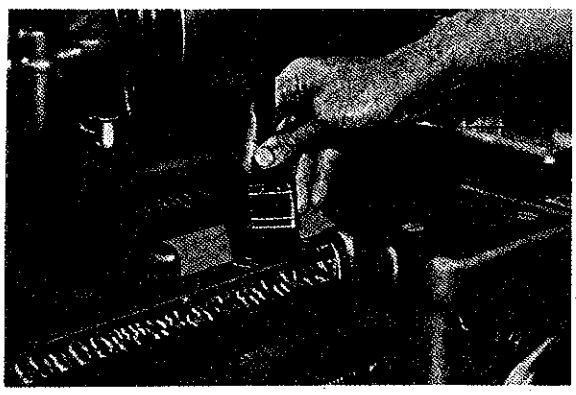


Fig. 6-151. Antes de engrasar las guías, deben quitarse las virutas y suciedad con un cepillo (South Bend Lathe Works).

soporte orientable. Muchos de los elementos están provistos de engrasadores con tapón de resorte.

149. ¿Cuál es el procedimiento correcto para engrasar un torno?

Para la máquina. Empezar en el extremo de cabezal (fig. 6-149) engrasando el tren de engranajes y los cojinetes desde el husillo hasta la caja de ruedas dentadas de avance. Proceder sistemáticamente a lo largo de todo el torno hasta el volante del contracabezal. Enjugar todo el aceite que se haya vertido (fig. 6-150).

150. ¿Cómo deben lubricarse a menudo las colas de milano y guías de la bancada?

Dependerá del tipo de metales que se están mecanizando. La bancada debe lubricarse por lo menos una vez cada día de ocho horas o cada turno de trabajo de ocho horas.

151. ¿Cuál es el procedimiento correcto para lubricar las guías de la bancada del torno?

Dejar el carro en posición y enjugar las guías limpiándolas tanto a la derecha como a la izquierda del mismo; engrasar las guías. Después muévese el carro, enjúguese y lubríquese el resto de las guías de la bancada.

152. ¿Se sigue el mismo procedimiento cuando hay que engrasar las colas de milano del carrillo transversal y del soporte orientable?

Siempre constituye una buena práctica enjugar y limpiar bien las superficies mecanizadas (tales como las guías del torno y las colas de milano del carrillo transversal y del soporte orientable) y lubricarlas antes de mover las superficies que están en contacto con ellas.

153. ¿Cómo se lubrican y mantienen libres de viruta las guías del torno cuando éste está funcionando?

Pasando la almohadilla de aceite por uno y otro lado del delantal se lubrican las guías y se limpian de virutas. Las almohadillas de aceite deben sacarse y limpiarse periódicamente en petróleo.

154. ¿Qué es lo que causa las marcas profundas que a menudo se ven en las guías de la bancada del torno?



Fig. 6-152. Utilizando el dedo, se extiende una delgada película de aceite sobre las guías (South Bend Lathe Works).

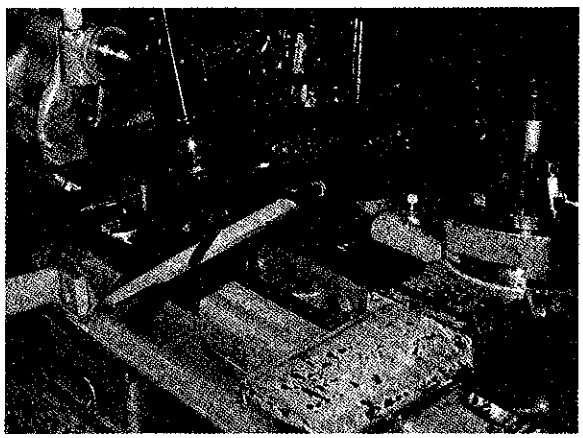


Fig. 6-153. Sólo un operario descuidado puede poner de este modo las herramientas sobre el torno.

Las guías del torno pueden ser rayadas por pequeñas virutas de acero que quedan introducidas en el carro o en la base del contracabezal. Deben quitarse todas las virutas y partículas (fig. 6-151) y lubricarse las guías de la bancada antes de que el carro o el contracabezal se desplacen sobre ellas (fig. 6-152).

155. ¿Cuál es la otra práctica nefasta que deteriora la condición superficial y precisión de las guías de bancada?

El hábito poco cuidadoso de colocar las herramientas encima de las guías de la bancada produce rebabas que afectan al movimiento suave y preciso del carro y del contracabezal (fig. 6-153). Tales rebabas deben eliminarse con una rasqueta o piedra de aceite. Siempre hay que poner las herramientas encima de una tabla y nunca deben dejarse sobre las guías del torno (fig. 6-154).

156. ¿Cuáles son los otros elementos importantes del torno que requieren una lubricación diaria?

Son importantes los cojinetes, roscas y chavetero del tornillo de avance y del husillo de cilindrar. Los filetes del husillo de roscar deben engrasarse periódicamente durante la operación de tallado de roscas.

157. ¿Existe un sistema de limpiar de virutas el tornillo de avance del torno sin perjudicar los filetes de la rosca?

El mejor sistema de limpiar los filetes del husillo de roscar es envolver con un cordón fuerte uno de estos filetes (fig. 6-155). Se empieza en un ex-

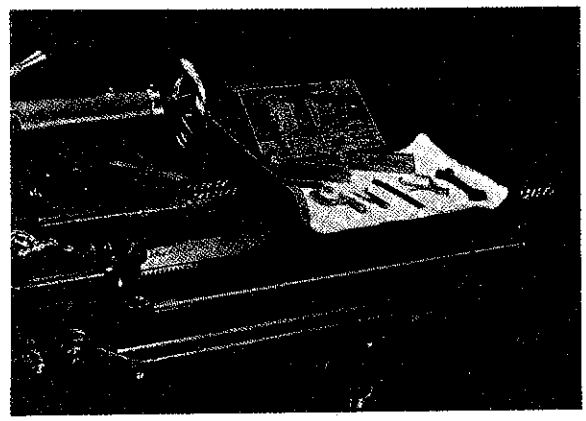


Fig. 6-154. Una tabla para las herramientas protege al torno y proporciona un lugar para disponer debidamente de las necesarias para el trabajo (South Bend Lathe Works).

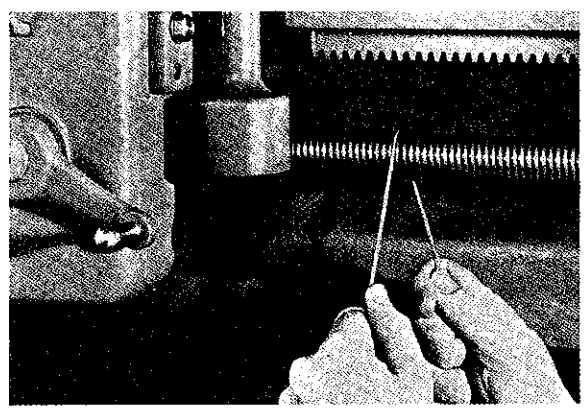


Fig. 6-155. El cordón tirante constituye un buen medio para limpiar los filetes del tornillo de avance (South Bend Lathe Works).

tremo y se tira del cordón hacia adelante y hacia atrás mientras el tornillo de avance gira.

158. ¿Debe el operario engrasar el motor del torno?

Esto dependerá del tipo de motor y de la práctica del taller. Por lo general, en la placa fijada en la carcasa del motor se dan instrucciones referentes a la lubricación. Obsérvese el tipo de cojinete; esto indicará como debe lubricarse el motor. Los cojinetes no deben inundarse de aceite, ya que esto perjudica las escobillas, devanados y el conmutador del motor (fig. 6-156).

159. ¿Por qué es importante cerrar las tapas y sustituir los obturadores de aceite después del engrase?

Los obturadores y las tapas evitan la entrada de virutas y suciedad en el agujero del aceite; unas y otra estropean los cojinetes.

160. ¿Qué cuidado especial debe tenerse con el extremo del husillo?

El extremo del husillo debe enjugarse y limpiarse, así como lubricarse, antes de montar en él un plato de mordazas o un plato frontal (fig. 6-157). Si el extremo del husillo es roscado, debe examinarse concienzudamente la rosca, por si tiene pequeñas virutas adheridas, antes y después de enjugarse y lubricarse. El mismo cuidado debe tenerse con la rosca del plato de mordazas o del plato frontal; cualquier viruta no descubierta puede ser motivo de que la pieza gire descentrada (fig. 6-158).

161. ¿Cómo debe limpiarse el cono interior del husillo?

Se envuelve una varilla con un trozo de tela (fig. 6-159) y se inserta en el agujero del husillo del cabezal; así, la limpieza de virutas quedará rea-

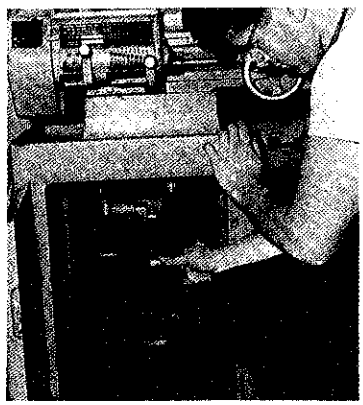


Fig. 6-156. Es importante el engrase del motor, y también, el del árbol de la transmisión.

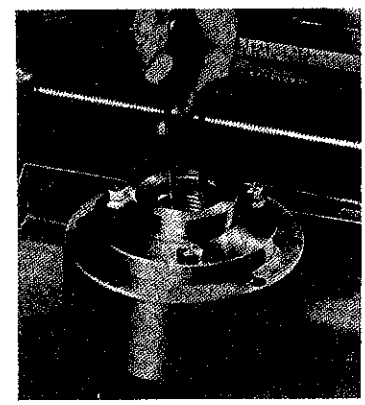


Fig. 6-158. Limpieza de la rosca del plato (South Bend Lathe Works).

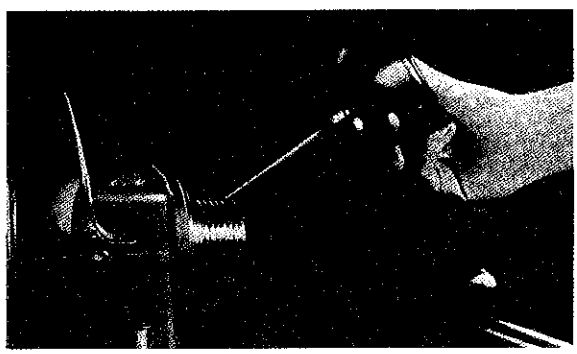


Fig. 6-157. Conviene aplicar unas pocas gotas de aceite a la rosca del husillo (South Bend Lathe Works).

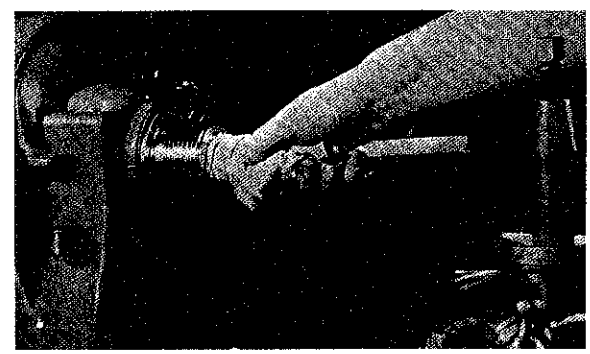


Fig. 6-159. Limpieza del agujero cónico del husillo (South Bend Lathe Works).

lizada, aunque pueden quedar las que se haya permitido adherirse a la superficie del cono.

162. ¿Cómo puede quedar una viruta adherida a la superficie del cono interior del husillo, y cómo puede esto evitarse?

Si una viruta permanece en el agujero cónico y se introduce en él con cierto apriete el mango cónico de una broca o de otra herramienta, dicha viruta se adhiere fuertemente a la superficie del citado agujero. En estas condiciones, cualquier herramienta montada en el agujero del husillo sufre un descentramiento que afecta a la precisión. Después de enjugar el agujero cónico del husillo, debe comprobarse con el dedo el estado de su superficie, pues hay que tener la seguridad de que no queda viruta alguna. *El torno debe estar parado mientras se procede a la limpieza del agujero del husillo.*

163. ¿Qué es lo que motiva la reducción de velocidad y, a veces, el agarrotamiento del husillo del torno cuando la cuchilla empieza a cortar metal?

Cuando al empezar la cuchilla a cortar el metal, desciende la velocidad del husillo, o éste se atasca, la causa probable es que la correa resbala sobre la polea. El resbalamiento de la correa puede ser debido a la presencia de aceite o grasa sobre la misma, o a que ésta se halle poco tensada. La grasa y el aceite pueden eliminarse de una correa de cuero con un disolvente como el tetracloruro de carbono. Para tensar las correas que se hayan aflojado pueden hacerse los ajustes necesarios.

7. TORNOS REVOLVER

El torno revólver es una adaptación del torno normal o cilíndrico. A medida que fue desarrollandose la fabricación de elementos intercambiables y se fue introduciendo la producción en masa, fue haciéndose cada vez más patente la necesidad de crear máquinas herramientas capaces de elaborar piezas en grandes cantidades. El primer torno revólver consistía en un sencillo torno de cilindrar metales, al cual se había añadido una torre en sustitución del contracabezal. Esta torre permitía sujetar un cierto número de herramientas de corte y colocarlas en posición a medida que se necesitaban. Una vez dispuestas convenientemente las herramientas en la torre, fue posible mecanizar piezas idénticas en grandes cantidades. En la industria mecánica, los tornos revólver juegan un papel muy importante en la fabricación de piezas en serie.

1. ¿Cuáles son los diversos tipos de tornos revólver?

Los varios tipos de tornos revólver pueden clasificarse en dos grupos principales: horizontales y verticales. En cada grupo hay diversos tipos y tamaños de torno revólver. Los tornos revólver horizontales comúnmente usados incluyen los de carro alargado, los de carro normal y las máquinas de mandril automático.

2. ¿Qué es el torno revólver del tipo de carro alargado?

Este tipo de torno revólver (fig. 7-1) tiene la torre revólver hexagonal montada sobre un carro alargado deslizante similar al de las limadoras; este carro alargado desliza sobre otro carro fijado a la bancada (o guías) de la máquina. El segundo carro, o carro de guía, que puede moverse hasta la posición requerida para la puesta a punto de la máquina, permanece después siempre enclavado en esta posición en tanto dura el trabajo preparado; dicha posición, pues, es distinta para cada trabajo particular. El giro de la torre para situar convenientemente las herramientas que van entrando en acción, se efectúa a mano por medio del torniquete y del mecanismo de cremallera y piñón. Una de las limitaciones de la máquina del tipo de carro alargado estriba en la longitud de la carrera de éste; esta longitud varía desde 4" (101,6 mm) hasta 15" (381 mm), según las dimensiones del torno. Los mayores tornos revólver de este tipo pueden manejar barras de hasta 2 1/2" (63,5 mm) de diámetro y acomodar mandriles de hasta 20" (508 mm) de diámetro.

3. ¿Qué es el torno revólver del tipo de carro normal?

Este tipo de torno revólver (fig. 7-2) tiene la torre revólver montada sobre un carro normal que se desplaza sobre las guías del torno. Este carro va equipado con un delantal y una caja de engranajes que transmite la fuerza para los avances. Para el avance a mano se emplea un volante de gran diámetro. El torno del tipo de carro normal proporciona un montaje más rígido para la torre revólver, siendo capaz de efectuar largas pasadas de torneado y de mandrinado.

Las máquinas del tipo de carro normal se clasifican en: (A) torno revólver de punto de centrado fijo; (B) torno revólver de torre hexagonal con deslizamiento transversal, y (C) torno revólver de

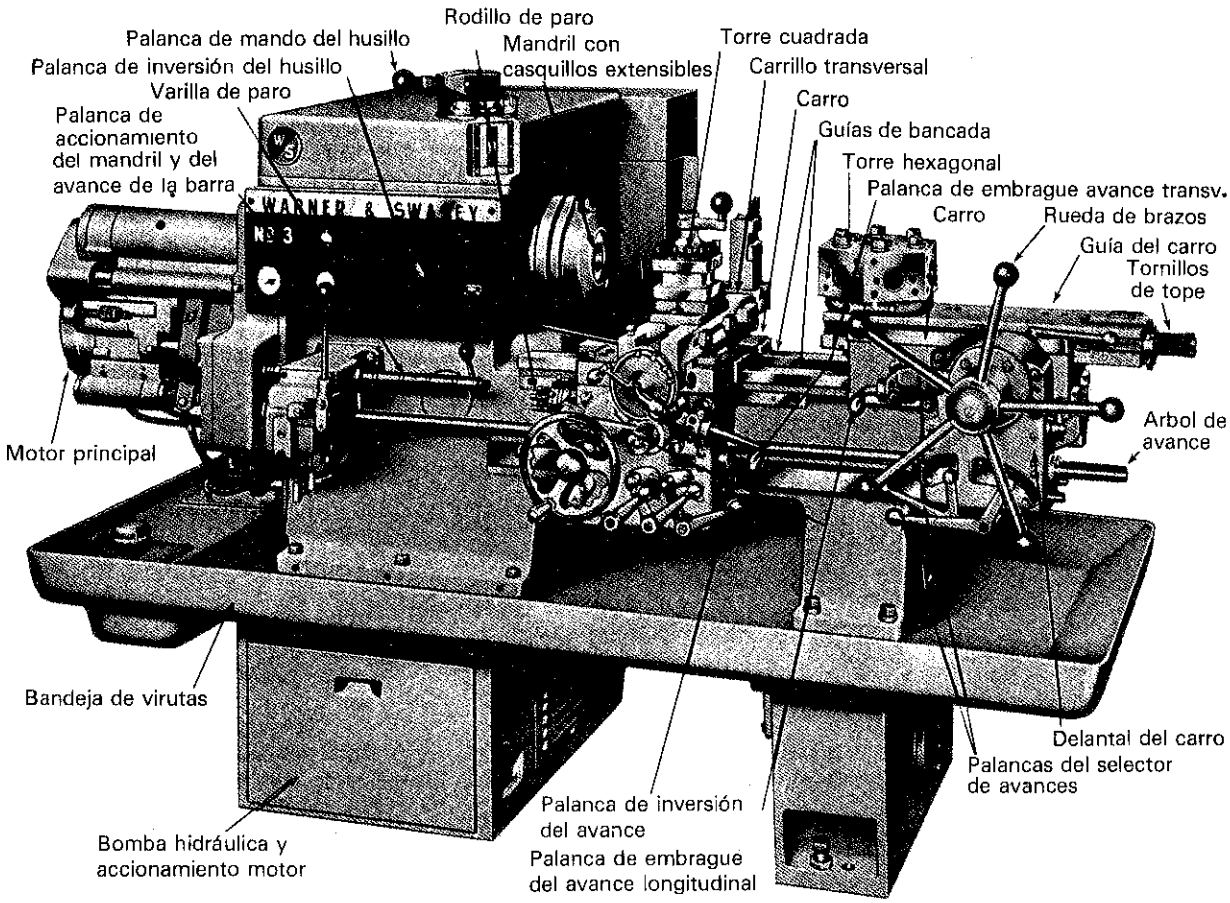


Fig. 7-1. Torno revólver del tipo de carro alargado (Warner & Swasey Co.)

soporte transversal orientable. El torno de punto de centrado fijo es aquel en que la torre permanece con una alineación fija respecto al eje del husillo del cabezal. El torno revólver de torre hexagonal con deslizamiento transversal tiene avance a mano y mecánico transversal y longitudinalmente; se usa principalmente para trabajos en los que son necesarias en gran número las pasadas de refrentado, siendo, en cambio, de menor importancia las pasadas de torneado y de mandrinado; con esta máquina se puede también mecanizar conos interiores y contornos, así como llevar a cabo operaciones de roscado. El torno revólver de soporte transversal orientable se emplea para tornear ángulos y para conos cuyos ángulos son mayores que los que pueden tornearse con el aparato de tornear cónico.

4. ¿Qué es una máquina de mandril automático?

La máquina de mandril automático (fig. 7-3), conocida también con las denominaciones de máquina automática de un solo husillo y de torno revólver automático, es un perfeccionamiento bastante reciente del torno revólver. Con ella puede realizarse una gran variedad de trabajos que, básicamente, son los mismos que pueden efectuarse con los tornos revólver normales equipados para trabajar con mandril o plato. Las piezas deben cargarse y descargarse a mano, pero el mecanizado es enteramente automático. Las máquinas de este tipo se emplean para la producción de piezas en cantidades relativamente importantes; resulta económico utilizarla cuando la cantidad de piezas es demasiado grande para mecanizarlas en una máquina maniobrada a mano, y demasiado pequeña para elaborarlas en las máquinas automáticas de husillo múltiple.

El torno revólver automático se usa principalmente para mecanizar piezas fundidas y forjadas, y trozos cortos de barra previamente cortados en longitudes iguales. También pueden utilizarse para trabajos en segunda operación, por ejemplo,

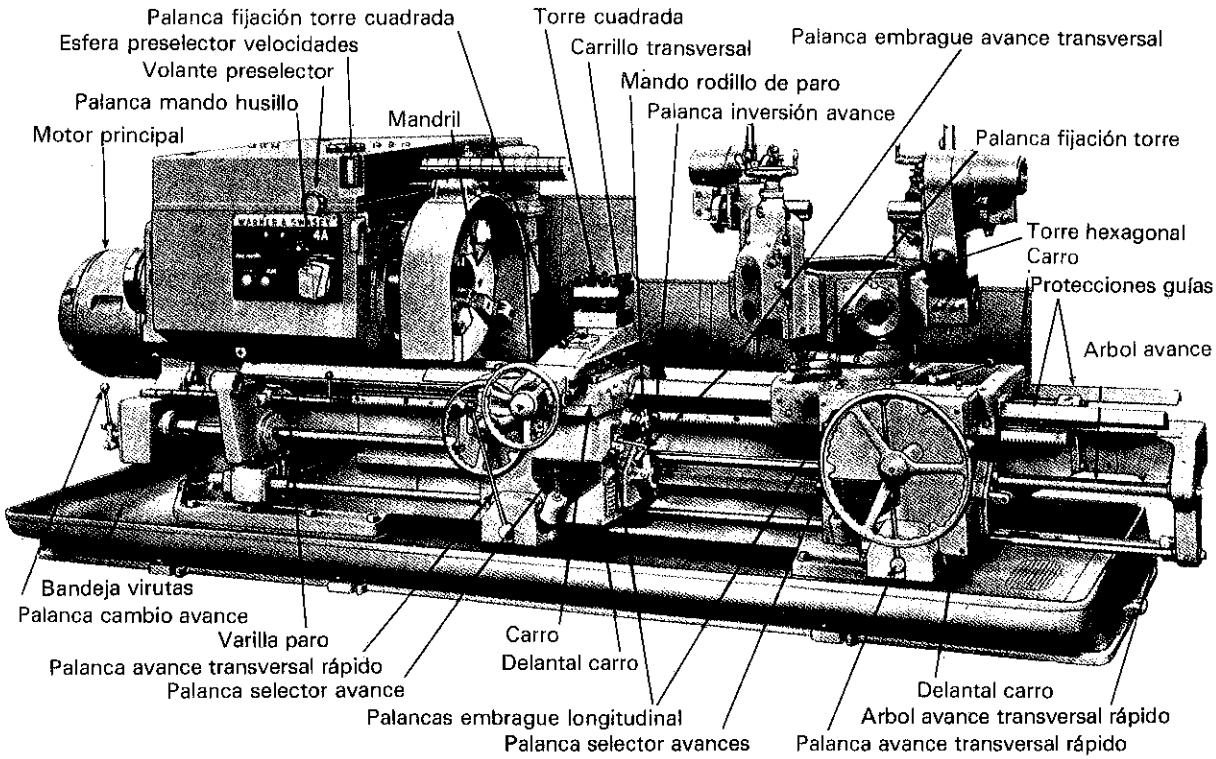


Fig. 7-2. Torno revólver del tipo de carro normal (Warner & Swasey Co.)

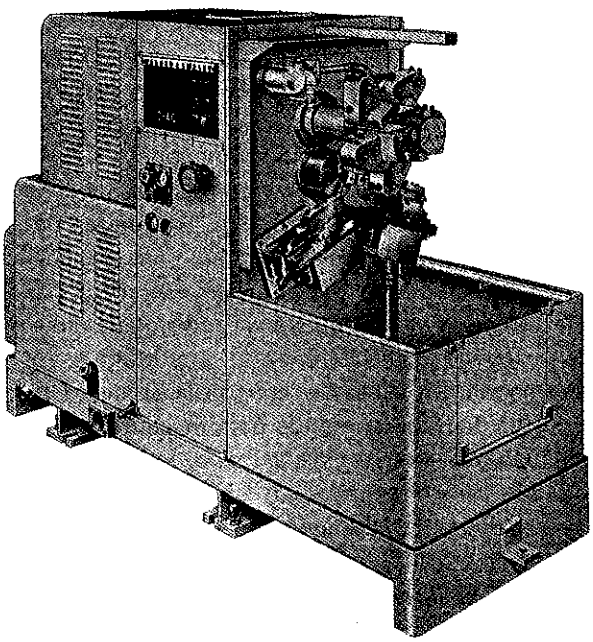


Fig. 7-3. Máquina de mandril automático y de un solo husillo (Warner & Swasey Co.)

para piezas que ya han sido parcialmente mecanizadas en otras máquinas.

Esta máquina va equipada con una unidad de mando que automáticamente elige las velocidades, los avances, las longitudes de las pasadas y otros movimientos tales como espaciado, paro del ciclo, posicionado e inversión. Las figueras 7-4 a 7-7 representan varias de las unidades que constituyen el mecanismo de mando de la máquina.

Para agarrar y sujetar las piezas se usa, por lo general, un mandril de accionamiento neumático, aunque pueden emplearse mandriles accionados mecánica o manualmente. Para aplicaciones especiales, pueden adaptarse mandriles de árbol, de casquillo extensible y de mordazas.

Para la sujeción de las herramientas de corte pueden utilizarse soportes especialmente diseñados para la máquina, o bien, adaptarse los portaherramientas normales usados en otras máquinas. Los soportes de herramienta múltiples para la torre revólver son más o menos del tipo universal y son capaces de sujetar cuatro o más herramientas para las diversas pasadas. Además de las herra-

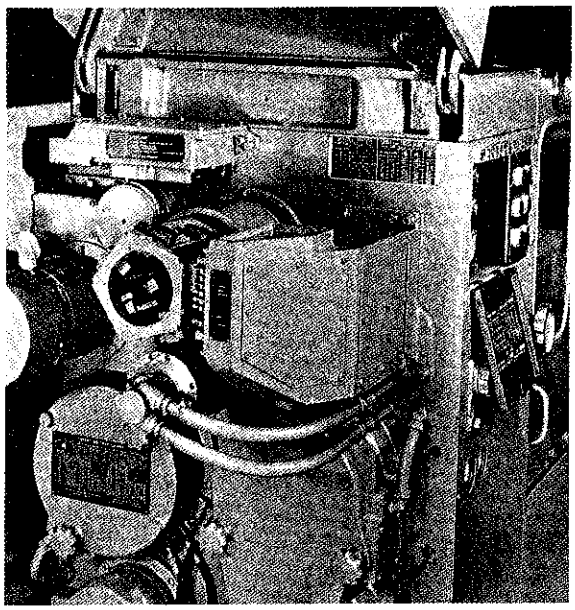


Fig. 7-4. Terminal de mando de una máquina de mandril automático y de un solo husillo (Warner & Swasey Co.)

mientas para la torre, existen los bloques del carro transversal que sujetan las herramientas de corte necesarias para las operaciones de refrentado y mecanizado de perfiles.

5. ¿Qué es un torno revólver vertical?

Es una máquina (fig. 7-8) con un cabezal de torre vertical y una mesa horizontal para las piezas. La mayoría de las operaciones que se realizan en un torno revólver corriente pueden efectuarse en este tipo de máquina. Se prefiere para piezas grandes y pesadas.

6. ¿Cuáles son las partes principales de un torno revólver horizontal?

El torno revólver horizontal comprende cuatro conjuntos primordiales: (A) la bancada, (B) el cabezal, (C) el carro, y (D) la torre revólver. Cada uno de estos contiene un cierto número de piezas importantes, tales como las indicadas en las figuras 7-1 y 7-2. Uno de los primeros requerimientos para hacerse cargo del funcionamiento de esta máquina es que el operario sepa los nombres y funciones de sus partes principales.

7. Describir la bancada.

La bancada es una pieza fundida larga, en forma de caja, provista de guías rectangulares sobre las cuales van montados el carro y la torre revólver. También sostiene el cabezal.

8. ¿Qué es el cabezal?

Es una pieza fundida de grandes dimensiones situada en el extremo de la izquierda de la bancada. Aloja el mecanismos de transmisión (ver fig. 7-1) que acciona el husillo a varias velocidades, las cuales son reguladas por un preselector montado en el mismo cabezal.

9. ¿Qué es el carro?

El carro (fig. 7-1) es un elemento que va fijado encima de las guías de la bancada y que lleva montado sobre él el portaherramientas. La parte delantera del carro incluye el delantal que contiene el mecanismo de avance. El carro puede desplazarse mecánicamente en uno y otro sentido con velocidades que oscilan entre 0,005" y 0,176" (0,125 y 4,5 mm) por revolución del husillo cuando el desplazamiento es longitudinal, y entre 0,002" y 0,088" (0,05 y 2,25 mm) por revolución del husillo cuando el desplazamiento es transver-

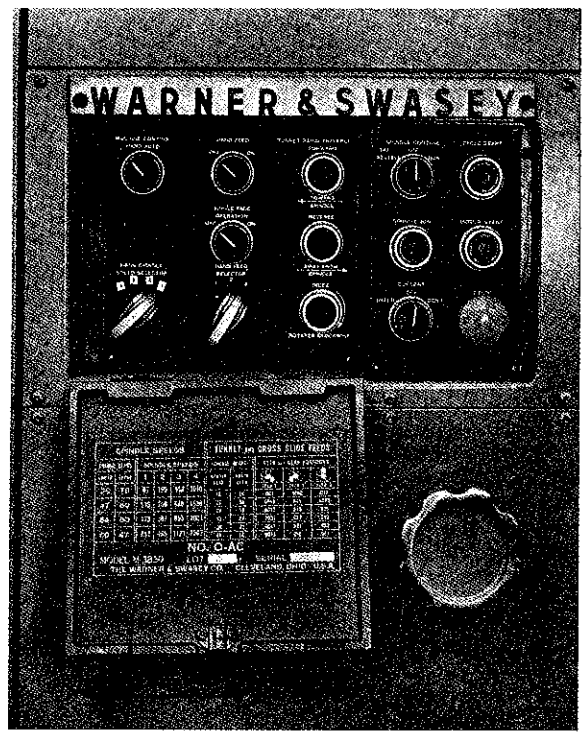


Fig. 7-5. Cuadro de mandos de un torno revólver automático (Warner & Swasey Co.)

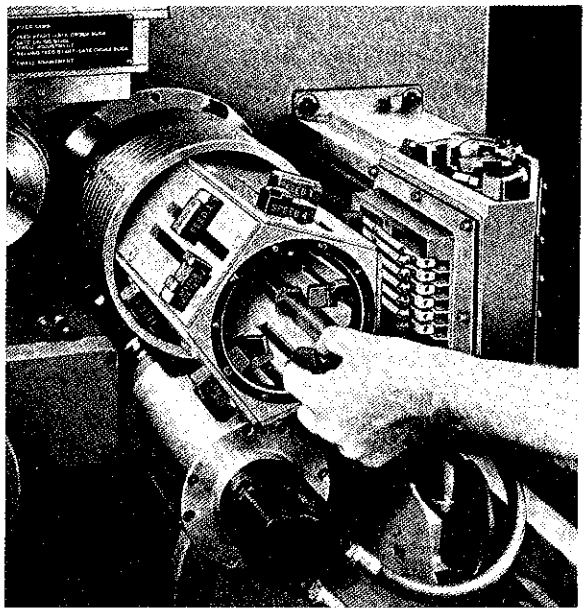


Fig. 7-6. Puesta a punto de las pinzas de velocidad y avance en el tambor de mando de un torno revólver automático (Warner & Swasey Co.)

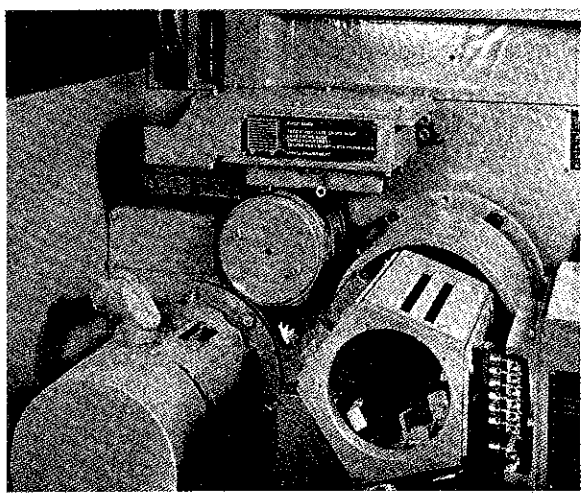


Fig. 7-7. Conjunto del tambor de levas y tambor de mando principal de una máquina de mandril automático y de un solo husillo (Warner & Swasey Co.)

sal. La mayoría de los modelos poseen dispositivos de paro para ambos desplazamientos, los cuales actúan desembragando el mecanismo de avance de acuerdo con las especificaciones del trabajo.

10. ¿Qué es la torre revólver?

La torre revólver (fig. 7-9) es un soporte de herramientas de forma hexagonal que va montado sobre un carro de torre, el cual desliza encima de las guías de la bancada. De un modo similar al del

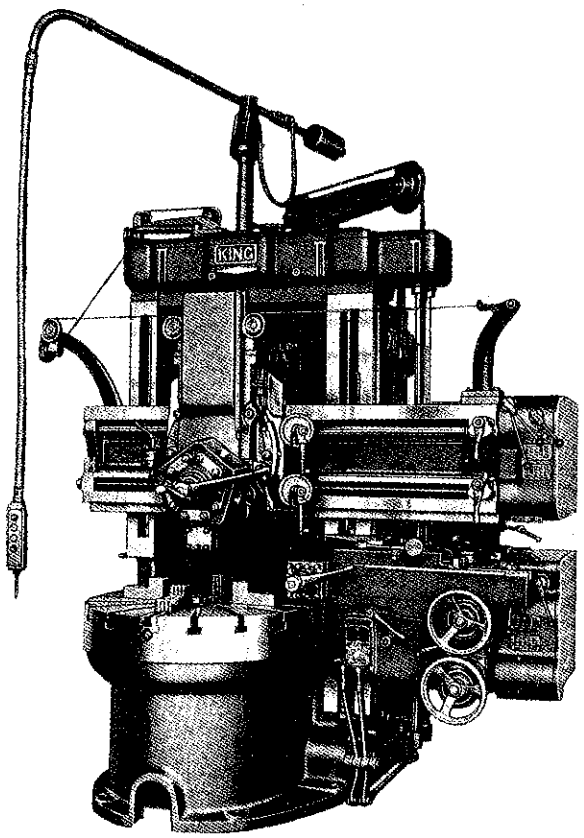


Fig. 7-8. Torno revólver vertical (American Steel Foundries).

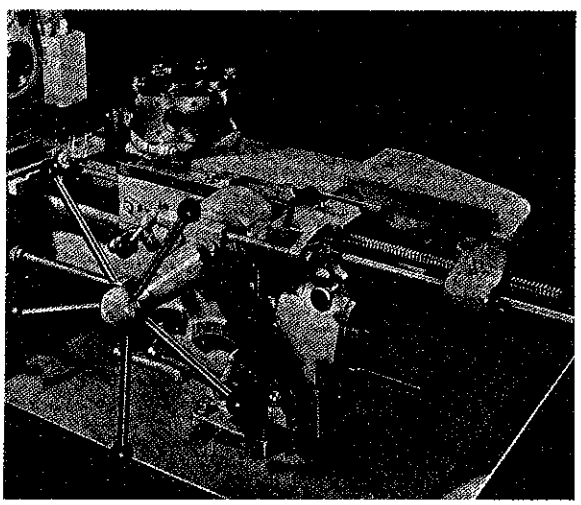


Fig. 7-9. Conjunto de torre revólver con aparato de avance para roscar, a la derecha (Warner & Swasey Co.)

otro carro, tiene movimientos de avance longitudinal y transversal. La figura 7-10 muestra una torre revólver con varias herramientas normales para trabajar con mandril; éstas son especialmente diseñadas para ir fijadas a los seis lados de la torre y son de diferentes clases: brocas, escariadores, barrenas de mandrinar, cuchillas, etc. La denominación *herramientas para mandril* se refiere al tipo de herramientas utilizado para mecanizar piezas que se sujetan en un mandril o plato de torno.

La figura 7-11 representa una torre revólver con un juego normal de herramientas para barra; según puede verse, van también fijadas en soportes que han sido construidos a propósito para ajustarse a la torre. Las herramientas de esta clase se emplean para mecanizar redondos de acero u otro material.

La torre revólver gira sobre un pivote de acero templado, rectificado y pulido, y puede enclavarse en cualquiera de las seis posiciones. Las herramientas usadas en la torre son: brocas, escariadores, brocas para centros, brocas de dos diámetros, machos de roscar, terrajas, barrenas para mandrinar y muchas cuchillas y herramientas de dar forma.

Las herramientas fijadas a la torre pueden usarse para efectuar ciertas operaciones en una pieza, mientras, al mismo tiempo, otras herramientas montadas en el portaherramientas cuadrado dispuesto sobre el carro principal efectúan otras operaciones. En la figura 7-12 se muestra una selección del equipo de herramientas universal para trabajo sobre barra, con identificación de cada una; y en la figura 7-13 se representa una selección de las herramientas de carácter universal para trabajos a ejecutar sobre piezas sujetadas al mandril o plato del torno, también con las identificaciones correspondientes.

Es posible preparar un conjunto permanente del equipo universal de herramientas, de forma que los soportes grandes y pesados del tipo de platina están permanentemente montados según su órden lógico sobre la máquina. Si es necesario para ciertos trabajos, el órden de entrada de las herramientas puede invertirse o alternarse conforme a los requerimientos del trabajo, pero los soportes de platina no se cambian de una cara del revólver a otra. Ordinariamente, el tiempo de maniobra extraordinario requerido para sacar estas herramientas de la máquina o para cambiar su posición en la torre revólver es mayor que el necesario

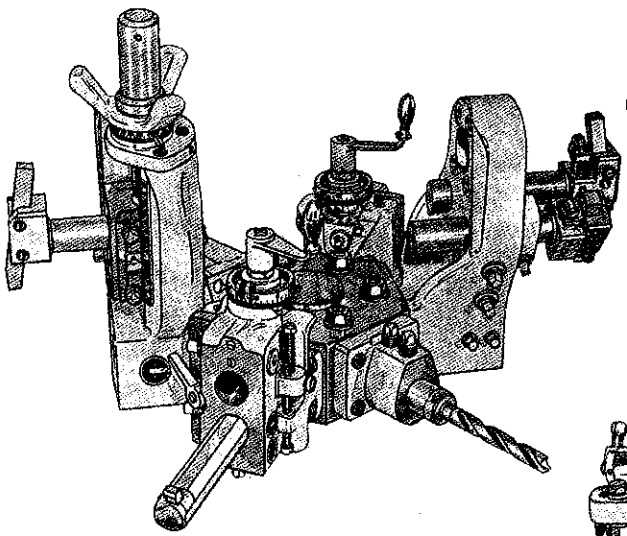


Fig. 7-10. Torre revólver con varias herramientas para mecanizar piezas sujetadas en el plato del torno (Warner & Swasey Co.)

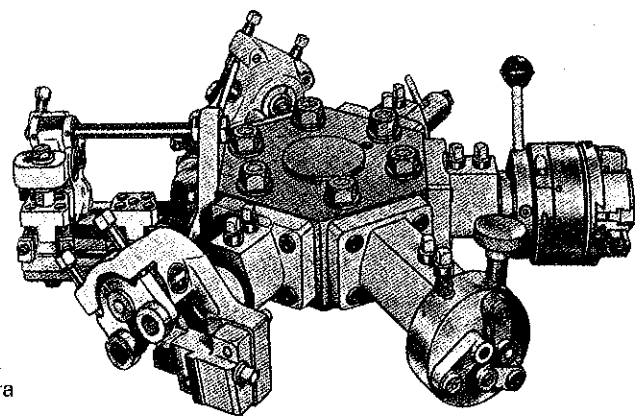


Fig. 7-11. Torre revólver con varias herramientas para mecanizar barra (Warner & Swasey Co.)

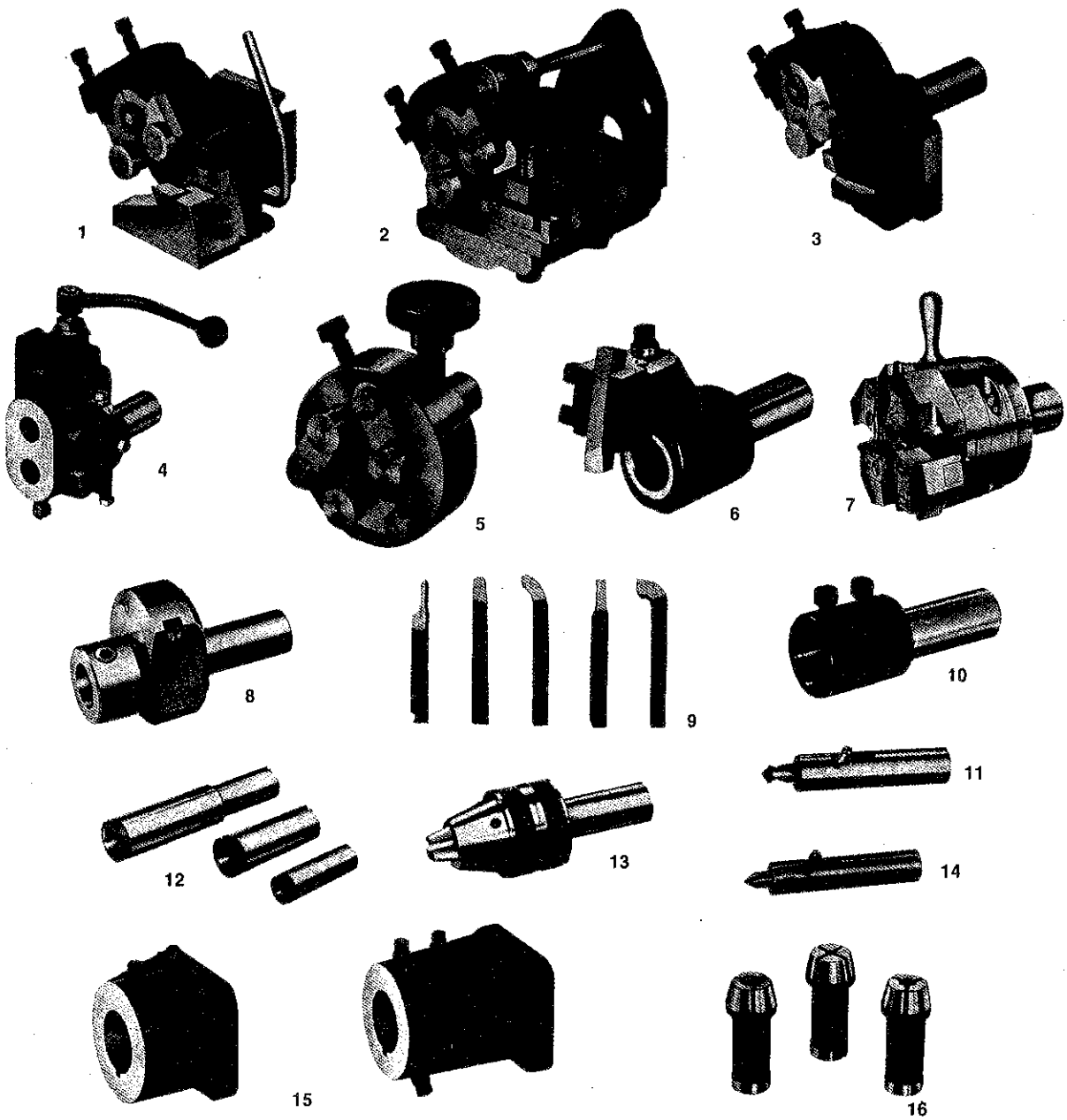


Fig. 7-12. Equipo de herramientas universal para trabajos sobre barra (Warner & Swasey Co. y Landis Machine Co.)

1. Portacuchillas simple
2. Portacuchillas múltiple
3. Combinación para refrentar y cilindrar
4. Herramienta deslizante de acción rápida
5. Herramienta para taladrar centros
6. Herramienta acodada ajustable
7. Cabezal para terraja
8. Portaterraja con embrague
9. Cuchillas forjadas para portaherramientas cuadrado
10. Alargadera para portaherramienta
11. Broca de iniciación con tope de paro de la barra
12. Manguitos cónicos para brocas
13. Portabrocas
14. Punto de centrado con tope de paro de la barra
15. Portaherramientas de platina (corto y largo)
16. Casquillos extensibles

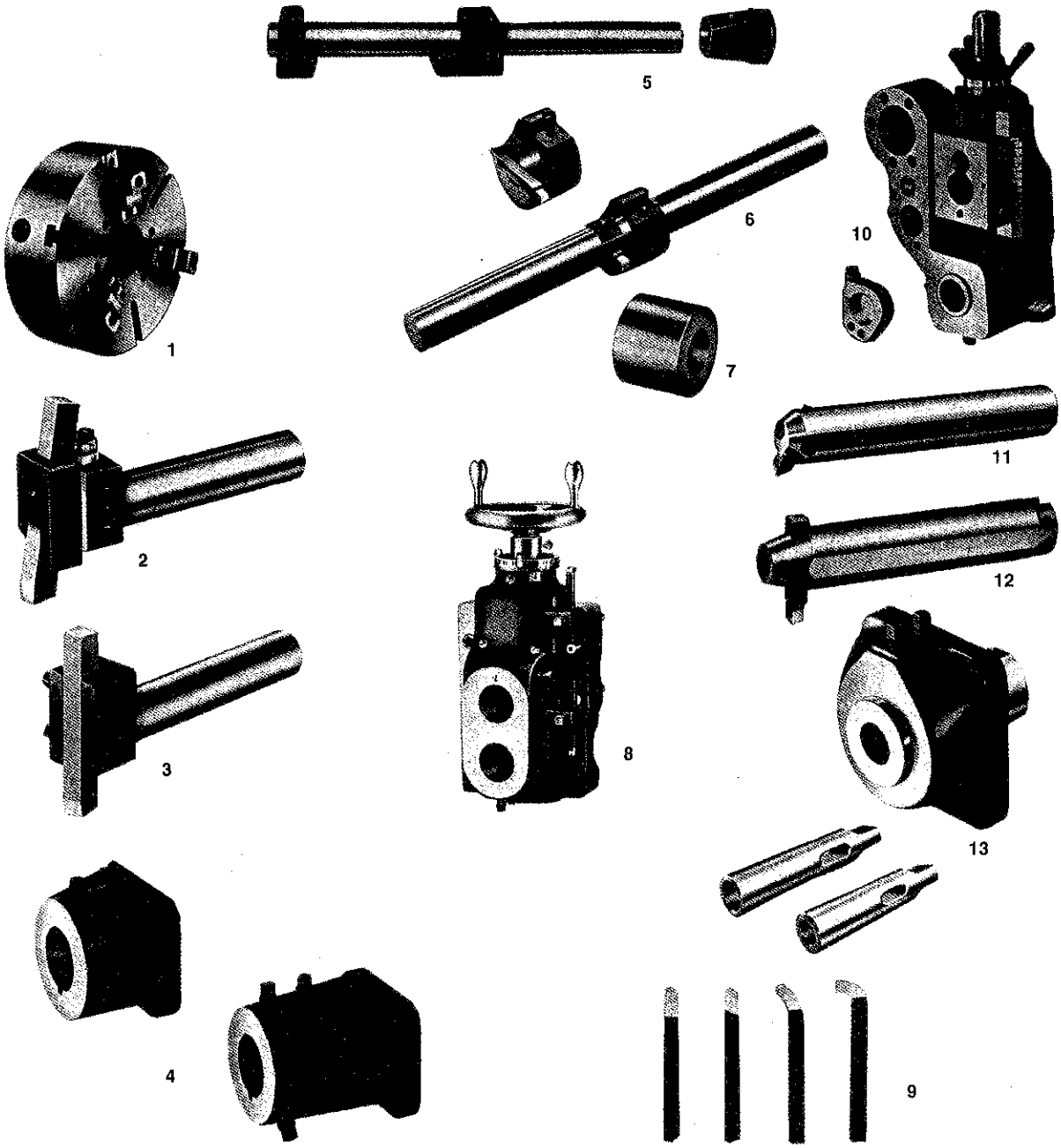


Fig. 7-13. Equipo de herramientas universal para trabajos sobre piezas sujetadas en el plato del torno (Warner & Swasey Co.)

1. Plato de tres mordazas
2. Soporte de herramienta con cuchilla oblicua, reversible y ajustable
3. Soporte de herramienta reversible para cuchilla recta y oblicua
4. Portaherramientas de platina (corto y largo)
5. Barra fija de guía y manguitos piloto
6. Barrena guiada
7. Casquillo piloto del husillo
8. Herramienta deslizante
9. Cuchillas forjadas para portaherramientas cuadrado
10. Cabezal de tornear simple y ajustable
11. Barrena de mandrinar con cuchilla oblicua
12. Barrena de mandrinar con cuchilla recta (doble extremo)
13. Soporte de mango cilíndrico y agujero cónico con manguitos portaherramientas cónicos

EQUIPO UNIVERSAL PARA TRABAJOS SOBRE BARRA

Montaje permanente

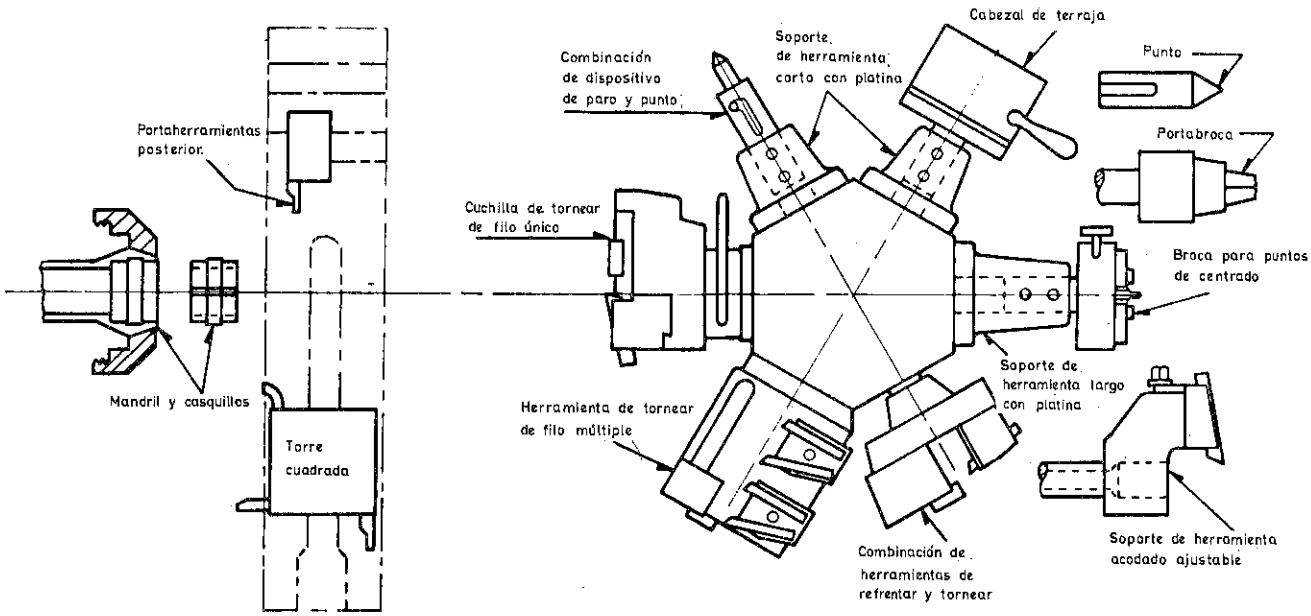


Fig. 7-14. Montaje permanente del equipo universal para trabajos sobre barra (Warner & Swasey Co.)

EQUIPO UNIVERSAL PARA TRABAJO SOBRE PLATO

Montaje permanente

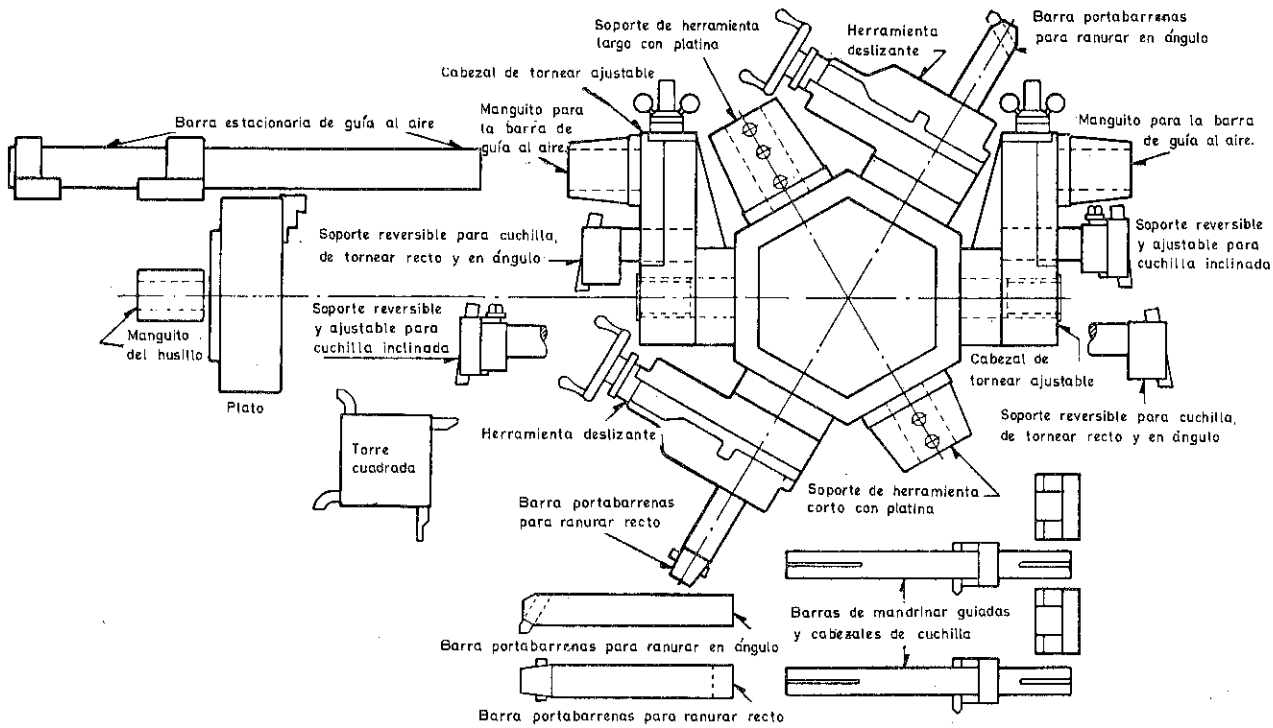


Fig. 7-15. Montaje permanente del equipo universal para trabajos sobre piezas estacadas en el plato del torno (Warner & Swasey Co.)

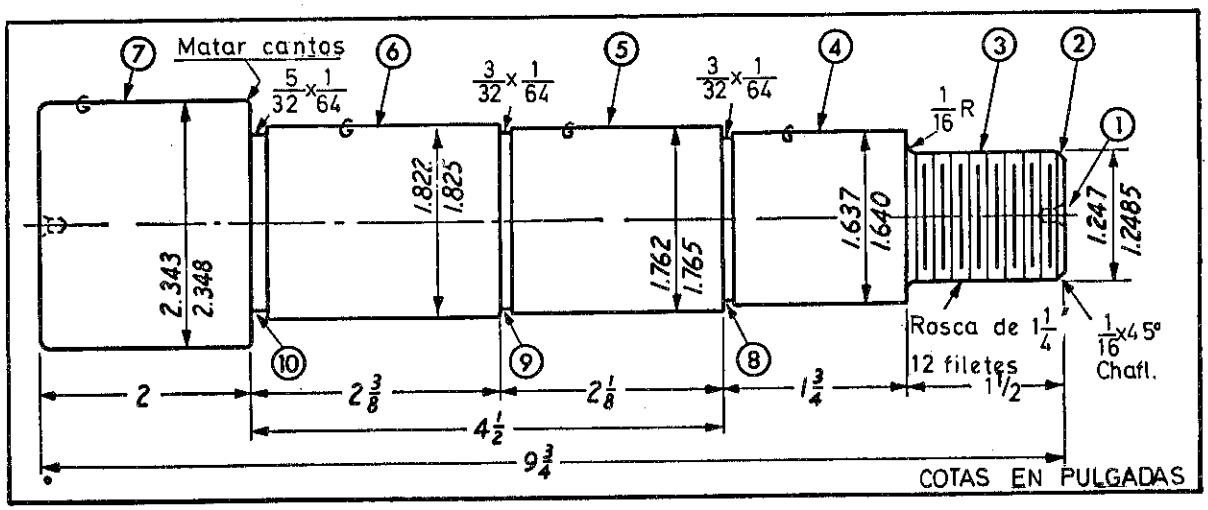


Fig. 7-16. Trabajo típico realizado sobre barra: un eje (Warner & Swasey Co.)

para alternar una estación. Las herramientas ligeras que pueden rápidamente montarse en el revólver o soporte son del tipo de mango. La figura 7-14 muestra una disposición permanente para trabajos sobre barra; y la figura 7-15 representa un montaje permanente para trabajos sobre piezas sujetadas en el plato del torno.

Para mecanizar el eje de la figura 7-16 partiendo de barra de acero, se utiliza un montaje como el de la figura 7-17, el cual comprende un juego completo de herramientas para trabajo sobre barra; este montaje está dispuesto de modo que no quede estación alguna sin aplicación. Las cuchillas son de acero rápido y de perfiles normales. El órden de las operaciones se indica en la figura 7-18.

Al estudiar los requerimientos de precisión de este trabajo, se llega a la conclusión de que los diámetros no deben tornearse dentro de límites muy estrechos, ya que deben rectificarse después del temple. Sin embargo, es necesario mantener los diámetros con la mayor concentricidad posible, al objeto de que ninguna zona esté faltada de

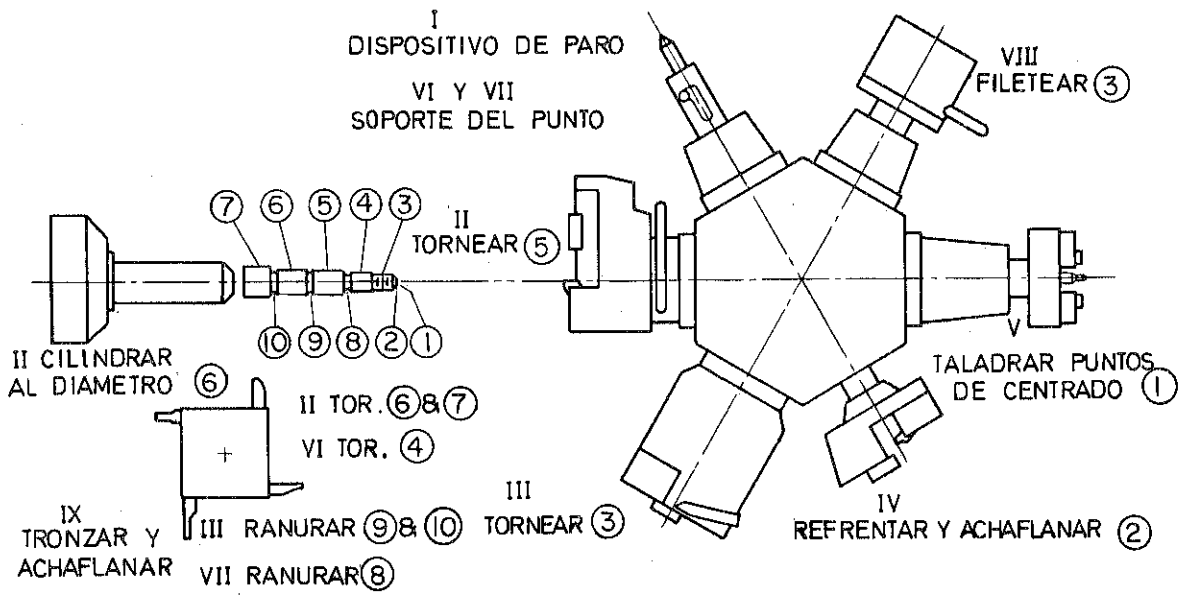


Fig. 7-17. Disposición del utillaje necesario para mecanizar el eje de la figura 7-16 (Warner & Swasey Co.)

material para el rectificado. La espiga roscada, que no se rectifica, debe girar bien centrada respecto a los tres cilindros de diámetro escalonado.

11. ¿Qué es un preselector?

El preselector es un dispositivo que permite al operario elegir de antemano la velocidad del husillo para la operación que sigue a la que se está

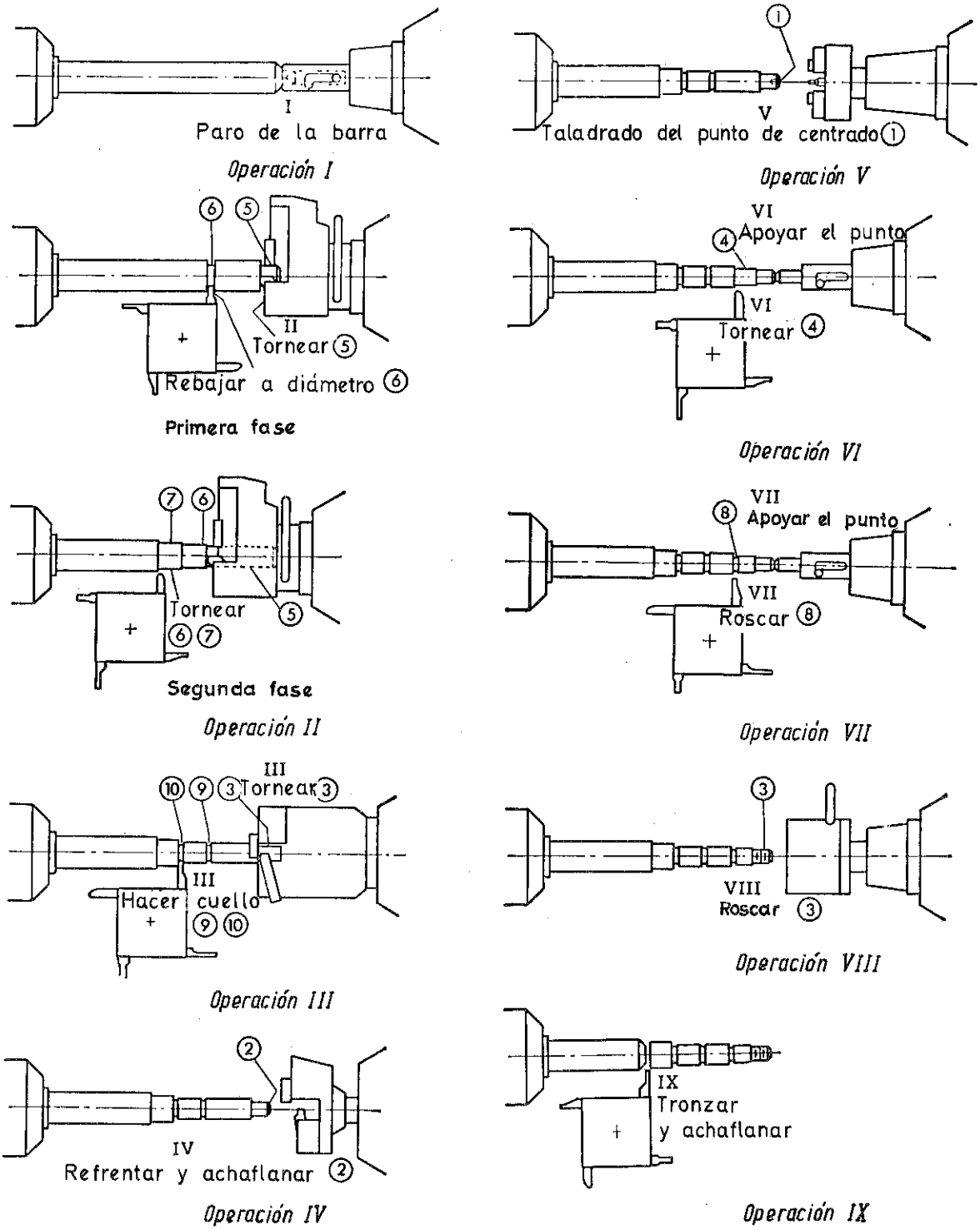


Fig. 7-18. Secuencia de operaciones para el mecanizado del eje de la figura 7-16 (Warner & Swasey Co.)

realizando. Así, la nueva velocidad entra en acción automáticamente mientras el operario procede al giro de la torre para situar las herramientas en la posición que exige la operación siguiente. Cada constructor de tornos revólver tiene su diseño particular de preselector propio; en las figuras 7-19 y 7-20 se muestran dos tipos diferentes de preselector.

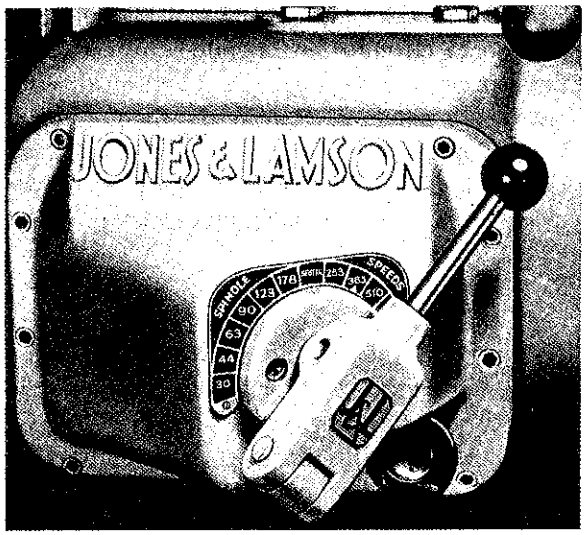


Fig. 7-19. Preselector de velocidades del husillo del cabezal (Jones & Lamson Machine Co.)

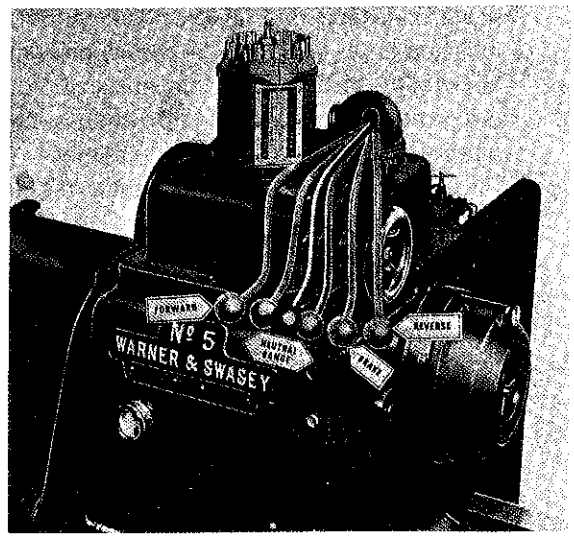


Fig. 7-20. Otro tipo de preselector de velocidades del husillo del cabezal (Warner & Swasey Co.)

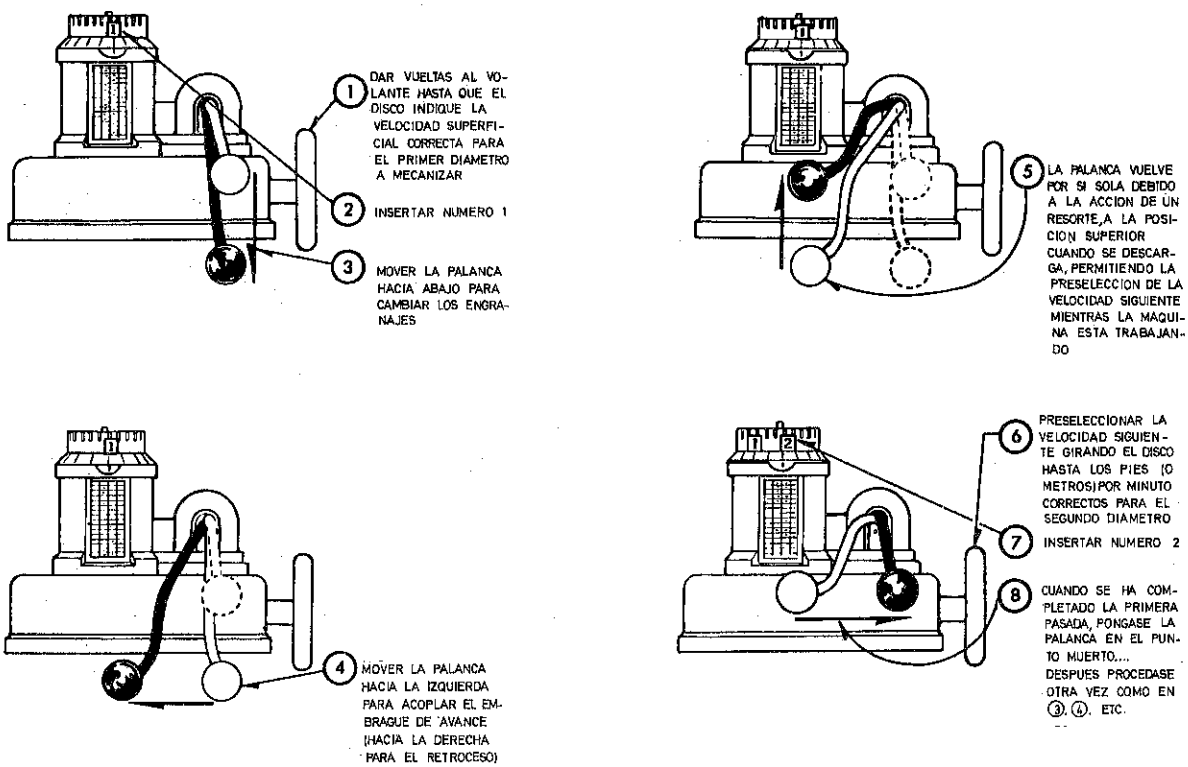


Fig. 7-21. Ajuste del preselector a las velocidades de corte (Warner & Swasey Co.)

A continuación se detallan las fases para la puesta a punto del preselector tipo Warner & Swasey:

A. Ajustar el preselector al montar las herramientas. Primero, se hace girar el tambor hasta conseguir que la velocidad periférica indicada en el disco sea la correspondiente al diámetro de la pieza a mecanizar. Entonces se numera esta pasada utilizando la cifra patrón 1 de la parte superior del tambor.

B. Situar el indicador para la segunda pasada, eligiendo la velocidad periférica deseada para el segundo diámetro de la pieza. Numérese esta pasada con el número patrón 2, y continúese de un modo similar para las operaciones adicionales.

C. El órden de las pasadas resulta así indicado por los números patrones 1, 2, 3, etc., los cuales se usan ya según su turno para pasar de una pasada a la siguiente; de esta forma, la velocidad periférica correcta quedará fijada para cada pasada independientemente del número de cambios de velocidad.

D. En la práctica real, es posible preseleccionar la velocidad siguiente pasando al número inmediato mientras la máquina está trabajando. Luego, cuando se ha finalizado la pasada, sólo es necesario mover la palanca, poniendo en juego la nueva velocidad sin parar el husillo: es posible avanzar, retroceder, parar y arrancar con una sola palanca.

La puesta a punto del preselector para las velocidades periféricas, o de corte, se indica en la figura 7-21.

El operario puede elegir el número correcto de revoluciones por minuto del husillo para tener la velocidad de corte adecuada para cualquier diámetro o mecanizar, bastando para ello girar el volante.

12. ¿Qué es el dispositivo de paro de la máquina?

Los dispositivos de paro de la máquina son tornillos ajustables de longitud apropiada que sirven de tope al movimiento de la herramienta de corte, de modo que el operario no necesita medir cada pasada efectuada sobre la pieza. Una vez ajustados los dispositivos de paro y enclavados en posición, el desplazamiento de la herramienta será el mismo para cada pieza. El dispositivo de paro de la torre revólver comprende, por lo general, seis tornillos diferentes montados en un rodillo cilíndrico, habiendo uno para cada cara de la torre hexagonal. Durante la puesta a punto, cada tornillo es ajustado de modo que pare el movimiento de la herramienta de corte en un punto especificado. El mecanismo de paro gira junto con la torre revólver para situar el tornillo de tope correcto en posición. La varilla de paro del carro y el rodillo cilíndrico pueden duplicar la longitud de pasada con un movimiento longitudinal del carro.

13. ¿Qué es la barra fija de guía?

La barra fija de guía sirve para unir la torre revólver de la máquina al cabezal, lo que proporciona una mayor rigidez y, por consiguiente, permite efectuar pasadas más profundas y trabajar con avances más rápidos. Esta barra, que va unida al cabezal de la máquina, puede ser más pesada que las barras piloto que van unidas a los cabezales de tornear, porque la misma no añade peso alguno a la torre hexagonal y sus herramientas. La barra fija de guía puede ajustarse por su extremo a la máquina de acuerdo con varias longitudes de pieza, y enclavarse en posición.

14. ¿Qué es el torno revólver universal para roscar?

El torno revólver completamente universal para roscar combina el rendimiento del taller de tornillería con las ventajas de la producción rápida en una máquina de roscar con tornillo de avance. El tornillo de avance de un solo filete y paso fino se emplea únicamente para el tallado de roscas. La palanca de mando a distancia, situada en la posición de funcionamiento, da movimiento de avance y de retroceso al carro. No es necesario desembragar las dos medias tuercas o invertir el husillo para la operación de roscado. Dicha palanca de mando a distancia se emplea también para tallar roscas a izquierda. Un trinquete automático para las roscas a derecha permite roscar longitudes precisas hasta la misma solera. El cambio para pasar de la operación de roscado a la de cilindrado se logra desplazando una sencilla palanca en la caja de engranajes del tornillo de avance situada en el extremo del cabezal. Un enclavamiento de seguridad evita embragar al mismo tiempo los

mecanismos de roscar y de cilindrar. La gama de roscado abarca desde 2 a 56 filetes por pulgada (pasos de 0,45 a 12,7 mm) en longitudes de 20" (508 mm).

15. ¿Cómo puede tallarse las roscas en un torno revólver?

Las roscas pueden tallarse desde la torre revólver empleando machos y terrajas; o bien, pueden tallarse utilizando una herramienta de un solo filo con avance regulado desde el carrillo transversal en los tornos revólver de carro alargado y desde la torre hexagonal en los tornos revólver de carro normal cuando éste va equipado con una torre de deslizamiento transversal. Hay cuatro clases de accesorios para roscar: (A) accesorios de guía delanteros; (B) accesorios de guía y de seguimiento; (C) tornillos de avance en toda la longitud del torno, con rueda de cambio; y (D), tornillo de avance en toda la longitud del torno, con caja de engranajes de cambio rápido. La figura 7-22 muestra un modelo de mecanismo para roscar con terraja.

16. ¿Qué es un aparato para conos?

Es un dispositivo (fig. 7-23) que sirve para tornear y mandrinar conos, pudiéndose acoplar al carro. La capacidad usual de este aparato alcanza conicidades de hasta 3" por pie (1:4) y longitudes de hasta 8" (200 mm). La escala graduada puede ajustarse para grados o para conicidades.

17. ¿Cuáles son los tipos y formas de cuchillas utilizados para los diversos metales y materiales?

Hay cinco clases de materiales para herramientas de corte, los cuales son de uso común. Hasta hace algún tiempo, el acero al carbono para herramientas fue ampliamente utilizado, pero ha dado paso a materiales mejores; no obstante, todavía se emplea para trabajos tales como los de acabado sobre latón. Probablemente, el acero rápido se aplica más que cualquier otro material para cuchillas, ya que puede mecanizar metales a una velocidad doble de la que consiente el acero al carbono. La estellita, que es una aleación de varios metales, incluyendo el cromo y el cobalto, se utiliza para cuchillas y para pastillas o plaquitas de las herramientas de corte; es útil para el mecanizado de metales tales como el hierro fundido, la fundición maleable y los bronces duros. Las fresas con pastillas de metal duro, que pueden operar con velocidades de 1,5 a 2 veces mayores que las fresas de acero rápido, se usan mucho en la

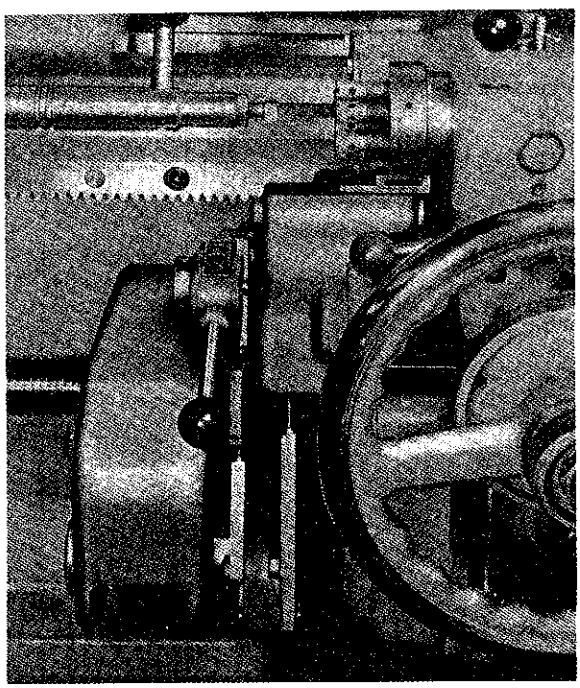


Fig. 7-22. Accesorio para roscar con terraja (Jones & Lamson Machine Co.)

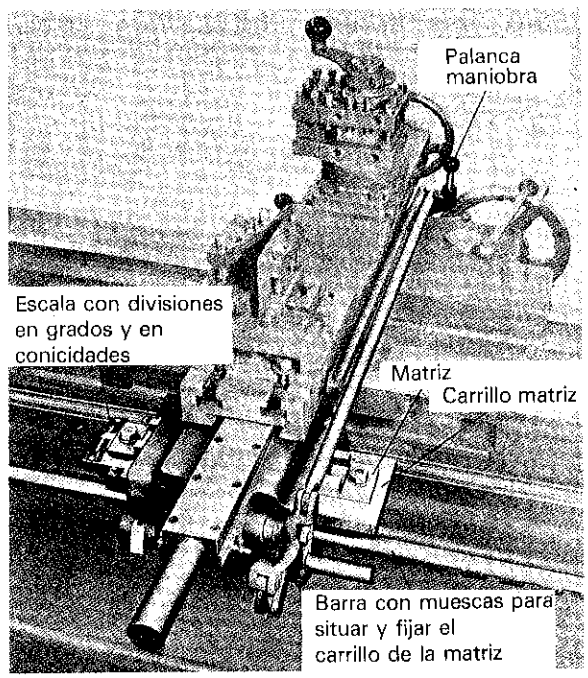


Fig. 7-23. Aparato para conos (Jones & Lamson Machine Co.)

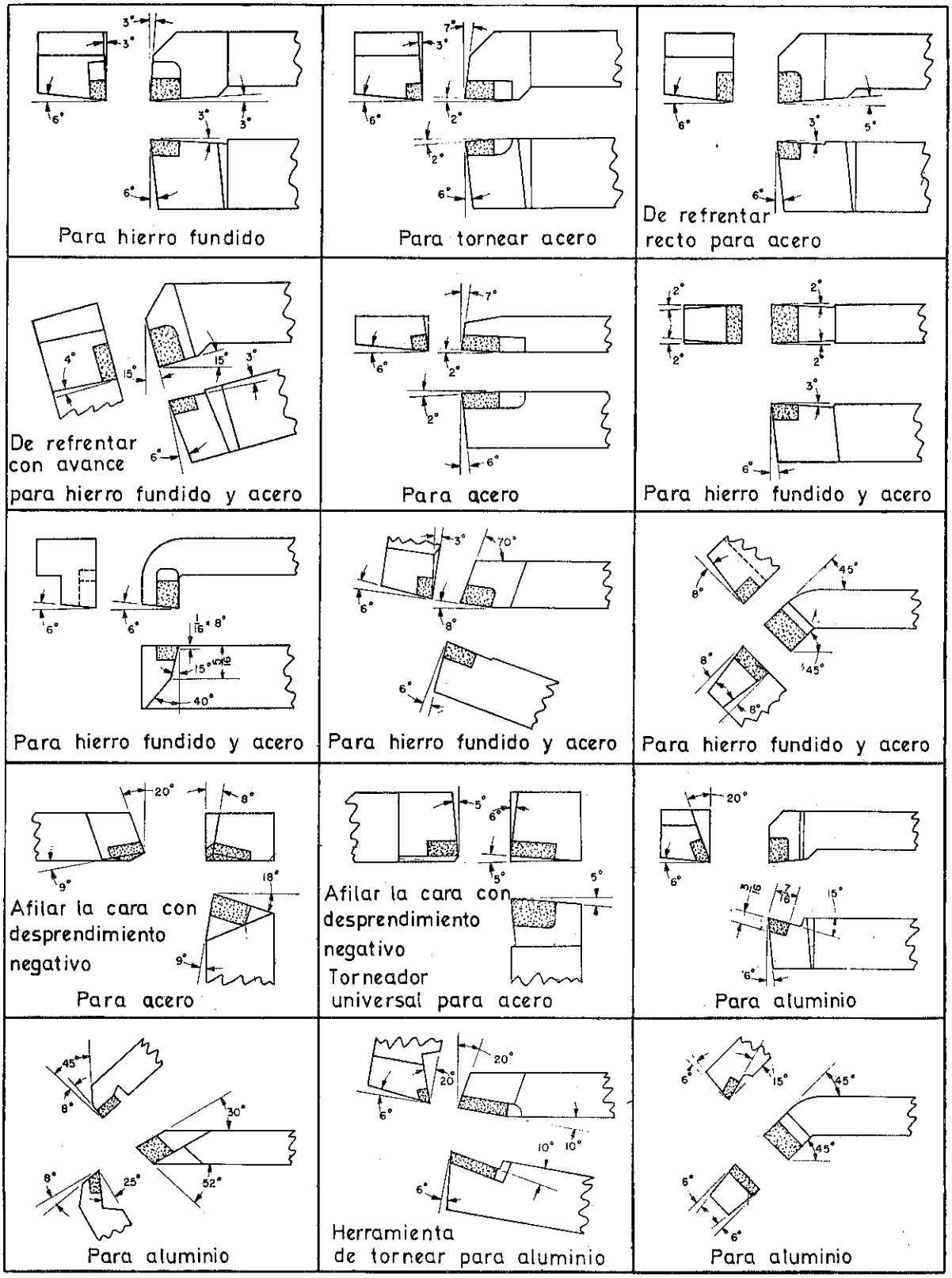


Fig. 7-24. Herramientas de corte normales, con plaquita de metal duro, adecuadas para varios materiales (Warner & Swasey Co.)

actualidad para gran número de trabajos de producción. La figura 7-24 muestra las formas de algunos tipos normales de herramientas con plaquita de carburo. Las herramientas de diamante se emplean en tornos revólver pequeños y rápidos para operaciones de pasada ligera sobre materiales tales como el aluminio, latón, cuero duro y baquelita.

18. ¿Cuáles son las partes principales de un torno revólver vertical?

Las partes principales son: (A) base y columna; (B) mesa; (C) traviesa; (D) carro y cabezal-revólver; (E) cabezal lateral.

19. ¿Para qué sirven la base y la columna?

La base y la columna constituyen una gran pieza fundida que incluye las guías para la traviesa y el cabezal lateral, y el soporte para la mesa.

20. ¿Qué es la mesa?

Es una pieza fundida cilíndrica acoplada al husillo principal de la máquina. Gira a velocidades que oscilan entre 3 y 180 rpm, y su superficie superior puede variar según las necesidades de utilización. La mesa que se ve en la figura 7-8 está provista de cuatro mordazas de plato independientes y tiene ranuras en T. Existen otras mesas con tres mordazas de plato universal y ranuras en T, como en la figura 7-25; con cuatro mordazas de plato frontal y ranuras en T, como en la figura 7-26; y con ranuras en T solamente.

21. ¿Qué es la traviesa?

La traviesa, o carril, es una pieza fundida en forma de caja que va ajustada en posición horizontal a las guías verticales de la columna. Puede subir o bajar mecánicamente mediante tornillos de avance situados dentro de las guías citadas. La traviesa sostiene el carro para el cabezal-revólver y contiene los tornillos de avance por medio de los cuales el carro puede moverse de uno a otro lado tanto rápidamente a voluntad como de un modo automático.

22. ¿Para qué sirven el carro y el cabezal-revólver?

Ambos van montados sobre la traviesa. El carro puede oscilar desde un lado al otro, y el cabezal-

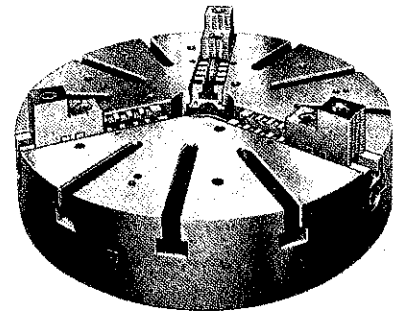


Fig. 7-25. Mesa para torno revólver vertical, con tres mordazas y ranuras en T (American Steel Foundries).

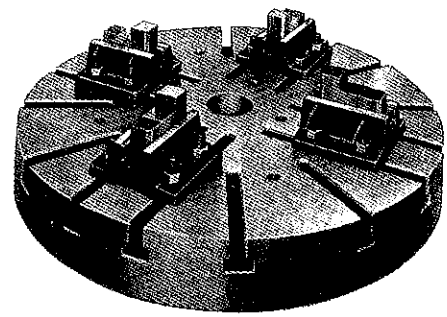


Fig. 7-26. Mesa para torno revólver vertical, con cuatro mordazas de plato frontal y ranuras en T (American Steel Foundries).

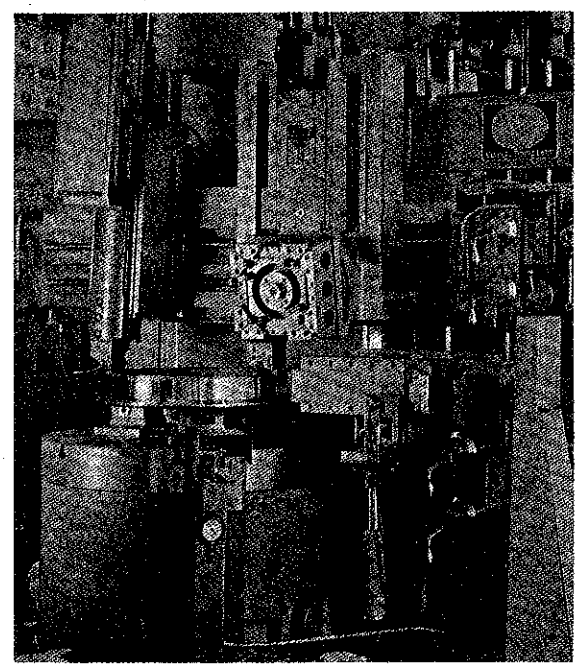


Fig. 7-27. Mecanizado en el torno revólver vertical de una rueda de coche de ferrocarril (Bullard Co.)

revólver puede subir o bajar sobre el carro. El cabezal de cinco caras puede girar por sí mismo para situarse en cualquiera de las cinco posiciones, siendo posible montar en él varias herramientas de corte.

23. ¿Qué es el cabezal lateral?

Este cabezal va situado debajo de la traviesa. No puede oscilar, pero posee un mecanismo completo de avance y de desplazamiento transversal rápido. Contiene un portaherramientas cuadrado para las herramientas de corte.

24. ¿Cuáles son los accesorios utilizados en el torno revólver vertical?

En el torno revólver vertical se emplean muchos accesorios. Algunos de ellos son:

(A) El aparato de tallar roscas de 2 a 18 filetes por pulgada (1,5 a 12 mm de paso).

(B) El dispositivo de engrase de la herramienta para reducir el rozamiento de la pieza y las virutas contra aquella, y también para absorber y difundir el calor generado en el punto de corte, permitiendo así mayores avances y velocidades y alargando la vida de la herramienta.

(C) El aparato de ranurar tambores de cable, con el que se pueden mecanizar pasos bastos comprendidos entre 1/2" y 2" (12,5 y 50 mm) con incrementos de 1/32" (0,75 mm).

(D) El aparato del tipo de transmisión por engranajes para mecanizar conos con inclinaciones que pueden oscilar entre 5° y 45° respecto a la horizontal.

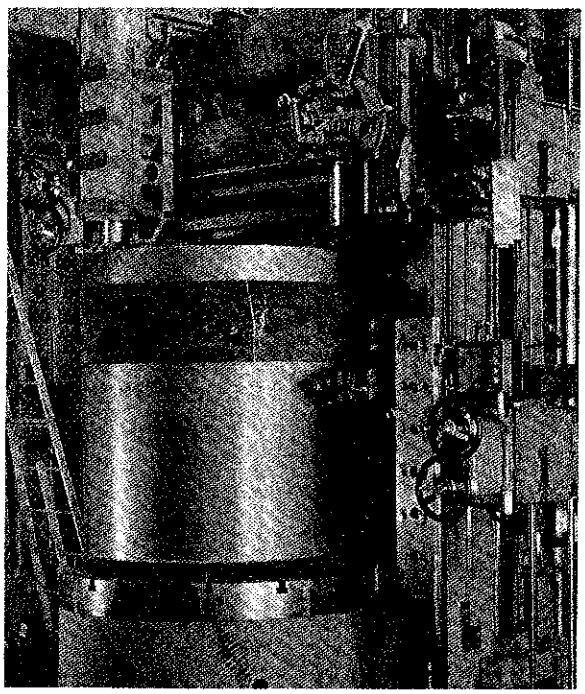


Fig. 7-28. Mecanizado en el torno revólver vertical de una polea para correa de transportador de mina (Bullard Co.)

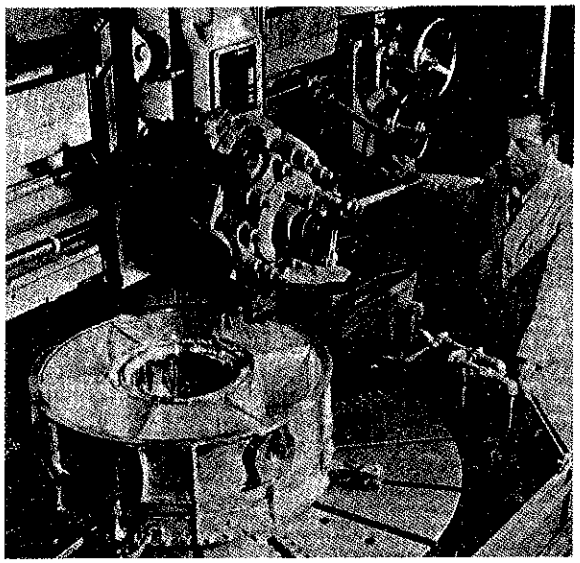


Fig. 7-29. Mecanizado en el torno revólver vertical de una pieza fundida de compresor de admisión para motor de reacción (Bullard Co.)

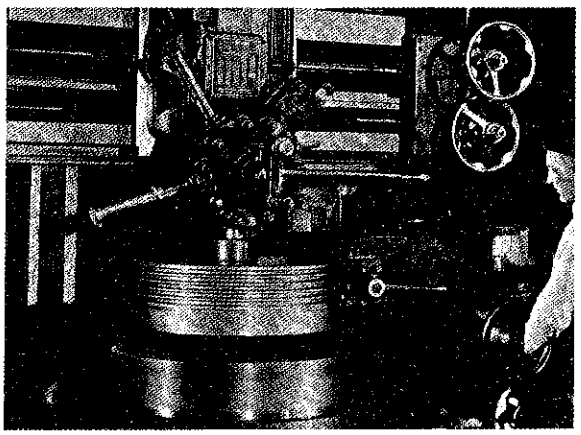


Fig. 7-30. Mecanizado en el torno revólver vertical de las ranuras de una polea de ascensor (Bullard Co.)

Algunos constructores emplean un aparato combinado para poder adaptarlo al tallado de roscas, ranurado de tambores o torneado angular. Las roscas pueden ser lo mismo métricas que del perfil American National, y los ángulos pueden mecanizarse tanto horizontal como verticalmente.

Las figuras 7-27 a 7-30 muestran algunas de las operaciones que se pueden efectuar en el torno revólver vertical; según puede verse en cada uno de estos ejemplos, las piezas que se mecanizan son bastante grandes. Los trabajos de esta clase ofrecen, por lo general, dificultades para ser realizados en un torno ordinario, pero no presentan problemas al ser llevados a cabo en un torno revólver vertical.

8. CONICIDADES

Si una pieza cambia de medida gradual y uniformemente en toda su longitud, se dice que es cónica. Sin embargo, es preciso distinguir entre *conicidad* e *inclinación;* en un cono, el diámetro decrece regular, gradual y concéntricamente desde el vértice a la base, y así sucede en toda pieza cónica desde el extremo menor al mayor; en cambio, en una pieza inclinada, por ejemplo una chaveta, hay una superficie, por lo general plana, cuya altura respecto a otra va decreciendo regular y gradualmente desde el extremo de mayor espesor al de menor espesor.

Los conos son de gran aplicación en el taller y también en los elementos de máquinas. Los husillos de las taladradoras, tornos, fresadoras y rectificadoras tienen conos interiores, los cuales proporcionan un ajuste y una sujeción perfectos a los conos de acoplamiento exteriores que poseen las brocas, escariadores, barrenas, fresas de mango, puntos de centrado, etc. (fig. 8-1). Los conos de unión quedan además centrados en virtud de su acoplamiento, por lo que no es necesario comprobar su alineación. Los ajustes cónicos permiten el montaje y desmontaje rápidos de las piezas de las máquinas.

Aunque, por definición, todos los conos son redondos, a veces se dice que tienen conicidad también las piezas de sección cuadrada o rectangular, como ciertos tipos de chavetas y clavijas, que tienen dos o las cuatro superficies longitudinales con inclinación, de modo que la sección va reduciéndose regular, gradual y simétricamente desde el extremo más grueso al menos grueso. Las chavetas de talón (fig. 8-2) no se encuentran en este caso, pues ellas constituyen un ejemplo típico de pieza con inclinación.

1. ¿Qué métodos se emplean para expresar la conicidad de una pieza?

La conicidad de una pieza es, en realidad, la diferencia entre los diámetros del extremo mayor y del extremo menor. Si el extremo mayor tiene un diámetro de 1 1/8'' y el menor tiene uno de 3/4'' (28,6 y 19 mm, respectivamente), la conicidad es de 1 1/8 — 3/4, que es igual a 3/8'', o bien, de 28,6 — 19 = 9,6 mm (fig. 8-3). Ahora bien, esta conicidad conviene referirla a la longitud del cono; ésta, en el tapón de la figura, es de 2'' (50,8 mm). Por tanto, dividiendo el valor de la conicidad por dicha longitud, resulta 3/8 ÷ 2 = 3/16, o bien, 9,6 ÷ 50,8 = 0,19, que son, respectivamente, la conicidad por cada pulgada de longitud y la conicidad por cada milímetro de longitud, dadas la primera en pulgadas y la segunda en mm.

Para saber en cuánto varia el diámetro de la pieza por pie, hay que multiplicar la conicidad por pulgada por 12 (1 pie tiene 12 pulgadas); luego, en este caso,

$$3/16 \times 12 = 9/4 = 2\ 1/8''$$

Conicidad por pie = 2 1/8

Cuando las medidas se dan en mm, la conicidad se expresa en la forma 1: *x,* siendo *x* la longitud de cono correspondiente a una variación de 1 mm en el diámetro. Así, en el caso estudiado, dado que se ha obtenido una conicidad de 0,19 mm, o sea, una variación en el diámetro de 0,19 mm por cada mm de longitud del cono, para hallar la conicidad en la forma expresada dividiremos 1 por 0,19, lo que da el valor 5,26; por consiguiente, el tapón de la figura 8-3 tiene

Conicidad 1: 5,26

Conicidad: La diferencia de medida entre el diámetro mayor y el diámetro menor, si la pieza es redonda; entre el espesor mayor y el espesor menor si la pieza es de sección rectangular o cuadrada.
Conicidad por pulgada: La variación, en pulgadas, en el diámetro o en el grueso, por cada pulgada de longitud del cono o de la cuña.
Conicidad por pie: La variación, en pulgadas, en el diámetro o en el grueso, por cada pie de longitud del cono o de la cuña.
Conicidad 1: x; La longitud *x* de cono o de cuña, en mm, necesaria para que el diámetro o el grueso varíen 1 mm.

2. ¿Cómo pueden indicarse las conicidades o las inclinaciones en los dibujos?

Cuando las acotaciones son en pulgadas, el método correcto de indicar el valor de la conicidad depende del tamaño de la pieza, del modo corriente de actuar en el taller, o de las normas dadas en el libro de instrucciones. Si se trata de una pieza grande, se fija, por lo general, la conicidad por pie; para piezas pequeñas, de utensilios diversos, etc., es corriente fijar la conicidad por pulgada.

Cuando las acotaciones son en milímetros, es norma de uso general la fijación de la conicidad y de la inclinación en la forma 1: *x,* aunque, en algunas ocasiones, se fija también en tanto por ciento, o en inclinación o conicidad por metro de longitud. La conicidad se escribe siempre sobre el eje de la pieza (ver fig. 8-5), y la inclinación, encima de la recta que representa la superficie inclinada (ver fig. 8-2).

Las conicidades y las inclinaciones pueden también dimensionarse en grados; esto sobre todo se hace cuando la magnitud de las mismas exceden de 15°.

Al utilizar las acotaciones en pulgadas, la precisión requerida para la pieza acabada determina, en la mayoría de los casos, si hay que dimensionar en fracciones o en decimales. Si sólo se usan fracciones comunes, la medida de tolerancia usual es 0,005" en los diámetros y 1/64" en las longitudes; cuando se requiere una gran precisión, todas las mediciones se dan en decimales.

Cuando la acotación es en milímetros, las tolerancias aplicables varían, según la precisión, des-

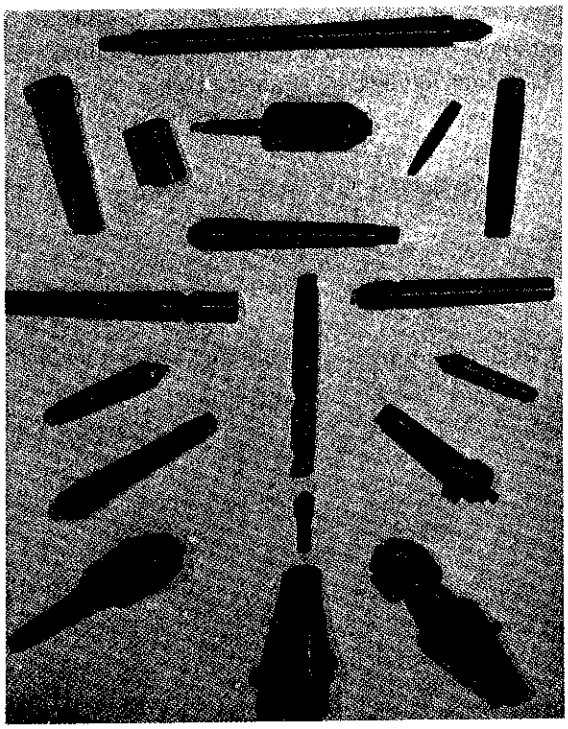


Fig. 8-1. Accesorios de máquinas provistos de mango cónico.

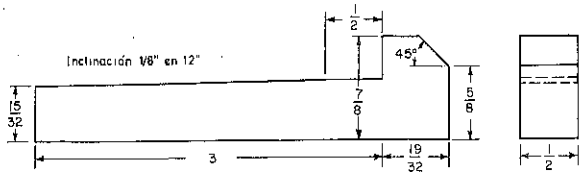


Fig. 8-2. Chaveta de talón y cuña (Cotas en pulgadas).

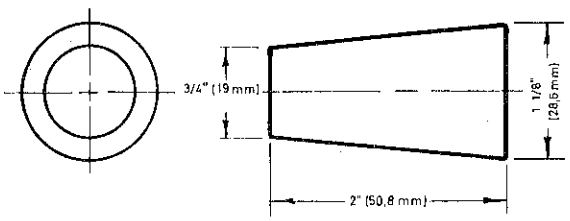


Fig. 8-3. Tapón cónico. (Cotas en pulgadas).

de milímetros enteros para piezas sin casi ninguna precisión hasta micrones para piezas de gran precisión, dependiendo siempre, como es lógico, la magnitud de la tolerancia de la longitud de la dimensión.

3. ¿Cuáles son las fórmulas referentes a conicidades e inclinaciones?

Aunque también pueden aplicarse cuando el dimensionado es en pulgadas, las normas de uso

general cuando el dimensionado es en milímetros establecen las fórmulas que se dan a continuación para el cálculo de conicidades e inclinaciones:

Haciendo referencia a la figura 8-3a, se tiene

$$\text{Conicidad 1: } A = \frac{D}{B} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \qquad (1)$$

$$\text{Inclinación 1: } 2A = \frac{D}{2B} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \qquad (2)$$

Y haciendo referencia a la figura 8-3b, resulta

$$\text{Conicidad 1: } A = \frac{D-C}{E} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \qquad (3)$$

$$\text{Inclinación 1: } 2A = \frac{D-C}{2E} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \qquad (4)$$

Con el dimensionado en pulgadas, a fin de que el operario pueda recordar con facilidad las diversas prácticas industriales, se han establecido unos

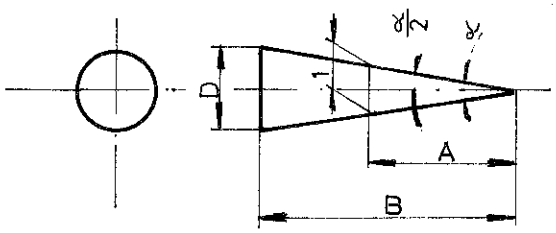


Fig. 8-3a. Conicidad e inclinación con intervención del ángulo correspondiente.

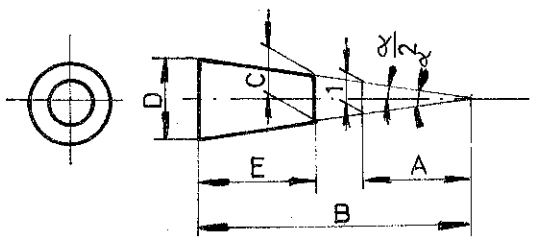


Fig. 8-3b. Dimensionado para establecer la conicidad o la inclinación correspondientes a una variación de 1 en el diámetro o en el espesor.

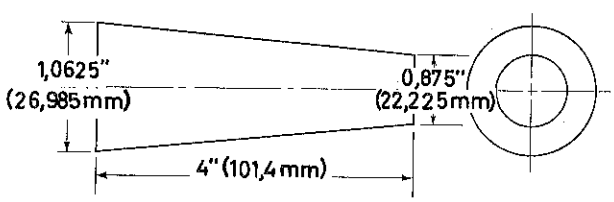


Fig. 8-4. Problema de conicidad.

símbolos que son los que se emplean en las fórmulas; estos símbolos son:

- T = Conicidad, o sea, la diferencia entre el diámetro mayor y el menor, o entre el espesor mayor y el menor de una pieza.
- T'' = Conicidad por pulgada, o sea, la diferencia entre diámetros o espesores separados una pulgada.
- T' = Conicidad por pie, o sea, la diferencia entre diámetros o espesores separados un pie.
- D = Diámetro mayor, en pulgadas.
- d = Diámetro menor, en pulgadas.
- L = Longitud del cono, en pulgadas.

Utilizando los símbolos expuestos se establecen las fórmulas siguientes:

$$T = D - d \qquad (5)$$

$$T'' = (D - d)/L \qquad (6)$$

$$T' = T'' \times 12 \qquad (7)$$

$$D = (T'' \times L) + d \qquad (8)$$

$$d = D - (L \times T'') \qquad (9)$$

4. En el dibujo de la figura 8-4 se dan las dimensiones de ambos diámetros y la longitud del cono. Determinar la conicidad.

Primero, hallaremos la magnitud de la conicidad restando el diámetro menor del mayor:

T = 1,0625 − 0,875 = 0,1875",
o bien, 26,985 − 22,225 = 4,76 mm

T'' = 0,1875/4 = 0,046875"
= **conicidad por pulgada**

T' = 0,046875 x 12 = 0,5625"
= **conicidad por pie**

O bien, según la fórmula (3),

1: A = 4,76/101,4 = 0,047 mm por milímetro

A = 1/0,047 = 21,28

con lo que resulta, en la forma 1: x, una

Conicidad 1: 21,28

Partiendo de la conicidad hallada se pueden comprobar los diámetros; así,

$$D = (0{,}046875 \times 4) + 0{,}875 = 1{,}0625''$$

$$d = 1{,}0625 - (4 \times 0{,}046875) = 0{,}875''$$

o bien, de acuerdo con la simbolización de la figura 8-3b,

$$D = (101{,}4 : 21{,}28) + 22{,}225 = 26{,}985 \text{ mm}$$

$$C = 26{,}985 - (101{,}4 : 21{,}28) = 22{,}225 \text{ mm}$$

5. En la pieza representada en la figura 8-5 se indica la conicidad, pero, antes de que el operario pueda iniciar el mecanizado del cono, debe determinar la medida exacta del extremo mayor. ¿Cuál es esta medida?

La medida del extremo mayor del cono es igual a la medida del extremo menor más el valor del incremento del cono por unidad de longitud. En la figura 8-5 este incremento viene indicado de dos maneras, siendo una de ellas la conicidad por pie (T.P.F.); tratándose de una pieza relativamente corta, conviene primero hallar la conicidad por pulgada, la cual es

$$T'' = T'/12 = 0{,}602/12 = 0{,}05017''$$

Utilizando ahora la fórmula (8), resulta

$$D = (0{,}05017 \times 3{,}0625) + 0{,}920 = 1{,}07364''$$

Partiendo de la conicidad 1: 20 y operando con mm, se tiene

$$D = (77{,}8/20) + 23{,}4 = 27{,}3 \text{ mm}$$

6. Hallar el diámetro A de la figura 8-6.

El diámetro A es igual al diámetro del extremo pequeño del cono más la magnitud en que la pieza aumenta después de una longitud de 3/4" (19 mm). Hallando primero la conicidad por pulgada, se puede determinar después la correspondiente a 3/4", y añadiendo a este valor el diámetro pequeño se tendrá la medida A. Así, aplicando la fórmula (6), resulta

$$T'' = (1{,}653 - 0{,}938)/4{,}25 = 0{,}715/4{,}250 = 0{,}1682''$$

Dividiendo este valor por 3/4, se obtendrá la conicidad correspondiente a 3/4", o sea,

$$0{,}1682/0{,}75 = 0{,}12615''$$

valor que, sumado al diámetro menor da

$$\text{Diámetro } A = 0{,}12615 + 0{,}938 = 1{,}06415''$$

Utilizando las cotas en mm, se tiene

$$108/(41{,}8 - 23{,}8) = 6$$

lo que indica que se trata de una conicidad 1:6. Por tanto,

$$\text{Diámetro } A = 23{,}8 + (19/6) = 26{,}967 \text{ mm}$$

7. A fin de obtener el agujero cónico de la figura 8-7, primero debe taladrarse o mandrinarse un agujero cilíndrico. Determinar el diámetro de este agujero cilíndrico.

El diámetro del agujero cilíndrico debe ser igual al diámetro del extremo mayor menos el valor de la conicidad correspondiente a la longitud de 10,8" (274,3 mm). Operando con las cotas en pulgadas, después de hallar la conicidad por pulgada, se aplicará la fórmula (9), obteniéndose

$$T'' = 0{,}625/12 = 0{,}0520''$$

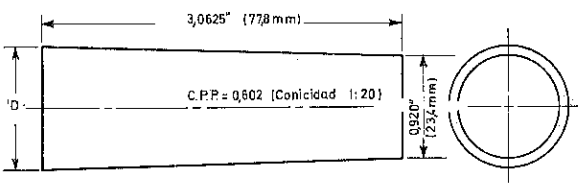


Fig. 8-5. Problema de conicidad.

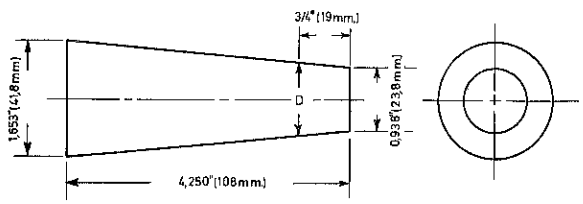


Fig. 8-6. Problema de conicidad.

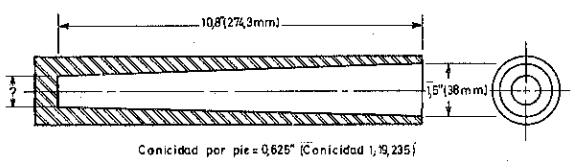


Fig. 8-7. Problema de conicidad.

Diámetro del agujero cilíndrico =

= 1,5 — (0,0520 x 10,8) = 0,9384''

Operando en milímetros, dado que la conicidad es 1 : 19,235, resulta

Diámetro del agujero cilíndrico =

= 38 — (274,3/19,235) = 23,74 mm

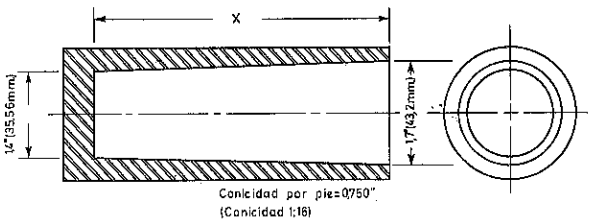


Fig. 8-8. Problema de conicidad.

8. El problema que plantea la figura 8-8 consiste en determinar la profundidad del agujero mandrinado cónico sabiendo que el diámetro en el fondo es de 1,4'' (35,56 mm).

La longitud de un cono puede determinarse, cuando se opera en pulgadas, dividiendo la diferencia de diámetros por la conicidad por pulgada; por consiguiente,

$$L = (D - d)/T''$$

y, siendo $T'' = 0{,}750/12 = 0{,}0625''$, resulta

$L = (1{,}7 - 1{,}4)/0{,}0625 = 4{,}8'' =$

= profundidad x del agujero

Empleando las cotas en mm y teniendo en cuenta que se tiene conicidad 1:16, se obtiene

Profundidad del agujero =

= (43,2 — 35,56) x 16 = 122,24 mm

9. ¿Cuántas clases de conos se emplean en la industria mecánica?

Esta es una pregunta difícil de contestar. Existen varios conos normales internacionalmente reconocidos. Existen también conos aplicados por los constructores que prefieren utilizar sus propias normas de conos en las máquinas que fabrican.

10. ¿Cuáles son los conos normales reconocidos que se usan en la industria mecánica?

Hay varios conos normales que han sido adoptados por la industria. Los más importantes y más ampliamente usados entre ellos son: el cono métrico, el cono Morse, el cono Brown & Sharpe, el de 3/4'' por pie (conicidad 1 : 16), el cono para pasadores cónicos, el cono Jarno y los conos Jacobs. Algunos de estos se emplean para tipos específicos de trabajo; otros tienen una aplicación más variada.

11. Describir el cono métrico.

Los conos métricos tienen todos una conicidad de 1:20 = 0,05. Se emplean para diversas herramientas, en especial para los accesorios de las fresadoras. Los distintos tamaños (24 en total) se distinguen con números que coinciden con el diámetro mayor del agujero donde deben introducirse los conos macho, los cuales están diseñados con mecha de arrastre, tal como puede verse en el grabado que acompaña a la tabla 11 del Apéndice.

12. Describir el cono Brown & Sharpe.

El cono Brown & Sharpe es una forma normalizada en los Estados Unidos, que se emplea sobre todo en las fresadoras (fig. 8-9). Hay 18 tamaños en la serie, numerados del 1 al 18; el número del carro indica la medida sólo de un modo relativo, siendo la menor la del número 1, y la mayor la del número 18.

El valor de la conicidad es aproximadamente 0,500'' por pie (conicidad 1: 24), excepto el número 10, cuya conicidad es 0,5161'' por pie (conicidad 1:23,25). El cono Brown & Sharpe puede diseñarse con o sin espiga en el extremo menor.

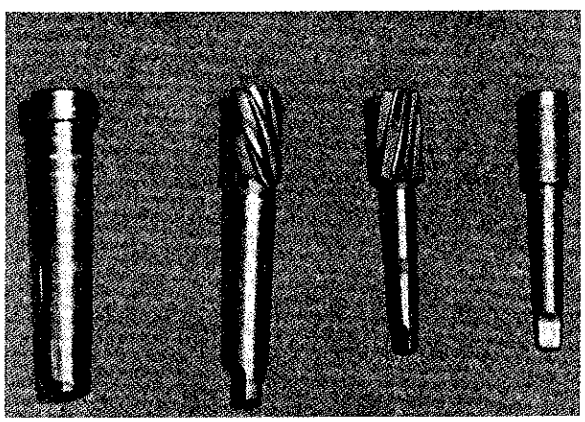


Fig. 8-9. Conos Brown & Sharpe en fresas espirales y manguitos para fresadora.

Las dimensiones completas de la serie de conos Brown & Sharpe se dan en la tabla 12 del Apéndice.

13. Describir el cono Morse.

El cono Morse es, junto con el métrico, el más común de los conos normales. Se usa en los husillos de las taladradoras y en algunos tornos (fig. 8-10). Prácticamente, todos los mangos cónicos de las brocas, escariadores y portaherramientas especiales se fabrican con mangos de conicidad Morse, estando provisto de espiga el extremo menor de dichos mangos.

En la serie de conos Morse hay ocho tamaños numerados del 0 al 7, siendo el 0 el menor y el 7 el mayor. La conicidad en cada uno de los conos Morse varía ligeramente; sin embargo, en todos es aproximadamente de 5/8" por pie, ya que oscila entre 1:19,18 y 1:20,05. Para más detalles, medidas y diseño, véase la tabla 13 del Apéndice.

14. Describir el cono de 3/4" por pie, o sea, de conicidad 1:16.

Este cono normal en los Estados Unidos tiene la misma conicidad para todos los tamaños, exactamente 0,750" por pie (conicidad 1:16). En la serie hay 11 tamaños numerados, y el número del cono indica el diámetro en el extremo mayor. Los números van desde 200 (2,0") hasta 1200 (12,0"); el diámetro mayor del cono 450 mide 4,5".

15. Describir el cono para pasadores cónicos.

La serie de conos para pasadores cónicos normales en los Estados Unidos abarca los tamaños 8/0 a 14, existiendo varias longitudes para cada tamaño. La conicidad, de 1/4" por pie (1:48), es la misma para todos. Los pasadores cónicos normalizados en los países que utilizan el sistema métrico decimal tienen todos una conicidad 1:50; su diámetro menor puede oscilar entre 0,6 y 50 mm, fabricándose, para cada diámetro, en varias longitudes.

Los pasadores cónicos se usan como clavijas para alinear dos o más piezas de una máquina que deben fijarse juntas (fig. 8-11), siendo preferidos porque pueden sacarse y cambiarse sin perder ninguna de sus facultades de sujeción. Las dimensiones para los pasadores cónicos normales se dan en las tablas 14 y 15 del Apéndice.

16. Describir la serie de conos Jarno.

La serie de conos Jarno, normales en los Estados Unidos, fue indeada con la esperanza de que conduciría a una completa normalización en todas partes donde los conos eran de común aplicación. La serie Jarno simplifica el cálculo de las conicidades. Hay 20 tamaños numerados de 1 a 20, y la conicidad en todos ellos es de 0,600" por pie, o sea, es 1:20. El número del cono indica las dimensiones importantes del mismo, pues señala el número de décimas de pulgada que mide el diámetro menor, el número de octavos de pulgada que mide el diámetro mayor, y el número de medias pulgadas que mide la longitud del cono. Así,

Diámetro menor del cono Jarno = No. del cono/10
Diámetro mayor del cono Jarno = No. del cono/8
Longitud del cono Jarno = No. del cono/2

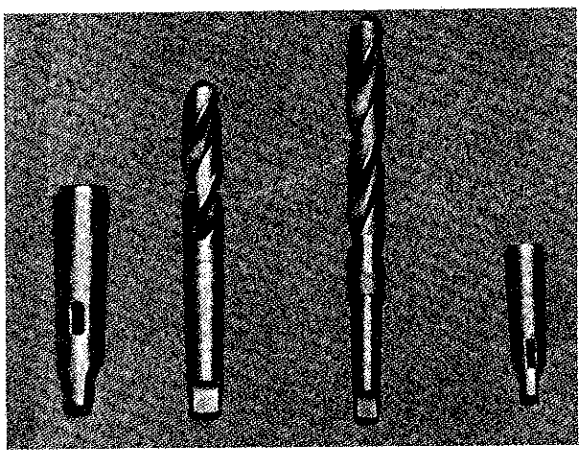


Fig. 8-10. Conos Morse en brocas helicoidales y manguitos.

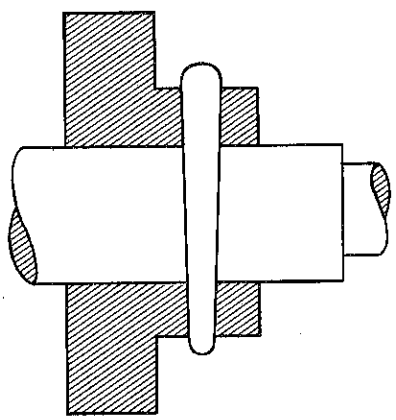


Fig. 8-11. Pasador cónico correctamente fijado.

Conforme a lo indicado, el cono Jarno no. 8 mide 8/10 o 0,800" en el extremo menor, 8/8 ó 1" en el extremo mayor, y 8/2 ó 4" de longitud. Las dimensiones reales de los conos Jarno se dan en la tabla 16 del Apéndice.

17. Describir el cono Jacobs.

La serie de conos Jacobs comprende 10 tamaños: nos. 0, 1, 2, 2 corto, 3, 4, 5, 6, 33 y E. El valor de la conicidad varía con cada tamaño. Los conos Jacobs se usan para fijar portabrocas a las barrenas o mandriles de adaptación o a los husillos de las máquinas (fig. 8-12). Las dimensiones de los conos de la serie Jacobs se dan en la tabla 17 del Apéndice.



Fig. 8-12. Fijación de un portabrocas a una barrena de mango cónico con cono Jacobs.

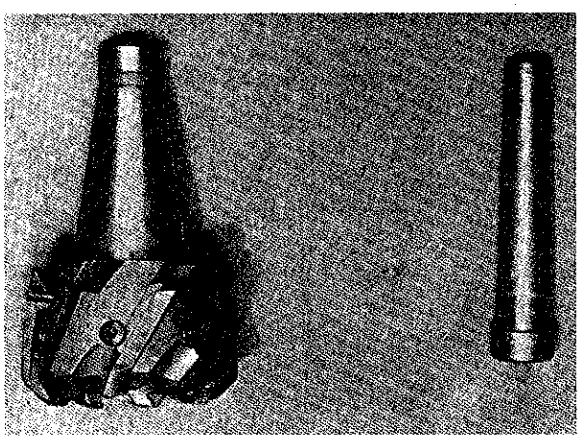


Fig. 8-13. Conos Brown & Sharpe para fresadora. A la izquierda, de cambio rápido; a la derecha, de autosujeción.

18. ¿Cuál es la diferencia entre un cono de autosujeción y un cono empinado (de cambio rápido)?

La diferencia entre estos dos conos se aprecia en la figura 8-13. El término "autosujeción" se ha dado a la serie de conos que, al ser acoplados a la pieza que ajusta con ellos, quedan firmemente agarrados y se mantienen fijos en su acoplamiento; los tamaños mayores van provistos de una espiga que sirve de ayuda en las funciones propias del cono, o sea, en el arrastre y en la sujeción. El término "empinado" se otorga a los conos cuyo ángulo es muy abierto; estos conos dependen de un dispositivo de fijación exterior para sujetarlos en posición. La forma cónica sirve aún de elemento de alineación efectivo, pero, por el hecho de ser la conicidad muy pronunciada, permite un aflojamiento rápido. El cono empinado que se utiliza en los husillos y barrenas de fresadoras tiene una conicidad normal de 3 1/2" por pie, la cual equivale a 1:3,4286.

En 1943, la "American Standards Association" clasificó como normales 22 conos de autosujeción, los cuales se eligieron entre las series de conos Morse, Brown & Sharpe y de 3/4" por pie (conicidad 1:16).

19. ¿Cómo se mecanizan las piezas cónicas?

Hay tres métodos comúnmente usados para tornear un cono en un torno. El método elegido depende del tipo del equipo disponible, de la medida y del ángulo del cono, y del número de piezas a tornear. Estos métodos son:

A. El soporte orientable.
B. Desalineación del contracabezal.
C. El aparato de tornear cónico.

20. ¿Qué es lo que determina el método a emplear para tornear un eje cónico?

El equipo del taller es un factor importante. Si se dispone de un torno con aparato de tornear cónico, es dudoso establecer si conviene aplicar el método de desalineación del contracabezal. La forma, el tamaño y la estructura de la pieza juegan también su papel en la determinación del método a emplear para tornear un cono.

21. ¿Cómo se mecaniza un cono con el soporte orientable?

El soporte orientable se emplea para tornear

conos cortos, conos empinados o ángulos (fig. 8-14). La base del soporte orientable está graduada en grados. El ángulos del cono que puede tornearse utilizando el aparato de tornear cónico, o descentrando el contracabezal, es limitado. Los conos empinados se tornean inclinando la parte superior del soporte orientable el número de grados requerido *medido a partir de la línea de centros;* esta inclinación es igual a la mitad del ángulo del cono (fig. 8-15). El soporte orientable puede ajustarse a un ángulo medido desde una recta paralela al eje de la pieza, o bien, desde una recta que pasa por el punto del torno y está alineada con las guías del mismo; puede girar una circunferencia completa en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario. Antes de girar el soporte orientable hasta el ángulo requerido, debe observarse cómo está graduada su base; en algunos tornos, las graduaciones indican 0-0 cuando el soporte orientable está ajustado para desplazarse perpendicularmente a la línea de centros del torno, y en otros tornos, se lee 90-0 cuando el soporte orientable se halla en la posición de ángulo recto.

22. ¿Cómo se obtiene la medida angular para el soporte orientable si sólo se conoce el valor de la conicidad?

Cuando se conocen los diámetros mayor y menor y la longitud de la parte cónica de una pieza, el ajuste del soporte orientable se obtiene de la manera siguiente:

a) Aplicando la fórmula (3), ya que, según ella, dividiendo la diferencia de diámetros por la longitud del cono se obtiene el doble de la tangente de la mitad del ángulo total del cono.

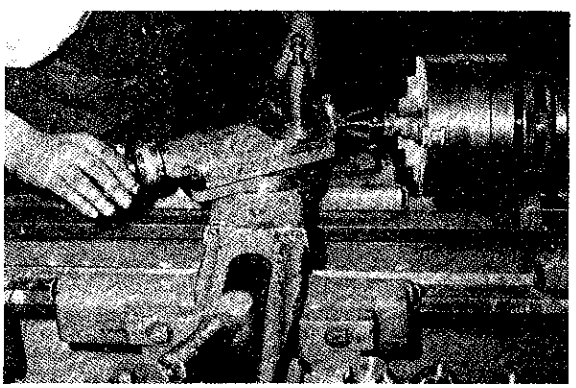


Fig. 8-14. Torneado de un cono corto empleando el soporte orientable.

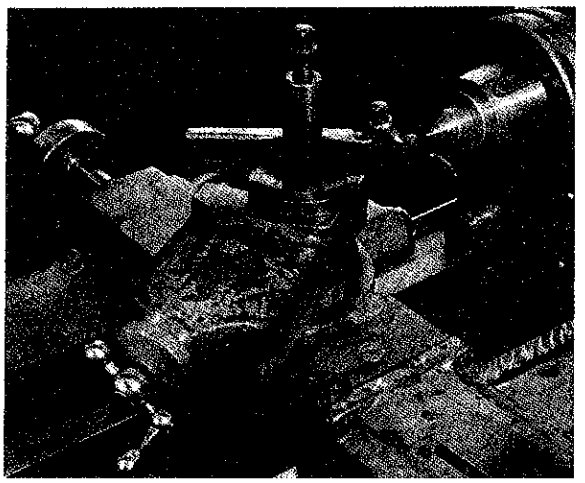


Fig. 8-15. Torneado de un ángulo de 60° con el soporte orientable inclinado 30° respecto a la línea de centros del torno.

b) Dividiendo la mitad de la conicidad en pulgadas por pulgada por la longitud del cono en pulgadas, con lo que se obtiene la tangente de la desviación requerida para el soporte orientable.

En realidad, ambos procedimientos conducen a lo mismo. La figura 8-16 representa una pieza que puede tornearse por medio del soporte orientable; se tiene

$$\text{tg ángulo cono} = \frac{1}{2}\left(\frac{D-C}{E}\right) =$$

$$= \frac{1}{2}\left(\frac{44{,}5 - 25{,}5}{33{,}5}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{19}{33{,}5}\right) =$$

$$= \frac{0{,}567164}{2} = 0{,}283582$$

$$\text{Angulo} = 15° 56'$$

23. ¿Cuál es el procedimiento para tornear un cono mediante la desalineación del contracabezal?

Para desalinear el contracabezal se afloja el enclavamiento del mismo, lo que permite cambiar la relación entre sus partes superior e inferior. El cambio se realiza ajustando los tornillos que existen uno a cada lado de la parte superior del contracabezal (fig. 8-17). La precisión del ajuste depende del cuidado del operario y del método empleado para medir la magnitud del desplazamiento.

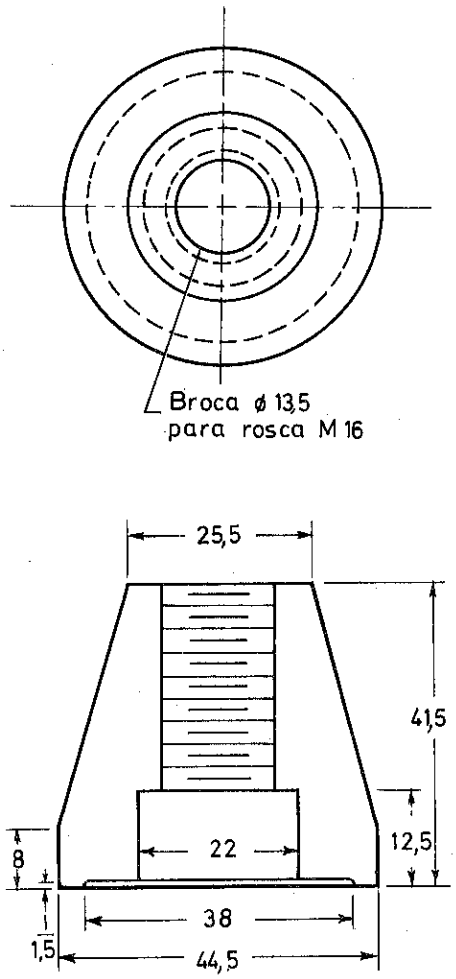


Fig. 8-16. Pieza cónica apta para tornearla utilizando el soporte orientable (cotas en mm).

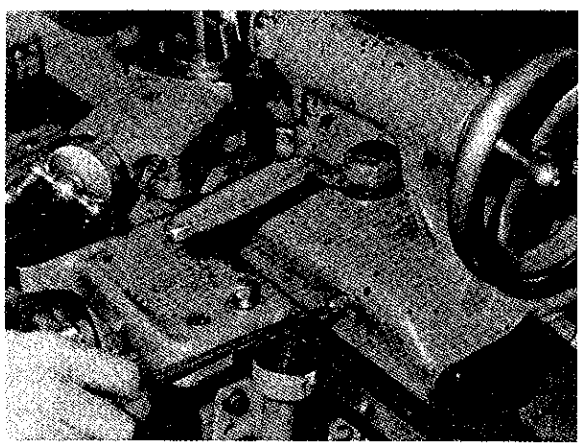


Fig. 8-17. Ajuste de los tornillos del contracabezal para desalinear su punto de centrado.

24. ¿Cómo se determina la magnitud de la desalineación del contracabezal?

Los dos factores necesarios para hallar la magnitud de la desalineación del contracabezal, son:

1. El valor de la conicidad de la parte cónica de la pieza.
2. La longitud total de la pieza.

Las fórmulas son:

a) Desalineación del contracabezal en mm $=$

$$\frac{\text{Longitud total}}{2} \times \frac{1}{x}$$

b) Desalineación del contracabezal en pulgadas $=$

$$\frac{\text{Conicidad por pulgada x Long. total}}{2}$$

La figura 8-18 representa una pieza que puede tornearse descentrando el contracabezal. La magnitud de la desalineación puede determinarse como sigue:

Aplicando la fórmula *a)* y utilizando las cotas en mm:

$$152{,}4/(31{,}75 - 25{,}4) = 152{,}4/6{,}35 = 24 = x$$

Conicidad 1 : 24

$$\text{Desalineación} = (63{,}5 + 152{,}4 + 38{,}1)/(2 \times 24) = 254/48 = 5{,}292 \text{ mm}$$

Aplicando la fórmula *b)* y utilizando las cotas en pulgadas:

$$\text{Conicidad por pulgada} = (1{,}25 - 1)/6 = 0{,}041666$$

$$\text{Desalineación} = (0{,}041666 \times 10)/2 = 0{,}2083''$$

Al tornear un cono aplicando el método de desalineación del contracabezal, la pieza también se encuentra desalineada respecto al eje de los puntos de centrado del torno. Esto causa un desgaste desigual de los agujeros de centrado, el cual puede perjudicar la precisión. La cuchilla debe fijarse exactamente sobre el centro del punto cuando hay que mecanizar conos.

25. ¿Qué es el aparato de tornear cónico?

El torno tiene muchos accesorios, pero uno de los más útiles es el aparato de tornear cónico (fig. 8-19), el cual permite el mecanizado de conos más largos que los que pueden tornearse con el método que utiliza el soporte orientable. Con el

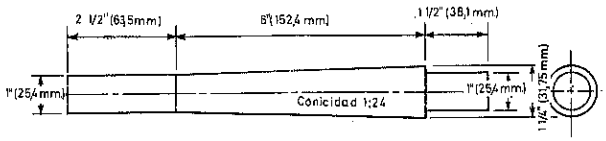


Fig. 8-18. Pieza cónica apta para tornearla con el contracabezal desalineado.

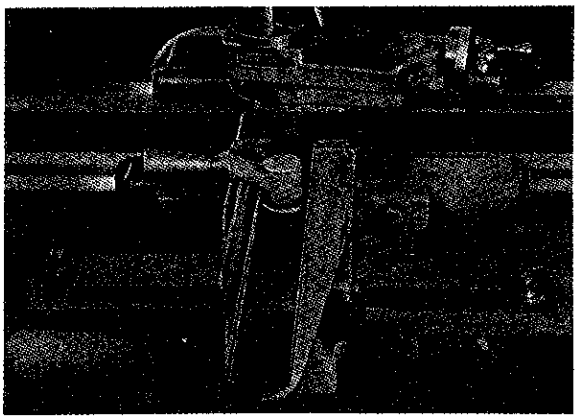


Fig. 8-19. Aparato de tornear cónico.

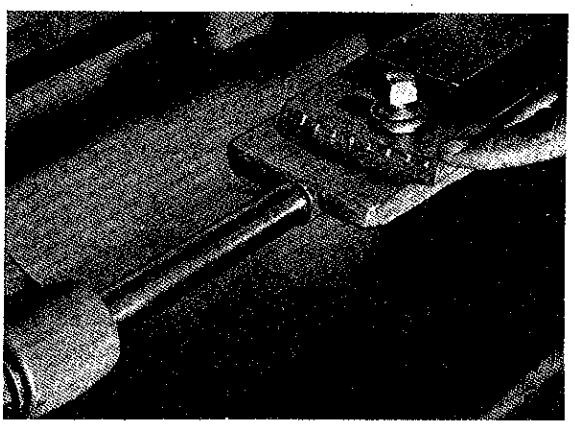


Fig. 8-20. Barra de guía del aparato de tornear cónico mostrando las graduaciones indicadoras de la conicidad.

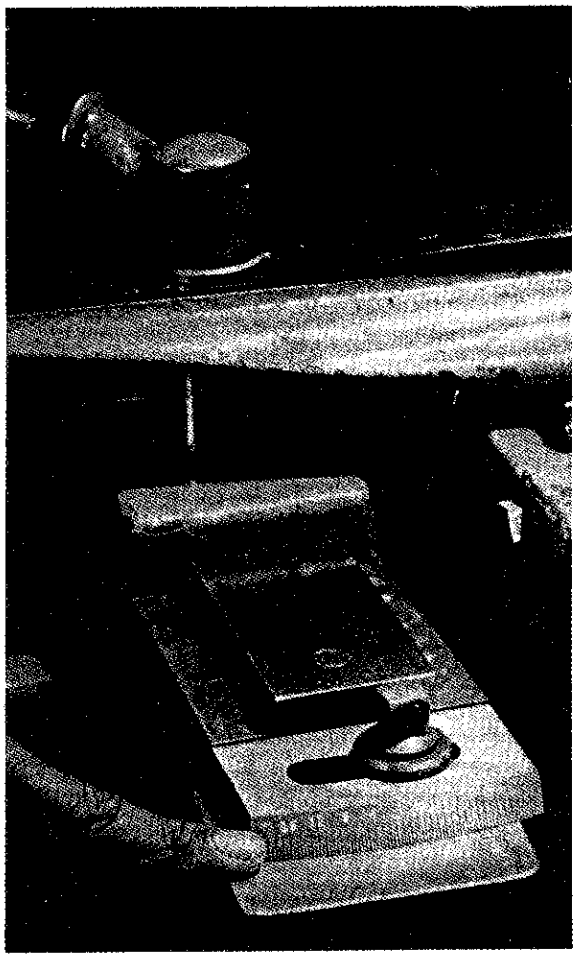


Fig. 8-21. Barra de guía del aparato de tornear cónico mostrando las divisiones en grados del ángulo del cono.



Fig. 8-22. Calibre tapón cónico (Morse Twist Drill & Machine Co.)

aparato de tornear cónico se pueden mecanizar tanto los conos interiores como los exteriores, y las piezas cónicas pueden tornearse entre puntos sin desalineación alguna de éstos. Un extremo de la barra de guía es graduada en coniciadades (fig. 8-20), y el otro, en grados (fig. 8-21). Desconectando el carrillo transversal del tornillo de avance transversal, y fijando dicho carrillo al bloque de guía, la herramienta de corte sigue el ángulo al cual se ha ajustado la barra de guía.

Debe tenerse la precaución de dejar exceso para eliminar cualquier holgura causada por el desgaste, tanto en el tornillo de avance transversal y su tuerca, como en el bloque y barra de guía.

26. ¿Cómo se mide la dimensión de un agujero cónico normal?

Las mediciones importantes de un cono, lo mismo si se trata de un eje que de un agujero, son:

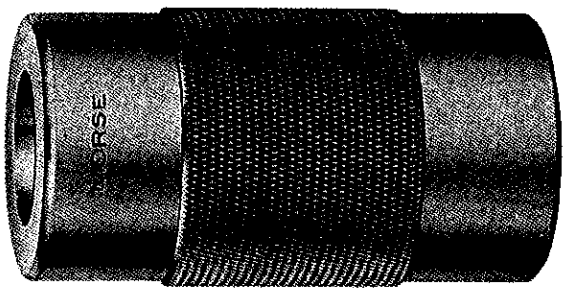


Fig. 8-23. Calibre cónico de anillo (Morse Twist Drill & Machine Co.)

el diámetro en el extremo menor; el diámetro en el extremo mayor, y la distancia *exacta* que separa estos dos diámetros. Es posible medir un agujero cónico mediante un compás de interiores, un micrómetro y una regla. Este método no es satisfactorio cuando el ajuste de las piezas de un acoplamiento cónico determina la efectividad de la fuerza de sujeción. Para una comprobación digna de confianza, de la precisión de un agujero cónico, debe usarse un calibre tapón cónico (fig. 8-22); y para verificar la precisión de un eje cónico, debe utilizarse un calibre cónico de anillo (fig. 8-23). Para comprobar la precisión de un mango cónico se traza en éste longitudinalmente una raya de yeso y luego se inserta en el agujero del calibre cónico de anillo (fig. 8-24). El eje no debe forzarse dentro del agujero, sino que debe calarse sólo lo suficiente para que las paredes establezcan contacto. Una vez esto logrado, el calibre debe hacerse girar en sentido contrario al de las agujas del reloj, pero de modo que el contacto siga manteniéndose. Cuando se saca el mango del agujero del calibre, se ven las zonas en que el yeso ha desaparecido, las cuales son las que más contacto

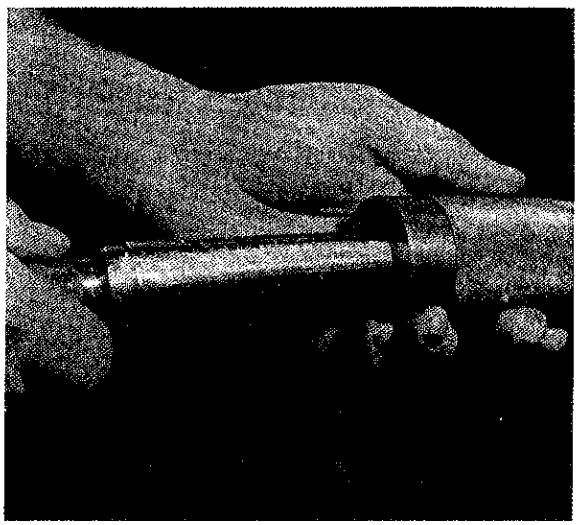


Fig. 8-24. Comprobación de un cono macho por medio de un calibre cónico de anillo.

establecieron y, por tanto, las que requieren un ajuste de la conicidad. Cuando ésta es correcta, la raya de yeso indicará contacto en toda la longitud del calibre. En lugar de yeso, pueden también aplicarse azul de Prusia o grafito. El diámetro de un agujero se comprueba observando cuánto entra el calibre tapón cónico en el mismo; una marca que lleva este calibre indica el diámetro correcto en el extremo mayor del cono.

27. Los agujeros cónicos, ¿se mandrinan todos en el torno?

Muchos agujeros cónicos son acabados en una máquina de rectificar. Los agujeros cónicos pequeños son taladrados a la medida del diámetro menor y después acabados con un escariador cónico (fig. 8-25 y 8-26).

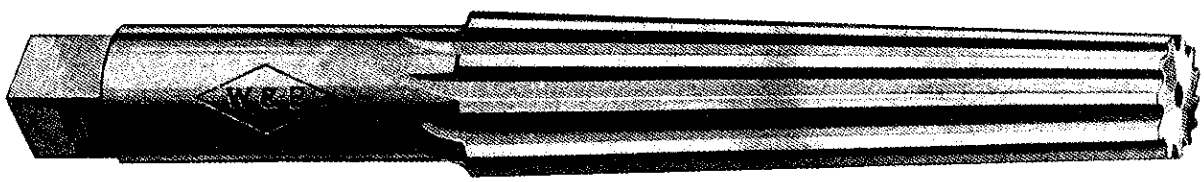


Fig. 8-25. Escariador para conos Morse (Whitman & Barnes).

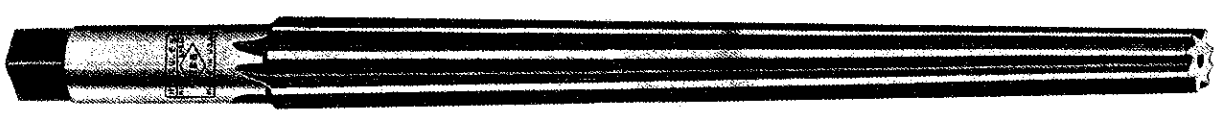


Fig. 8-26. Escariador para agujeros de pasador cónico (Whitman & Barnes).

9. PROCESOS DE ROSCADO

Los tornillos y las roscas se han venido usando durante siglos como medios de unión o de fijación de las piezas metálicas conjuntamente. En tiempos tan remotos como los de la Edad Media, las tuercas y los tornillos ya se empleaban para sujetar entre sí las piezas de las armaduras y de las corazas. La ventaja principal del uso de las roscas estriba en que las piezas pueden montarse y desmontarse sin deteriorarse.

La industria moderna ha desarrollado un sistema de roscas intercambiables normalizadas, el cual hace posible la producción en masa de elementos de fijación roscados y tornillos para la transmisión del movimiento en toda clase de máquinas de precisión. Las roscas se utilizan también como un medio para las mediciones de precisión; el micrómetro, por ejemplo, depende del principio de la rosca para obtener mediciones dentro de diezmilésimas de pulgada, o de medias centésimas de milímetro.

1. Definir un filete de rosca.

Un filete de rosca es un saliente en forma de ribete de sección uniforme y siguiendo una hélice tallada alrededor de la circunferencia de un cilindro y avanzando a lo largo del eje del mismo. Así se obtiene una rosca cilíndrica, pero si el filete se talla alrededor de un cono o de un tronco de cono, se obtiene una rosca cónica.

2. ¿Qué se entiende por roscas exteriores y por roscas interiores?

Rosca exterior es la tallada sobre un árbol; un ejemplo de ella lo es la rosca de un perno de máquina. Rosca interior es la tallada dentro de un agujero; un ejemplo de ella lo es la rosca de una tuerca.

3. Explicar el significado de las roscas a derecha y a izquierda.

Una rosca de mano derecha es la que, después de acoplada con la de su pareja, la cual se mantiene fija, haciéndola girar en el sentido de las agujas del reloj, se mueve separándose del operador. Una rosca de mano izquierda es la que, después de acoplada con la de su pareja, la cual se mantiene fija, haciéndola girar en el sentido de las agujas del reloj, se acerca al operador.

4. ¿Qué se entiende por rosca de un solo filete?

La rosca de un solo filete, o de una entrada, es aquella en que el paso de la hélice, o paso real, es igual al paso entre filetes, o paso ficticio. A veces, el paso real se designa con el nombre de avance.

5. ¿Qué son las roscas múltiples?

Las roscas múltiples son aquellas en que el paso real, o avance, es un múltiplo integral del paso ficticio. Una rosca múltiple que tenga dos entradas o filetes separados, se llama rosca doble; una que tenga tres entradas o filetes separados, se llama rosca triple; y una que tenga cuatro entradas o filetes separados, se llama rosca cuádruple (fig. 9-1).

6. Describir el perfil de rosca "American National"

El perfil de rosca "American National" (fig. 9-2) es el resultado de una consolidación de varios sistemas de roscas previamente conocidos como roscas Sellers, "United States Standard", medidas numeradas ASME para tornillos de máquinas, y roscas SAE. Este perfil de rosca es el más ampliamente usado en la industria americana y ha

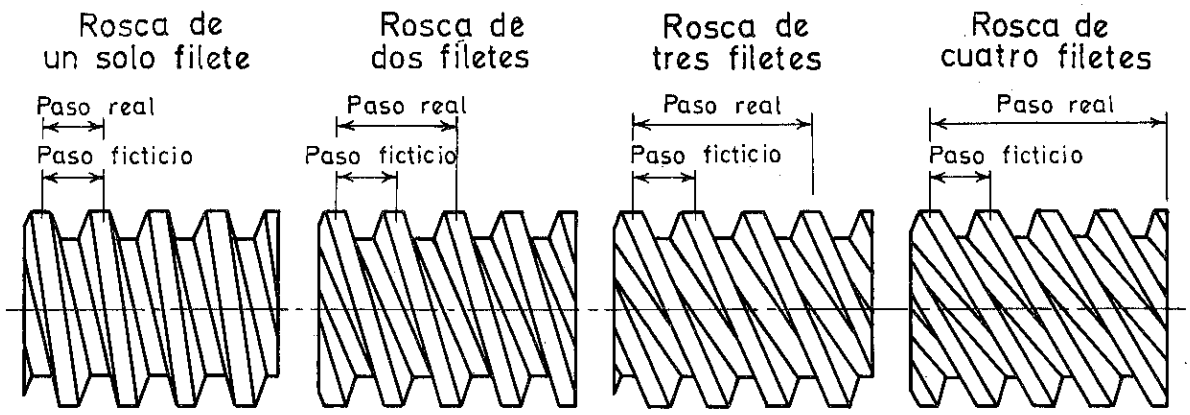


Fig. 9-1. Relación entre el paso real y el paso ficticio en las roscas múltiples.

sido adoptado como normal por la Comisión de Roscas y la Asociación de Normas Americana (ASA). Consiste en combinaciones de la medida y del paso, las cuales se simbolizan con la letra *N*. La figura 9-2 muestra las partes principales de este perfil de rosca.

7. ¿Qué es el perfil de rosca Unificado y Americano?

El tipo más común de rosca utilizado hoy día en los Estados Unidos es el de perfil "American National", del cual hay varias series. De éstas, son extensamente usadas las series de rosca basta y de rosca fina. La rosca Unificada y Americana, que incorpora el perfil "American National", es el resultado de un acuerdo entre Canadá, Estados Unidos y el Reino Unido de la Gran Bretaña (18 de noviembre de 1948) para normalizar las roscas según una base universal. En la figura 9-3 se representa el perfil de esta rosca y se indican las fórmulas para determinar las dimensiones de cada

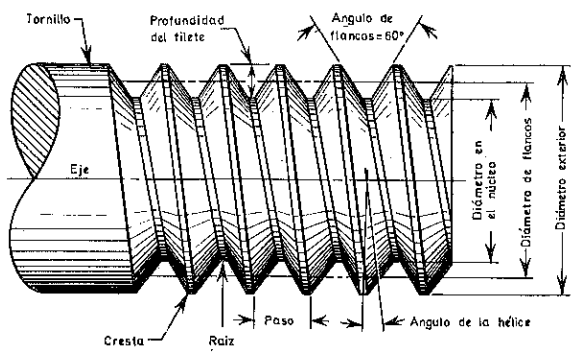


Fig. 9-2. Partes principales del perfil de rosca "American National".

parte del mismo. Y en la figura 9-4 se dan a conocer algunos símbolos generales referente a dicho perfil y sus designaciones.

8. ¿Qué es la rosca métrica?

El sistema internacional de roscas métricas con filete de 60° se emplea, cada vez más extensamente, en Europa, así como en otros países extraeuropeos. Hasta hace relativamente poco tiempo, ha venido conociéndose con la designación de "rosca S.I." (Sistema Internacional). Como puede apreciarse en la figura 9-4 bis, el perfil de la rosca métrica es prácticamente igual al de la rosca Unificada y Americana (UNC); es un triángulo equilátero con crestas achaflanadas y raíces redondeadas. El diámetro nominal es el diámetro exterior de la rosca de tornillo, el cual, del mismo modo que las demás dimensiones, incluido el paso, viene dado en milímetros. Hay cuatro series seleccionadas, siendo la serie 1 la más basta y la serie 4 la más fina; por ejemplo, para una rosca de 36 mm de diámetro (M 36), el paso es: 4 mm en la serie 1; 3 mm en la serie 2; 2 mm en la serie 3, y 1,5 mm en la serie 4. Para la serie 1 no se indica el paso en la designación de la rosca, escribiéndose, por ejemplo, simplemente M 24; para las demás series, el paso se indica a continuación de la medida de la rosca, escribiéndose, por ejemplo, M 16 x 1,5. Se recomiendan las siguientes roscas: Paso basto, desde M 0,3 hasta M 48 de la serie 1; paso medio, serie 1 hasta M 16, y más allá, serie 2; paso fino, serie 4 hasta M 52 x 1,5, y luego, serie 3 empezando por M 56 x 2. Las roscas finas, debido a su menor

profundidad, se emplean especialmente para roscar tubos y husillos huecos.

9. ¿Cuáles son los términos y definiciones de los elementos más comunes de una rosca?

Los términos y definiciones de los elementos más comunes de una rosca, son:

A. Diámetro mayor (también conocido con las denominaciones "diámetro exterior" y "diámetro nominal de la rosca"). Es el diámetro máximo del filete del tornillo o de la tuerca. Cuando se trata de roscas "American National", el término *diámetro mayor* sustituye al término *diámetro exterior* aplicado a los

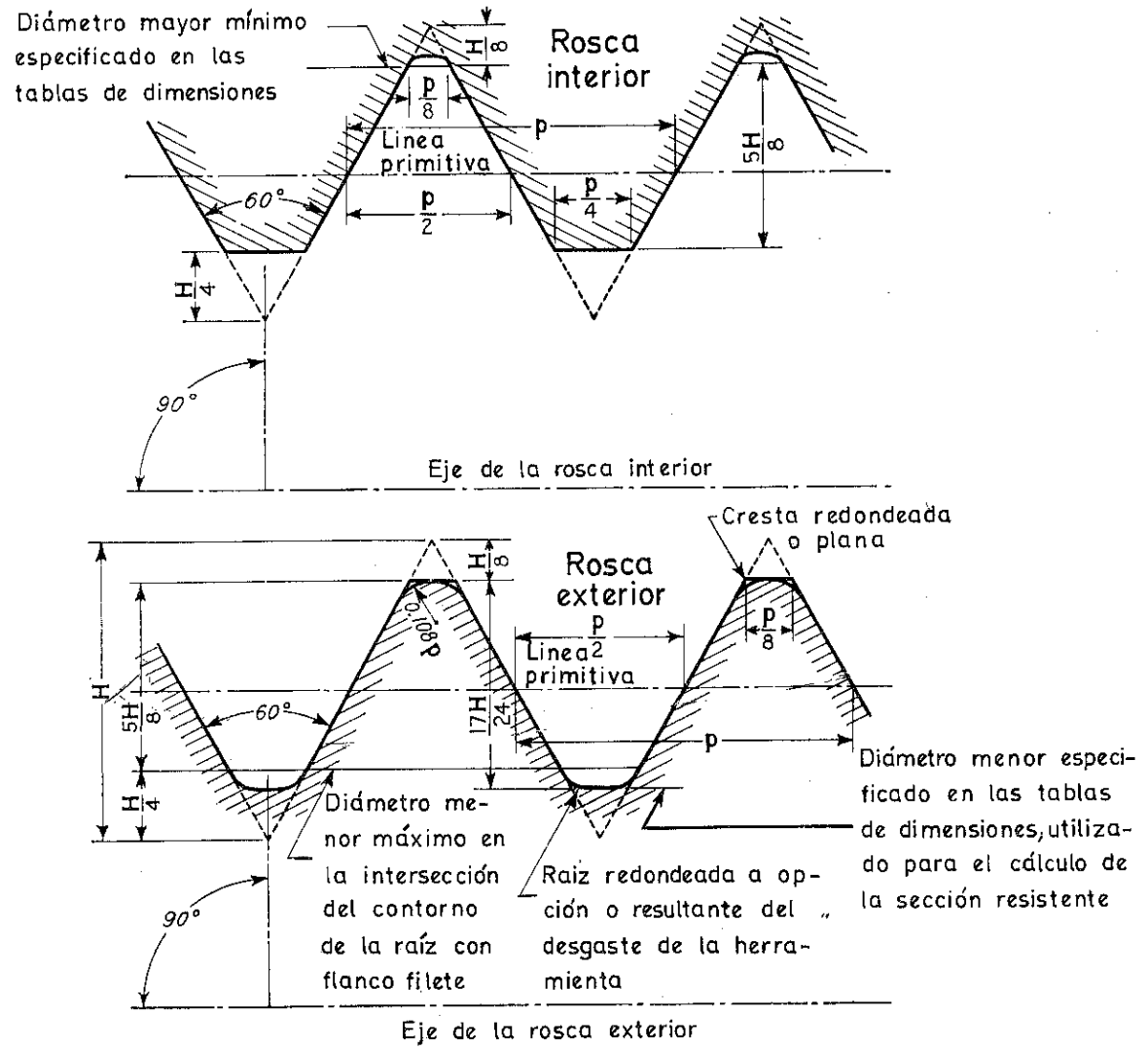


Fig. 9-3. Perfiles y fórmulas de las roscas interior y exterior Unificada y Americana UNC (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, ASME).

α = Mitad del ángulo del perfil
n = Número de filetes por pulgada
p = Paso de la rosca
H = Altura del triángulo equilátero que forma el filete
h_e = Altura de la rosca exterior (tornillo)
h_i = Altura de la rosca interior (tuerca)
D = Diámetro mayor o exterior del tornillo (diámetro nominal)
E = Diámetro de flancos (diámetro primitivo)
K = Diámetro menor (diámetro en el núcleo)
$\alpha = 30°$; $2\alpha = 60°$
$H = 0{,}86603\ p = 0{,}86603/n$
$n = 1/p$; $p = 1/n$
$h_e = 0{,}61343\ p = 0{,}61343 / n = 17\ H/24$
$h_i = 0{,}54127\ p = 0{,}54127/ n = 5\ H/8$
$E = D - 0{,}64952\ p = D - (0{,}64952/n)$
$K_e = D_e - 2\ h_e = D_e - 1{,}22687\ p = D_e - (1{,}22687/n)$
$K_i = D_i - 2\ h_i = D_i - 1{,}08253\ p = D_i - (1{,}08253/n)$

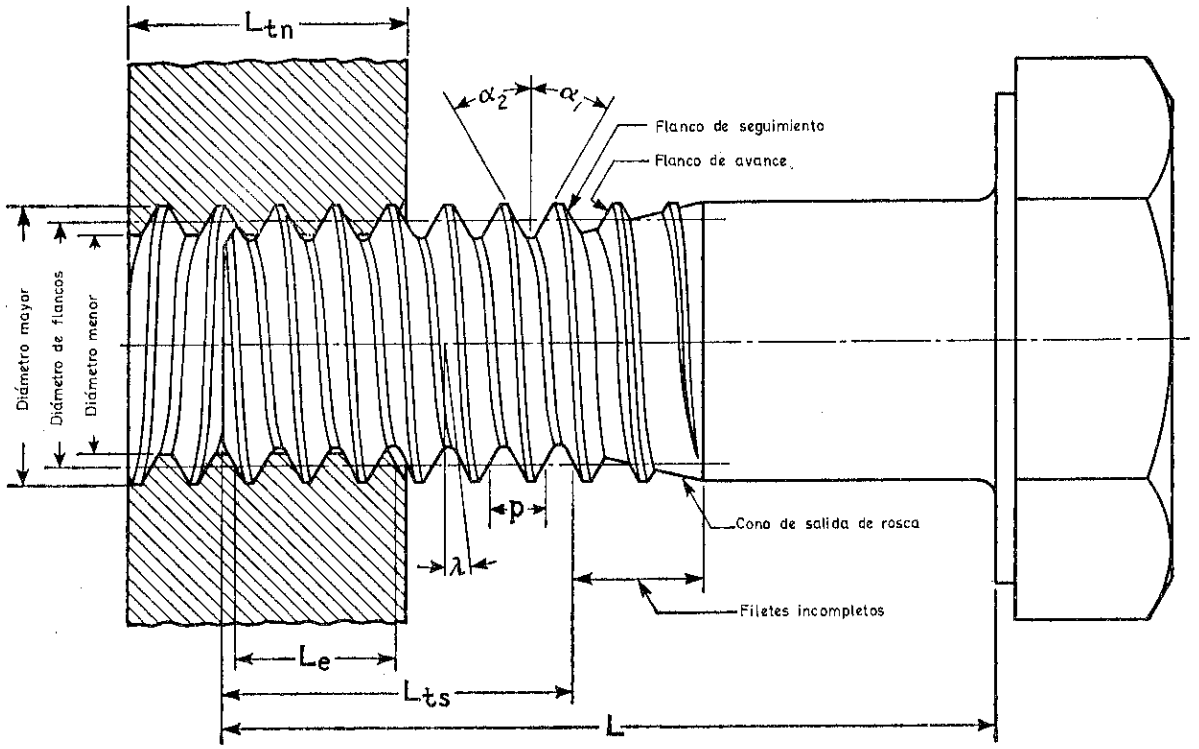


Fig. 9-4. Símbolos generales de las roscas (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, ASME.)

L_i = Longitud de la rosca interior (tuerca)
L_a = Longitud de acoplamiento
L_e = Longitud de la rosca exterior (tornillo)
L = Longitud del tornillo
λ = Angulo de la hélice

tornillos, y también al término *diámetro total* aplicado a las tuercas.

B. *Diámetro menor* (también conocido con las denominaciones de "diámetro interior", "diámetro en el núcleo" y "diámetro de raíz"). Es el diámetro mínimo del filete del tornillo o de la tuerca. El término *diámetro menor* sustituye, cuando se trata de roscas "American National", al término *diámetro en el núcleo* aplicado a los tornillos, y también al término *diámetro interior* aplicado a las tuercas.

C. *Diámetro de flancos,* o bien, *diámetro primitivo.* En una rosca cilíndrica, es el diámetro

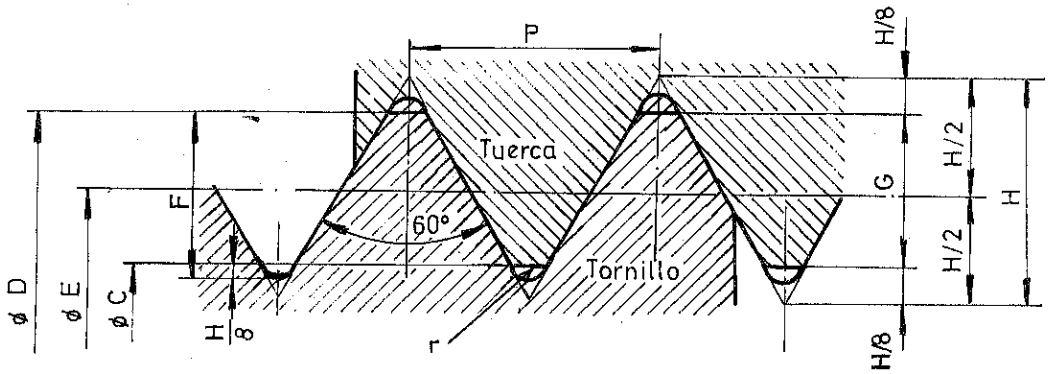


Fig. 9-4 bis. Perfiles y fórmulas de las roscas métricas de tornillo y de tuerca.

p = Paso en mm
H = Altura total (ficticia) del perfil = 0,8660 p
F = Profundidad de la rosca = 0,6495 p
E = Diámetro de flancos = D − F = D − 0,6495 p
C = Diámetro en el núcleo = D − 2F = D − 1,2990 p
G = Altura de contacto = H − H/4 = 0,6525 p
r = Radio de redondeado = H/8 = 0,1082 p

de un cilindro imaginario cuya superficie corta los filetes en puntos tales que resulten iguales el ancho de los mismos y el de los huecos cortados por la superficie de dicho cilindro. En una rosca cónica, es el diámetro sobre un cono imaginario medido a una distancia dada desde un plano de referencia perpendicular al eje; la superficie del cono imaginario corta los filetes en puntos tales que resulten iguales el ancho de los mismos y el de los huecos cortados por la misma superficie.

D. *Paso.* Es la distancia desde un punto de un filete al punto correspondiente del filete siguiente, medida paralelamente al eje. Puede darse en milímetros, en pulgadas o en función del número de filetes por pulgada, de acuerdo con las siguientes relaciones:

Paso en pulgadas =
= 1/número de filetes por pulgada
Paso en mm = 25,4/número de filetes por pulgada

E. *Avance.* Es la distancia que avanza axialmente un filete en una vuelta. En roscas de un solo filete, o de una entrada, el avance es igual al paso; en roscas de filete doble, o de dos entradas, el avance, que es el paso real, es igual al doble del paso, que viene a ser un paso ficticio; en roscas de filete triple, o de tres entradas, el avance es igual a tres veces el paso; etc.

F. *Angulo del filete.* Es el ángulo formado por los flancos del filete, medido en un plano axial.

G. *Angulo de la hélice.* Es el ángulo formado por la hélice del filete, en el diámetro primitivo, con un plano perpendicular al eje.

H. *Cresta.* Es la pequeña superficie superior del filete que une los dos flancos del mismo.

I. *Raíz.* Es la superficie del fondo que une los flancos de los filetes adyacentes.

J. *Flanco.* Es la superficie del filete que une la cresta con la raíz.

K. *Eje de una rosca.* Es el del cilindro o cono en que se ha tallado la rosca.

L. *Base del filete.* Es la sección inferior del filete, o sea, la mayor sección entre dos raíces adyacentes.

M. *Profundidad de la rosca.* Es la distancia entre la cresta y la base del filete, medida normalmente al eje.

N. *Número de filetes.* Es el número de filetes en una longitud determinada, que casi siempre es una pulgada.

O. *Longitud de acoplamiento.* Es la longitud de contacto entre dos piezas acopladas por rosca, medida axialmente.

P. *Altura de contacto.* Es la altura de contacto entre filetes de dos piezas acopladas, medida radialmente.

Q. *Línea primitiva* o *línea de flancos.* Es una generatriz del cilindro o cono imaginarios especificados en la definición *C*.

R. *Espesor del filete.* Es la distancia entre los flancos adyacentes del filete, medida a lo largo o paralelamente a la línea primitiva.

S. *Discrepancia.* Es una diferencia prescrita intencionadamente en las dimensiones de las piezas acopladas, la cual no permite que se rebasen ni la holgura mínima ni la interferencia máxima que convienen al acoplamiento. Representa la condición de un ajuste con el apriete máximo admisible, o el de uno que conduce al huelgo máximo admisible, es decir, el que produce la mayor pieza de rosca interior con la menor pieza de rosca exterior. Los dos ejemplos siguientes ilustran sobre lo que se acaba de exponer.

Ejemplo 1. Rosca métrica M 12, calidad media (ajuste holgado):

Mín. diámetro de flancos de la tuerca	10,863 mm
Máx. diámetro de flancos del tornillo	10,863 mm
Juego mínimo (sin discrepancia)	0,000 mm
Máx. diámetro de flancos de la tuerca	11,023 mm
Mín. diámetro de flancos del tornillo	10,703 mm
Juego máximo (discrepancia positiva)	0,320 mm

Ejemplo 2. Rosca basta "American National" de 1/2", clases 3A y 3B (ajuste apretado):

Mín. diámetro de flancos de la tuerca	0,4500"
Máx. diámetro de flancos del tornillo	0,4504"
Apriete (discrepancia negativa)	0,0004" (0,01 mm)

T. *Tolerancia.* Es la magnitud de la variación permitida en la medida de una pieza.

Y si se tratara de una rosca cuadrada interior de 2" y cuatro filetes por pulgada, el diámetro a barrenar sería

$$2 - 2\left(\frac{0{,}500}{4}\right) = 2 - 0{,}250 = 1{,}750''$$

14. ¿Qué es una rosca trapecial?

La rosca trapecial es una modificación de la rosca cuadrada, prefiriéndose a ésta en muchas aplicaciones porque es bastante más fácil de mecanizar. La rosca trapecial americana, llamada *rosca Acme,* tiene un ángulo de filete de 29° (fig. 9-6) y es extensamente utilizada para tornillos de

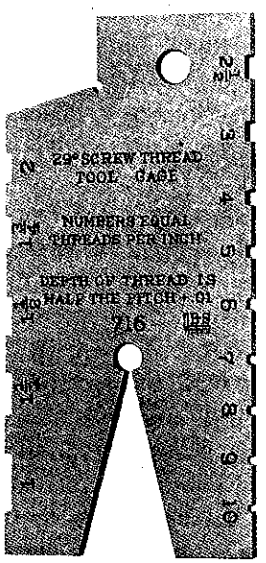


Fig. 9-7. Galga para roscas Acme (Brown & Sharpe Mfg, Co.)

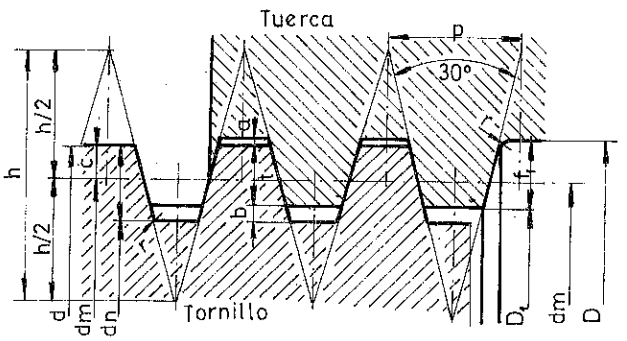


Fig. 9-7 bis. Perfil y dimensiones de la rosca trapecial de 30°.

$h = 1{,}866\ p$
$f = 0{,}5\ p + a$ $\qquad t = 0{,}5\ p + a - b$
$f_1 = 0{,}5\ p + 2a - b$ $\qquad c = 0{,}25\ p$

avance de las máquinas herramienta. En el afilado de la herramienta de corte y también para ajustar ésta perpendicularmente a la pieza, se emplea una galga de rosca Acme (fig. 9-7); las muescas que presenta la galga en sus cantos sirven para comprobar el ancho correcto de la punta de la cuchilla de acuerdo con el número de filetes por pulgada especificado para esta rosca.

En Europa, la rosca cuadrada ha sido abandonada casi por completo, para ser sustituida por la rosca de perfil trapecial con ángulo de filete de 30° (fig. 9-7 bis). Cuando esta rosca se emplea como órgano de transmisión de fuerza, debe redondearse el perfil en el núcleo del tornillo con un radio de 0,25 mm para pasos hasta 12 mm, y de 0,5 mm para pasos desde 14 mm en adelante. Las roscas trapeciales de doble, triple o más entradas o filetes, tienen pasos respectivamente dobles, triples, etc., aúnque el perfil es el mismo de la rosca de un solo filete. En lo que atañe a la calidad, hay tres grados normalizados: la calidad basta, la calidad media y la calidad fina; el grado más usado es el correspondiente a la calidad media. Las relaciones entre diámetros (ver fig. 9-7 bis) son las siguientes:

Diámetro exterior del tornillo $= d$
Diámetro en el núcleo del tornillo $= d_n = d - 2f$
Diámetro mayor de la tuerca $= D = d + 2a$
Diámetro menor de la tuerca $= D_1 = d - 2(f_1 - a)$
Diámetro de flancos de tornillo y tuerca $= dm =$
$= d - 0{,}5\,p$

El juego a es de 0,25 mm cuando el paso es inferior a 14 mm, y de 0,5 mm para pasos de 14 mm y mayores. El juego b es de 0,5 mm para pasos hasta 4 mm, de 0,75 mm para pasos desde 5 hasta 12 mm, y de 1,5 mm para pasos mayores de 12 mm.

15. ¿Cuál es el diámetro del agujero a barrenar antes de tallar una rosca Acme interior?

El diámetro del agujero a barrenar es igual al diámetro mayor de la rosca requerida menos el doble de la profundidad del filete. Suponiendo que se trata de una rosca de 2 1/2" y tres filetes por pulgada, resulta

$$2{,}5 - 2\left(\frac{0{,}500}{3}\right) = 2{,}5 - 0{,}3333 =$$
$$= 2{,}1667''\ (55{,}034\ \text{mm})$$

16. ¿Qué es la rosca de tornillo sin fin Brown & Sharpe?

La rosca de tornillo sin fin Brown & Sharpe (fig. 9-6) es otra modificación de la rosca cuadrada. Su perfil es similar al de la rosca Acme, pero es más profunda. La galga circular de la figura 9-8 se emplea para afilar la herramienta de corte según el perfil y medida requeridos. La galga angular sirve para situar la herramienta de modo que quede perpendicular a la pieza.

17. ¿Cómo se calcula el diámetro menor de una rosca de tornillo sin fin Brown & Sharpe?

El diámetro menor del filete es igual al diámetro mayor menos el doble de la profundidad del mismo filete. En el supuesto de que se trate de una rosca de 3" con dos filetes por pulgada, se tiene

$$3 - 2\left(\frac{0{,}6866}{2}\right) = 3 - 0{,}6866 = 2{,}3134'' \ (58{,}760 \text{ mm})$$

18. ¿Qué es una rosca de diente de sierra?

En Estados Unidos existe una rosca del tipo de diente de sierra, llamada rosca "buttress" (de estribo), la cual se talla con un flanco perpendicular al eje y el otro inclinado, como en la figura 9-6. Se emplea cuando el filete requiere una gran resistencia en un sentido, como en ciertos tipos de tornillos y pernos, gatos, culatas de cañón, husillos de prensa, etc.

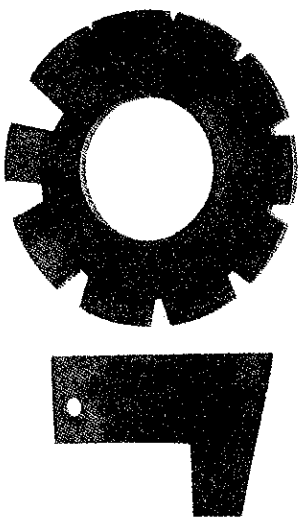


Fig. 9-8. Galga para perfiles de rosca de tornillo sin fin Brown & Sharpe y galga para situar la herramienta destinada a tallar dicha rosca (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

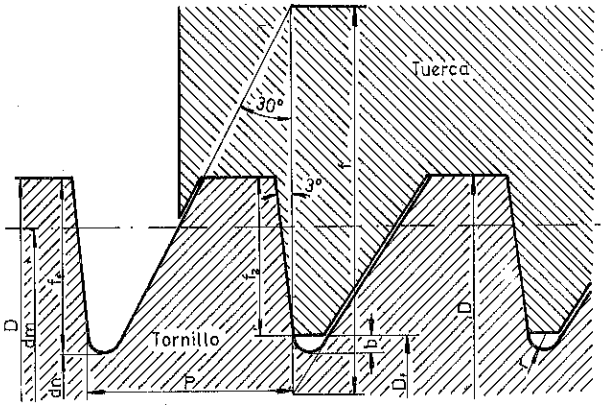


Fig. 9-8 bis. Perfil y dimensiones de la rosca de diente de sierra.

$f = 1{,}73205\ p$ $\quad b = 0{,}11777\ p$
$f_1 = f_2 + b$ $\quad r = 0{,}12427\ p$
$f_2 = 0{,}75\ p$

En Europa, la rosca de diente de sierra se fabrica en los mismos diámetros que la rosca trapecial, Como puede verse en la figura 9-8 bis, la cara de apoyo del filete tiene una inclinación de 3° respecto al plano normal al eje, formando el flanco opuesto un ángulo de 30° con este mismo plano. Las roscas de dos, tres o más filetes tienen un paso doble, triple, etc., con un perfil de rosca igual al de las roscas de un solo filete. Las roscas finas concuerdan, en los pasos y en los respectivos campos de diámetros, con las roscas finas trapeciales; análogamente, las roscas bastas concuerdan con las bastas trapeciales. El ajuste aplicado al diámetro nominal de la rosca de diente de sierra, que es común, o sea, el mismo para el tornillo y para la tuerca, es H10/h9. Las relaciones entre diámetros (ver fig. 9-8 bis) son las siguientes:

Diámetro exterior del tornillo =
$= $ Diámetro mayor de la tuerca $= D$
Diámetro en el núcleo del tornillo $= d_n = D - 2f_1$
Diámetro menor de la tuerca $= D_1 = D - 2f_2$
Diámetro de flancos de tornillo y tuerca =
$= d_m = D - 0{,}68191\ p$

19. ¿Cómo se especifican las roscas en los dibujos?

Las especificaciones referentes a una rosca se dan, en el dibujo, en una forma definida y abreviada. Por ejemplo, tratándose de una rosca americana, las especificaciones pueden ser 1/2-13NC-

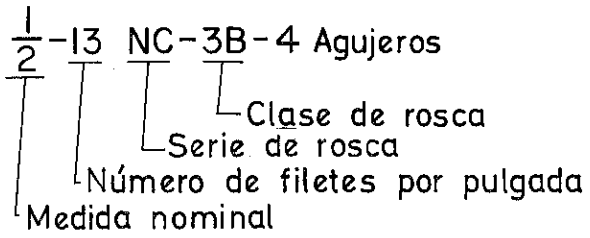


Fig. 9-9. Especificación de una rosca "American National" en un dibujo.

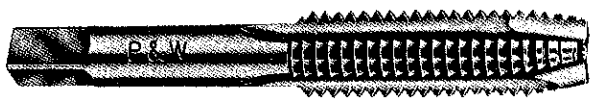


Fig. 9-10. Macho de roscar a mano (Pratt & Whitney Co.)

3B-4 agujeros. El operario que lee estas especificaciones queda informado de que el diámetro mayor de la rosca es 1/2", el número de filetes por pulgada es 13, el tipo de perfil es el "American National", de que es una rosca de la serie basta normal con ajuste de la clase 3 en la galga correspondiente a esta rosca; el símbolo B señala una rosca interior, requiriéndose cuatro agujeros (fig. 9-9).

Otro ejemplo puede serlo el relativo a una rosca fina métrica de 30 mm de diámetro y paso 1,5, calidad media. En tal caso, la especificación es simplemente M 30 x 1,5. Pero si dicha rosca ha de ser de calidad fina o basta, se añade una *f* o una *b;* entonces, se indica M 30 x 1,5 *f*, o M 30 x 1,5 *b*. En el caso de que la rosca fuese de dos entradas y a izquierda, la especificación completa sería M 30 x 1,5 (izq.- 2 ent.) *b*; y si son varios los agujeros que hay que roscar, el número de ellos se indica al principio de cualquiera de las especificaciones pertinentes, por ejemplo, 6 aguj. M 30x1,5.

20. ¿Qué información se requiere en el plano con relación a las roscas cuadrada, Acme o trapecial, Brown & Sharpe y de diente de sierra?

Las especificaciones para todas estas roscas deben incluir: 1) el diámetro mayor; 2) el paso, o el número de filetes por pulgada, y 3) la clase de rosca. Por ejemplo, Rosca Acme 1 1/2 — 3; o bien, si se trata de una rosca trapecial de 48 mm de diámetro exterior y 8 mm de paso, Tr 48 x 8.

21. Citar algunos de los métodos de producción de roscas.

Las roscas pueden producirse: 1) a mano con machos o terrajas; 2) en el torno con herramientas de corte especialmente perfiladas; 3) en máquinas especiales utilizando fresas giratorias; 4) por laminado en máquinas especiales, utilizando matrices; y 5) en máquinas rectificadoras de roscas.

22. ¿Qué es un macho de roscar?

Es una barra de acero cilíndrica con filetes formados alrededor de ella y estrías o ranuras practicadas a lo largo de la misma, las cuales, al interseccionar con los filetes, forman las aristas cortantes (fig. 9-10). Se utiliza para tallar roscas interiores. La figura 9-11 muestra las partes principales de un macho de roscar.

23. ¿En qué consiste un juego de machos de roscar?

El juego de machos (fig. 9-12) comprende tres machos de roscar cuyos nombres son: de desbas-

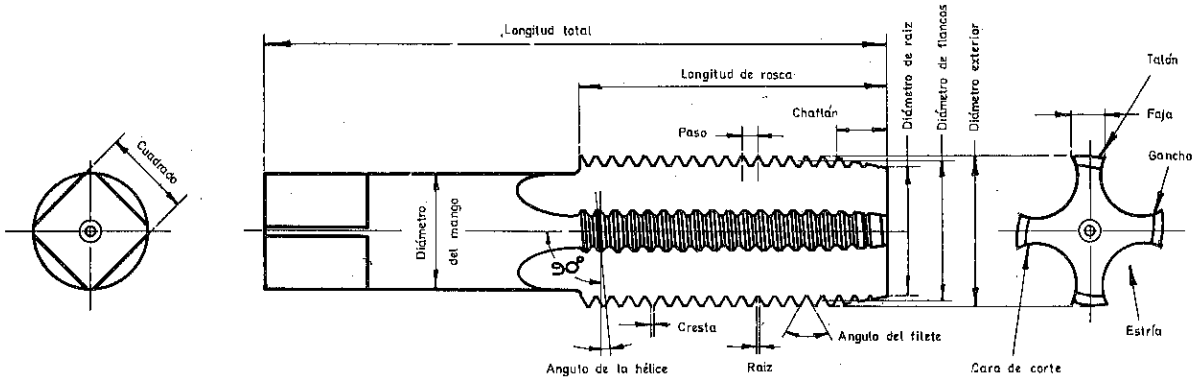


Fig. 9-11. Partes principales de un macho de roscar (Morse Twist Drill & Machine Co.)

te o primera pasada, intermedio o de segunda pasada, y final o de acabado. A veces, el juego es de sólo dos piezas; el macho inicial o previo y el macho de acabado. Con el macho de desbaste se inicia el tallado de los filetes de la rosca, y si el agujero es pasante (abierto por los dos extremos), no hace falta ningún otro macho. Si el agujero es ciego, después del macho de desbaste se emplea un macho intermedio para completar el tallado de la rosca cerca del fondo del agujero; cuando se requiere que los filetes en el fondo de un agujero queden totalmente tallados, se usa el macho de acabado.

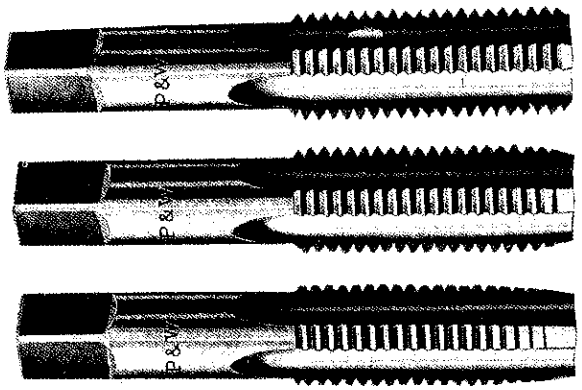


Fig. 9-12. Juego de machos de roscar a mano normales (Pratt & Whitney Co.)

24. ¿Qué es un macho de vástago largo?

Es un macho mucho más largo que el macho ordinario (fig. 9-13). Se emplea para tallar roscas en agujeros profundos y para roscar tuercas a máquina.

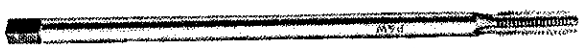


Fig. 9-13. Macho de roscar con mango alargado (Pratt & Whitney Co.)

25. ¿Qué es un juego escalonado de machos de roscar?

Los juegos de machos escalonados (fig. 9-14) están constituidos por tres piezas cualquiera que sea la medida del macho. Cada uno de los machos del juego va numerado con las cifras 1, 2 y 3, respectivamente; para distinguirlos, tienen marcadas cerca del cuadrado del mango las correspondientes ranuras circulares, o sea, una para el primero, dos para el segundo y tres para el tercero. El macho número 1 es el que tiene los diámetros exterior y de flancos más reducidos, utilizándose para el tallado en desbaste de la rosca. El macho número 2 talla una rosca ligeramente más profunda, mientras que el macho número 3 acaba la rosca a medida. El juego escalonado de machos se usa para roscar a mano metales blandos. Estos machos se fabrican en las mismas medidas que los otros machos de roscar a mano.

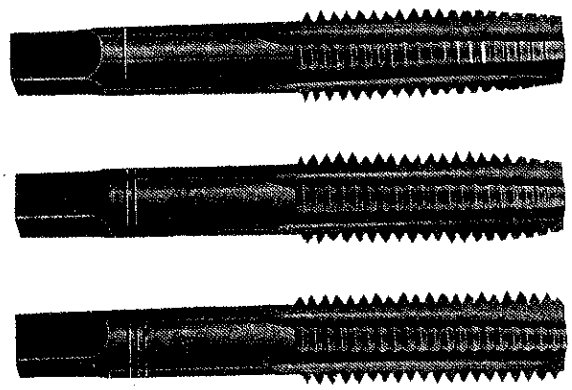


Fig. 9-14. Juego escalonado de machos de roscar (Greenfield Tap & Die Corp.)

26. ¿Qué son los machos de roscar a máquina?

Los machos de roscar a máquina (fig. 9-15) son más pequeños y suelen tener un vástago más largo que los machos de roscar a mano; se construyen de material templado, ya sea como machos únicos, ya como juegos de dos piezas. Se usan mucho para medidas por debajo de 1/4" (6,5 mm), ya que las roscas de esta serie se obtienen más fácilmente que las de medidas en fracciones

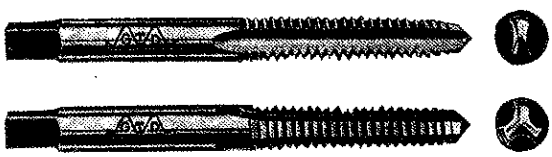
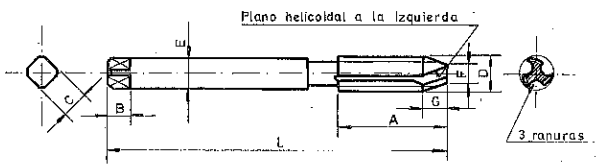


Fig. 9-15. Machos de roscar a máquina, de 2 y 3 ranuras (Greenfield Tap & Die Corp.

de pulgada. Los tamaños más comúnmente utilizados van desde el número 0, de 0,06" (1,5 mm) de diámetro, hasta el número 12, de 0,216" (5,5 mm) de diámetro; el tamaño número 14, de 0,242" (6,15 mm) de diámetro, no se usa mucho porque se acerca demasiado al tamaño de 1/4"

Medida nominal	Filetes por pulgada		Diámetro mayor
	Roscas NC y UNC	Roscas NF y UNF	
0		80	0,060
1	64	72	0,073
2	56	64	0,086
3	48	56	0,099
4	40	48	0,112
5	40	44	0,125
6	32	40	0,138
8	32	36	0,164
10	24	32	0,190
12	24	28	0,216
14	20	24	0,242

Fig. 9-16. Dimensiones, en pulgadas, de los machos de roscar a máquina más comúnmente usados en el tallado de roscas americanas.



D	Paso	L	A	B	C	E	F	G
M 3	0,5	56	16	5	2,4	2,2	2,4	4
M 4	0,7	63	18	6	3	2,8	3,2	
M 5	0,8	70	20	7	3,8	3,5	4	
M 6	1	80	22	8	4,9	4,5	4,8	
M 8	1,25	90	25	9	6,2	6	6,5	5
M 10	1,5	100	28	11	8	7	8,1	6
M 12	1,75	110	30	12	9	9	9,8	7
M 16	2	110	32	15	12	12	13,5	8
M 20	2,5	140	40	19	16	16	16,8	10
M 24	3	160	50	21	18	18	20,2	12
M 30	3,5	180	56	27	24	22	25,5	14

Fig. 9-16 bis. Dimensiones, en milímetros, de los machos de roscar a máquina más comúnmente usados en el tallado de roscas métricas en agujeros pasantes.

(6,35 mm) de diámetro (fig. 9-16). En la figura 9-16 bis se dan las dimensiones en milímetros de los machos pasantes de roscar a máquina, con mango reforzado, más comúnmente utilizados para el tallado de roscas métricas.

27. ¿Cómo puede calcularse el diámetro mayor de un macho de roscar a máquina, o de una rosca, cuando el tamaño del macho viene indicado en números?

Cuando el tamaño del macho viene indicado en números, como en la figura 9-16, el diámetro mayor del macho de roscar a máquina, o de la rosca correspondiente, puede calcularse multiplicando el número del macho o rosca por 0,013" y añadiendo 0,060", o sea:

Diámetro mayor =

= No. de la rosca x 0,013 " + 0,060"

Esto es cierto porque el diámetro mayor de un macho no. 0 es igual a 0,060", y el correspondiente a cada uno de los machos sucesivos va aumentando en 0,013". Así, utilizando la fórmula anterior, es fácil calcular el diámetro mayor básico.

Para los machos a que se refiere la figura 9-16 bis no hace falta aplicar fórmula alguna, pues ya se ve que el tamaño de cada uno viene especificado por la medida o diámetro mayor de la rosca correspondiente.

28. ¿Qué es un macho de punta en espiral?

Es un macho de roscar (fig. 9-17) muy eficiente para obtener una producción importante en el roscado a máquina. Los filos tienen una forma adecuada para proporcionar un ángulo de desprendimiento que mejora la acción cortante, lo que permite tallar el metal de un modo más fácil y más suave. Las virutas son obligadas a salir hacia fuera del macho, evitando que se acumulen en las estrías. Este tipo de macho de roscar se usa generalmente en agujeros pasantes, pero puede utilizarse también en el roscado de agujeros ciegos cuando estos son suficientemente profundos para dejar espacio a las virutas. Por otra parte, estos machos pueden trabajar a velocidades altas, ya que requieren menos fuerza que los machos ordinarios de roscar a mano.



Fig. 9-17. Macho de punta en espiral (Greenfield Tap & Die Corp.)



Fig. 9-18. Macho para tuercas (Greenfield Tap & Die Corp.)



Fig. 9-19. Macho para roscar en serie, de mango recto (Greenfield Tap & Die Corp.)



Fig. 9-20. Macho para roscar en serie, de mango curvado (Greenfield Tap & Die Corp.)

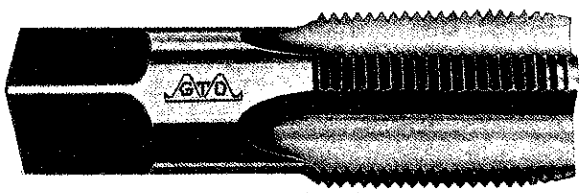


Fig. 9-21. Macho cilíndrico para tubo (Greenfield Tap & Die Corp.)

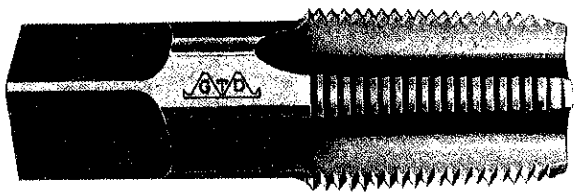


Fig. 9-22. Macho cónico para tubo (Greenfield Tap & Die Corp.)

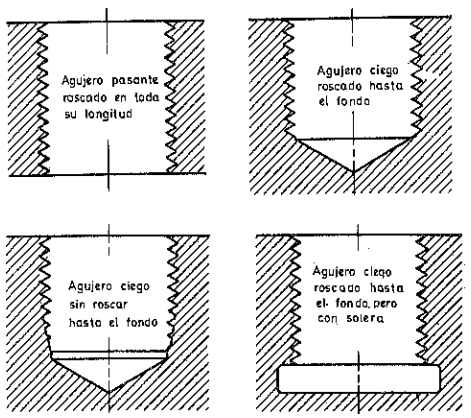


Fig. 9-23. Tipos de agujeros roscados (Greenfield Tap & Die Corp.)

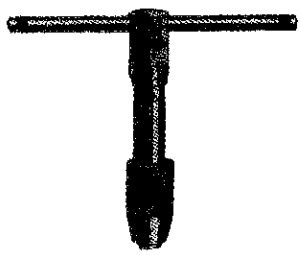


Fig. 9-24. Giramachos en T (Greenfield Tap & Die Corp.)

29. ¿Qué son los machos para tuercas?

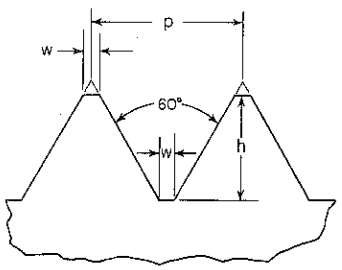
Son machos (fig. 9-18) accionados mecánicamente que se usan en las máquinas para roscar tuercas o en las taladradoras. Tienen un largo chaflán para evitar sobrecargas en los extremos de los dientes, y una pequeña punta o un diámetro final reducido sirve de ayuda en el inicio del roscado. El diámetro del mango es menor que el diámetro menor de la tuerca, ya que, a medida que quedan roscadas, las tuercas van deslizándose hacia arriba sobre dicho mango; cuando éste está lleno, es necesario sacarlo de la máquina para vaciar las tuercas.

30. ¿Qué son los machos para el roscado en serie?

Estos machos tienen mangos más largos y longitudes fileteadas más cortas que los machos para



Fig. 9-25. Giramachos ajustable (Greenfield Tap & Die Corp.)



p (paso) = 1"/no. de filetes por pulgada

n = número de filetes por pulgada

h (profundidad) = paso x 0,649519 = 0,649510/n

w (ancho de cresta) = paso/8

MEDIDAS DADAS CON NUMEROS

Medida nominal	Diámetro exterior, pulg.	Diámetro flancos, pulg.	Diámetro de raíz, pulg.	Medida broca, pulg.	Equivalente decimal medida broca, pulg.	Medida nominal	Diámetro exterior, pulg.	Diámetro flancos, pulg.	Diámetro de raíz, pulg.	Medida broca, pulg.	Equivalente decimal medida broca, pulg.
†0–80	0,0800	0,0519	0,0438	3/64	0,0469	†10–24	0,1900	0,1629	0,1359	25	0,1495
†1–56	0,0730	0,0614	0,0498	54	0,0550	28	0,1900	0,1668	0,1436	23	0,1540
64	0,0730	0,0629	0,0527	53	0,0595	30	0,1900	0,1684	0,1467	22	0,1570
72	0,0730	0,0640	0,0550	53	0,0595	32	0,1900	0,1697	0,1494	21	0,1590
†2–56	0,0860	0,0744	0,0628	50	0,0700	†12–24	0,2160	0,1889	0,1619	16	0,1770
64	0,0860	0,0759	0,0657	50	0,0700	28	0,2160	0,1928	0,1696	14	0,1820
†3–48	0,0990	0,0855	0,0719	47	0,0785	32	0,2160	0,1957	0,1754	13	0,1850
56	0,0990	0,0874	0,0758	45	0,0820	†14–20	0,2420	0,2095	0,1770	10	0,1935
†4–32	0,1120	0,0917	0,0714	45	0,0820	24	0,2420	0,2149	0,1879	7	0,2010
36	0,1120	0,0940	0,0759	44	0,0860	†16–18	0,2680	0,2319	0,1958	3	0,2130
40	0,1120	0,0958	0,0795	43	0,0890	20	0,2680	0,2355	0,2030	7/32	0,2187
48	0,1120	0,0985	0,0849	42	0,0935	22	0,2680	0,2385	0,2090	2	0,2210
†5–36	0,1250	0,1070	0,0899	40	0,0980	†18–18	0,2940	0,2579	0,2218	B	0,2380
40	0,1250	0,1088	0,0925	38	0,1015	20	0,2940	0,2615	0,2290	D	0,2460
44	0,1250	0,1102	0,0955	37	0,1040	†20–16	0,3200	0,2794	0,2388	G	0,2610
†6–32	0,1380	0,1177	0,0974	36	0,1065	18	0,3200	0,2839	0,2478	17/64	0,2656
36	0,1380	0,1200	0,1019	34	0,1110	20	0,3200	0,2875	0,2550	I	0,2720
40	0,1380	0,1218	0,1055	33	0,1130	22–16	0,3460	0,3054	0,2648	9/32	0,2812
†7–30	0,1510	0,1294	0,1077	31	0,1200	18	0,3460	0,3099	0,2738	L	0,2900
32	0,1510	0,1307	0,1104	31	0,1200	†24–16	0,3720	0,3314	0,2908	5/16	0,3125
36	0,1510	0,1330	0,1149	1/8	0,1250	18	0,3720	0,3359	0,2998	O	0,3160
†8–30	0,1640	0,1423	0,1207	30	0,1285	26–14	0,3980	0,3516	0,3052	21/64	0,3281
32	0,1640	0,1437	0,1234	29	0,1360	16	0,3980	0,3574	0,3168	R	0,3390
36	0,1640	0,1460	0,1279	29	0,1360	28–14	0,4240	0,3776	0,3312	T	0,3580
40	0,1640	0,1478	0,1315	28	0,1405	16	0,4240	0,3834	0,3428	23/64	0,3594
†9–24	0,1770	0,1499	0,1229	29	0,1360	30–14	0,4500	0,4036	0,3572	V	0,3770
30	0,1770	0,1553	0,1337	27	0,1440	16	0,4500	0,4094	0,3688	25/64	0,3906
32	0,1770	0,1567	0,1364	26	0,1470						

Fig. 9-26. Tamaños de broca para roscar agujeros con rosca "American National" (continúa en la pág. siguiente).

tuercas. Se fabrican con mangos rectos o curvados (figs. 9-19 y 9-20) y se emplean en las máquinas de roscar automáticas y de gran producción.

31. ¿Qué son los machos cilíndricos y cónicos para tubo?

Los machos cilíndricos y cónicos para tubo (figs. 9-21 y 9-22) se usan para roscar accesorios de tuberías. El macho cónico tiene una conicidad de 3/4" por pie (conicidad 1:16), la cual proporciona una junta estanca. El macho para tubo cilíndrico se emplea para elementos de fijación tales como tuercas de seguridad y acoplamientos que deben unirse con piezas roscadas cónicas.

32. ¿Qué se entiende por grado de un macho de roscar?

Hay dos grados de machos de roscar: el de filete tallado y el de filete rectificado. Los machos de filete tallado se fabrican, por lo general, de acero al carbono y son fileteados antes del temple; tienen tolerancias más anchas debido a los cambios que tienen lugar durante el proceso de tratamiento térmico. Estos machos de filete tallado trabajan mejor sobre latón y otros materiales del tipo no abrasivo, así como en el roscado a máquina cuando los ajustes holgados son satisfactorios y cuando es suficiente una presión moderada para accionar el macho.

Los machos de filete rectificado se fabrican de acero rápido y son rectificados a la medida de acabado después del tratamiento térmico. Pueden obtenerse con tolerancias mucho más estrechas para el diámetro de flancos y para el paso, empleándose más extensamente que los machos de filete tallado porque resisten mejor cuando se ros-

MEDIDAS DADAS EN FRACCIONES

Medida nominal	Diámetro exterior, pulg.	Diámetro flancos, pulg.	Diámetro de raíz, pulg.	Medida broca, pulg.	Equivalente decimal medida broca, pulg.	Medida nominal	Diámetro exterior, pulg.	Diámetro flancos, pulg.	Diámetro de raíz, pulg.	Medida broca, pulg.	Equivalente decimal medida broca, pulg.
1/16-64	0,0625	0,0524	0,0422	3/64	0,0469	27	0,5625	0,5384	0,5144	17/32	0,5312
72	0,0625	0,0535	0,0445	3/64	0,0469	5/8-11	0,6250	0,5660	0,5069	17/32	0,5312
5/64-60	0,0781	0,0673	0,0563	1/16	0,0625	12	0,6250	0,5709	0,5168	35/64	0,5469
72	0,0781	0,0691	0,0601	52	0,0635	18	0,6250	0,5889	0,5528	37/64	0,5781
3/32-48	0,0938	0,0803	0,0667	49	0,0730	27	0,6250	0,6009	0,5769	19/32	0,5937
50	0,0938	0,0808	0,0678	49	0,0730	11/16-11	0,6875	0,6285	0,5694	19/32	0,5937
7/64-48	0,1094	0,0959	0,0823	43	0,0890	16	0,6875	0,6469	0,6063	5/8	0,6250
1/8-32	0,1250	0,1047	0,0844	3/32	0,0937	3/4-10	0,7500	0,6850	0,6201	21/32	0,6562
40	0,1250	0,1088	0,0925	38	0,1015	12	0,7500	0,6959	0,6418	43/64	0,6719
9/64-40	0,1406	0,1244	0,1081	32	0,1160	16	0,7500	0,7094	0,6688	11/16	0,6875
5/32-32	0,1563	0,1360	0,1157	1/8	0,1250	27	0,7500	0,7259	0,7019	23/32	0,7187
36	0,1563	0,1382	0,1202	30	0,1285	13/16-10	0,8125	0,7476	0,6826	23/32	0,7187
11/64-32	0,1719	0,1516	0,1313	9/64	0,1406	7/8- 9	0,8750	0,8028	0,7307	49/64	0,7656
3/16-24	0,1875	0,1604	0,1334	26	0,1470	12	0,8750	0,8209	0,7668	51/64	0,7969
32	0,1875	0,1672	0,1469	22	0,1570	14	0,8750	0,8286	0,7822	13/16	0,8125
13/64-24	0,2031	0,1760	0,1490	20	0,1610	18	0,8750	0,8389	0,8028	53/64	0,8281
7/32-24	0,2188	0,1917	0,1646	16	0,1770	27	0,8750	0,8509	0,8269	27/32	0,8437
32	0,2188	0,1985	0,1782	12	0,1890	15/16- 9	0,9375	0,8654	0,7932	53/64	0,8281
15/64-24	0,2344	0,2073	0,1806	10	0,1935	1- 8	1,0000	0,9188	0,8376	7/8	0,8750
1/4-20	0,2500	0,2175	0,1850	7	0,2010	12	1,0000	0,9459	0,8918	59/64	0,9219
24	0,2500	0,2229	0,1959	4	0,2090	14	1,0000	0,9536	0,9072	15/16	0,9375
27	0,2500	0,2260	0,2019	3	0,2130	27	1,0000	0,9759	0,9519	31/32	0,9687
28	0,2500	0,2268	0,2036	3	0,2130	1 1/8- 7	1,1250	1,0322	0,9394	63/64	0,9844
32	0,2500	0,2297	0,2094	7/32	0,2188	12	1,1250	1,0709	1,0168	1 3/64	1,0469
5/16-18	0,3125	0,2764	0,2403	F	0,2570	1 1/4- 7	1,2500	1,1572	1,0644	1 7/64	1,1094
20	0,3125	0,2800	0,2476	17/64	0,2656	12	1,2500	1,1959	1,1418	1 11/64	1,1719
24	0,3125	0,2854	0,2584	I	0,2720	1 3/8- 6	1,3750	1,2667	1,1585	1 7/32	1,2187
27	0,3125	0,2884	0,2644	J	0,2770	12	1,3750	1,3209	1,2668	1 15/64	1,2969
32	0,3125	0,2922	0,2719	9/32	0,2812	1 1/2- 6	1,5000	1,3917	1,2835	1 11/32	1,3437
3/8-16	0,3750	0,3344	0,2938	5/16	0,3125	12	1,5000	1,4459	1,3918	1 27/64	1,4219
20	0,3750	0,3425	0,3100	21/64	0,3281	1 5/8- 5 1/2	1,6250	1,5089	1,3888	1 29/64	1,4531
24	0,3750	0,3479	0,3209	Q	0,3320	1 3/4- 5	1,7500	1,6201	1,4902	1 15/16	1,5625
27	0,3750	0,3509	0,3269	R	0,3390	1 7/8- 5	1,8750	1,7451	1,6152	1 11/16	1,6875
7/16-14	0,4375	0,3911	0,3447	U	0,3680	2 - 4 1/2	2,0000	1,8557	1,7113	1 25/32	1,7812
20	0,4375	0,4050	0,3726	25/64	0,3906	2 1/8- 4 1/2	2,1250	1,9807	1,8363	1 29/32	1,9062
24	0,4375	0,4104	0,3834	X	0,3970	2 1/4- 4 1/2	2,2500	2,1057	1,9813	2 1/32	2,0312
27	0,4375	0,4134	0,3894	Y	0,4040	2 3/8- 4	2,3750	2,2126	2,0502	2 1/8	2,1250
1/2-12	0,5000	0,4459	0,3918	27/64	0,4219	2 1/2- 4	2,5000	2,3376	2,1752	2 1/4	2,2500
13	0,5000	0,4500	0,4001	27/64	0,4219	2 3/4- 4	2,7500	2,5876	2,4252	2 1/2	2,5000
20	0,5000	0,4675	0,4351	29/64	0,4531	3 - 4	3,0000	2,8376	2,6752	2 3/4	2,7500
24	0,5000	0,4729	0,4459	29/64	0,4531	3 1/4- 4	3,2500	3,0876	2,9252	3	3,0000
27	0,5000	0,4759	0,4519	15/32	0,4687	3 1/2- 4	3,5000	3,3376	3,1752	3 1/4	3,2500
9/16-12	0,5625	0,5084	0,4542	31/64	0,4844	3 3/4- 4	3,7500	3,5876	3,4252	3 1/2	3,5000
18	0,5625	0,5264	0,4903	33/64	0,5156	4 - 4	4,0000	3,8376	3,6752	3 3/4	3,7500

* Brown & Sharpe Manufacturing. Co.

* Los tornillos para madera según norma American National se fabrican en los mismos números y diámetros de cuerpo correspondientes (diámetro exterior).

can aleaciones duras de acero y materiales del tipo abrasivo.

33. Describir las diferentes clases de agujeros roscados.

Dentro de la práctica general, hay cuatro clases de agujeros roscados (fig. 9-23), las cuales son: 1) agujeros pasantes que atraviesan toda la pieza; 2) agujeros ciegos que son taladrados hasta una profundidad especificada y roscados hasta el fondo con un margen de sólo 1 a 1 1/2 filetes; 3) agujeros ciegos, pero sin que la rosca llegue hasta el fondo, ya que la misma queda interrumpida a una distancia dada de dicho fondo; y 4) agujeros ciegos con solera en el fondo para poder completar la rosca y permitir que la pieza de acoplamiento gire hasta alcanzar dicha solera.

34. ¿Qué es un giramachos?

Es una herramienta de mano que sirve para agarrar y sujetar el macho firmemente. Para los machos de las medidas más pequeñas, se usa un giramachos en T (fig. 9-24). Para los machos de los tamaños mayores, se prefiere el giramachos ajustable representado en la figura 9-25.

35. Describir la técnica de roscar un agujero.

Una vez adecuadamente trazada la posición del agujero, se procede al taladrado del mismo. La dimensión correcta de la broca se determina consultando una tabla similar a la de las figuras 9-26 y 9-26 bis. Así, se usaría una broca de 27/64" para una rosca de 1/2-13 de medida nominal, y una broca de 29/64" para una rosca de 1/2-20 de medida nominal; por otro lado, se usaría una bro-

Diámetro de rosca	Diámetro de broca	
	Serie 1	Serie 2**
M 3	2,45	2,5
M 4	3,2	3,3
M 5	4,1	4,2
M 6	4,9	5
M 8	6,6	6,7
M 10	8,2	8,4
M 12	9,9	10
(M 14)	11,5	11,75
M 16	13,5	13,75
(M 18)	15	15,25
M 20	17	17,25
(M 22)	19	19,25
M 24	20,5	20,5
(M 27)	23,5	23,5
M 30	25,75	26
(M 33)	29	29
M 36	31,25	31,5
(M 39)	34,25	34,5
M 42	36,75	37
(M 45)	39,75	40
M 48	42	42,5
(M 52)	46	46,5

Instrucciones para la aplicación

Serie 1 Materiales con poco aplastamiento inicial	Serie 2 ** Materiales con fuerte aplastamiento inicial
Fundición gris Bronce Latón Aleaciones de cobre quebradizas Aelaciones de aluminio * Aleaciones de magnesio para forjar Fundición y fundición inyectada	Acero Acero moldeado Fundición maleable Aleaciones de zinc Aleaciones de aluminio * Materiales prensados

* Según composición de la aleación.
** Serie preferente.

Fig. 9-26 bis. Tamaños de broca para roscar agujeros con rosca métrica.

ca de 9,9 mm de diámetro para una rosca M 12 si se tratara de materiales con poco aplastamiento inicial, y una broca de 10 mm de diámetro para la misma rosca si se tratara de materiales con fuerte aplastamiento inicial. Por lo general, el agujero se taladra de 1/8" a 1/4" (3 a 6 mm) más profundo de lo que se requiere para la rosca (fig. 9-27). Al iniciar la introducción del macho en el agujero, debe tenerse cuidado de que se mantenga perpendicular a la pieza. El macho debe girarse sólo media revolución cada vez, y girarlo a la inversa antes de seguir roscando, para romper las virutas formadas.

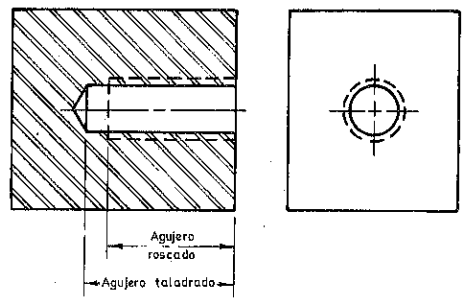


Fig. 9-27. Agujero roscado visto en sección.

36. ¿Cómo puede comprobarse si un agujero roscado será perpendicular a la superficie de la pieza?

Puede comprobarse con una escuadra de acero. El canto vertical de la escuadra debe estar en contacto con el cuerpo del macho. El agujero debe comprobarse antes de tallar la rosca y una vez se ha terminado el roscado.

37. ¿Qué clase de lubricante debe emplearse para el tallado de roscas en general?

El aceite compuesto es un lubricante muy bueno para el tallado de roscas. Se obtiene con albayalde, grafito y aceite graso. La "Geometric Tool Company" aconseja el uso de la siguiente composición para el tallado de roscas: 40 galones (151,5 litros) de agua; 10 galones (37,8 litros) de aceite mineral engrasado con manteca de cerdo, y 2,5 libras (1,17 kg) de sosa.

38. ¿Cómo puede sacarse un macho roto del agujero roscado?

Si el macho roto no sobresale suficientemente del agujero para poder ser agarrado con unos ali-

cates, debe usarse un extractor de machos (fig. 9-28), el cual se sujeta con un giramachos. Las mechas de acero del extractor se empujan todo lo posible hacia dentro de las estrías del macho, manteniéndose en esta posición mediante el casquillo largo; para evitar que las mechas se rompan, el extractor debe girarse con cuidado.

39. ¿Cómo puede sacarse un tornillo roto de un agujero roscado?

Un tornillo roto puede sacarse con un mandril extractor (fig. 9-29). Primero se taladra un agujero en el cuerpo del tornillo roto, el cual debe ser de un diámetro un poco menor que el diámetro en el núcleo de la rosca del tornillo; luego se inserta en este agujero un mandril extractor de la medida apropiada. La hélice de mano izquierda del extractor se agarra a las paredes del agujero y, al girarlo en sentido contrario al de las agujas del reloj, el tornillo se va desenroscando hasta salir de dicho agujero.

40. ¿Qué es una terraja?

Es una pieza plana de acero templado, fileteada interiormente, con ranuras que seccionan los filetes para formar las aristas cortantes. Se emplea para tallar roscas exteriores en barras redondas metálicas. Las terrajas, o *cojinetes de roscar,* tienen una abertura con un prisionero roscado que permite expandirlas al objeto de facilitar el primer corte. En la figura 9-30 se muestra un juego de herramientas de roscar (machos, giramachos, terrajas y soporte de terraja o giraterrajas).

41. ¿Son iguales los dos lados de la terraja?

No. Por un lado, el agujero de la terraja tiene un chaflán mayor que por el otro; este chaflán mayor permite que la terraja inicie el roscado con facilidad.

42. ¿Qué es un giraterrajas?

Es un utensilio para sujetar las terrajas; en la figura 9-31 se muestra un ejemplo de su utilización. La barra a roscar se sujeta en un tornillo de banco, y la terraja, alojada en el giraterrajas, se hace girar alrededor de la pieza en el sentido de las agujas del reloj. Es conveniente invertir de vez en cuando el movimiento para romper las virutas que puedan obstruir la terraja.

43. ¿Qué son los cabezales de terrajas de apertura automática?

Los cabezales de terrajas de apertura automática son dispositivos que contienen un juego de herramientas para tallar roscas; estas herramientas reciben el nombre de peines (cuchillas) y su mecanismo está diseñado para aflojarlas y separarlas de la pieza después de que la rosca ha sido tallada en toda la longitud prescrita. Esto permite que el cabezal retorne a la posición de partida sin parar o invertir el movimiento de la máquina. Este tipo de terraja de roscar es extensamente aplicado en la fabricación en serie.

La figura 9-32 muestra un cabezal de peines maniobrado a mano, cuya palanca se emplea para reajustar los peines de roscado. La figura 9-33

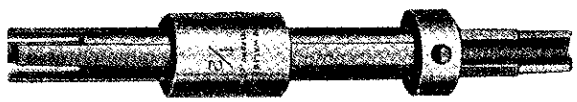


Fig. 9-28. Extractor de machos (Walton Co.)

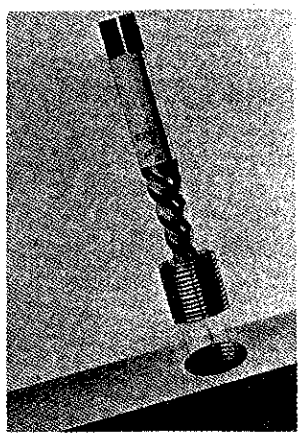


Fig. 9-29. Mandril extractor de tornillos (Cleveland Twits Drill Co.)

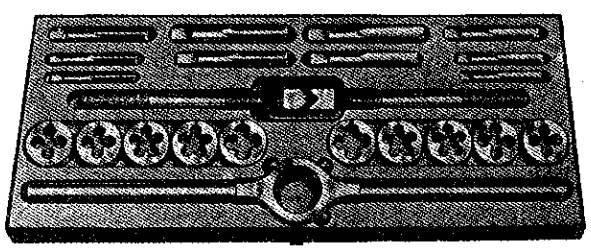


Fig. 9-30. Juego de herramientas para roscar (Morse Twist Drill & Machine Co.)

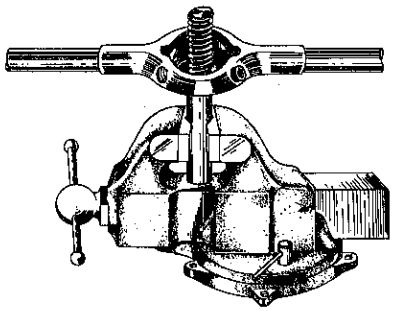


Fig. 9-31. Tallado de una rosca exterior con una terraja sujetada al giraterrajas.

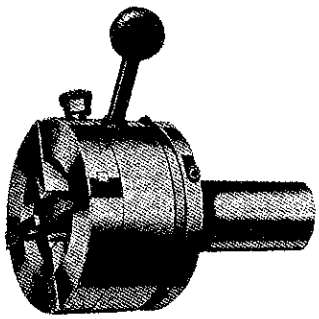


Fig. 9-32. Cabezal de roscar con apertura a mano (Greenfield Tap & Die Corp.)

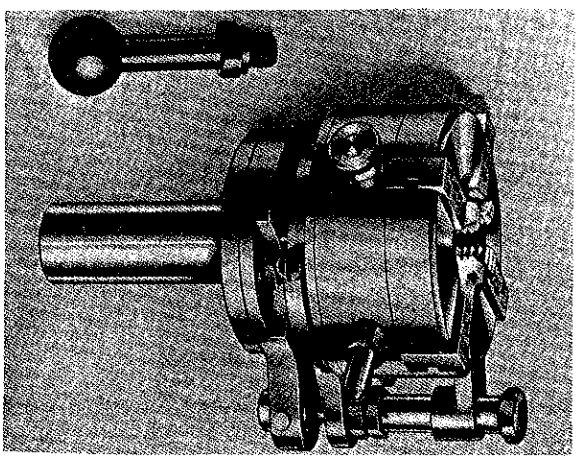


Fig. 9-33. Cabezal de roscar automático (Greenfield Tap & Die Corp.)

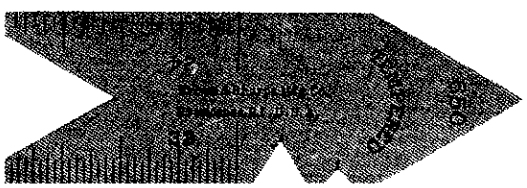


Fig. 9-34. Galga de puntos de centrado y de perfiles de rosca (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

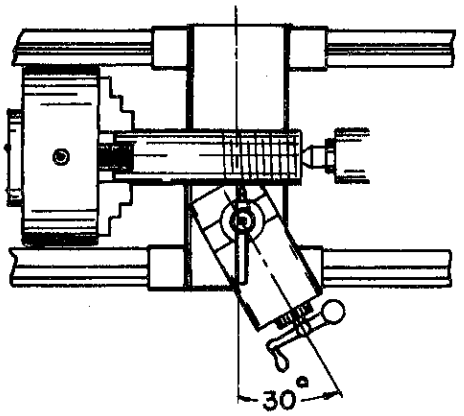


Fig. 9-35. Posición del soporte orientable para un roscado exterior.

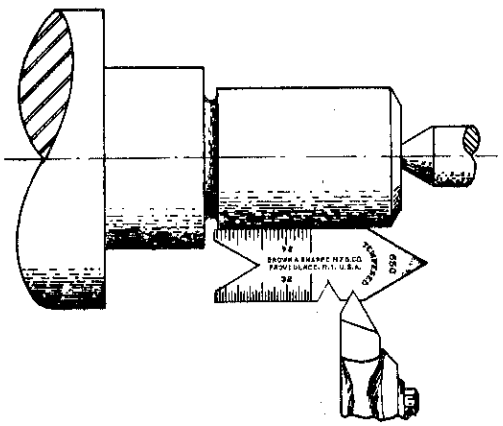


Fig. 9-36. Ajuste de la herramienta de corte para un roscado exterior.

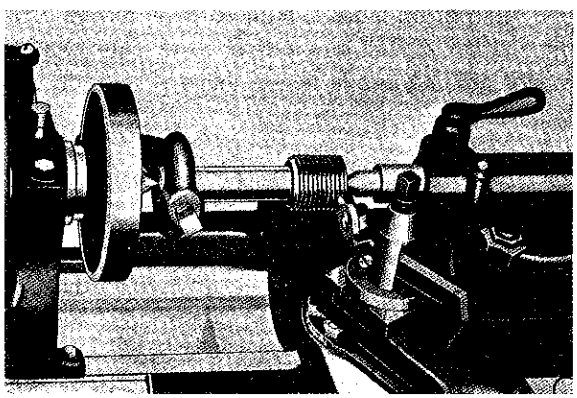


Fig. 9-37. Tallado en el torno de una rosca exterior (South Bend Lathe Works)

muestra un tipo de cabezal con aflojamiento automático de los peines. Son varias las ventajas que se consiguen utilizando estos cabezales en vez de las terrajas de una sola pieza corrientes. Se ahorra mucho tiempo; los juegos individuales de peines pueden desmontarse fácilmente para el reafilado; los peines pueden ajustarse fácil y rápidamente para obtener el diámetro de flancos correcto; y pueden mantenerse estrechos límites de precisión, lo que mejora la calidad de la rosca producida.

44. Explicar brevemente cómo puede producirse en el torno una rosca exterior de 60°.

Una rosca exterior de 60° puede tallarse en el torno conectando el tornillo de avance al husillo mediante un juego de ruedas dentadas. La conexión o transmisión, realizada a través de la caja de engranajes de cambio rápido, regula el movimiento del carro y de la herramienta de corte. El paso de la rosca producida depende de la relación de transmisión elegida. Por cada revolución del husillo (y de la pieza) el carro (y la herramienta de corte) avanzan una distancia igual al paso real de la rosca. Una cuchilla afilada de modo que su punta forme un ángulo de 60° y comprobada en cuanto a precisión con la galga de puntos de centrado y perfiles de rosca (fig. 9-34), talla los filetes. El soporte orientable se ajusta a un ángulo de 30° como en la figura 9-35; y la herramienta se sitúa perpendicular a la pieza utilizando la galga citada según puede apreciarse en la figura 9-36. En la figura 9-37 se muestra una disposición para el tallado de una rosca de 60°.

45. Explicar brevemente cómo puede producirse en el torno una rosca interior de 60°.

Para producir en el torno una rosca interior de 60°, primero se taladra un agujero de diámetro igual al diámetro menor de la rosca requerida. Por lo general, la herramienta de corte se sujeta a un soporte de barrena y se sitúa perpendicularmente a la pieza utilizando una galga de puntos de centrado y de perfiles de rosca, como en la figura 9-38. El soporte orientable se ajusta según un ángulo de 30°. Para tener el paso deseado, el tornillo de avance se conecta a través de la caja de engranajes de cambio rápido del mismo modo que para tallar una rosca exterior.

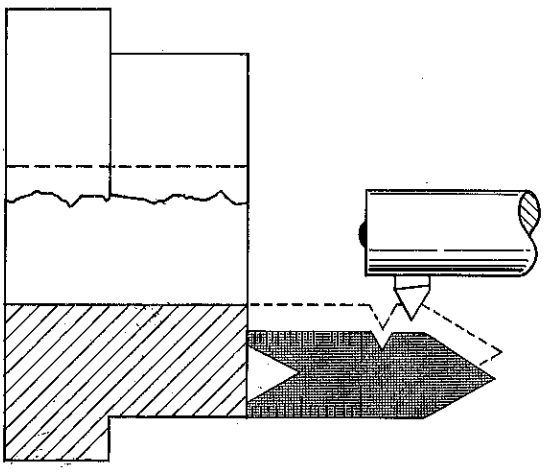


Fig. 9-38. Ajuste de la herramienta de corte para un roscado interior.

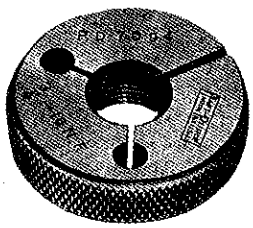


Fig. 9-39. Calibre de anillo para roscas.



Fig. 9-40. Calibre tapón para roscas (Taft-Peirce Mfg. Co.)

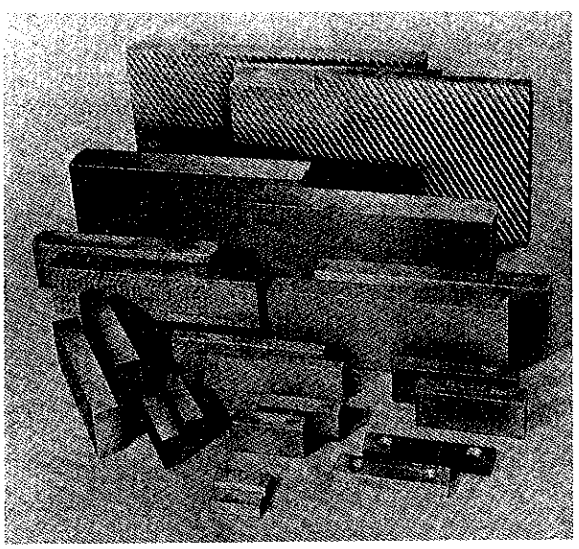


Fig. 9-41. Matrices planas para la obtención de roscas laminadas (Reed Rolled Thread Die Co.)

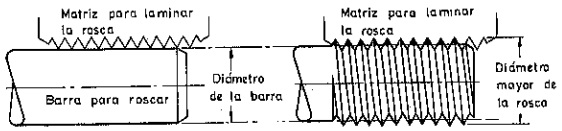


Fig. 9-42. Desplazamiento del material en el proceso de laminado de una rosca (Reed Rolled Thread Die Co.)

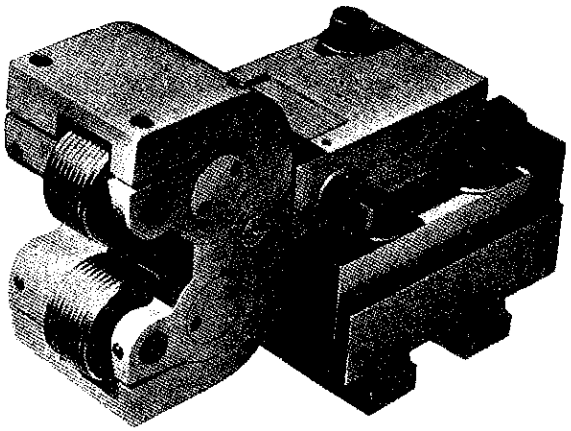


Fig. 9-43. Accesorio de laminación de roscas (Reed Rolled Thread Die Co.)

46. ¿Qué precaución debe tomarse para tener la seguridad de que los engranajes están bien dispuestos para la obtención del paso correcto?

La primera pasada debe tener sólo una profundidad suficiente (de 0,002" a 0,003", o de 0,05 a 0,08 mm) para marcar una raya delgada. Luego, puede comprobarse el paso de la rosca que se ha empezado a tallar, por medio de una regla de acero o de una galga de pasos de rosca.

47. ¿Cómo se determina la precisión de la rosca acabada?

La precisión de las roscas exteriores se com-

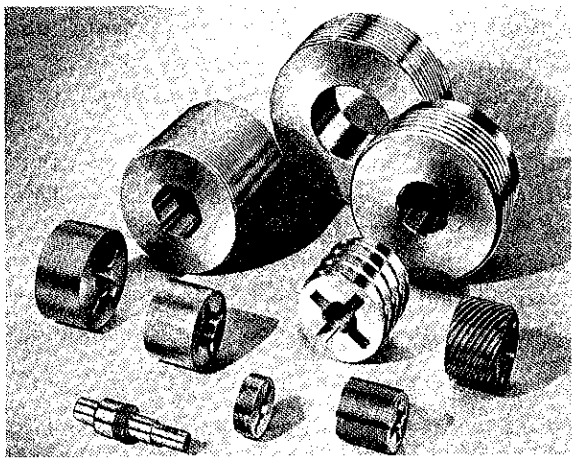


Fig. 9-44. Matrices cilíndricas para el laminado de roscas (Reed Rolled Thread Die Co.)

prueba con un calibre de anillo para roscas (fig. 9-39), de acuerdo con el ajuste especificado en el plano. La precisión de las roscas interiores se comprueba con un calibre tapón para roscas, del tipo "pasa"-"no pasa" (fig. 9-40). Para ajustes holgados, en los que no se requiere precisión, se usa a menudo una tuerca como calibre. Cuando hay que roscar piezas que luego han de acoplarse conjuntamente y no se dispone de calibres, se acostumbra a tallar primero la rosca exterior; después se talla la interior empleando la pieza macho ya roscada como calibre.

48. ¿En qué consiste el proceso de producción de roscas laminadas?

Las roscas laminadas se obtienen haciendo pasar la barra de material redondo por unas matrices planas ranuradas (fig. 9-41). A medida que el material es laminado entre las matrices, las aristas exteriores de las ranuras de las mismas penetran

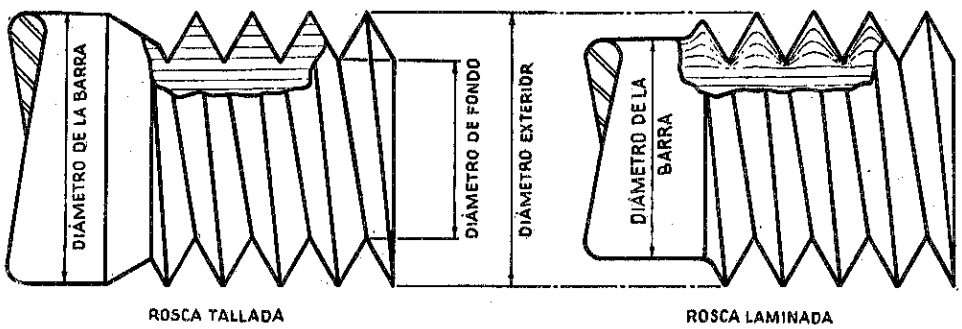


Fig. 9-45. Comparación entre las medidas del material requerido para una rosca tallada y para una rosca laminada (Reed Rolled Thread Die Co.)

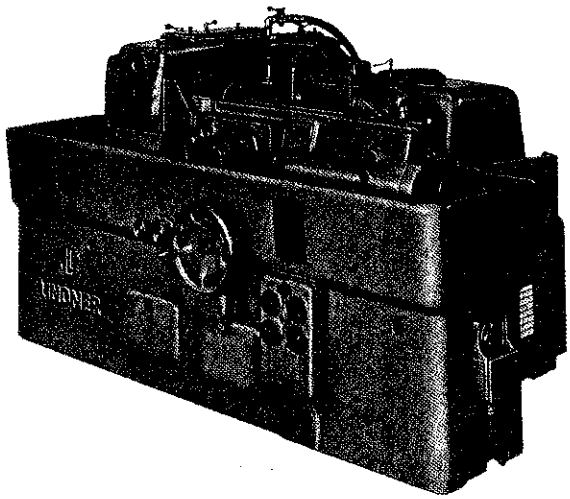


Fig. 9-46. Máquina para el rectificado de roscas exteriores (Kurt Orban Co., Inc.)

en la superficie de aquél. De este modo la matriz va desplazando material, éste va llenando las ranuras hasta su fondo, formándose así la cresta de los filetes acabados, como en la figura 9-42.

Para el laminado de roscas se usan también matrices cilíndricas, las cuales van montadas en un accesorio de laminación de roscas (fig. 9-43) que se fija al portaherramientas de un torno revólver o a una máquina de roscar automática. En la figura 9-44 se muestran varias matrices cilíndricas para laminar roscas.

49. ¿Cuál es la medida del material necesario para obtener una rosca laminada?

El diámetro de la barra sobre la que deba laminarse una rosca ha de ser aproximadamente igual al diámetro de flancos de la rosca requerida. Una

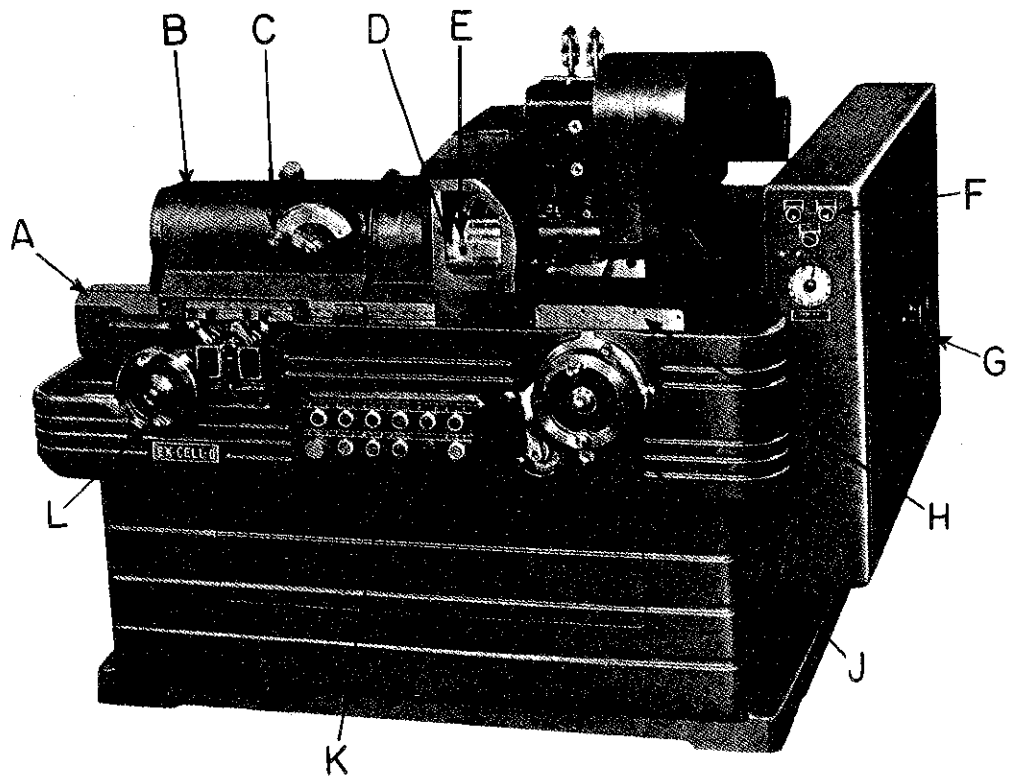


Fig. 9-47. Máquina para el rectificado de roscas interiores (Ex-Cell-O Corp.)

A. Caja de accionamiento de la pieza
B. Cabezal de desplazamiento de la pieza
C. Mando de regulación del roscado
D. Pieza a roscar
E. Muela
F. Mandos y luces de control
G. Compartimiento eléctrico
H. Guía de la muela
J. Rueda de regulación de medida
K. Cuadro de mandos
L. Regulador de avance y de retroceso

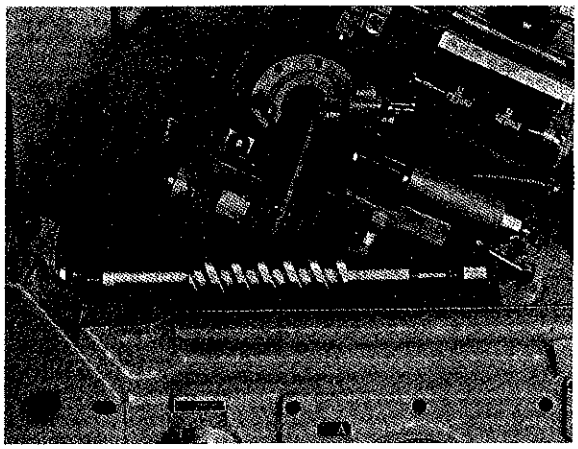


Fig. 9-48. Rectificado de una rosca exterior con una muela de perfil único (Kurt Orban Co., Inc.)

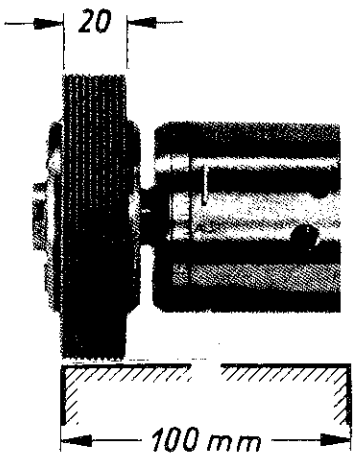


Fig. 9-49. Muela de perfil múltiple para rectificar roscas (Kurt Orban Co., Inc.)

vez laminados los filetes, el diámetro exterior del material roscado será igual al diámetro mayor de la rosca. La figura 9-45 muestra una comparación entre las medidas del material necesario para obtener una rosca tallada y para obtener una rosca laminada.

50. ¿En qué consiste el proceso de obtención de roscas por rectificado?

Se trata de un procesos comparativamente nuevo. Durante los último 30 años, este método de producción de roscas se ha ido desarrollando hasta alcanzar un alto grado de perfección, de modo que va siendo aceptado y aplicado por toda la industria. Para ello se requieren máquinas especiales; la figura 9-46 representa una máquina para el rectificado de roscas exteriores, y la figura 9-47 muestra una máquina para el rectificado de roscas interiores.

Hay dos tipos principales de rectificado de roscas: con muela de perfil simple y con muela de perfil múltiple. El primer tipo comporta el uso de una muela delgada cuya periferia tiene la forma del perfil de rosca requerido. En la figura 9-48 se muestra un ejemplo de este tipo de rectificado de roscas.

El rectificado con muela de perfil múltiple se efectúa con una muela en cuya cara se han practicado varias ranuras, como en la figura 9-49. Este tipo de muela rectifica varios filetes a la vez, tal

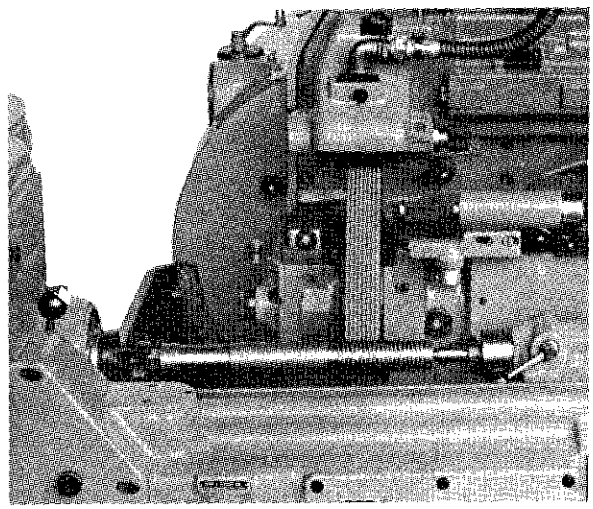


Fig. 9-50. Rectificado de una rosca exterior sobre un eje con una muela de perfil múltiple (Kurt Orban Co., Inc.)

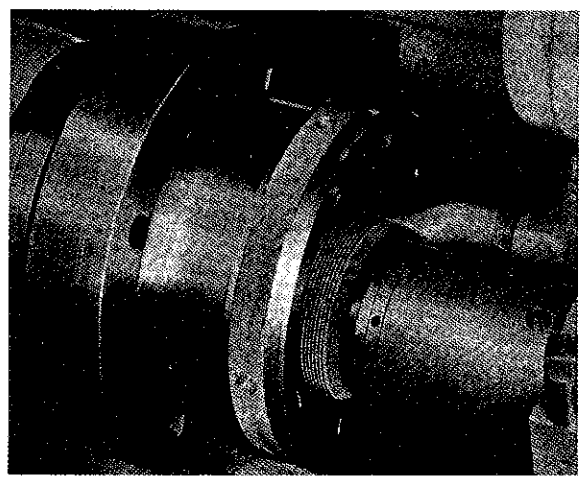


Fig. 9-51. Rectificado de una rosca interior con una muela de perfil múltiple (Kurt Orban Co., Inc.)

como se aprecia en la figura 9-50. Las roscas interiores también pueden rectificarse con una muela múltiple; un ejemplo de ello aparece en la figura 9-51.

Las muelas de perfil único se mantienen correctas en cuanto a la forma mediante un repasador de diamante. Las muelas de perfil múltiple se repasan mediante rodillos o discos de presión (fig. 9-52), los cuales se montan detrás de la muela y se aprietan contra ella para corregir su forma siempre que hace falta.

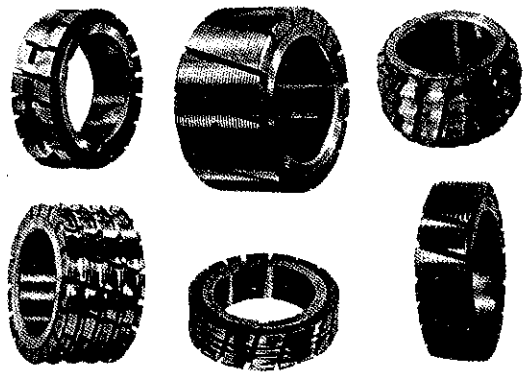


Fig. 9-52. Rodillos de presión para repasar las muelas de filete múltiple (Kurt Orban Co., Inc.)

51. Explicar el significado de las clases de roscas e indicar las aplicaciones de cada clase.

La *clase* de una rosca se refiere a la magnitud de la desviación, especificada en forma de tolerancia o discrepancia, respecto a la dimensión básica del diámetro de flancos. Según la antigua norma americana, había cuatro clases de ajustes, que eran:

No. 1. Ajuste holgado. Corrientemente especificado para pequeños agujeros roscados, tales como los de medidas numeradas obtenidos según métodos de producción en serie.

No. 2. Ajuste libre. Aplicado generalmente a los tornillos y tuercas de medida mediana para ferretería. Con este ajuste, el calibre de rosca debe girar libremente, pero sin holgura.

No. 3. Ajuste medio. Para la mayoría de roscas ejecutadas en el taller de utillaje con destino a alguna aplicación particular en máquinas y accesorios especiales. Con esta clase de ajuste, el calibre de rosca debe girar con poco esfuerzo, pero nunca libremente ni de un modo forzado.

No. 4. Ajuste apretado. Por lo general, especificado sólo para roscas de las medidas grandes destinadas a tornillería corriente y de aeronáutica. Debe existir un contacto perfecto entre cada filete y el calibre.

Según la nueva norma de *roscas unificada y americana* para tornillos, las roscas exteriores se identifican por la letra *A* y las roscas interiores por la letra *B*. Los números y ajustes correspondientes son los siguientes:

Clases 1A y 1B. Esta combinación de 1A para roscas exteriores y 1B para roscas interiores se usa cuando se necesita o desea un acoplamiento rápido y fácil y se requiere una discrepancia entre las piezas macho y hembra.

Clases 2A y 2B. Esta combinación de 2A para roscas exteriores y 2B para roscas interiores se emplea para tornillos, pernos y tuercas, y para otras varias aplicaciones que requieren menores tolerancias que la clase 1A-1B.

Clases 3A y 3B. Esta combinación se aplica cuando son importantes el grado de apriete del ajuste y la precisión del paso y del ángulo del filete. La producción de esta clase de rosca requiere el uso de un equipo de fabricación de gran calidad y un sistema muy preciso y eficiente de calibrado y verificación. En la figura 9-9 se indica el método recomendado de designación de una rosca americana en los planos.

Por lo que respecta a la *rosca métrica,* la especificación ISA considera *acoplamientos deslizantes, acoplamientos fijos* y *acoplamientos holgados;* al pasar de un tipo de acoplamiento a otro, se mantiene invariable la tolerancia del agujero, según el sistema de agujero único, mientras que la del eje viene modificada de forma que determine la interferencia o el juego previsto. Los acoplamientos deslizantes son los más interesantes, habiéndose previsto para los *grados de precisión fino, medio y basto.* La experiencia adquirida permite afirmar que el grado medio satisface casi todas las exigencias de la mecánica de precisión; por ejemplo, para motores de aviación, sólo el 20% de los acoplamientos roscados requieren el grado fino, mientras que en los demás es suficiente el grado medio. Para tornillería propiamente dicha y para piezas de la mecánica corriente son casi siempre adecuados los ajustes de grado basto. Las distintas calidades se diferencian entre sí

por la amplitud de la tolerancia atribuida al diámetro de flancos; para una rosca dada, la tolerancia de la calidad basta es igual a 1,6 veces la correspondiente a la calidad media, y la de ésta es igual a 1,6 veces la tolerancia atribuida a la calidad fina.

Para las roscas exteriores, la tolerancia aplicada a los diámetros de flancos, mayor y menor, parte del límite cero y se extiende del todo en sentido negativo. Para las roscas interiores, la tolerancia sobre el diámetro de flancos parte de cero y se extiende en sentido positivo; la tolerancia sobre el diámetro menor tiene un límite cero y otro positivo; y la tolerancia sobre el diámetro mayor tiene un límite inferior que coincide con el valor teórico, y el límite superior puede ser cualquiera, sin superar, naturalmente, el vértice agudo del perfil. En el diámetro de flancos, la amplitud de la tolerancia es numéricamente igual para rosca exterior y rosca interior, y viene establecida sobre una escala de valores, simbolizada por la letra *S* seguida de la tolerancia ISA correspondiente; estos valores dependen del diámetro, del paso y de la longitud del acoplamiento. Así, la simbolización para la calidad fina es S h6; para la calidad media, S h8, y para la calidad basta, S h10.

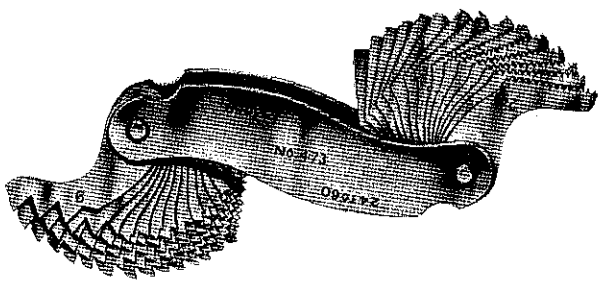


Fig. 9-53. Juego de galgas de pasos de rosca (L. S. Starrett Co.)

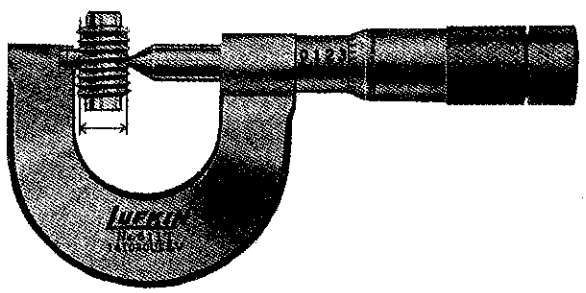


Fig. 9-54. Micrómetro para roscas (Lufkin Rule Co.)

52. ¿Cuáles son los otros medios empleados para verificar las dimensiones y grado de calidad de las roscas?

Además de los calibres tapón y de anillo para roscas, existen otros utensilios y medios de comprobación, los cuales incluyen las galgas de pasos de rosca, el micrómetro para roscas, varios tipos de comparadores y el sistema de los tres alambres.

53. ¿Qué son las galgas de pasos de rosca?

Estas galgas forman un juego (fig. 9-53) y sirven para medir el paso o el número de filetes por pulgada de las roscas exteriores e interiores. Dicho juego está constituido por una serie de láminas numeradas y dentadas con precisión. Para verificar una rosca a fin de determinar su paso, se van colocando sobre ésta de una en una las láminas hasta que se encuentra la que ajusta perfectamente con el fileteado.

54. ¿Qué parte de una rosca se comprueba con el micrómetro para roscas?

El micrómetro para roscas (fig. 9-54) se emplea para medir el diámetro de flancos de los filetes. El husillo tiene una punta cónica a 60° y el asiento tiene una ranura de acoplamiento. En la figura 9-26 se dan los diámetros de flancos de las roscas "American National"; y en la figura 9-54 bis constan los diámetros de flancos para roscas métricas de M 3 a M 100, calidad media.

55. ¿En qué consiste el sistema de los tres alambres para medir roscas?

El sistema de los tres alambres para medir el diámetro de flancos de las roscas se considera más preciso que la lectura directa obtenida con un micrómetro para roscas, aúnque este último método es más simple. En la práctica, se ponen dos alambres en ranuras adyacentes y en un lado de la rosca, y un alambre en una ranura y lado opuesto (fig. 9-55), Después se usa un micrómetro normal para medir sobre los tres alambres.

56. ¿Cómo se determinan el diámetro de los alambres y la medida sobre ellos para que pueda efectuarse la comprobación de una rosca?

El diámetro óptimo de alambre a utilizar es igual a 0,57735 dividido por el número de filetes

TORNILLO		TUERCA		DIAMETRO DE FLANCOS		
Diámetro mayor		Diámetro menor			Tornillo	Tuerca
D	mínimo	C	máximo	E	mínimo	máximo
M 3	2,88	2,35	2,52	2,675	2,595	2,755
M 4	3,85	3,09	3,302	3,545	3,445	3,645
M 5	4,82	3,96	4,21	4,48	4,38	4,58
M 6	5,776	4,7	5,015	5,35	5,238	5,462
M 8	7,75	6,376	6,731	7,188	7,076	7,3
M 10	9,72	8,052	8,452	9,026	8,886	9,166
M 12	11,6	9,726	10,226	10,863	10,703	11,023
M 16	15,525	13,402	13,932	14.701	14.541	14,861
M 20	19,44	16,752	17,382	18,376	18,216	18,536
M 24	23,4	20,104	20,774	22,051	21,851	22,251
M 30	29,29	25,454	26,254	27,727	27,527	27,927
M 36	35,2	30,804	31,704	33,402	33,178	33,626
M 42	41,1	36,154	37,154	39,077	38,853	39,301
M 48	47,1	41,504	42,504	44,752	44,528	44,976
M 56	55,05	48,856	49,916	52,428	52,204	52,652
M 64	63	56,206	57,326	60,103	59,879	60,327
M 72	71	64,206	65,326	68,103	67,879	68,327
M 80	79	72,206	73,326	76,103	75,879	76,327
M 90	88,94	82,2	83,38	86,103	85,853	86.353
M 100	98,94	92,2	93,38	96,103	95,853	96.353

Todas las medidas se dan en milímetros.

Fig. 9-54 bis. Dimensiones principales y discrepancias admisibles en las mismas para roscas métricas de M 3 a M 100, calidad media (véase la figura 9-4 bis).

por pulgada, o a 0,57735 multiplicado por el paso, siendo ambos resultados válidos cuando el perfil del filete es de 60°; en el primer caso se obtiene el diámetro óptimo, o más favorable, en pulgadas, y en el segundo, en milímetros. La medida sobre alambres, que suele llamarse *medida de comprobación,* debe ser igual a una dimensión predeterminada si el diámetro de flancos de la rosca es correcto. Si G es el diámetro del alambre; D, el diámetro de la rosca, y E, el diámetro de flancos, tratándose de roscas "American National" y métricas, las fórmulas que sirven para determinar la medida de comprobación M, en función del número de filetes por pulgada, N, o del paso, p, son:

$$M \text{ (en pulgadas)} = D + 3\,G - \frac{1{,}5155}{N} = E + 3\,G - \frac{0{,}86602}{N}$$

$$M \text{ (en mm)} = D + 3\,G - 1{,}5155\,p = E + 3\,G - 0{,}86602\,p$$

En las tablas de las figuras 9-56 y 9-56 bis se dan los diámetros G de los alambres más favorables para la medición de roscas "American National" y métricas.

57. Calcular la lectura micrométrica sobre tres alambres necesaria para comprobar el diámetro de flancos de una rosca.

Si, por ejemplo, se trata de una rosca americana 3/4-10 NC, se determina primero, utilizando la tabla de la figura 9-56, el diámetro del alambre necesario; para ello, se lee hacia abajo en la co-

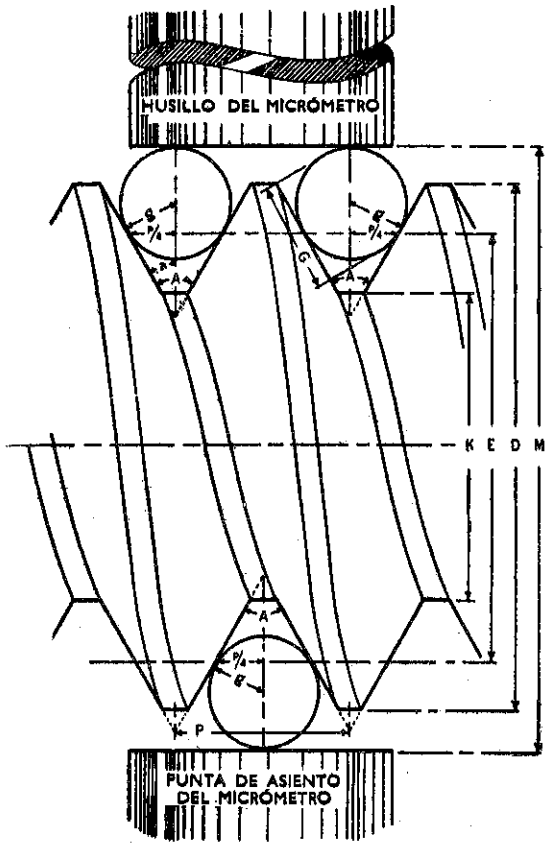


Fig. 9-55. Sistema de los tres alambres para medir el diámetro de flancos de una rosca.

lumna encabezada "Filetes por pulgada" hasta llegar a 10, que es el número de filetes por pulgada de la rosca citada, y luego, se prosigue horizontalmente hasta alcanzar el número correspondiente en la columna encabezada "Diámetro del alambre óptimo", el cual es 0,057735". A continuación, aplicando la primera de las fórmulas dadas en la pregunta 56, se tendrá la lectura micrométrica buscada, que es

$$M = 0{,}750 + (3 \times 0{,}057735) - \frac{1{,}5155}{10}$$

$$= 0{,}750 + 0{,}1732 - 0{,}15155 = 0{,}7717''$$

Se tiene, pues, una medida de comprobación de 0,7717" = 19,6 mm.

Para una rosca métrica, debería aplicarse la segunda de las fórmulas dadas en la pregunta 56, pero, tratándose de una rosca métrica corriente, ello no hace falta, ya que la tabla de la figura 9-56 bis da directamente los valores de la medida de comprobación *M*, además del diámetro del alambre óptimo.

58. Cuando el alambre de diámetro requerido para calibrar la rosca en su diámetro de flancos no puede obtenerse, ¿cuál es el método de hallar la medida comercial del alambre que puede servir adecuadamente para comprobar tal rosca por el sistema de los tres alambres?

El diámetro mínimo que puede admitirse para el alambre debe permitir que éste sobresalga, una vez colocado en el hueco entre filetes, de la cresta de éstos, a fin de evitar que el micrómetro se apoye sobre los filetes en vez de sobre la periferia de los alambres; y el diámetro máximo que puede

Filetes por pulgada	Paso	Diámetro del alambre óptimo	Profundidad del filete de la rosca NF	Ancho del plano de cresta y raíz de las roscas NC y NF	Profundidad del filete en V aguda
4	0,250000	0,1443375	0,162379	0,0312	0,216506
4½	0,222222	0,1282998	0,144337	0,0278	0,192449
5	0,200000	0,1154700	0,129903	0,0250	0,173205
5½	0,181818	0,1049726	0,118094	0,0227	0,157458
6	0,166666	0,0962246	0,108253	0,0208	0,144336
7	0,142857	0,0824784	0,092788	0,0179	0,123717
8	0,125000	0,0721687	0,081189	0,0156	0,108253
9	0,111111	0,0641499	0,072168	0,0139	0,096224
10	0,100000	0,0577350	0,064951	0,0125	0,086602
11	0,090909	0,0524863	0,059047	0,0114	0,078729
11½	0,086956	0,0502040	0,056479	0,0108	0,075306
12	0,083333	0,0481123	0,054126	0,0104	0,072168
13	0,076923	0,0444114	0,049963	0,0096	0,066617
14	0,071428	0,0412389	0,046394	0,0089	0,061858
16	0,062500	0,0360843	0,040594	0,0078	0,054126
18	0,055555	0,0320746	0,036084	0,0069	0,048112
19	0,052631	0,0303865	0,034185	0,0065	0,045579
20	0,050000	0,0288675	0,032475	0,0062	0,043301
22	0,045454	0,0262428	0,029523	0,0057	0,039364
24	0,041666	0,0240558	0,027063	0,0052	0,036083
27	0,037037	0,0213833	0,024056	0,0046	0,032074
28	0,035714	0,0206194	0,023197	0,0045	0,030929
30	0,033333	0,0192448	0,021650	0,0042	0,028867
32	0,031250	0,0180421	0,020297	0,0039	0,027063
34	0,029411	0,0169804	0,019103	0,0037	0,025470
36	0,027777	0,0160370	0,018042	0,0035	0,024055
40	0,025000	0,0144337	0,016237	0,0031	0,021650
44	0,022727	0,0131214	0,014761	0,0028	0,019682
48	0,020833	0,0120279	0,013531	0,0026	0,018041
50	0,020000	0,0115470	0,012990	0,0025	0,017320
56	0,017857	0,0103097	0,011598	0,0022	0,015464
64	0,015625	0,0090210	0,010148	0,0020	0,013531
72	0,013888	0,0080182	0,009021	0,0017	0,012027
80	0,012500	0,0072168	0,008118	0,0016	0,010825

Fig. 9-56. Diámetro de los alambres óptimos para roscas "American National" (todas las medidas en pulgadas).

Rosca métrica	Diámetro de los alambres, mm.	Medida de comprobación M, mm.	Rosca métrica	Diámetro de los alambres, mm.	Medida de comprobación M, mm.	Rosca métrica	Diámetro de los alambres, mm	Medida de comprobación M, mm.
M 1	0,17	1,131	M 16	1,35	17,020	M 64	4,0	66,910
M 1,2	0,17	1,330	M 18	1,65	19,163	M 68	4,0	70,910
M 1,4	0,17	1,455	M 20	1,65	21,162	M 72	4,0	74,909
M 1,7	0,22	1,830	M 22	1,65	23,163	M 76	4,0	78,909
M 2	0,25	2,144	M 24	2,05	25,606	M 80	4,0	82,909
M 2,3	0,25	2,443	M 27	2,05	28,605	M 84	4,0	86,908
M 2,6	0,29	2,788	M 30	2,05	30,848	M 89	4,0	91,908
M 3	0,29	3,112	M 33	2,55	33,848	M 94	4,0	96,908
M 3,5	0,335	3,594	M 36	2,55	37,591	M 99	4,0	101,908
M 4	0,455	4,304	M 39	2,55	40,590	M 104	4,0	106,908
M 5	0,455	5,152	M 42	2,55	42,832	M 109	4,0	111,908
M 6	0,62	6,345	M 45	2,55	45,832	M 114	4,0	116,908
M 8	0,725	8,281	M 48	3,2	52,825	M 119	4,0	121,908
M 10	0,895	10,413	M 52	3,2	54,024	M 124	4,0	126,908
M 12	1,1	12,649	M 56	3,2	57,267	M 129	4,0	131,908
M 14	1,35	15,020	M 60	3,2	61,267	M 134	4,0	136,908

Fig. 9-56 bis. Diámetros de los alambres óptimos para roscas métricas (todas las medidas en milímetros).

admitirse debe permitir que el alambre se apoye sobre los flancos de los filetes en vez de sobre sus crestas. Las reglas siguientes no dan los límites teóricos extremos, pero permiten obtener las medidas mínima y máxima que en la práctica pueden aceptarse.

El diámetro mínimo, en pulgadas, del alambre a utilizar es igual a 0,56 dividido por el número de filetes por pulgada; o bien, en milímetros, dicho diámetro mínimo es igual a 0,56 multiplicado por el paso en mm.

El diámetro máximo, en pulgadas, del alambre a utilizar es igual a 0,90 dividido por el número de filetes por pulgada; o bien, en milímetros, dicho diámetro máximo es igual a 0,90 multiplicado por el paso en mm.

59. ¿Qué es un comparador?

Es un instrumento (fig. 9-57) que sirve para comprobar la precisión de las piezas mecanizadas mediante la comparación de su imagen ampliada con una plantilla o galga patrón. Este método es a veces empleado para verificar el grado de precisión de las roscas.

El comparador de la figura 9-58 tiene marcadas dos rectas perpendiculares que se cortan en el centro de la pantalla. Alrededor del canto de ésta hay un goniómetro o comprobador de ángulos universal que se emplea para medir con precisión

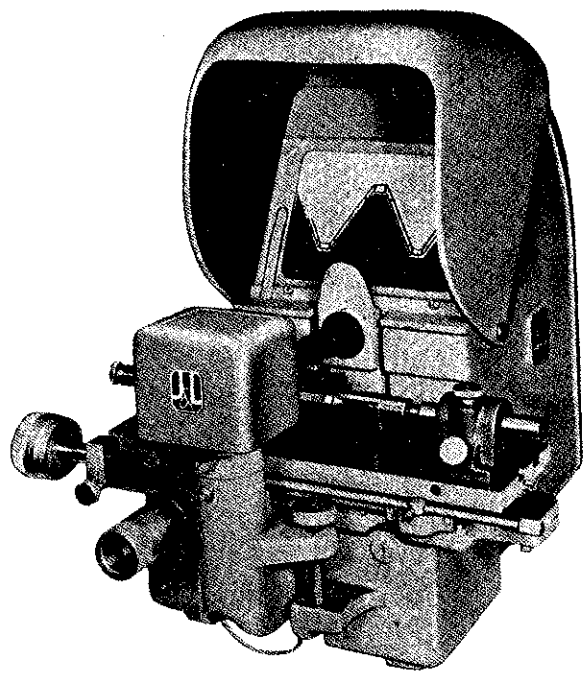


Fig. 9-57. Comparador óptico de banco (Jones & Lamson Machine Co.)

el ángulo del filete. La pantalla se hace girar hasta que una de las rectas trazadas sobre ella coincida exactamente con el canto de la sombra aumentada del filete que se comprueba. La rosca que se mide en la figura es una rosca trapecial Acme de 29°.

En la figura 9-59 se representa otro tipo de comparador con dos mordazas cuyo interior es similar al de un calibre de anillo. Cuando se coloca una pieza roscada entre aquéllas, la aguja del comparador indica la magnitud del error, si lo hay, con relación al paso, al ángulo del filete y al diámetro de flancos. Cada medida de rosca requiere unas mordazas del tamaño correspondiente.

Algunos calibres están diseñados para inspeccionar sólo un elemento de la rosca. El aparato de la figura 9-60 es un calibrador del paso de rosca que se emplea para comprobar la precisión del paso con un grado de exactitud que alcanza la diezmilésima de pulgada (2,5 micras). La pieza roscada a comprobar se coloca encima de la mesa horizontal y su rosca se pone en contacto con los puntos palpadores. Cualquier variación del paso es señalada por la aguja del comparador. En la figura 9-61 se muestra un calibre para verificar el diámetro de flancos de las roscas. La rosca a medir se coloca entre los rodillos superior e inferior, y cualquier variación en el diámetro de flancos requerido la señala la aguja del comparador.

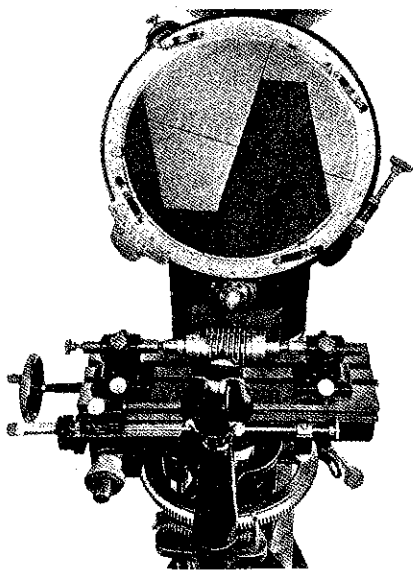


Fig. 9-58. Comparador óptico con goniómetro (Jones & Lamson Machine Co.)

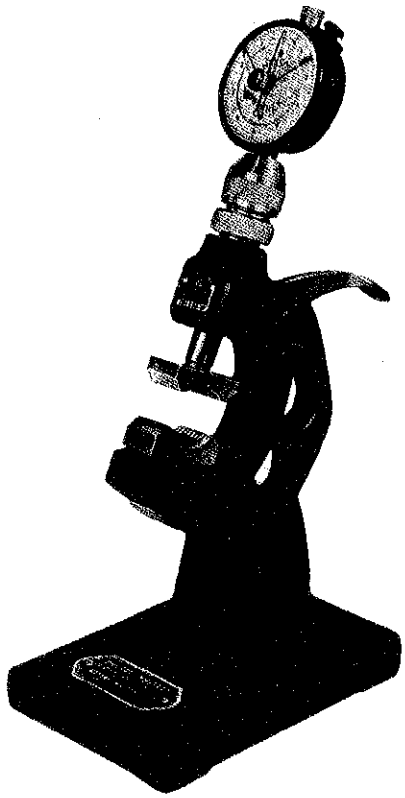


Fig. 9-59. Comparador de roscas (Hanson-Whitney Co.)

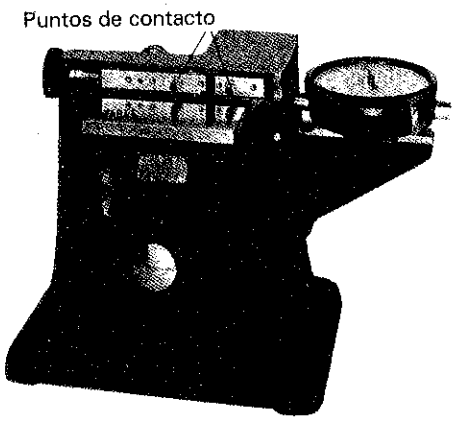


Fig. 9-60. Calibrador de pasos de rosca (Federal Products Corp.)

60. ¿Cómo se comprueba la precisión de las roscas cuadrada, trapecial, Brown & Sharpe y de diente de sierra?

Por lo general, para las roscas de esta clase se prevén ajustes sin holgura. Si se dispone de calibres, se emplean del mismo modo que los otros calibres de rosca. Si no se dispone de calibres, se acostumbra ensamblar las dos piezas, macho y



Fig. 9-61. Calibrador del diámetro de flancos de las roscas (Federal Products Corp.)

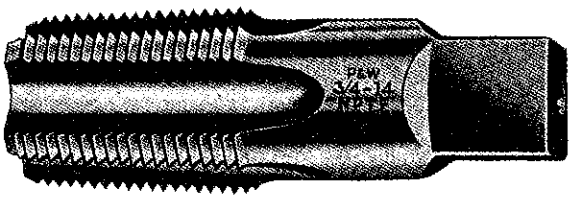


Fig. 9-62. Macho normal para rosca de tubo (Pratt & Whitney Co.)

hembra. En primer lugar se obtiene la rosca exterior, la cual se utiliza luego para comprobar la rosca de la otra pieza del acoplamiento.

61. ¿Qué es una rosca de tubo?

La rosca de tubo americana tiene el perfil del filete similar al de la rosca "American National" (tabla 23 del Apéndice). En muchos países, entre ellos España, se emplea la rosca Whitworth para tubos, llamada también "rosca de gas" (tabla 23 bis del Apéndice). En ambos casos la rosca suele tallarse sobre un cono para asegurar un ajuste estanco entre el tubo y los accesorios de tuberías.

62. ¿Cuáles son las especificaciones que se requieren para tallar roscas de tubo?

Las únicas especificaciones que hacen falta para el tallado de roscas de tubo son: 1) la medida nominal del tubo; 2) la clase de rosca, y 3), el modo de efectuar la operación. Las roscas Whitworth para tubos suelen designarse anteponiendo la letra G al diámetro del tubo en pulgadas; por ejemplo, G 1 1/4".

63. La medida nominal del tubo, ¿es igual al diámetro interior o al diámetro exterior del mismo?

A ninguno. En otro tiempo, la medida nominal

1	2			3			4		
Medida nominal del tubo	Rosca cónica						Rosca de tubo cilíndrica		
	Usando el escariador			Sin usar el escariador					
Pulgadas	Pulgadas		mm	Pulgadas		mm	Pulgadas		mm
1/16	....	0,240	6,10	....	0,246	6,26	1/4	0,250	6,35
1/8	21/64	0,328	8,33	....	0,332	8,43	11/32	0,344	8,74
1/4	27/64	0,422	10,72	7/16	0,438	11,12	7/16	0,438	11,12
3/8	9/16	0,562	14,27	9/16	0,562	14,27	37/64	0,578	14,68
1/2	11/16	0,688	17,47	45/64	0,703	17,85	23/32	0,719	18,26
3/4	57/64	0,891	22,60	29/32	0,906	23,00	59/64	0,922	23,42
1	1 1/8	1,125	28,57	1 9/64	1,141	29,00	1 5/32	1,156	29,36
1 1/4	1 15/32	1,469	27,30	1 31/64	1,484	37,70	1 1/2	1,500	38,10
1 1/2	1 23/32	1,719	43,66	1 47/64	1,734	44,00	1 3/4	1,750	44,45
2	2 3/16	2,188	55,57	2 13/64	2,203	56,00	2 7/32	2,219	56,36
2 1/2	2 19/32	2,584	65,63	2 5/8	2,625	66,67	2 21/32	2,656	67,46

Cortesía de la "American Society of Mechanical Engineers"

Fig. 9-63. Diámetros de broca propuestos para agujeros que deben roscarse con rosca de tubo.

del tubo era igual al diámetro interior del mismo. Hoy, el diámetro interior del tubo es mayor que la medida nominal, ya que la calidad del material empleado en la fabricación del tubo es actualmente superior a la aplicada años atrás, por lo que el espesor de las paredes del tubo es menor. El diámetro exterior no ha cambiado, pudiendo esta circunstancia ser motivo de inconvenientes al unir un tubo con otro. Las medidas básicas y las fórmulas para las roscas de tubo se dan en las tablas 23 y 23 bis del Apéndice; los datos complementarios pueden encontrarse en cualquier manual corriente para mecánicos.

64. ¿Cómo se tallan generalmente las roscas de tubo?

Corrientemente las roscas de tubo se tallan con terrajas o machos de roscar; también pueden tallarse en el torno de manera parecida a la de las otras roscas. En la figura 9-62 se muestra un macho para tallar roscas de tubo.

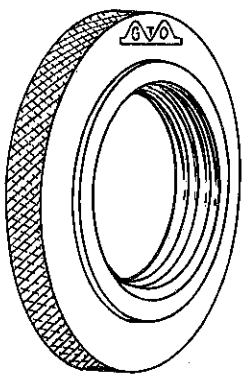


Fig. 9-64. Calibre de anillo para roscas de tubo normales (John Bath & Co.)

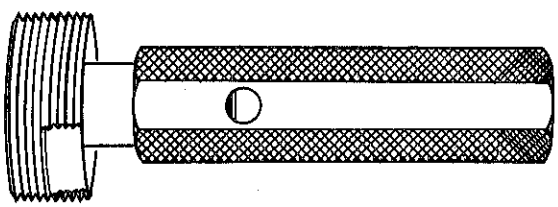


Fig. 9-65. Calibre tapón para roscas de tubo normales (John Bath & Co.)

65. Cuando las roscas de tubo se tallan en el torno, ¿debe la herramienta situarse a 90° respecto al eje del tubo o a 90° respecto a la periferia del cono?

La herramienta debe situarse a 90° respecto al eje de la pieza.

66. ¿Cuál es la medida del agujero a taladrar para acomodarse a una rosca de tubo de 3/4"?

El tamaño correcto de la broca a utilizar se obtiene corrientemente de una tabla similar a la de la figura 9-63. En este caso, la broca correcta es la de 29/32" (23 mm), pero si el agujero debe escariarse después de taladrado, el diámetro de la broca ha de ser 1/64" menor, o sea, de 57/64" (22,6 mm).

67. Describir el calibrado de las roscas de tubo exteriores.

Al calibrar roscas de tubo exteriores, o macho, el calibre de anillo (fig. 9-64) debe roscarse fuerte, a mano, en la rosca del tubo macho hasta que la pestaña del calibre quede enrasada o coincida con el extremo de la rosca.

68. Describir el calibrado de las roscas de tubo interiores.

En el calibrado de roscas interiores, o hembra, el calibre tapón para roscas de tubo (fig. 9-65) debe roscarse fuerte, a mano, en el manguito o pieza de acoplamiento, hasta que la muesca del calibre quede enrasada o coincida con el extremo de la pieza. Cuando la rosca es achaflanada, la muesca debe coincidir con el pie del chaflán.

69. ¿Cuál es el material que se emplea para que las uniones de tuberías sean estancas?

Tanto el almagre como el albayalde extendido entre las roscas antes de roscar para unir las piezas, proporcionan una junta hermética efectiva.

10. FRESADORAS Y OPERACIONES DE FRESADO

El fresado es una operación mediante la cual puede quitarse material de una pieza empleando una o más fresas giratorias con uno o varios dientes.

La pieza puede sujetarse en un tornillo de mordazas u otro dispositivo de fijación, el cual va, a su vez, fijado a la mesa; también puede sujetarse la pieza directamente a la mesa. El material es arrancado haciendo avanzar la mesa hacia los dientes de la fresa giratoria. Las fresas se fabrican en varias formas y tamaños, siendo cada una fabricada para una finalidad específica.

Los métodos de mecanizado de los días presentes han incrementado el valor de la fresadora como unidad de producción. Debido a la variedad de operaciones de posible ejecución y al grado de precisión alcanzable, la fresadora es hoy día considerada en la industria tan importante como el torno. La fresadora se emplea para mecanizar superficies planas o perfiles irregulares, pudiendo también utilizarse para tallar engranajes y roscas, taladrar y mandrinar agujeros, ranurar chaveteros y graduar con precisión medidas regularmente espaciadas. Esta máquina se compone de muchos elementos, siendo los principales los que se sitúan y designan en las figuras 10-1 y 10-2.

1. ¿Tienen todas las fresadoras el mismo tamaño?

Existe una extensa variedad de fresadoras que difieren en dimensiones y tipo. Cada tipo es especialmente adecuado para una clase de trabajo particular.

2. ¿Cuántos tipos de fresadoras se requieren en la industria, y cómo se clasifican?

Hay tres tipos de fresadoras:

1. Fresadoras de columna y cartela.
2. Fresadoras de gran producción.
3. Fresadoras especiales.

3. ¿Cuál es el tipo de fresadora que más a menudo se encuentra en los pequeños talleres de maquinaria en general?

El tipo de columna y cartela. Es una máquina para trabajos en general con una gama completa de velocidades y avances que pueden regularse lo mismo a mano que automáticamente. Hay tres estilos de fresadoras del tipo de columna y cartela:

1. Fresadora horizontal o corriente.
2. Fresadora universal.
3. Fresadora vertical.

4. ¿Cuáles son las partes principales de la fresadora horizontal corriente?

Las partes principales son: la columna, la cartela, el caballete, la mesa, el husillo y el brazo superior (fig. 10-3).

5. ¿Cuál es la función de la columna?

La columna, incluyendo la base, es la pieza fundida principal que sostiene todas las demás partes de la máquina. La superficie frontal de la columna, o sea, la cara, se mecaniza de modo que constituya una guía precisa para la carrera vertical de la cartela.

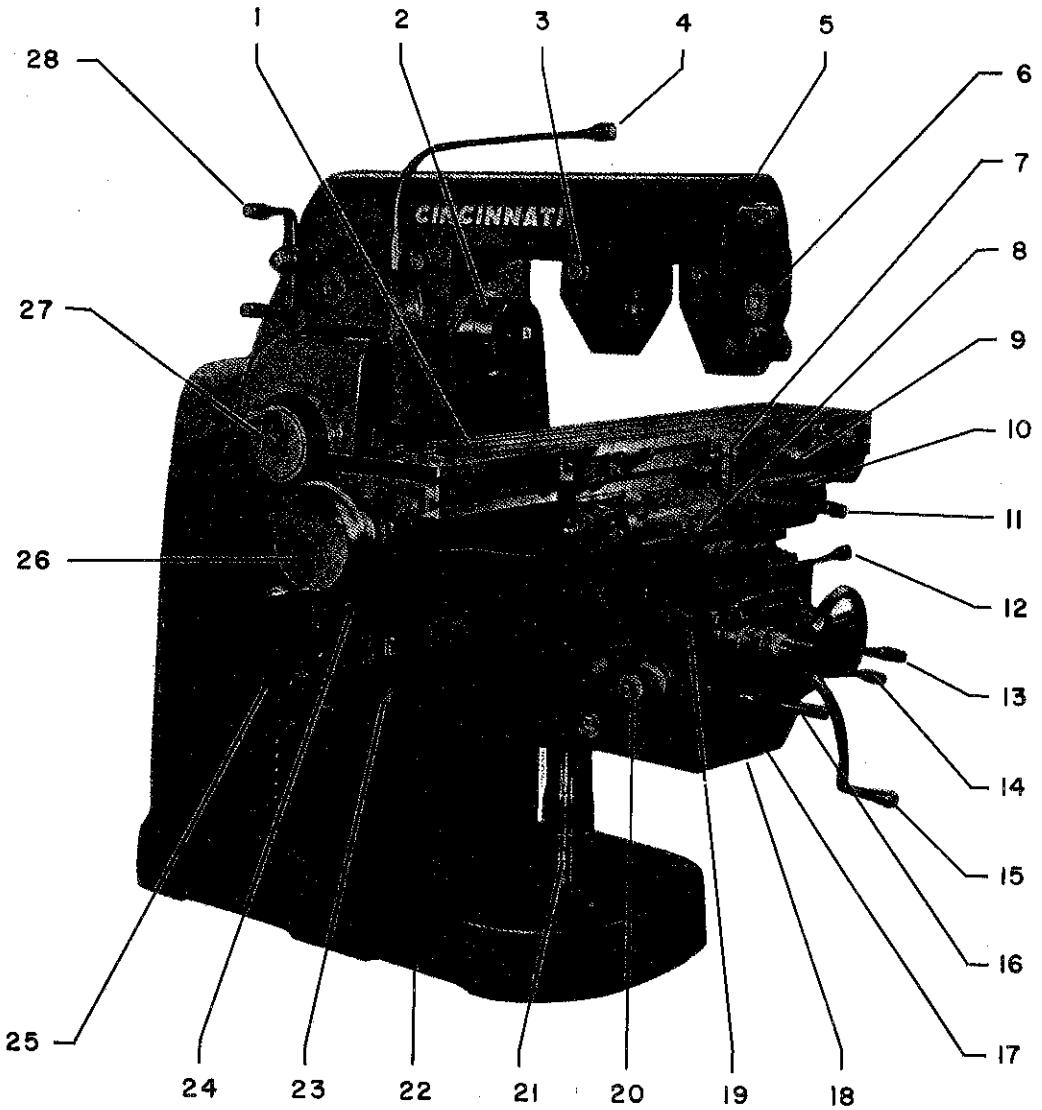


Fig. 10-1. Nomenclatura de la fresadora corriente de columna y cartela, vista anterior (Cincinnati Milling Machine Co.)

1. Mesa
2. Plato del husillo para fijación del árbol portafresas
3. Soporte interior del árbol portafresas
4. Palanca de mando
5. Brazo superior
6. Soporte exterior del árbol portafresas
7. Pitón limitador de carrera de la mesa
8. Botón eliminador del retroceso
9. Topes de fin de carrera
10. Caballete
11. Palanca de avance de la mesa
12. Palanca de avance transversal
13. Palanca de movimiento transversal rápido
14. Volante de avance transversal
15. Manivela de avance vertical
16. Manivela de cambio de avance
17. Disco de cambio de avance
18. Cartela o cónsola
19. Palanca de avance vertical
20. Filtro de aceite de la cartela
21. Conducto telescópico de retorno del fluido de corte
22. Base
23. Topes de carrera vertical
24. Sujetador de la cartela
25. Columna
26. Volante de movimiento transversal de la mesa
27. Disco y manivela de cambio de velocidad
28. Manivela de posicionado del brazo superior

6. ¿Cuál es la función de la cartela?

La cartela sostiene el caballete. Dentro de ella se hallan los engranajes de cambio de avance. La cartela o cónsola puede subirse o bajarse sobre la cara de la columna; su altura puede ajustarse mediante el tornillo de elevación que le sirve de soporte.

7. ¿Cuál es la función del caballete?

El caballete sostiene la mesa. Se apoya sobre las superficies mecanizadas con precisión de la cartela, las cuales, además, le sirven de guía.

8. ¿Para qué sirve la mesa?

La mesa sirve para sujetar la pieza. Descansa sobre las guías en cola de milano del caballete. A lo largo de toda la longitud de su superficie superior tiene mecanizadas unas ranuras en T, las cuales sirven para alinear la pieza o el dispositivo de sujeción de la misma. Los pernos que se usan para sujetar la pieza o el dispositivo de sujeción de la misma a la mesa ajustan holgadamente en dichas ranuras en T.

9. ¿Para qué sirve el husillo?

El husillo sujeta y acciona a las diversas herramientas. Es un árbol que va montado sobre cojinetes alojados en la columna. El husillo es accionado por un motor eléctrico, a través de un tren de engranajes también montados dentro de la columna. El extremo frontal del husillo tiene un agujero cónico y chavetas de arrastre para alojar y accionar las diversas herramientas de corte, platos de sujeción y árboles portafresas.

10. ¿Qué es el brazo superior?

El brazo superior va montado encima de la columna y va guiado en perfecta alineación por las

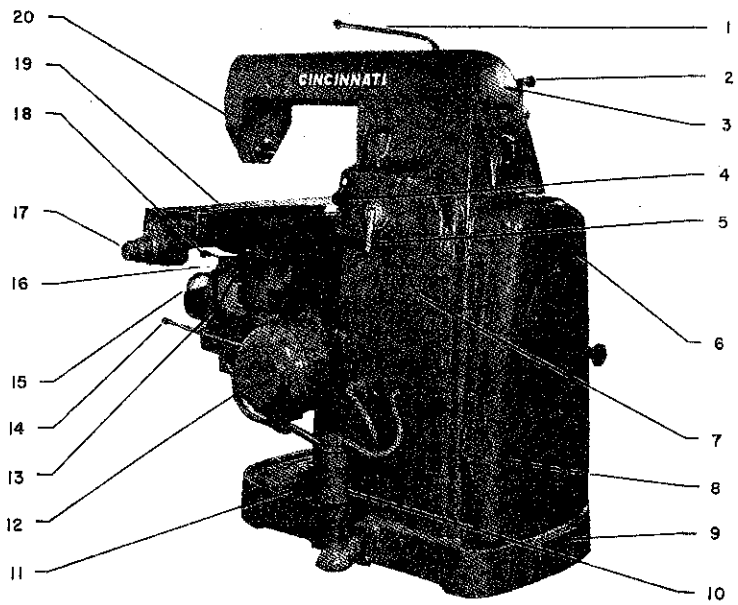


Fig. 10-2. Nomenclatura de la fresadora corriente de columna y cartela, vista posterior (Cincinnati Milling Machine Co.)

1. Palanca de mando
2. Manivela de posicionado del brazo superior
3. Brazo superior
4. Botón principal de puesta en marcha
5. Interruptor principal
6. Tapa del mecanismo de accionamiento principal
7. Tapa del cuadro eléctrico
8. Motor de accionamiento principal
9. Depurador del refrigerante
10. Bomba del fluido de corte
11. Colador del fluido de corte
12. Motor de accionamiento del avance
13. Fijador del caballete
14. Palanca de movimiento transversal rápido
15. Volante de avance transversal
16. Caballete
17. Alimentador de fuerza para el mecanismo de accionamiento
18 Palanca de embrague del avance transversal
19. Mesa
20. Soporte del brazo superior

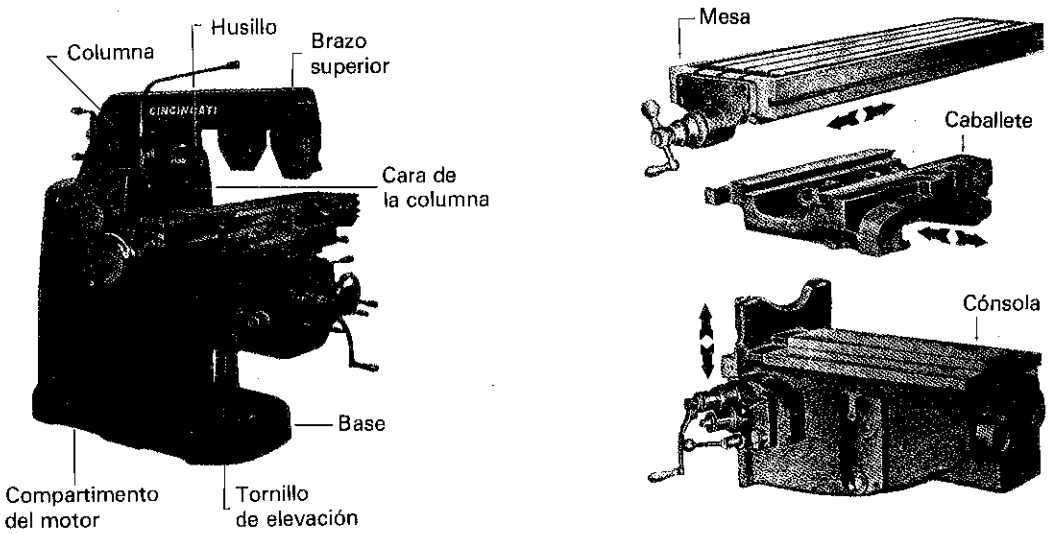


Fig. 10-3. Partes principales de la fresadora corriente de columna y cartela (Cincinnati Milling Machine Co.)

superficies en cola de milano mecanizadas. El brazo superior sostiene el árbol portafresas. Es ajustable y puede fijarse en cualquier posición.

11. ¿Cuál es la diferencia entre la fresadora horizontal corriente y la fresadora universal del tipo de columna y cartela?

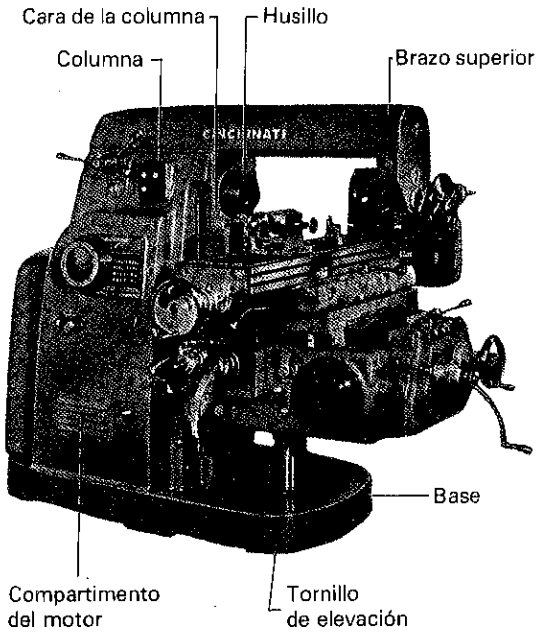
La fresadora universal (fig. 10-4) tiene un aspecto muy parecido al de la fresadora horizontal corriente. En vez de la mesa sostenida por el caballete, la máquina universal tiene un elemento adicional, el bastidor de la mesa, que puede girar encima del caballete. Esta característica permite el fresado angular, en espiral y helicoidal de ranuras, estrías y dientes (fig. 10-5). Este tipo de trabajo requiere el uso de un accesorio denominado *cabezal divisor.* La fresadora universal se utiliza para mecanizar dientes de engranajes rectos y helicoidales, y las estrías de brocas helicoidales, escariadores y fresas. Se considera como una de las máquinas más importantes del taller de utillajes e instrumentos.

12. ¿Qué es una fresadora vertical de columna y cartela?

La fresadora vertical (fig. 10-6) se denomina así porque el husillo está dispuesto verticalmente y formando un ángulo recto con la superficie de la mesa. Este husillo tiene un movimiento vertical, y la mesa puede moverse vertical, longitudinal y transversalmente. Tanto los movimientos del husillo como los de la mesa pueden regularse a mano o mecánicamente. La fresadora de husillo vertical puede usarse para el fresado frontal y de perfiles, fresado de matrices y posicionado y mandrinado de agujeros. Cuando se emplea conjuntamente con instrumentos de medición de precisión, esta máquina puede utilizarse con gran eficiencia como máquina de taladrar con plantilla.

13. ¿Qué es la fresadora del tipo de gran producción?

Esta fresadora se usa principalmente para producir piezas mecanizadas en grandes cantidades, pudiendo aplicarse para una extensa variedad de operaciones de fresado. Con dispositivos de fijación de la pieza y cabezales de husillo especiales, estas máquinas pueden utilizarse para el refrentar, fresar superficies planas y mecanizar perfiles especiales por medio de una combinación de fresas montadas en el árbol portafresas. El husillo gira sobre cojinetes situados en el soporte del mismo, el cual puede moverse verticalmente sobre las guías mecanizadas del cabezal. La mesa cabalga en las guías mecanizadas de la bancada y se mueve longitudinalmente y en sentido perpendicular al husillo; su superifice superior tiene una serie de ranuras en T que se emplean para alinear



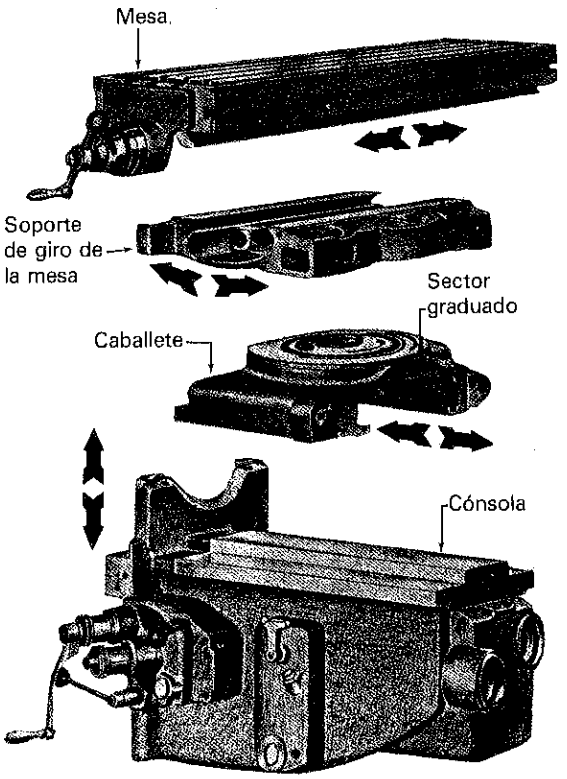


Fig. 10-4. Elementos mecánicos de la fresadora universal del tipo de columna y cartela (Cincinnati Milling Machine Co.)

y sujetar la pieza. La mesa no puede moverse verticalmente (subir o bajar); por ello, es limitada la altura de la pieza que puede fresarse.

Hay dos estilos de fresadoras de gran producción. La del estilo corriente (fig. 10-7) va equipada con un husillo y un cabezal; éste queda abierto por la parte frontal, lo que permite el montaje y desmontaje convenientes de las piezas, facultando, además, al operario para observar la acción de la fresa o fresas y su resultado.

La fresadora de gran producción del tipo "duplex" (fig. 10-8) va equipada con dos husillos horizontales montados en soportes de husillo ajustables independientemente; estos soportes se mueven sobre cabezales individuales situados en lados opuestos de la bancada. Pueden efectuarse dos operaciones de fresado idénticas o diferentes en una o más piezas al mismo tiempo.

14. ¿Cuáles son los otros tipos de fresadoras que se usan en la producción de piezas mecanizadas?

Existen pequeñas fresadoras de gran producción cuyo aspecto es similar al de las fresadoras corrientes de columna y cartela. Se emplean en la producción en serie de piezas de tamaño reducido o medio. La fresadora automática corriente

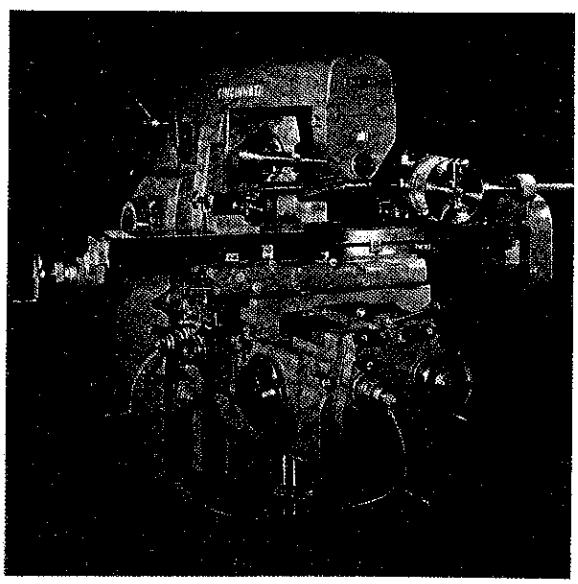


Fig. 10-5. Tallado de un dentado helicoidal con una máquina universal del tipo de columna y cartela (Cincinnati Milling Machine Co.)

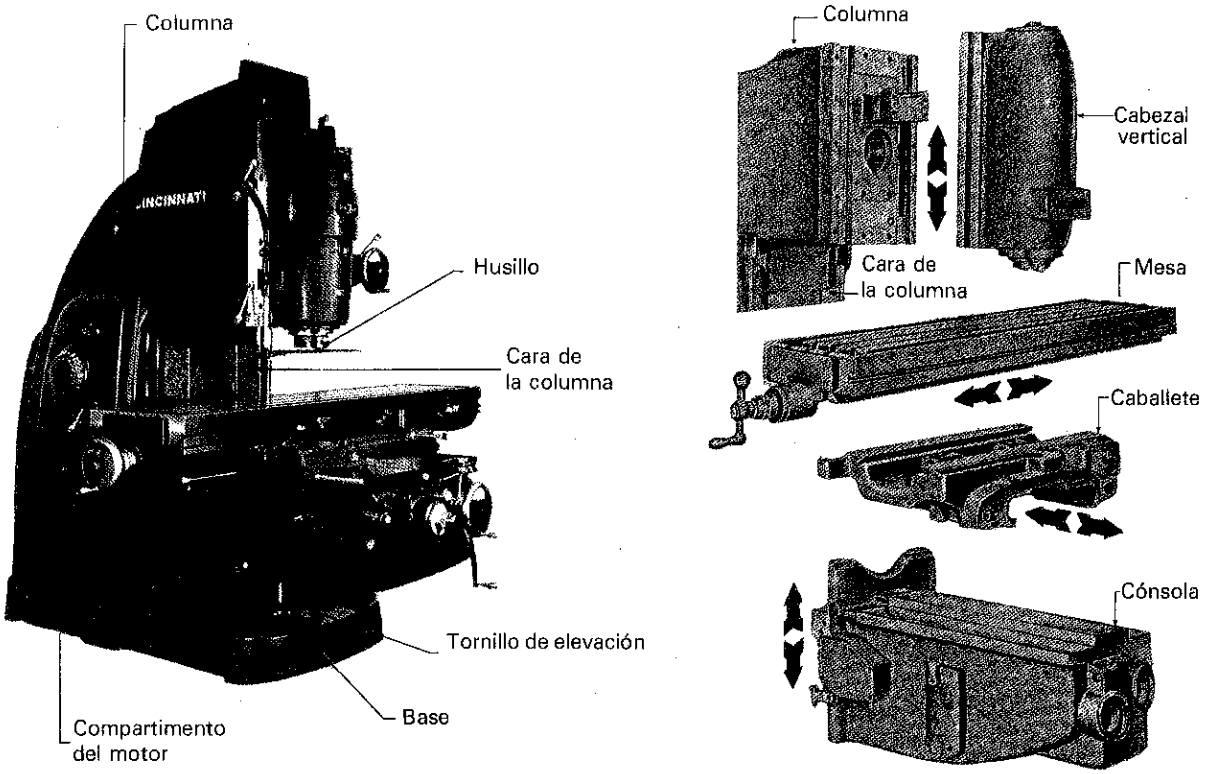


Fig. 10-6. Elementos principales de la fresadora vertical del tipo de columna y cartela (Cincinnati Milling Machine Co.)

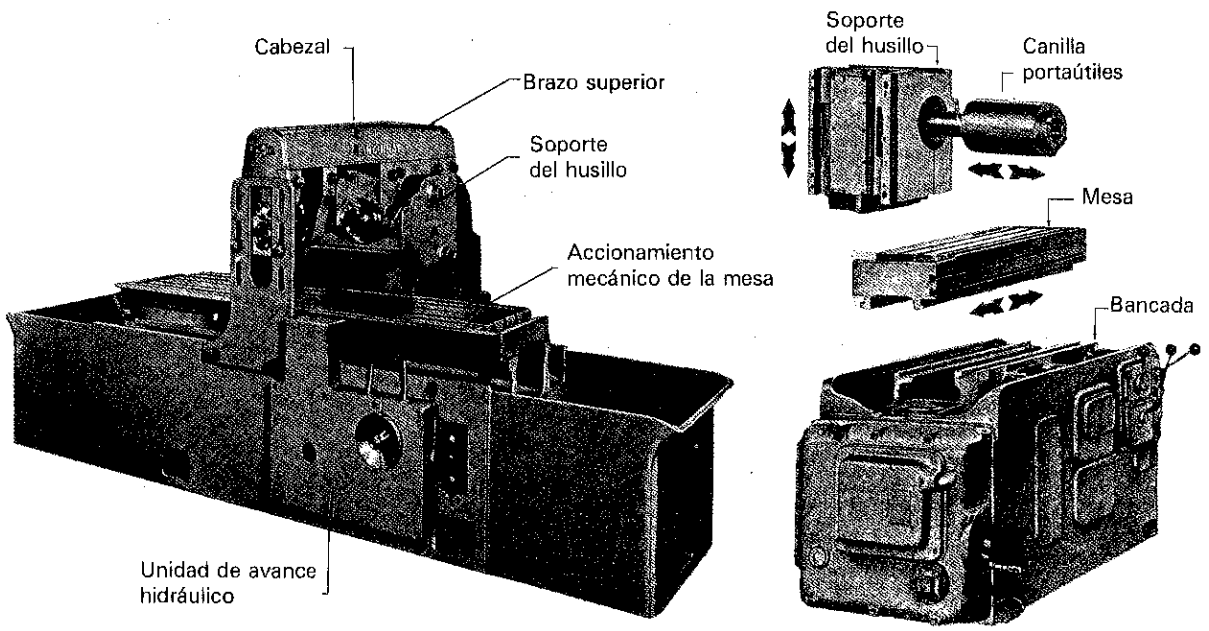


Fig. 10-7. Elementos principales de la fresadora del tipo de gran producción (Cincinnati Milling Machine Co.)

(fig. 10-9) se llama así porque la mesa es accionada mecánicamente y su movimiento regulado de un modo automático mediante topes de fin de carrera montados en el lado frontal de la misma.

15. ¿Qué es una fresadora tipo planeadora?

La fresadora tipo planeadora está diseñada para grandes piezas que requieren pasadas profundas y fuertes avances, que son las que abundan en la industria pesada.

La pieza se estaca en una larga mesa similar a la que poseen las planeadoras. Las fresadoras de este tipo pueden ir equipadas con uno o más cabezales de fresar, los cuales pueden situarse y ajustarse horizontalmente sobre el carril de la traviesa, o verticalmente en los pies derechos del bastidor. La figura 10-10 representa una fresadora tipo planeadora con doble bastidor equilibrado mediante presión hidráulica.

16. ¿Qué es una máquina horizontal de precisión para mandrinar y fresar?

Es una máquina de grandes dimensiones (fig. 10-11) dotada de gran resistencia y que puede efectuar trabajos de alta precisión; por tanto, está construida de modo que la precisión quede asegurada, así como la rigidez, en las fuertes operaciones de fresado sobre piezas pesadas. Se trata de una máquina para usos múltiples, ya que puede realizar, con una sola preparación, cualquiera de las operaciones de fresado, taladrado o mandrinado, o todas ellas. Esto ahorra tiempo de preparación y asegura la precisión de las diversas superificies mecanizadas en relación una con otra.

17. ¿Qué es una máquina de precisión para taladrar y mandrinar plantillas de agujeros?

Es una máquina (fig. 10-12) especialmente diseñada para simplificar la ejecución de agujeros de medida precisa y para simplificar los problemas que derivan de la necesidad de situarlos con un alto grado de exactitud. En muchos aspectos es

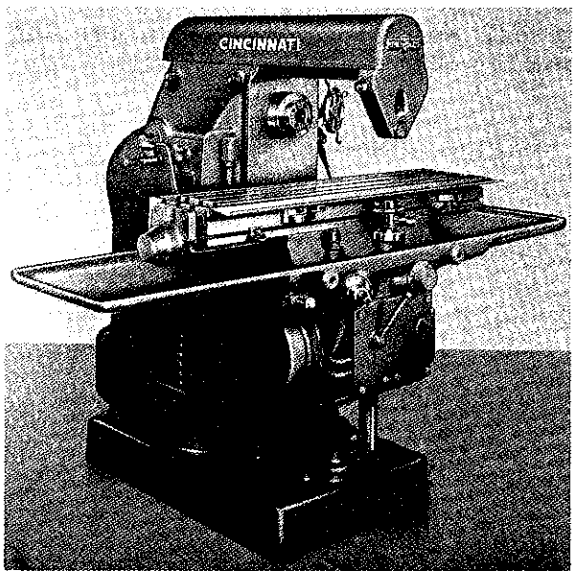


Fig. 10-9. Pequeña fresadora automática del tipo corriente de columna y cartela (Cincinnati Milling Machine Co.)

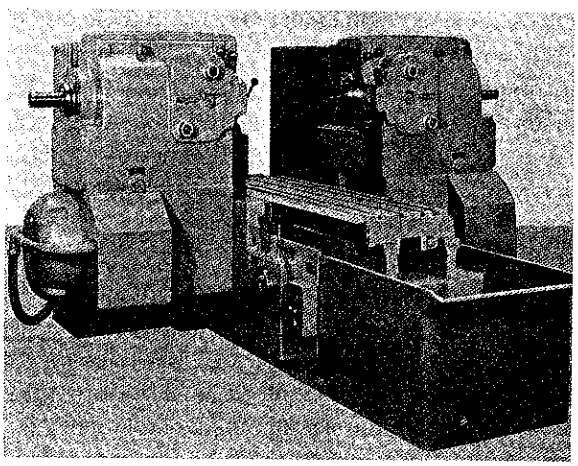


Fig. 10-8. Fresadora de gran producción tipo "duplex" (Cincinnati Milling Machine Co.)

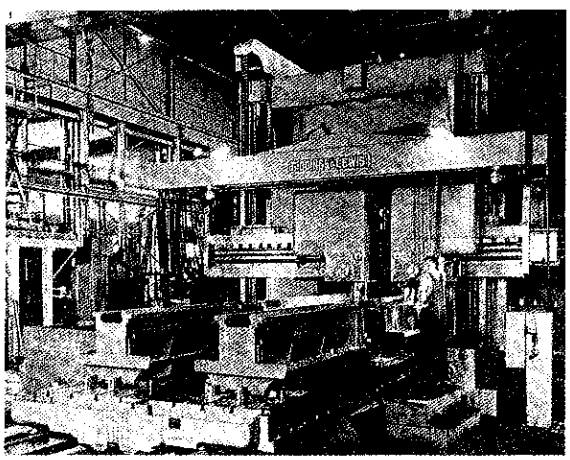


Fig. 10-10. Fresadora tipo planeadora (Giddings & Lewis Machine Tool Co.)

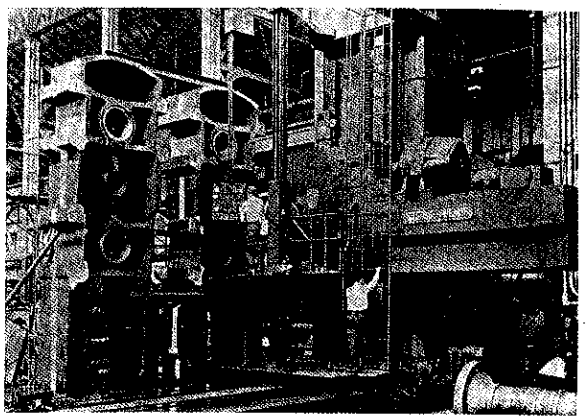


Fig. 10-11. Máquina horizontal de precisión para fresar, taladrar y mandrinar (Giddings & Lewis Machine Tool Co.)

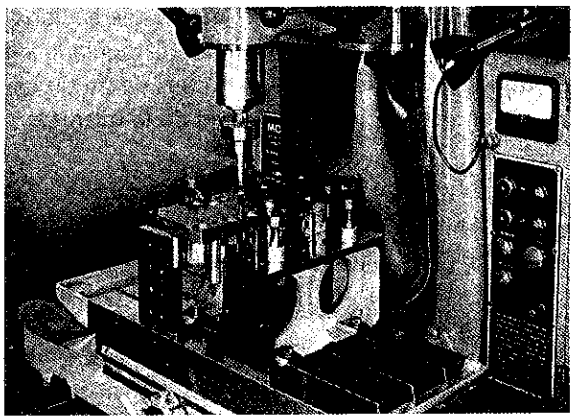


Fig. 10-13. Mandrinado de los agujeros de una plantilla en una máquina para plantillas (Moore Special Tool Co., Inc.)

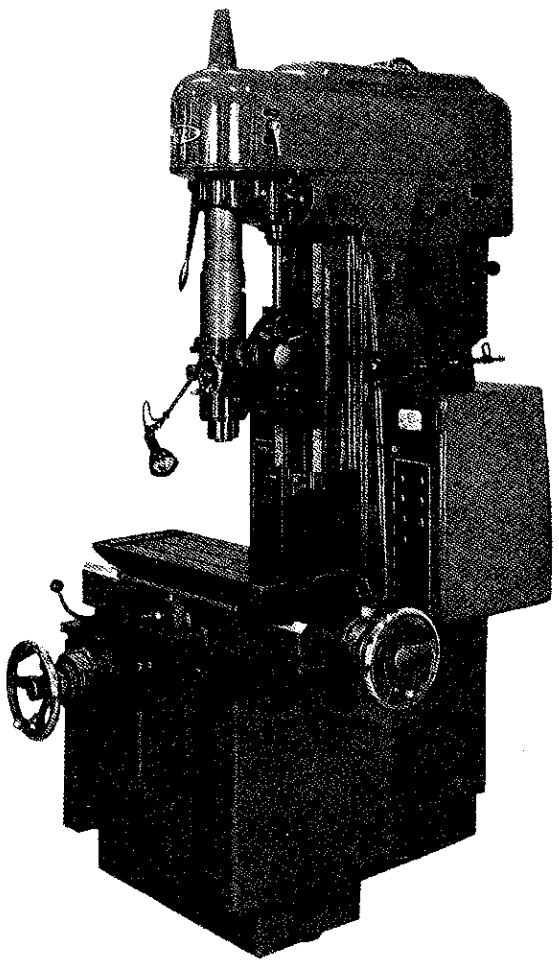


Fig. 10-12. Máquina de precisión para plantillas de agujeros (Moore Special Tool Co., Inc.)

parecida a la fresadora vertical; en las primeras fases de su desarrollo, esta máquina era muy similar a una taladradora de un solo husillo. Al utilizarse para mandrinar agujeros en plantillas, esta máquina requiere una construcción rígida para evitar vibraciones y pandeos. Las guías son de acero templado, rectificado y pulido. La mesa puede ajustarse en cualquier dirección dentro de una precisión de menos de 0,0001" (0,0025 mm). Los agujeros pueden situarse con una tolerancia de 0,00005" (0,0012 mm).

18. ¿Por qué es necesaria la precisión?

La máquina para mandrinar agujeros en plantillas es primordialmente una máquina de taller de utillaje. Los requerimientos de extrema precisión en la construcción de máquinas hacen necesario un grado muy fino de exactitud en la situación de los agujeros y en la ejecución de los contornos y superficies de las plantillas, elementos de fijación y matrices que sirven para contribuir al mecanizado de las piezas de una máquina.

19. ¿Cómo es posible lograr este alto grado de precisión?

El movimiento de la mesa de una máquina es posible gracias a la rotación de un tornillo dentro de una tuerca. El tornillo de avance de la mesa de una máquina para plantillas de agujeros debe satisfacer las más exactas prescripciones de precisión. La tolerancia admisible en la rosca es de

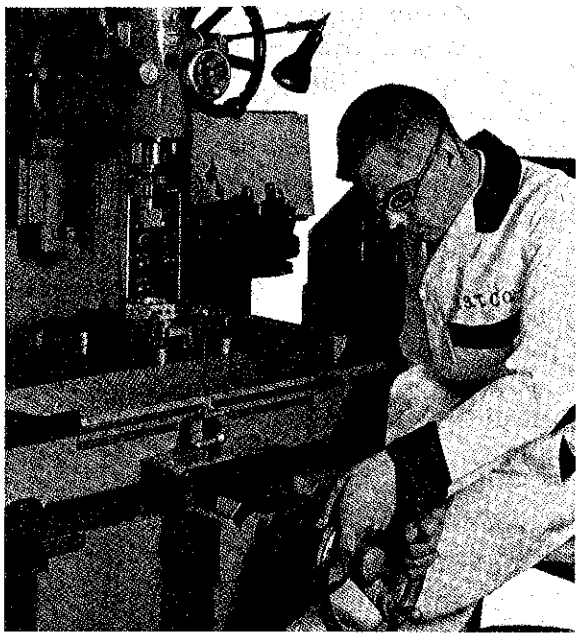


Fig. 10-14. Ajuste del eje del tornillo transversal de una máquina de precisión para plantillas de agujeros (Moore Special Tool Co., Inc.)

0,00003" (0,75 micrones) por pulgada. El movimiento de la mesa es regulado por medio de un volante de disco ampliado con graduaciones de nonio ajustadas mediante micrómetro (fig. 10-14).

20. ¿Qué es la fresadora para útiles y matrices?

Es una máquina (fig. 10-15) diseñada para el fresado de superficies curvas o irregulares y de superficies situadas entre salientes, soleras y protuberancias. Por medio de una punta de trazar que cabalga sobre una leva, la fresa reproduce, automáticamente y con precisión, perfiles complicados. Con esta máquina pueden también realizarse las operaciones de fresado usuales.

21. ¿Qué es un accesorio para fresadora?

Cada una de las máquinas en el taller mecánico tiene uno o más accesorios. Cualquier accesorio de una máquina se diseña para incrementar la versatilidad de la misma, proporcionando una mayor capacidad de trabajo. La fresadora tiene muchos accesorios que le confieren más adaptabilidad, eficiencia y utilidad.

22. ¿Qué es un accesorio de fresado vertical?

El accesorio de fresado vertical (fig. 10-16) puede montarse en la cara de la columna de una fre-

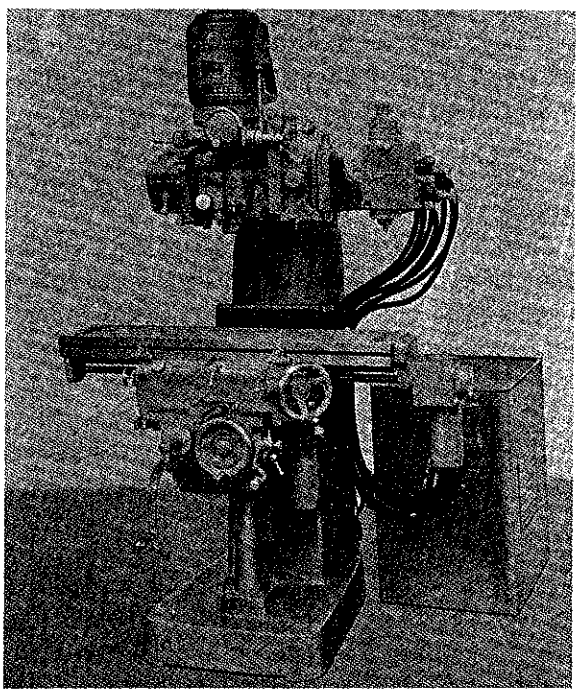


Fig. 10-15. Fresadora para útiles y matrices (Cincinnati Milling Machine Co.)

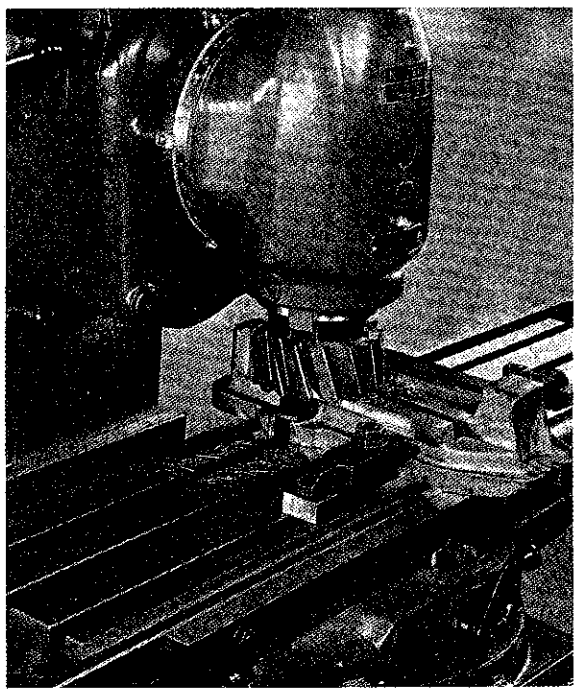


Fig. 10-16. Accesorio de fresado vertical (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

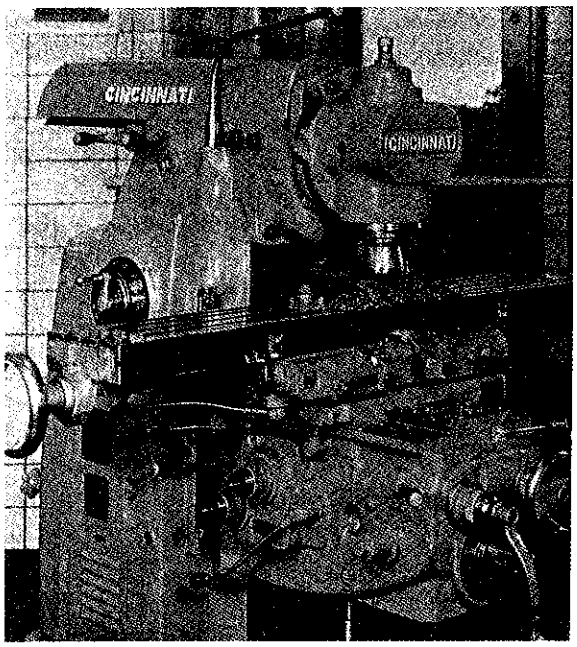


Fig. 10-17. Accesorio de fresado vertical empleado para fresar una cola de milano (Cincinnati Milling Machine Co.)

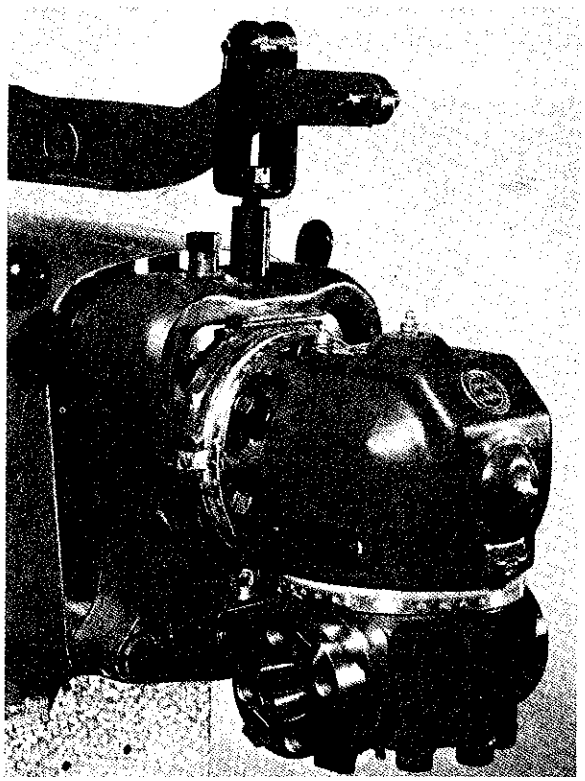


Fig. 10-18. Accesorio de fresado universal (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

sadora horizontal del tipo de columna y cartela. Las fresadoras corrientes y universales pueden entonces ejecutar operaciones que ordinariamente tendrían que realizarse en una fresadora vertical. El cabezal del husillo puede girar con precisión los grados necesarios para efectuar un fresado angular.

23. Citar algunas de las ventajas del accesorio de fresado vertical.

Este accesorio se usa para operaciones de fresado vertical con grandes fresas espirales, fresas frontales y fresas angulares sencillas y dobles (fig. 10-17).

24. ¿Qué es el accesorio de fresado universal?

Es un accesorio (fig. 10-18) que convierte una fresadora corriente en completamente universal, ya que su husillo puede ajustarse a cualquier ángulo en ambos planos. Esto permite que una fresa espiral ejecute el trabajo de una fresa angular.

25. ¿Qué es el accesorio de fresado vertical combinado?

Es un accesorio (fig. 10-19) cuyo husillo puede ajustarse en dos planos. Con el husillo ajustado formando un ángulo con la mesa, como en el fresado de cantos inclinados en piezas largas, puede recorrerse la total longitud de la mesa, ahorrándose así tiempo de preparación.

26. ¿Qué es un accesorio de fresado universal rápido?

Cuando se utiliza una fresa espiral de pequeño diámetro para el fresado de ranuras, chaveteros o perfiles acanalados, o para el mecanizado de moldes o matrices, se monta un accesorio de fresado universal rápido. Por medio de engranajes interiores, la velocidad de giro es sustancialmente incrementada, con el consiguiente aumento productivo en el avance (fig. 10-20).

27. ¿Qué es un plato giratorio?

El plato giratorio (fig. 10-21), a veces llamado accesorio de fresado circular, va atornillado a la parte superior de la mesa de una fresadora corriente o universal. Empleando los avances longitudinal y transversal de la mesa conjuntamente con el movimiento de rotación del plato, el ope-

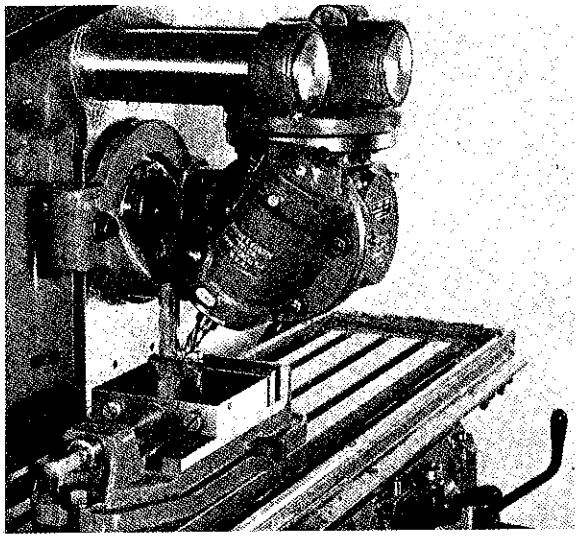


Fig. 10-19. Accesorio de fresado vertical combinado (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

rario puede mecanizar una gran variedad de perfiles, tales como ranuras en T circulares, diversos tipos de levas, etc. Además del modelo con avance a mano, existen también platos giratorios con mecanismo de accionamiento mecánico (fig. 10-22). Ambos accesorios tienen divisiones en grados sobre la circunferencia del plato.

28. ¿Qué es un cabezal para ranurar?

El cabezal para ranurar (fig. 10-23), cuando se monta sobre la cara de la columna de una fresadora corriente o universal, convierte el movimiento de giro del husillo en un movimiento de subir y bajar del soporte de la herramienta. Esto es particularmente útil en un taller donde deben mecanizarse chaveteros y no se dispone de máquina de ranurar. El soporte de herramienta de este accesorio puede ajustarse a cualquier ángulo desde 0° a 90°, en ambos lados de la línea de centros. La carrera puede ser de 0 a 4" (0 a 100 mm).

29. ¿Qué es un cabezal para cremalleras?

Es un accesorio (fig. 10-24) utilizado para tallar dientes, corrientemente dientes de engranajes, a lo largo de una línea recta. También puede usarse conjuntamente con los centros de un divisor universal para tallar tornillos sin fin en fresadoras universales. La fresa se monta en el extremo del husillo que se prolonga a través de la caja del accesorio paralelamente a las ranuras en T de la mesa. Este husillo es accionado desde el husillo de la máquina mediante un tren de engranajes rectos y cónicos de acero templado. Como anexo del cabezal se suministra un tornillo de mordazas especial para sujetar la cremallera.

30. ¿Cuáles son las aplicaciones del cabezal para fresar en espiral?

Cuando el cabezal para fresar en espiral es aplicado a una fresadora universal, es posible el fresado de espirales con un ángulo de hélice mayor de 45°. Este accesorio se utiliza para el fresado de ruedas dentadas, tornillos sin fin, roscas

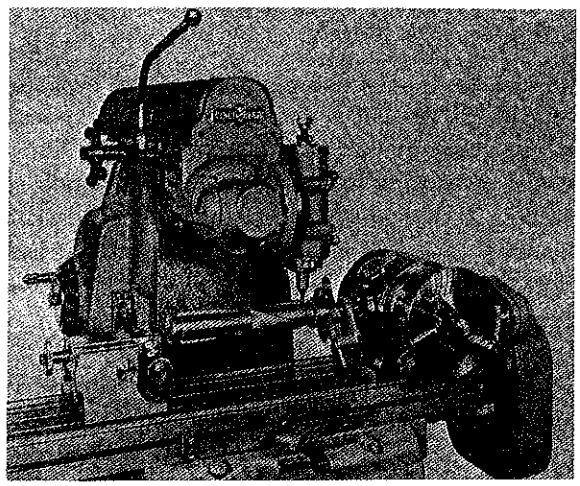


Fig. 10-20. Fresado de perfiles acanalados con una fresa espiral montada en un accesorio de fresado universal rápido (Cincinnati Milling Machine Co.)

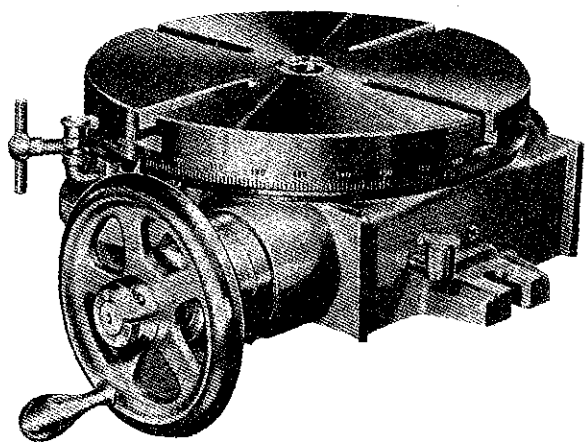


Fig. 10-21. Plato giratorio con avance a mano (Cincinnati Milling Machine Co.)

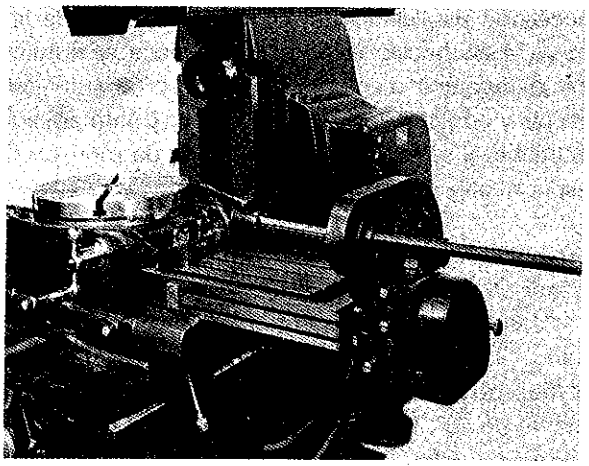


Fig. 10-22. Plato giratorio y dispositivo de accionamiento del mismo (Cincinnati Milling Machine Co.)

de tornillo, brocas helicoidales y fresas espirales (fig. 10-25). El cabezal para fresar en espiral puede montarse en una fresadora corriente o en una universal del tipo de columna y cartela. Cuando se emplea conjuntamente con un cabezal divisor, incrementa el campo de aplicaciones de la fresadora corriente hasta casi igualarlo al de la fresadora universal.

31. ¿Cuáles son los tipos de tornillos de mordazas que se usan para los trabajos de fresado?

La forma y el tamaño de la pieza a fresar determinan el tipo de tornillo de sujeción más adecuado. El tornillo de mordazas pequeño (fig. 10-26) se usa para operaciones de fresado ligeras; el soporte con sus guías es de hierro fundido, y las mordazas, de acero de herramientas templado y rectificado. La acción de palanca permite la sujeción rápida de la pieza, con el consiguiente aumento de producción. El tornillo se fija a la mesa por medio de pernos en T que pasan por las horquillas practicadas en los extremos del mismo. El tornillo corriente es más bajo que los otros tornillos de fresadora de los demás tipos. El tornillo de mordazas con platina (fig. 10-27) puede sujetar piezas de hasta 7" (175 mm) de ancho y es el tipo de tornillo usado para las operaciones de fresado en fresadoras corrientes; su pequeña altura y ancha base le confieren la rigidez necesaria para pasadas profundas.

El tornillo de mordazas giratorio (fig. 10-28) consta de dos piezas básicas. El cuerpo es idéntico al del tornillo con platina, pero puede girar sobre la base, la cual es graduada en grados. El cuerpo, al girar, puede ajustarse a cualquier ángulo.

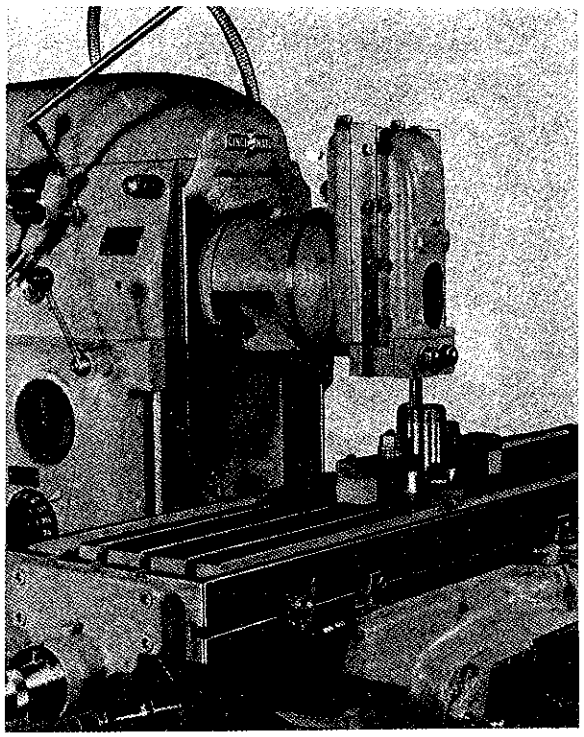


Fig. 10-23. Ranurado de un casquillo empleando el cabezal de ranurar (Cincinnati Milling Machine Co.)

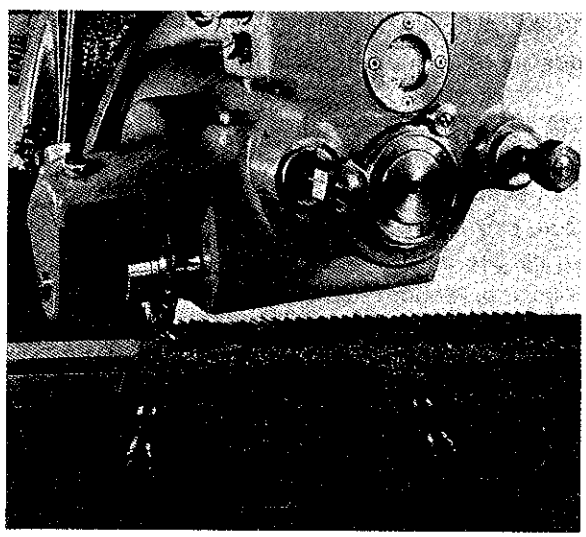


Fig. 10-24. Mecanizado de una cremallera utilizando el cabezal para cremalleras y dos tornillos de mordazas especiales (Cincinnati Milling Machine Co.)

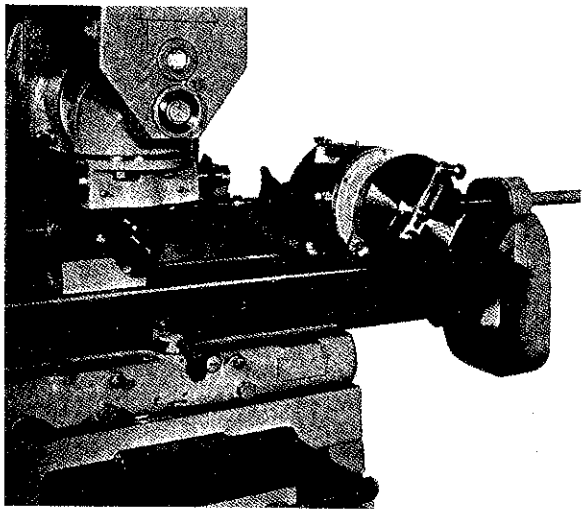


Fig. 10-25. El cabezal universal de fresar en espiral sirve de ayuda en el fresado de un tornillo sin fin (Cincinnati Milling Machine Co.)

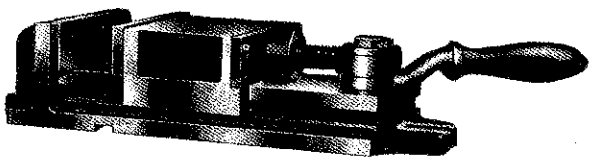


Fig. 10-26. Tornillo de mordazas corriente (Cincinnati Milling Machine Co.)

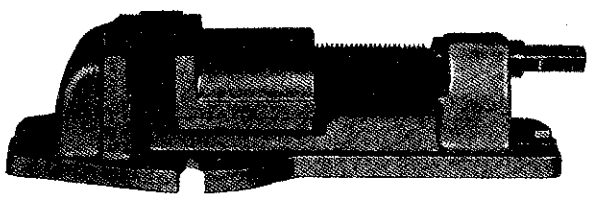


Fig. 10-27. Tornillo de mordazas con platina (Cincinnati Milling Machine Co.)

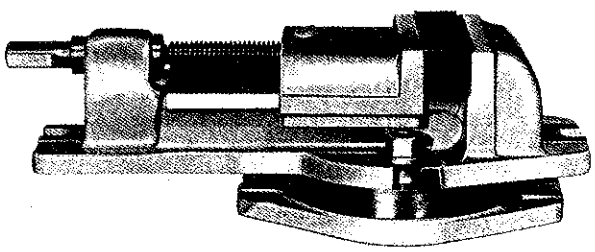


Fig. 10-28. Tornillo de mordazas giratorio (Cincinnati Milling Machine Co.)

El tornillo de mordazas universal (fig. 10-29) puede girar sobre su base, al igual que el tornillo giratorio, de modo que, en el plano horizontal, el giro posible es de 360°. Por otra parte, está provisto de una charnela que permite ajustarlo, en el plano vertical, a cualquier ángulo desde 0° a 90°.

32. ¿Cómo se alinean los tornillos de mordazas paralelamente al canto de la mesa de la fresadora?

Los tornillos de mordazas para fresadoras pueden alinearse rápidamente con la mesa por medio de bloques cuadrados o rectangulares fijados en la cara inferior de la placa de base del tornillo. Una mitad del espesor de los bloques ajusta en la ranura fresada en dicha cara; la otra mitad del citado espesor ajusta en una ranura en T de la mesa de la fresadora (fig. 10-30).

33. ¿Qué es un plato magnético?

Es un dispositivo (fig. 10-31) que se sirve de imanes para sujetar la pieza encima de la mesa de la fresadora. Es especialmente apropiado para pie-

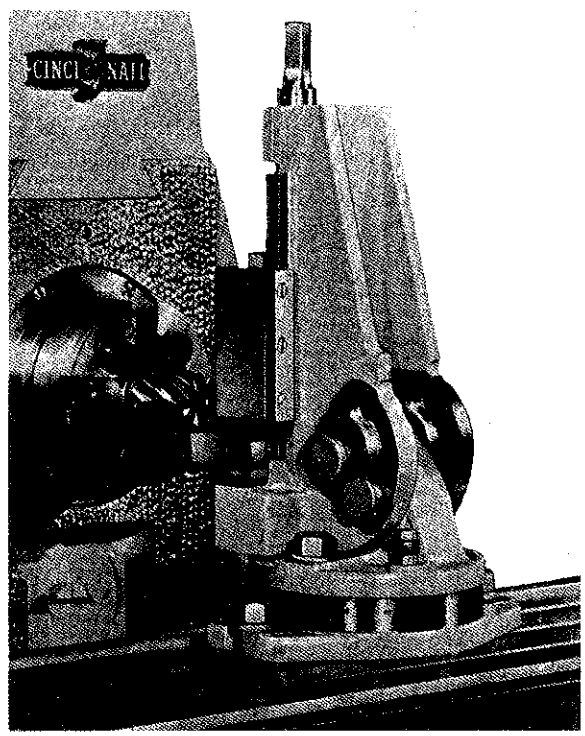


Fig. 10-29. Tornillo de mordazas universal (Cincinnati Milling Machine Co.)

zas delgadas cuya sujeción con el tornillo de mordazas ofrece dificultades.

34. ¿Qué es un mandril elástico?

Los mandriles elásticos (fig. 10-32) son útiles adecuados para sujetar alambre, pequeñas varillas, brocas de mango cilíndrico, fresas de labios, etc. El mandril propiamente dicho está constituido por un manguito de sujeción, de acero; está rectificado para ajustar con un agujero cónico normal, y agujereado en toda su longitud. Tiene también una pinza de resorte que se mantiene en posición mediante una tuerca que va roscada en un extremo del mandril y que aprieta la pinza contra el asiento cónico del mismo, ajustándolo concéntricamente.

En la figura 10-33 se muestran otros tipos de manguitos de sujeción, los cuales se emplean para estacar fresas y herramientas de acuerdo con la naturaleza del trabajo. El manguito del tipo 1 tiene una espiga; su agujero está terminado conforme al cono número 4 Brown & Sharpe, y su exterior, conforme al cono número 7 Brown & Sharpe. El manguito del tipo 2 tiene su extremo

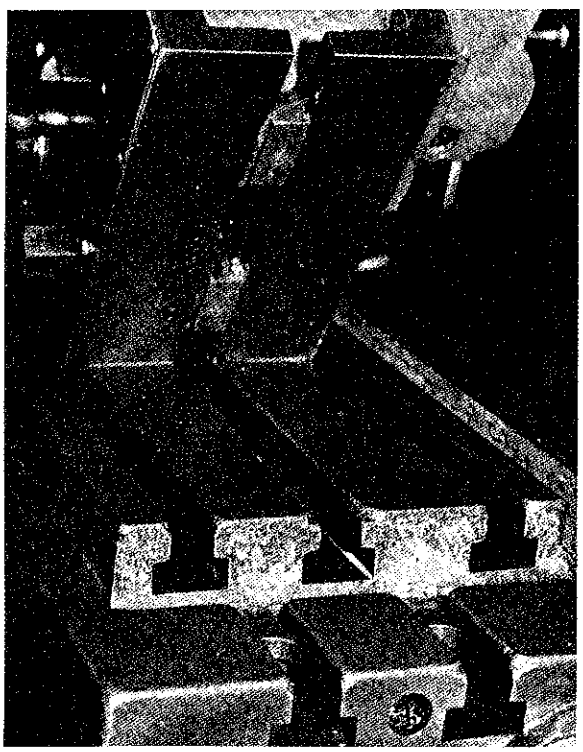


Fig. 10-30. Bloques de alineación de los accesorios de fresadora.

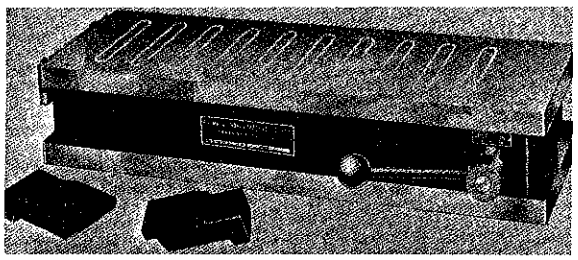


Fig. 10-31. Plato magnético (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

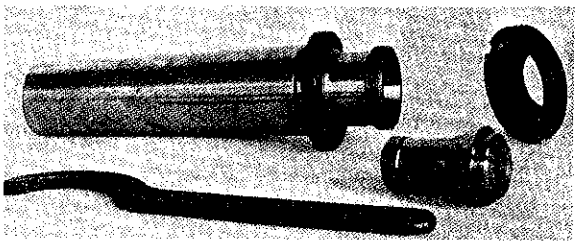


Fig. 10-32. Mandril elástico (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

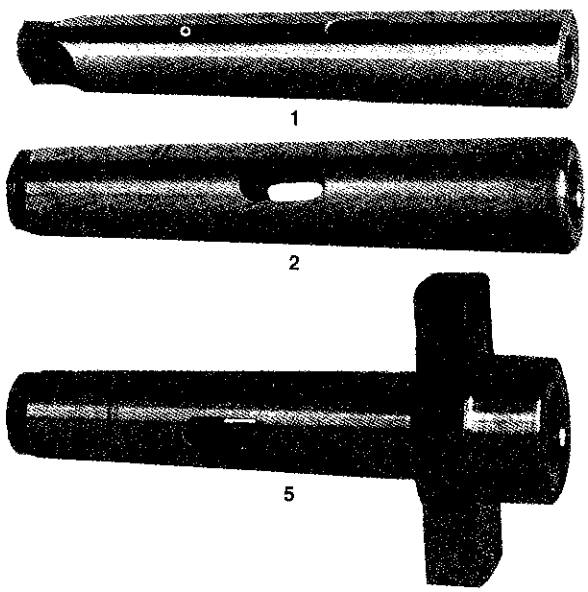


Fig. 10-33. Manguitos portafresas (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

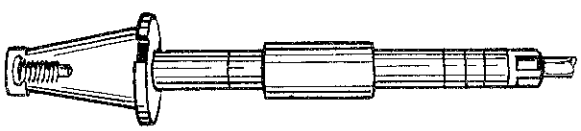


Fig. 10-34. Arbol portafresa para husillo normalizado (Brown & Sharpe Mfg. Co.)



Fig. 10-35. Arbol portafresa para husillo de extremo roscado (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

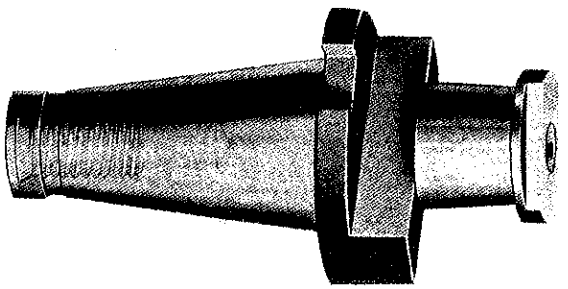


Fig. 10-36. Mandril para fresas frontales (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

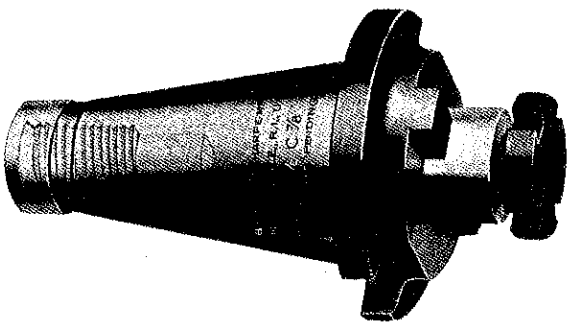


Fig. 10-37. Mandril para fresas cilíndrico-frontales (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

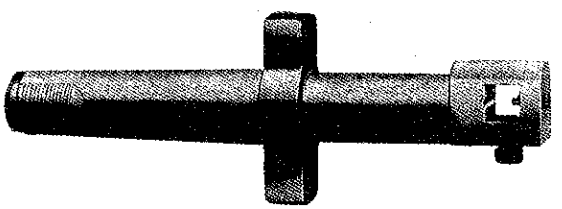


Fig. 10-38. Mandril para fresas en voladizo (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

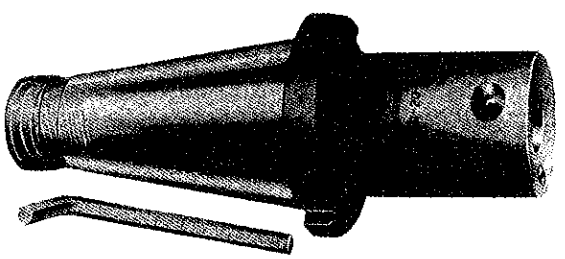


Fig. 10-39. Mandril de adaptación (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

menor roscado para recibir una barrena de arrastre que queda sujetada firmemente en posición; existe en varios tamaños y combinaciones de conos Brown & Sharpe. El manguito del tipo 5 también va roscado en su extremo pequeño; el cono interior es el número 10 Brown & Sharpe, y el exterior corresponde al cono número 12 Brown & Sharpe. Debido a que se usa para grandes fresas, este manguito va provisto de una doble espiga en cruz que le sirve de ayuda en la transmisión del movimiento.

35. ¿Qué es un árbol portafresas?

Es un árbol diseñado para sujetar fresas giratorias. La figura 10-34 muestra el tipo de árbol portafresas que se usa en las fresadoras que tienen un husillo de extremo normal, y la figura 10-35 muestra el tipo de árbol portafresas empleado en las fresadoras cuyo husillo tiene el extremo roscado. Hay otros tipos de portafresas diseñados para fresas particulares, tales como el mandril para fresas frontales (fig. 10-36), el mandril para fresas cilíndrico-frontales (fig. 10-37), el mandril para fresas en voladizo (fig. 10-38), y el mandril de adaptación para sujetar barrenas, manguitos y fresas de mango cónico (fig. 10-39).

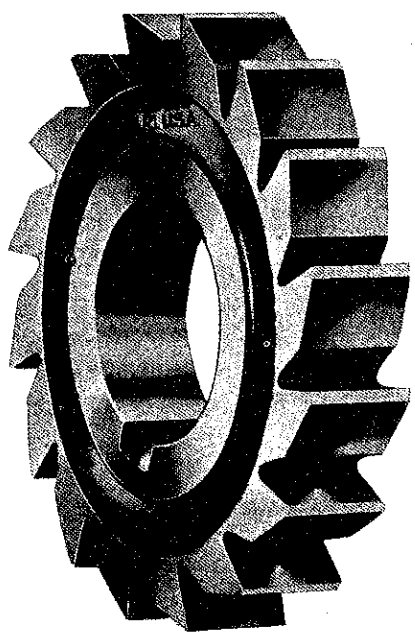


Fig. 10-40. Fresa corriente de dientes rectos (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

En la fresadora se emplean muchas clases de fresas; la mayoría de ellas son consideradas normales y se fabrican en muchos tamaños. También las hay diseñadas para un trabajo especial. El material que más se emplea en la fabricación de las fresas es el acero rápido, aunque existen también las provistas de plaquitas o filos de carburo.

Las fresas deben mantenerse afiladas; las aristas cortantes son propicias al desgaste con el uso; por tanto, deben inspeccionarse siempre antes de iniciar un trabajo. Por lo general, las fresas que se afilan con frecuencia duran más que las que se dejan sin afilar hasta quedar casi embotadas.

Para obtener un buen acabado, así como para que sirva de refrigerante, es conveniente utilizar un lubricante cuando se fresa acero; este lubricante puede ser aceite o una emulsión de aceite y agua.

36. ¿Qué es una fresa corriente?

Las fresas corrientes (fig. 10-40) tienen dientes cortantes rectos sólo en la periferia de las mismas. Se emplean para tallar chaveteros y ranuras, y para mecanizar superficies planas que son más estrechas que el ancho de la fresa. Las fresas corrientes que tienen más de 3/4" (19 mm) de ancho reciben el nombre de fresas cilíndricas y comúnmente tienen los dientes en espiral, como en la figura 10-41. La fresa cilíndrica helicoidal (fig. 10-42) es especialmente deseable cuando hay que fresar una superficie desigual o una superficie con agujeros.

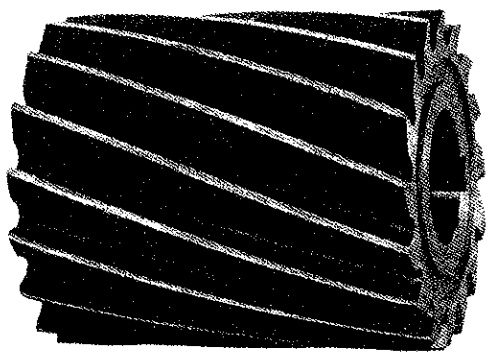


Fig. 10-41. Fresa cilíndrica con dientes en espiral (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

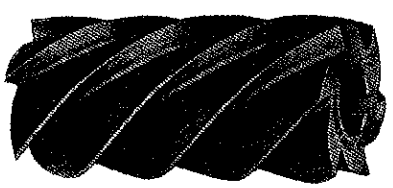


Fig. 10-42. Fresa cilíndrica helicoidal (Union Twist Drill Co.)

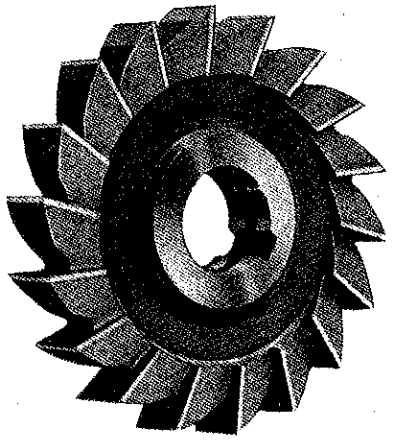


Fig. 10-43. Fresa de tres caras con dientes rectos (Pratt & Whitney Co.)

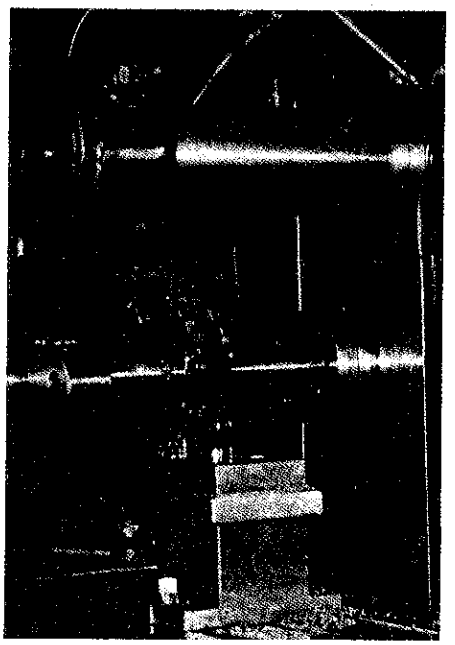


Fig. 10-44. Fresado de la cabeza de un tornillo con dos fresas de tres caras trabajando a la vez.

37. ¿Qué es una fresa de tres caras?

Las fresas de tres caras (fig. 10-43) tienen dientes cortantes en ambos lados, así como en la peri-

feria. Se emplean para tallar ranuras que deben ser precisas en cuanto a anchura; también se utilizan en operaciones de fresado múltiple, en cuyo caso se montan dos o más fresas sobre un portafresas con casquillos de separación entre ellas, como en el fresado de los dos lados de una pieza fundida o las dos caras de la cabeza de un tornillo (fig. 10-44).

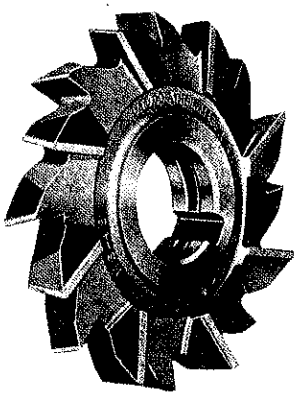


Fig. 10-45. Fresa de tres caras con dientes de acción alternada (Union Twist Drill Co.)

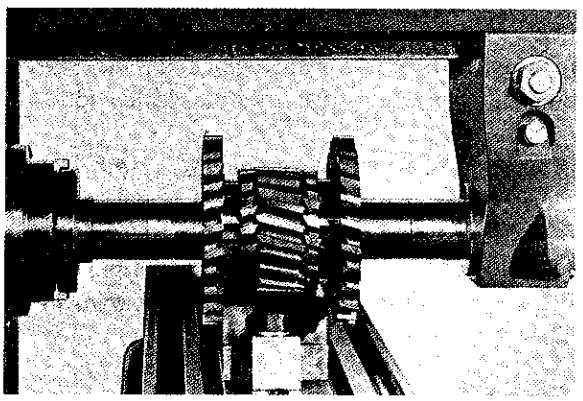


Fig. 10-46. Fresado de forma con siete fresas (Cincinnati Milling Machine Co.)

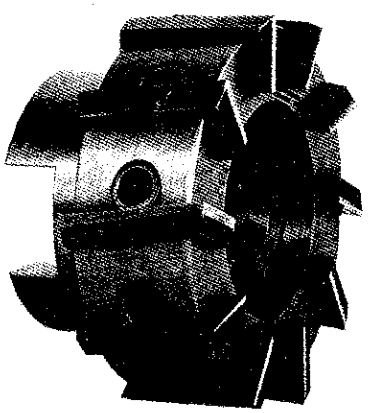


Fig. 10-47. Fresa de tres caras con dientes insertados (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

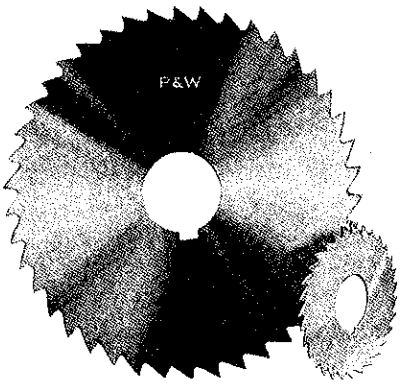


Fig. 10-48. Sierras-fresa (Pratt & Whitney Co.)

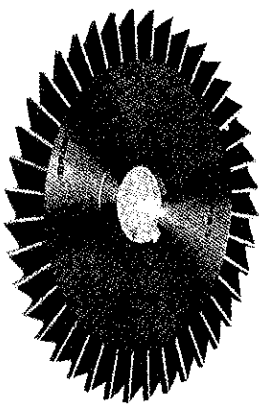


Fig. 10-49. Sierra-fresa de ranurar con huelgo lateral para las virutas (Brown & Sharpe Mfg. Co.)



Fig. 10-50. Fresa angular sencilla (Union Twist Drill Co.)

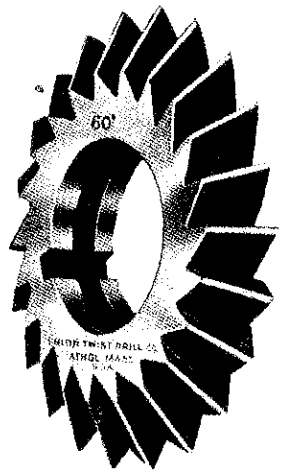


Fig. 10-51. Fresa angular doble (Union Twist Drill Co.)

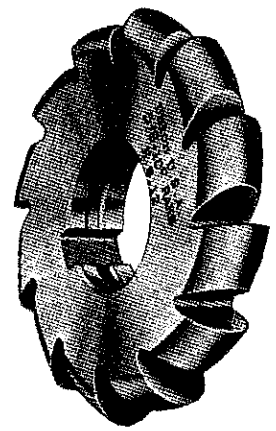


Fig. 10-52. Fresa convexa (Union Twist Drill Co.)

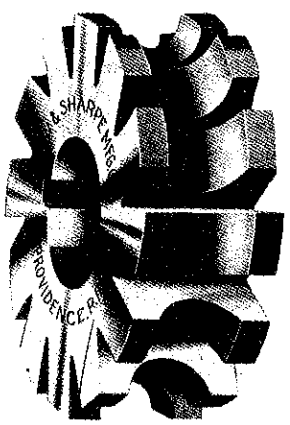


Fig. 10-53. Fresa cóncava (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

La fresa de tres caras con dientes de acción lateral alternada (fig. 10-45) se emplea cuando se requieren pasadas profundas. Con este tipo de fresa, es posible operar a velocidades y avances más elevados que con una fresa ordinaria. A veces, como en la figura 10-46, se agrupan fresas de diferentes tamaños para trabajar conjuntamente. Las fresas de tres caras grandes, de 8" (200 mm) de diámetro o más, suelen fabricarse con dientes insertados (fig. 10-47).

38. ¿Qué son las sierras-fresa?

Son fresas muy delgadas (fig. 10-48) cuyo espesor varía entre 1/32" y 3/16" (0,8 y 5 mm). Se utilizan para cortar ranuras profundas y para segar material a las longitudes requeridas. Estas fresas son más delgadas en el centro que en el canto a fin de que quede un margen suficiente para evitar el agarrotamiento dentro del corte. En la figura 10-49 se muestra otro tipo de sierra-fresa, el cual es preferido cuando hay que segar ranuras profundas a gran velocidad; también se emplea para ranurar las cabezas de los tornillos.

39. ¿Qué es una fresa angular?

Las fresas angulares pueden ser sencillas, como en la figura 10-50, o dobles, como en la figura 10-51. Se utilizan para tallar los dientes de los útiles cortantes planos y giratorios, y para fresar las estrías de brocas y escariadores.

40. ¿Qué son las fresas de forma?

Son fresas diseñadas para fresar perfiles definidos. Como ejemplos, cabe citar la fresa convexa (fig. 10-52), la fresa cóncava (fig. 10-53) y las fresas para redondear cantos (fig. 10-54).

41. ¿Qué son las fresas de mango?

Una fresa de mango es un útil similar en aspecto a un escariador. Tiene aristas cortantes en su periferia y en su extremo, empleándose para fresar ranuras, superficies planas y perfiles. Existe en varios estilos y medidas, desde 1/8" a 2" (3 a 50 mm) de diámetro. La figura 10-55 muestra una fresa de este tipo con mango cilíndrico; la figura 10-56 representa una fresa espiral con mango cónico normal para fresadora; la figura 10-57 muestra una fresa espiral de mango cónico; la figura 10-58, una fresa espiral doble; la figura

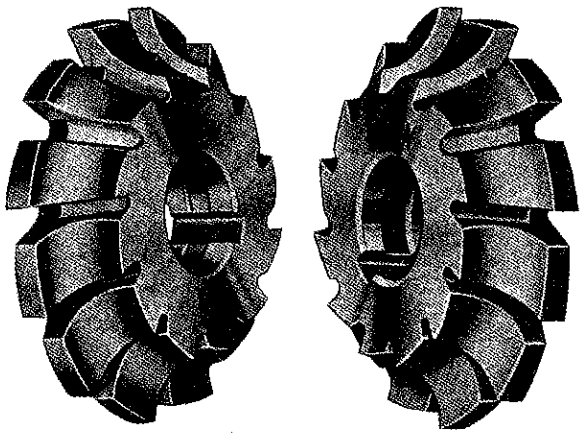


Fig. 10-54. Fresas para redondear cantos (Union Twist Drill Co.)

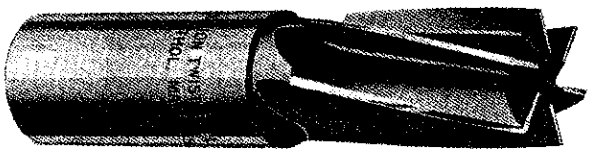


Fig. 10-55. Fresa espiral de mango cilíndrico (Union Twist Drill Co.)

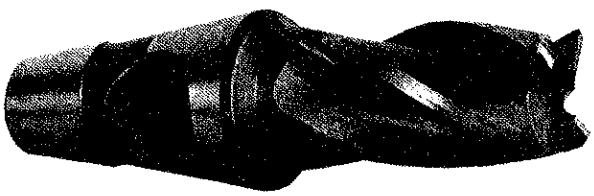


Fig. 10-56. Fresa espiral de mango cónico adecuado para fresadora (Brown & Sharpe Mfg. Co.)



Fig. 10-57. Fresa espiral de mango cónico Brown & Sharpe (Brown & Sharpe Mfg. Co.)



Fig. 10-58. Fresa espiral doble (Union Twist Drill Co.)



Fig. 10-59. Fresa de dos labios con mango cónico (Union Twist Drill Co.)

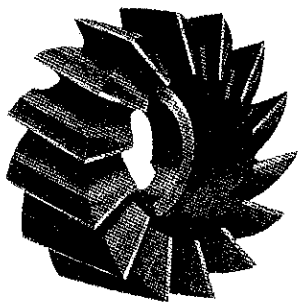


Fig. 10-60. Fresa cilíndrico-frontal (Union Twist Drill Co.)

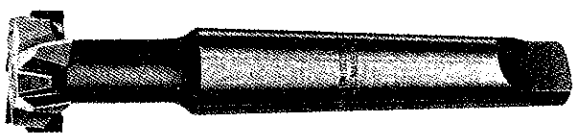


Fig. 10-61. Fresa para ranuras en T (Union Twist Drill Co.)

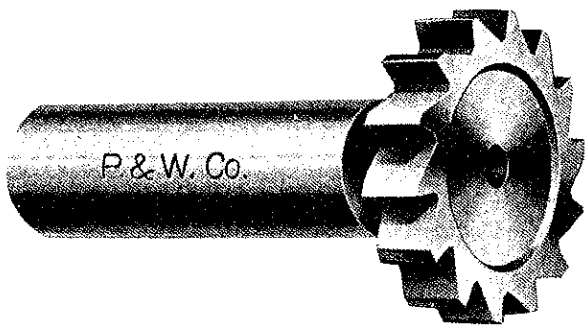


Fig. 10-62. Fresa para chaveteros de lengüetas redondas (Pratt & Whitney Co.)

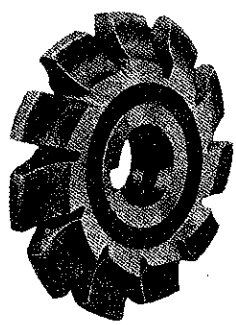


Fig. 10-63. Fresa de módulo (Pratt & Whitney Co.)

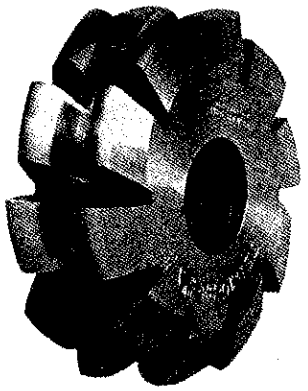


Fig. 10-64. Fresa para dientes de rueda de cadena (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

10-59, una fresa de dos labios con mango cónico; y la figura 10-60 muestra una fresa cilíndrico-frontal.

42. ¿Qué es una fresa para ranuras en T?

Es una fresa (fig. 10-61) utilizada para tallar ranuras en forma de T similares a las que posee la mesa de la fresadora. Existe en varios tamaños.

43. ¿Qué es una fresa para chaveteros de lengüetas redondas?

La fresa para chaveteros de lengüetas redondas o chavetas Woodruff (fig. 10-62) es similar en aspecto a la fresa para ranuras en T, pero está diseñada para una aplicación específica, que es la de fresar ranuras circulares donde puedan ajustarse las lengüetas redondas. Se fabrica en 27 medidas distintas.

44. ¿Qué es una fresa para engranajes rectos?

La fresa para engranajes rectos de evolvente, llamada también *fresa de módulo*, es una fresa diseñada para tallar los dientes de ruedas dentadas y cremalleras (fig. 10-63). Existe en varios tamaños adecuados para tallar dentados de paso diametral 1 a 48 (módulos 0,5 a 25); cada tamaño de fresa se fabrica en ocho formas diferentes, las cuales varían de acuerdo con el número de dientes de la rueda requerida.

45. ¿Qué es una fresa para dientes de ruedas de cadena?

Esta fresa (fig. 10-64) se utiliza para tallar los dientes de las ruedas de cadena. El perfil doble de

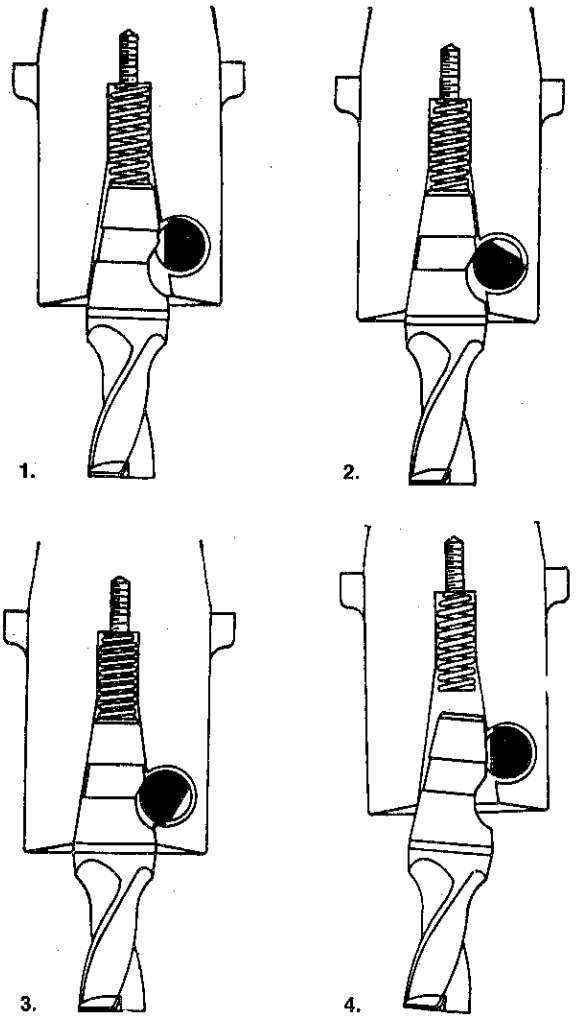


Fig. 10-65. Fijador de leva. Operando de acuerdo con las cuatro fases que siguen, es posible el ahorro de muchos minutos en el cambio de fresas de mango o mandriles de adaptación. La fuerte sujeción evita que la fresa o el mandril se desprendan de su alojamiento, ya sea en virtud de la acción de corte, ya sea por vibración; además, la transmisión positiva impide el deslizamiento. Basta una sola vuelta de llave para sujetar o aflojar la fresa (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

1. *Inicio.* El mango de la fresa es insertado en el fijador de leva. Obsérvese como se apoya sobre el resorte y está a punto de ser agarrado por la leva de cierre.
2. *Cierre.* La leva empieza a girar y se asienta correctamente debido a la condición de flotación del mango que proporciona el resorte.
3. *Sujeción.* La fresa o el mandril de adaptación quedan firmemente sujetados en el cono, pues la leva, al elevarse ligeramente, se introduce en la ranura practicada especialmente para ello en el mango.
4. *Aflojamiento.* Cuando la leva gira al revés, la fresa de mango o el mandril de adaptación se desprenden del cono del fijador de leva.

la fresa permite tallar un diente completo a cada pasada de la misma.

46. ¿Qué es un fijador de leva?

Es un dispositivo que se adapta al mango de la fresa y que sirve para proporcionar una buena fijación, una transmisión positiva y una posibilidad de desmontaje fácil a las fresas de mango cónico y a los mandriles de adaptación que se sujetan con este fijador. La figura 10-65 muestra como actúa este dispositivo.

47. ¿Cómo puede distinguirse una fresa espiral de mano derecha de otra de mano izquierda?

Para distinguir una fresa espiral de mano derecha de otra de mano izquierda, se coge con la mano el mango de la fresa procurando que éste mire hacia la persona que hace la comprobación. Si corta cuando gira a la derecha (según las agujas del reloj), es una fresa de mano derecha, y si corta cuando gira a la izquierda (contrariamente a las agujas del reloj), es una fresa de mano izquierda. En las fresas de labios helicoidales, las de mano derecha generalmente tienen la hélice a izquierda, y a las de mano izquierda la tienen a derecha, al objeto de que la fresa no tienda a salirse del husillo de la fresadora cuando trabaja.

48. ¿Cómo puede centrarse respecto a la pieza una fresa para chaveteros de lengüetas redondas?

En la figura 10-66 se expone y describe un método para centrar una fresa de este tipo con relación a la pieza.

49. Explicar cómo una fresa fijada en el árbol portafresas puede centrarse respecto a la pieza.

En la figura 10-67 (a), el chavetero se ha fresado incorrectamente, pues ya se ve que está descentrado; ello acarreará dificultades en el ajuste de la chaveta cuando esta pieza debe acoplarse con su pareja.

A veces, las fresas se centran respecto a un eje empleado el método visual; según él, con la fresa atravesada respecto al eje, se efectúa una muesca sobre éste, de muy poca profundidad, con lo que resulta un pequeño óvalo cuyo ancho no debe exceder del de la fresa en más de 1/16" (1,5 mm). Después se sitúa la fresa de modo que, a cada lado de la misma, aparezca una misma porción de óvalo, como en la figura 10-67 (b), lo que, si se estima conveniente, puede medirse con la regla. El filo de la fresa puede también alinearse a simple vista con el eje de la pieza, tal como indica la figura 10-67 (c).

50. ¿Qué es un cabezal divisor?

El cabezal divisor, a veces llamado divisor de fresadora, es un dispositivo mecánico (fig. 10-68) utilizado para dividir la circunferencia o periferia de una pieza en partes especificadas o separacio-

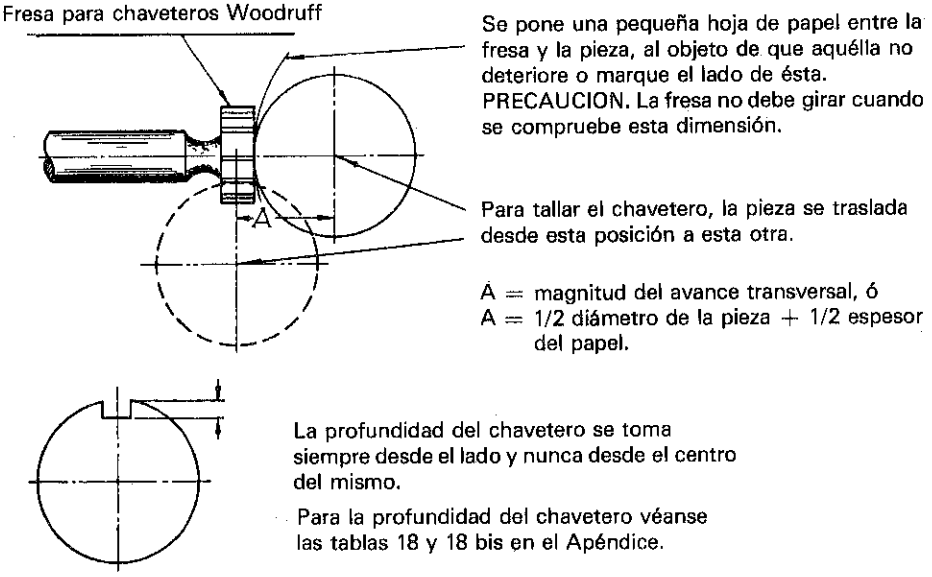


Fig. 10-66. Centrado con relación a la pieza de una fresa para chaveteros de lengüetas redondas.

nes angulares. También constituye un medio de firme sujeción de la pieza.

51. ¿Cómo funciona el cabezal divisor?

Los elementos más importantes del cabezal divisor están contenidos dentro de la envolvente o caja; son la rueda helicoidal y el tornillo sin fin, los platos divisores, los brazos del sector y los engranajes de cambio (fig. 10-69). La rueda helicoidal tiene 40 dientes y el tornillo sin fin es de un solo filete; dicha rueda va fijada al husillo del cabezal y engrana con el citado tornillo sin fin. Por cada vuelta de la manivela del divisor, el tornillo gira una revolución, con lo que la rueda helicoidal se desplaza de un diente, o sea, de 1/40 de revolución. Con 40 revoluciones del tornillo sin fin, el husillo del cabezal divisor (y la pieza) dan una revolución completa. Las partes fraccionarias de una vuelta se obtienen utilizando platos divisores que son suministrados con cada cabezal. Los brazos del sector se emplean para marcar sobre el plato divisor el número de agujeros conveniente; esto permite que la manivela del divisor pueda desplazarse el mismo número de agujeros sin que éstos tengan que contarse en cada vuelta.

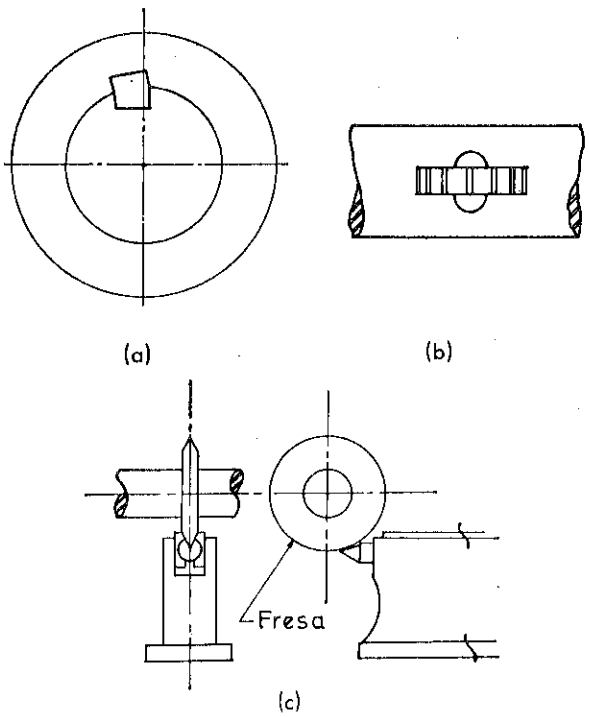


Fig. 10-67. Centrado de una fresa fijada al árbol portafresas, con relación a la pieza.

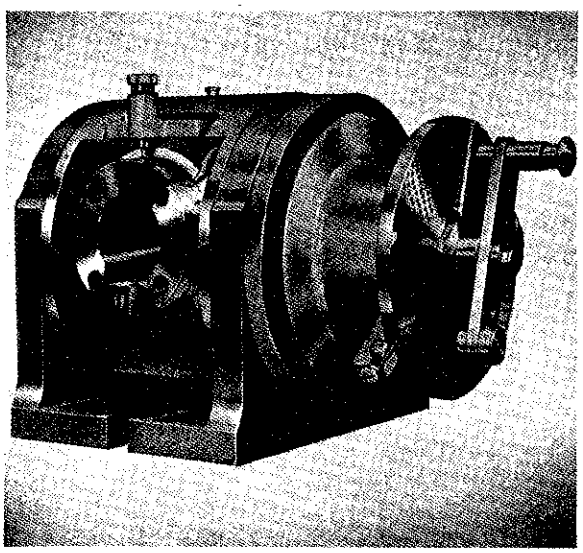


Fig. 10-68. Cabezal divisor (Cincinnati Milling Machine Co.)

52. ¿Qué es la división rápida y cómo se emplea?

La división rápida, también denominada *división simple* o *división directa,* constituye el método de división más sencillo. La figura 10-70 muestra el plato divisor frontal unido al husillo para la pieza; este plato tiene, por lo general, 24 agujeros igualmente espaciados, en los cuales puede introducirse el pasador divisor frontal bajo la acción de un resorte, efectuándose su movimiento de entrada y salida por medio de una pequeña palanca. La división rápida requiere que el tornillo sin fin y la rueda helicoidal estén desacoplados para que el husillo pueda moverse a mano; sólo pueden efectuarse las divisiones correspondientes a los números que son divisores exactos de 24. La división rápida se aplica cuando hay que fresar un crecido número de piezas duplicadas.

Regla. Se divide 24 por el número de divisiones requerido, y el resultado será igual al número de agujeros a recorrer sobre el plato divisor.

Si N es el número de divisiones requerido.

$$24/N = \text{número de agujeros a recorrer.}$$

Ejemplo. Dividir para la cabeza de un tornillo hexagonal. Se tiene

$$24 : 6 = 4 \text{ agujeros}$$

Precaución. Después de haber acabado la división rápida, debe procederse al acoplamiento del tornillo sin fin con la rueda helicoidal. De esta forma, el cabezal estará preparado para la división normal.

53. ¿Qué es la división normal y cómo se usa?

La división normal, llamada también *división combinada* o *división indirecta* simple, se emplea cuando se necesita dividir una circunferencia en más partes de las que permite la división rápida. La división combinada requiere que el husillo se mueva al dar vueltas a una manivela de división que hace girar al tornillo sin fin acoplado con la rueda helicoidal. La relación de transmisión entre tornillo y rueda es 1:40 (fig. 10-71). Con una vuelta de la manivela, el husillo del cabezal gira 1/40 de revolución completa. Con 40 vueltas de la manivela, el husillo, el mandril y la pieza darán una revolución completa. El número de vueltas o partes fraccionarias de una vuelta que la manivela divisora necesitará dar para fresar cualquier número de divisiones requerido, puede determinarse mediante la siguiente regla:

Regla. Para hallar el número de vueltas que debe dar la manivela del divisor, se divide 40 por el número de divisiones requerido.

Si T es el número de vueltas de la manivela y N el número de divisiones requerido, se tiene

$$T = 40/N$$

Ejemplo 1. Dividir en 5 partes iguales.

$$T = 40 : 5 = 8$$

Para cada división hay que dar 8 vueltas a la manivela.

Ejemplo 2. Dividir en 8 partes iguales.

$$T = 40 : 8 = 5$$

Son 5 las vueltas que hay que dar a la manivela para cada división.

Ejemplo 3. Dividir en 10 partes iguales.

$$T = 40 : 10 = 4$$

Para cada división, la manivela debe dar 4 vueltas.

La figura 10-72 muestra un cabezal divisor preparado para realizar un trabajo de división combinada.

Cuando el número de divisiones requerido no divide a 40 exactamente, la manivela del divisor debe girar una fracción de vuelta, cosa que se

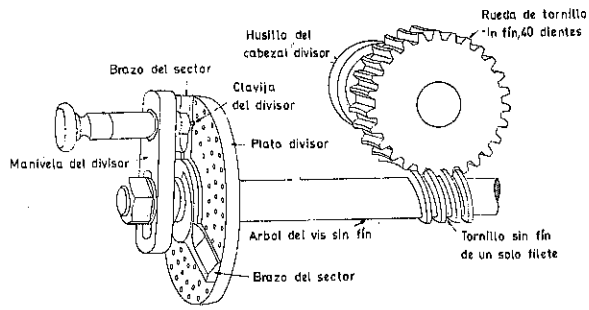


Fig. 10-69. Mecanismo del cabezal divisor.

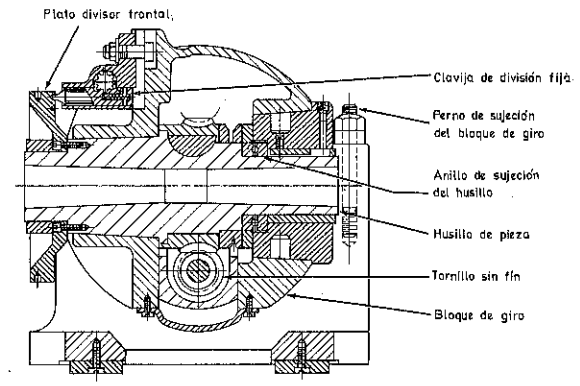


Fig. 10-70. Sección transversal de un cabezal divisor universal mostrando el plato divisor frontal y el pasador fijo (Cincinnati Milling Machine Co.)

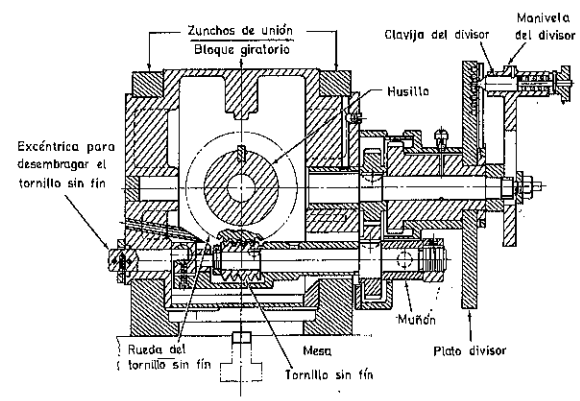


Fig. 10-71. Sección longitudinal de un cabezal divisor mostrando el tornillo sin fin, la rueda helicoidal y el eje del tornillo (Cincinnati Milling Machine Co.)

efectúa mediante el uso de platos divisores. Uno de los modelos de plato divisor Brown & Sharpe más comúnmente utilizado, se suministra con tres platos divisores. Como puede verse en la figura 10-73, cada plato tiene seis círculos de agujeros, y cada círculo tiene los agujeros que se indican a continuación:

Plato uno: 15 — 16 — 17 — 18 — 19 — 20
Plato dos: 21 — 23 — 27 — 29 — 31 — 33
Plato tres: 37 — 39 — 41 — 43 — 47 — 49

Los anteriores ejemplos de aplicación de la fórmula $40/N$ dan resultados en vueltas completas de la manivela del divisor; esto raramente sucede en el trabajo típico de división. Por ejemplo, veamos como se procede para 18 divisiones:

$$T = 40/N = 40 : 18 = 2 \text{ y } 4/18 \text{ vueltas}$$

El número entero indica las vueltas completas de la manivela. El denominador de la fracción representa el círculo a emplear del plato divisor, y el numerador representa el número de agujeros que hay que recorrer en este círculo. Dado que existe un plato divisor (el uno) con un círculo de 18 agujeros, el número mixto 2 4/18 indica que la manivela del divisor debe dar dos vueltas completas más una fracción de vuelta equivalente al recorrido de 4 agujeros en el círculo de 18 agujeros. Los brazos del sector se sitúan de modo que incluyan 4 agujeros y el agujero en el que se halla introducido el pasador de la manivela. El número de agujeros (4) representa el *movimiento* de la manivela del divisor, sin comprender el de acoplamiento de dicho pasador.

Cuando el denominador de la fracción es menor o mayor que el número de agujeros contenido en cualquiera de los círculos de los platos divisores, hay que cambiarlo por un número que represente a uno de los círculos de agujeros; esto se hace multiplicando o dividiendo el numerador y el denominador por el mismo número. Por ejemplo, para mecanizar un hexágono ($N = 6$), se tiene

$$40/N = 40 : 6 = 6 \text{ y } 4/6 \text{ vueltas}$$

y, simplificando, resulta 6 y 2/3 vueltas. El denominador 3 es divisor exacto de los siguientes círculos de agujeros:

Plato uno: 15 y 18
Plato dos: 21 y 33
Plato tres: 39

Si el plato tres es el más conveniente en el cabezal divisor, debe usarse y, entonces hay que multiplicar el denominador 3 por 13 para dar 39; además, a fin de no cambiar el valor de la fracción original, también el numerador debe multiplicarse por el mismo número, con lo que resulta

$$6\ 2/3 \times 13/13 = 6\ 26/39$$

En consecuencia, para fresar cada lado del hexágono, la manivela del divisor debe dar 6 vueltas completas y recorrer 26 agujeros en el círculo de 39 agujeros.

Cuando el número de divisiones excede de 40, ambos términos de la fracción pueden dividirse por un común divisor para obtener uno de los círculos divisores disponibles. Por ejemplo, si se requieren 160 divisiones, la fracción a emplear es

$$40/N = 40 : 160$$

Como no hay ningún círculo de 160 agujeros, esta fracción debe reducirse dividiendo por 10 el numerador y el denominador; de esta forma resulta

$$40/160 = 4/16$$

La manivela debe recorrer 4 agujeros en el círculo de 16 agujeros.

Por lo general, resulta más conveniente reducir la fracción original a sus términos mínimos y multiplicar luego ambos términos de la fracción por un factor que dé un número que represente un círculo de agujeros; así,

$$\frac{40}{160} \div \frac{40}{40} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{4} \times \frac{4}{4} = \frac{4}{16}$$

Los ejemplos siguientes servirán para aclarar la aplicación de la regla precedente.

Ejemplo 1. Dividir para 9 divisiones.

$$40/N = 40 : 9 = 4 \text{ y } 4/9$$

Si se emplea un círculo de 18 agujeros, la fracción debe variarse del siguiente modo:

$$\frac{4}{9} \times \frac{2}{2} = \frac{8}{18}$$

Para cada división, la manivela debe dar 4 vueltas y recorrer 8 agujeros del círculo de 18 agujeros.

Ejemplo 2. Dividir para 136 divisiones.

$$40/N = 40/136 = 5/17$$

Dado que existe un círculo de 17 agujeros, para cada división la manivela debe dar solamente una fracción de vuelta igual a un recorrido de 5 agujeros en el círculo de 17 agujeros.

Precaución. Al colocar en posición los brazos del sector para espaciar el número adecuado de agujeros en el círculo divisor, *no hay que contar el agujero dentro del cual se encuentra la clavija o pasador de la manivela.*

54. ¿Cuáles son las innovaciones introducidas en el último cabezal divisor universal tipo Brown & Sharpe?

La figura 10-74 representa el nuevo cabezal divisor universal de 10" tipo Brown & Sharpe. Es del modelo de muñón, de construcción resistente, con sujeción alrededor de toda la circunferencia. Dispone de anchos cojinetes y es de poca altura a fin de que, una vez estacado a la mesa, resulte tan rígido como la misma máquina.

55. ¿Se emplean en todos los cabezales divisores los mismos platos divisores?

Los constructores suministran diferentes platos para la división. El nuevo cabezal divisor Brown & Sharpe utiliza dos platos divisores con los siguientes círculos de agujeros:

Plato uno: 15 - 16 - 19 - 23 - 31 - 37 - 41 - 43 - 47
Plato dos: 17 - 18 - 20 - 21 - 27 - 29 - 33 - 39 - 47

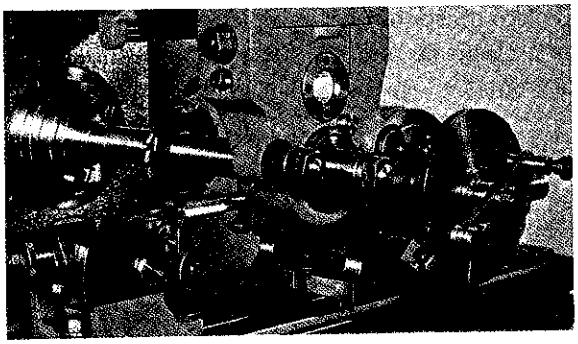


Fig. 10-72. División normal o combinada (Cincinnati Milling Machines Co.)



Fig. 10-73. Cabezal divisor y platos de división, con contracabezal (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

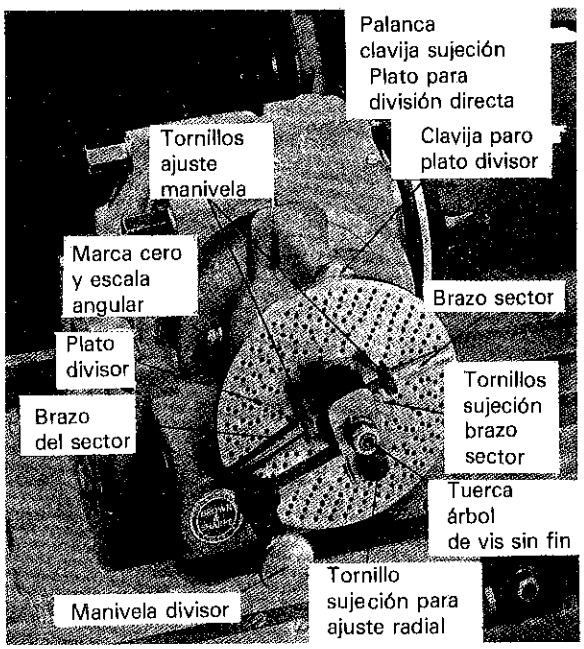


Fig. 10-74. Partes principales del plato divisor universal tipo Brown & Sharpe (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

El plato divisor normal suministrado por Cincinnati va provisto de un plato divisor con once círculos diferentes de agujeros en cada lado:

Lado uno: 24 - 25 - 28 - 30 - 34 - 37 - 38 - 39 - 41 - 42 - 43

Lado dos: 46 - 47 - 49 - 51 - 53 - 54 - 57 - 58 - 59 - 62 - 66

56. ¿Qué es la división diferencial y cómo se emplea?

El método diferencial de división se usa para números no comprendidos dentro de la zona de la división normal. Para poder llevar a cabo la división diferencial hay que conectar el plato divisor al husillo del cabezal mediante un tren de engranajes, ya que dicho plato debe girar de modo que exista la relación requerida con el movimiento del citado husillo. Disponiendo convenientemente las ruedas dentadas, el plato divisor puede tener un movimiento de giro rápido o lento, y en la misma dirección (positiva) o en dirección opuesta (negativa) que la manivela del divisor. De este modo, el movimiento del plato divisor puede ser más rápido o más lento, con un recorrido mayor o menor que el de la manivela del divisor. Antes de intentar el uso de la división diferencial, debe tenerse conocimiento de cuanto se refiere a engranajes y del modo de obtener las relaciones de transmisión requeridas.

El juego normal de ruedas de cambio (12 ruedas) que se suministran con el cabezal divisor Brown & Sharpe tiene los siguientes números de dientes:

24 (dos ruedas), 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86, 100

Cuando con la división normal o combinada no puede conseguirse el número requerido de divisiones, se elige un número *aproximado* de divisiones que pueda lograrse con este mismo método. La diferencia entre el movimiento del husillo obtenido por este número aproximado y el movimiento requerido se corrige empleando las ruedas de cambio. Si *N* es el número de divisiones requerido y *A* el número aproximado de divisiones, la relación de transmisión adecuada se encuentra del siguiente modo:

Fase 1. Se elige un número que pueda dividirse con la división normal; lo mismo puede ser mayor que menor que el número requerido. Se determina el movimiento de la manivela del divisor para la división normal empleando la fórmula

$$T = \frac{40}{N}$$

Fase 2. Para determinar la relación de transmisión se aplica la fórmula.

$$(A - N) \times \frac{40}{A}$$

Fase 3. Se eligen las ruedas adecuadas, entre las que forman el juego normal de ruedas de cambio con el que va equipado el cabezal divisor. La relación de transmisión determinará si hay que usar un tren de engranajes sencillo o uno combinado.

Ejemplo 1. Con una relación de 3:8, las ruedas para una transmisión sencilla pueden elegirse como sigue:

Se multiplica cada número de la relación por un número que los convierte a cada uno en otro igual al número de dientes de una de las ruedas dentadas de cambio normales; así,

$$\frac{3}{8} \times \frac{8}{8} = \frac{24}{64}$$

Rueda conductora: 24 dientes

Rueda conducida: 64 dientes

Ejemplo 2. Con una relación de transmisión de 16:33, las ruedas para una transmisión combinada pueden elegirse como sigue:

Se descompone cada número de la relación en factores y luego se multiplican los numeradores y denominadores por números que los hagan iguales al número de dientes de las ruedas de cambio normales; así,

$$\frac{16}{33} = \frac{1}{3} \times \frac{16}{11}$$

$$\frac{1}{3} \times \frac{24}{24} = \frac{24}{72} \qquad \frac{16}{11} \times \frac{4}{4} = \frac{64}{44}$$

$\frac{24}{72} \times \frac{64}{44}$ Ruedas conductoras
Ruedas conducidas

En la división diferencial, los numeradores de los quebrados denotan las ruedas conductoras y

FASES	CASO 1	CASO 2	CASO 3
1. División normal	$\frac{40}{N} = \frac{40}{57}\ \frac{40}{60} = \frac{2}{3}$ $\frac{2}{3} \times \frac{7}{7} = \frac{14}{21}$ **14 agujeros en el círculo de 21**	$\frac{40}{N} = \frac{40}{57}\ \frac{40}{56} = \frac{5}{7}$ $\frac{5}{7} \times \frac{3}{3} = \frac{15}{21}$ **15 agujeros en el círculo de 21**	$\frac{40}{N} = \frac{40}{57}\ \frac{40}{54} = \frac{20}{27}$ **20 agujeros en el círculo de 27**
2. Relación de transmisión	$(A - N) \times \frac{40}{A} =$ $(60 - 57) \times \frac{40}{60} =$ $3 \times \frac{2}{3} = \frac{2}{1}$	$(A - N) \times \frac{40}{A} =$ $(56 - 57) \times \frac{40}{56} =$ $-1 \times \frac{5}{7} = -\frac{5}{7}$	$(A - N) \times \frac{40}{A} =$ $(54 - 57) \times \frac{40}{54} =$ $-3 \times \frac{20}{27} = -\frac{20}{27}$
3. Ruedas elegidas	$\frac{2}{1} \times \frac{24}{24}$ or $\frac{48}{24}$ **Conductoras / Conducidas** **1 intermediaria**	$-\frac{5}{7} \times \frac{8}{8}$ or $-\frac{40}{56}$ **Conductoras / Conducidas** **2 intermediarias**	$\frac{20}{9}$ or $\frac{64 \times 40}{48 \times 24}$ **Conductoras / Conducidas** **1 intermediaria**

Fig. 10-75. Determinación de los engranajes apropiados para la división diferencial de 57 divisiones.

los denominadores las conducidas. Las ruedas intermediarias controlan el sentido de rotación del plato divisor y se disponen como sigue:

Transmisión sencilla: Una rueda intermediaria para el movimiento positivo del plato divisor. Dos intermediarias para el movimiento negativo de dicho plato.

Transmisión combinada: Una rueda intermediaria para el movimiento negativo del plato divisor. Ninguna rueda intermediaria para el movimiento positivo de dicho plato.

La figura 10-75 ilustra, en tres fases, cómo se determinan las ruedas dentadas apropiadas para una división diferencial de 57 divisiones.

En el caso 1 (fig. 10-75), se ha elegido un número aproximado mayor que el número requerido. Obsérvese que cuando esto sucede, el plato divisor debe girar en sentido *positivo.* Aplicando la transmisión sencilla, ésta requiere una rueda intermediaria.

En el caso 2 (fig. 10-75), se ha empleado un número aproximado menor que el número requerido. Obsérvese que cuando esto sucede, el plato divisor debe girar en sentido *negativo.* Aplicando la transmisión sencilla, hacen falta dos ruedas intermediarias.

En el caso 3 (fig. 10-75), se ha empleado también un número aproximado menor que el número requerido. Obsérvese que, en este caso, es necesaria la transmisión combinada. Dado que el número aproximado es menor que el requerido, el plato divisor debe girar en sentido *negativo.* Esto requiere una rueda intermediaria.

Estos ejemplos demuestran que el número aproximado puede ser mayor o menor que el número requerido, y que la velocidad y el sentido de giro del plato divisor pueden controlarse por las ruedas de cambio. La diferencia entre los números aproximado y requerido viene limitada sólo por los círculos de agujeros del plato divisor y las ruedas de cambio de que se dispone.

La figura 10-76 muestra un cabezal divisor con engranajes dispuestos para la división diferencial con una rueda intermediaria. Este es un ejemplo de transmisión sencilla como en el caso 1.

La figura 10-77 muestra un cabezal divisor con engranajes dispuestos para la división diferencial

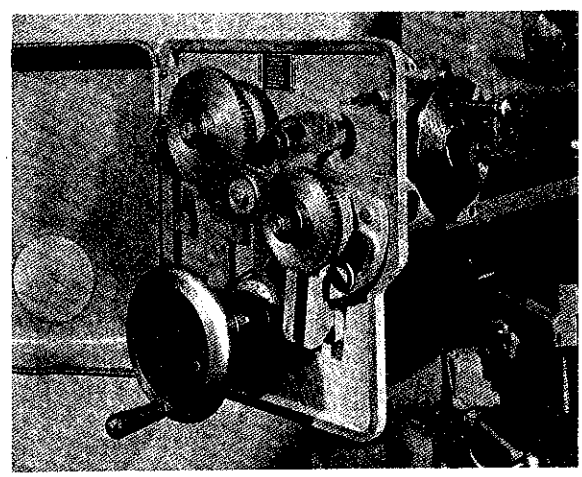


Fig. 10-76. Ejemplo de división diferencial con transmisión sencilla y una rueda intermediaria (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

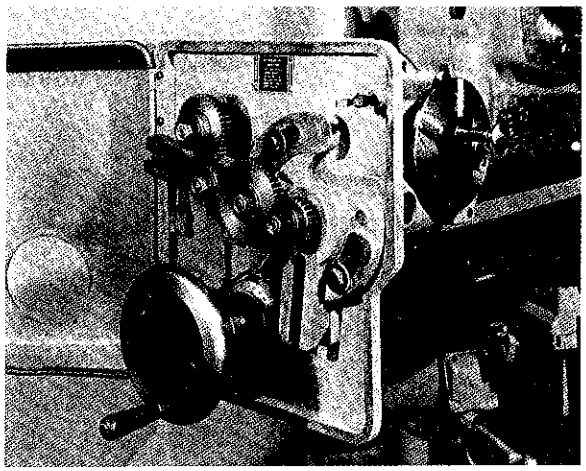


Fig. 10-77. Ejemplo de división diferencial con transmisión sencilla y dos ruedas intermediarias (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

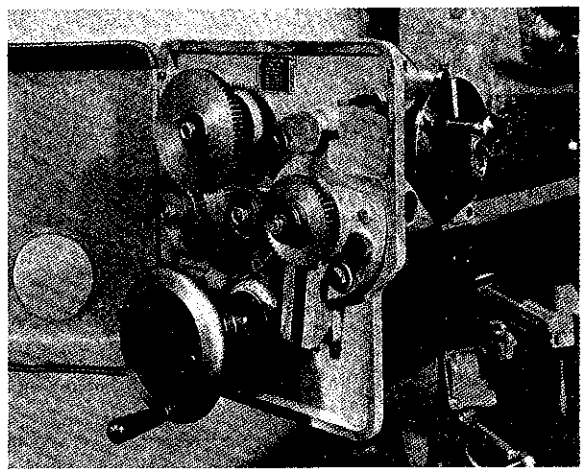
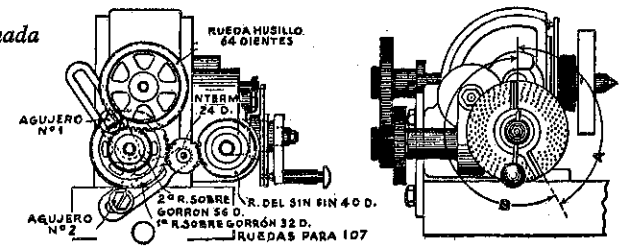


Fig. 10-78. Ejemplo de división diferencial con transmisión combinada y una rueda intermediaria (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

División combinada y diferencial



DE 2 A 50 DIVISIONES

Núm. de divisiones	Círculo divisor	Núm vueltas divisor	Graduación	Núm. de divisiones	Círculo divisor	Núm. vueltas divisor	Graduación	Núm. de divisiones	Círculo divisor	Núm. vueltas divisor	Graduación	Núm. de divisiones	Círculo divisor	Núm. vueltas divisor	Graduación
2	Cu.	20		13	39	3 3/39	14	26	39	1 21/39	106	40	Cu.	1	
3	39	13 13/39	65	14	49	2 42/49	169	27	27	1 23/27	95	41	41	40/41	3*
	33	13 11/33	65		21	2 18/21	170	28	49	1 21/49	83	42	21	20/21	9*
	18	13 6/18	65	15	39	2 26/39	132	29	21	1 9/21	85	43	43	40/43	12*
4	Cu.	10			33	2 22/33	132		29	1 11/29	75	44	33	30/33	17*
5	Cu.	8			18	2 12/18	132	30	39	1 13/39	65	45	27	24/27	21*
6	39	6 26/39	132	16	20	2 10/20	98		33	1 11/33	65		18	16/18	21*
	33	6 22/33	132	17	17	2 6/17	69		18	1 6/18	65	46	23	20/23	172
	18	6 12/18	132	18	27	2 6/27	43	31	31	1 9/31	56	47	47	40/47	168
7	49	5 35/49	140		18	2 4/18	43	32	20	1 5/20	48	48	18	15/18	165
	21	5 15/21	142	19	19	2 2/19	19	33	33	1 7/33	41	49	49	40/49	161
8	Cu.	5		20	Cu.	2		34	17	1 3/17	33	50	20	16/20	158
9	27	4 12/27	88	21	21	1 19/21	18*	35	49	1 7/49	26				
	18	4 8/18	87	22	33	1 27/33	161		21	1 3/21	28				
10	Cu.	4		23	23	1 17/23	147	36	27	1 3/27	21				
11	33	3 21/33	126		39	1 26/39	132		18	1 2/18	21				
12	39	3 13/39	65	24	33	1 22/33	132	37	37	1 3/37	15				
	33	3 11/33	65		18	1 12/18	132	38	19	1 1/19	9				
	18	3 6/18	65	25	20	1 12/20	118	39	39	1 1/39	3				

Las graduaciones de la tabla indican la posición de los brazos de la alidada cuando la manivela del divisor se mueve en el arco *A*, excepto para los casos señalados con * en que la manivela se mueve en el arco *B*.

Fig. 10-79. Tabla para división combinada y diferencial.

DE 51 A 92 DIVISIONES

Núm. de divisiones	Círculo divisor	Núm. vueltas divisor	Graduación	Rueda del sin fin	Agujero 1		Rueda del husillo	Intermedias	
					1.ª rueda de gorrón	2.ª rueda de gorrón		Agujero núm. 1	Agujero núm. 2
51	17	14/17	33*	24			48	24	44
52	39	30/39	152						
53	49	35/49	140	56	40	24	72	44	
	21	15/21	142	56	40	24	72		
54	27	20/27	147						
55	33	24/33	144						
56	49	35/49	140						
	21	15/21	142						
57	49	35/49	140	56			40	24	44
	21	15/21	142	56			40	24	44
58	29	20/29	136						
59	39	26/39	132	48			32	44	
	33	22/33	132	48			32	44	
	18	12/18	132	48			32	44	
60	39	26/39	132						
	33	22/33	132						
	18	12/18	132						
61	39	26/39	132	48			32	24	44
	33	22/33	132	48			32	24	44
	18	12/18	132	48			32	24	44
62	31	20/31	127						
63	39	26/39	132	24			48	24	44
	33	22/33	132	24			48	24	44
	18	12/18	132	24			48	24	44
64	16	10/16	123						
65	39	24/39	121						
66	33	20/33	120						
67	49	28/49	112	28			48	44	
	21	12/21	113	28			48	44	
68	17	10/17	116						

Núm. de divisiones	Círculo divisor	Núm. vueltas divisor	Graduación	Rueda del sin fin	Agujero 1		Rueda del husillo	Intermedias	
					1.ª rueda de gorrón	2.ª rueda de gorrón		Agujero núm. 1	Agujero núm. 2
69	20	12/20	118	40			56	24	44
70	49	28/49	112						
	21	12/21	113						
71	27	15/27	110	72			40	24	
	18	10/18	109	72			40	24	
72	27	15/27	110						
	18	10/18	109						
73	49	28/49	112	28			48	24	44
	21	12/21	113	28			48	24	44
74	37	20/37	107						
75	15	8/15	105						
76	19	10/19	103						
77	20	10/20	98	32			48	44	
78	39	20/39	101						
79	20	10/20	98	48			24	44	
80	20	10/20	98						
81	20	10/20	98	48			24	24	44
82	41	20/41	96						
83	26	10/20	98	32			48	24	44
84	21	10/21	94						
85	17	8/17	92						
86	43	20/43	91						
87	15	7/15	92	40			24	24	44
88	33	15/33	89						
89	27	12/27	88	72			32	44	
	18	8/18	87	72			32	44	
90	27	12/27	88						
	18	8/18	87						
91	39	18/39	91	24			48	24	44
92	23	10/23	86						

Fig. 10-79. Tabla para división combinada y diferencial (continuación)

utilizando la transmisión sencilla con dos ruedas intermediarias como en el caso 2.

La figura 10-78 muestra un cabezal divisor con engranajes dispuestos para la división diferencial haciendo uso de la transmisión combinada con una rueda intermediaria como en el caso 3.

En los talleres mecánicos y de utillaje, los operarios suelen disponer de una tabla similar a la representada en la figura 10-79. Aunque proporciona una respuesta rápida a los problemas de ajuste de los platos divisores y brazo del sector, sólo puede considerarse un documento complementario de los conocimientos que debe poseer todo operario experto.

Los ejercicios que siguen se exponen para que el estudiante pueda familiarizarse más fácilmente con el cabezal divisor y su empleo.

Ejercicios

1. Describir brevemente el cabezal divisor y explicar para qué sirve.
2. Describir los elementos siguientes de un cabezal divisor y explicar para qué sirve cada uno de ellos: *a)* tornillo sin fin y rueda helicoidal; *b)* platos divisores; *c)* brazos de la aliada, y *d),* ruedas de cambio.

3. ¿Qué es la relación usual del cabezal divisor? Explicar su significado.
4. Nombrar y explicar brevemente tres clases de división corrientemente en uso.
5. Explicar cómo deben situarse los brazos de la aliada para el caso de 12 divisiones.
6. Explicar qué es lo que debe hacerse al pasar de la división rápida a la normal.
7. Explicar qué es lo que hay que cambiar en el cabezal divisor para pasar de la división normal a la diferencial.
8. Relacionar el número de agujeros de cada uno de los platos divisores normales y el número de dientes de las ruedas de cambio suministradas con el cabezal divisor Brown & Sharpe.
9. Explicar el significado de los siguientes términos: a) ruedas dentadas; b) relación de transmisión; c) tren de engranajes; d) rueda dentada intermediaria; e) transmisión sencilla, y f) transmisión combinada.
10. Determinar la división para las divisiones igualmente espaciadas siguientes: 8, 12, 24, 37, 43, 56, 61, 96, 129, 173.

57. Describir la operación de graduar en una fresadora.

Las reglas planas y los pies de rey pueden graduarse (dividirse en intervalos iguales) en la fresadora, utilizando una herramienta puntiaguda y un cabezal divisor. La herramienta se mantiene fija en un portafresas en voladizo (fig. 10-80), el cual se monta en el husillo de la máquina, o bien se fija al husillo de una fresadora vertical o al aparato de tallar cremalleras. La pieza se sujeta a la mesa paralelamente a las ranuras en T. El husillo del cabezal divisor se conecta mediante engranajes de relación de transmisión 1:1 al tornillo de avance de la mesa, la cual se mueve longitudinalmente haciendo girar la manivela del divisor. Las fracciones de una vuelta se obtienen mediante los platos divisores, de igual forma que en la división normal. Las rayas se cortan moviendo la mesa transversalmente debajo de la punta de la herramienta. El movimiento de la mesa se controla con los avances a mano.

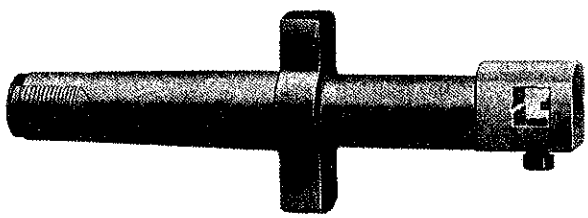


Fig. 10-80. Portafresas en voladizo (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

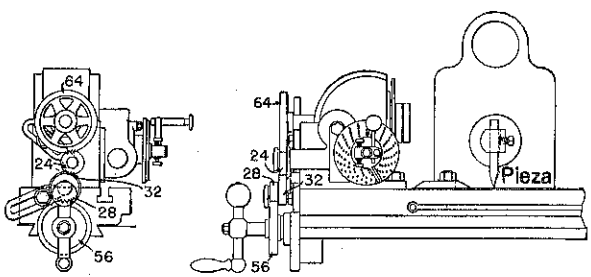


Fig. 10-81. Fresadora preparada para graduar. Los números del grabado indican el número de dientes de cada rueda dentada.

La figura 10-81 muestra la fresadora preparada para la graduación. Obsérvese como están dispuestas las ruedas dentadas. Cuando la manivela del divisor ha girado una revolución, el husillo ha girado 1/40 de revolución y, a través de la relación 1: 1, el tornillo de avance de la mesa habrá también girado 1/40 de revolución. Dado que el paso corriente del tornillo de avance es de 0,250" (6,35 mm), una vuelta de la manivela moverá la mesa 1/40 de 0,250", o sea, 0,00625" (0,159 mm).

Cuando la mesa deba moverse una distancia cualquiera requerida, se dividirá esta distancia por la distancia real que la mesa ha avanzado con una vuelta de la manivela del divisor, o sea, 0,00625" (0,159 mm) y el resultado será el número de vueltas de la manivela necesario para que la mesa recorra dicha distancia requerida. Esto puede traducirse en una fórmula, que es

$$T = W/0{,}00625'' = W/0{,}159 \text{ mm}$$

en la cual T es el número de vueltas de la manivela del divisor, y W el espaciado en pulgadas (o en mm) entre divisiones.

Ejemplo 1. Determinar la división para rayas separadas 1/32 = 0,03125" con un avance de mesa de 0,00625" por vuelta de la manivela del divisor, y para rayas separadas 1 mm con un avance de 0,2 mm por cada vuelta de la manivela del divisor.

En el primer caso, se tiene

$$T = 0{,}03125/0{,}00625 = 5$$

y en el segundo caso,

$$T = 1/0{,}2 = 5$$

En ambos casos habría que dar 5 vueltas a la manivela del divisor.

Ejemplo 2. Determinar la división para rayas separadas 0,0481" (1,222 mm). Se tiene

$$T = \frac{0{,}04810}{0{,}00625} = \frac{1{,}222}{0{,}159} = 7\,\frac{435}{625}$$

Aplicando un método de cálculo denominado de las fracciones continuas, 435/625 puede reducirse a una fracción adecuada para la división y, aunque no se trate de una fracción equivalente, el error es pequeño. Por lo que se refiere a fracciones combinadas y fracciones continuas, puede consultarse cualquier libro que trate de matemáticas de taller. Sucintamente, se procede como sigue:

435	625	1
380	435	2
55	190	3
50	165	2
5	25	5
	25	
	0	

		1	2	3	2	5
1	0	1	2	7	16	87
0	1	1	3	10	23	125
		1	2	3	2	5

$$\frac{87 \times 5}{125 \times 5} = \frac{435}{625}$$

Como puede verse, 87/125 es un equivalente real de 435/625, representando 16/23 una fracción conveniente. En este caso, para dividir con graduaciones separadas 0,0481" (1,222 mm), la manivela debe dar 7 vueltas completas y recorrer 16 agujeros del círculo de 23 agujeros.

El error en cada división es igual a la diferencia entre la distancia que debe recorrer la mesa y la distancia que realmente recorre con la división elegida.

$$\frac{87}{125} \times \frac{0{,}00625}{1} = 0{,}00435'' = 0{,}11050 \text{ mm}$$

es la distancia que debería recorrer la mesa.

$$\frac{16}{23} \times \frac{0{,}00625}{1} = 0{,}0043478'' = 0{,}11044 \text{ mm}$$

es la distancia que realmente recorre la mesa.

$$0{,}0043500 - 0{,}0043478 = 0{,}0000022'' = \text{error en pulgadas}$$

$$0{,}11050 - 0{,}11044 = 0{,}00006 = \text{error en mm}$$

El error por pulgada es igual al número de divisiones en 1" multiplicado por el error en cada división; así, como 1/0,0481 = 20,79 es el número de divisiones en 1", se tiene

$$0{,}0000022 \times 20{,}75 = 0{,}000045'' = \text{error en 1 pulgada}$$

El porcentaje de error se obtiene dividiendo 100 por el espaciado entre divisiones y multiplicando el resultado por el error en cada división; así,

$$100/1{,}222 = 81{,}817 \text{ divisiones en 100 mm}$$

$$81{,}817 \times 0{,}00006 = 0{,}00491 \text{ mm de error por 100 mm}$$

58. Describir la aplicación del cabezal divisor a la medición angular.

El método más sencillo de división para mediciones angulares de precisión utiliza el plato divisor angular (fig. 10-82). Siempre que una pieza requiere ser taladrada o graduada con una separación angular fijada, el plato divisor angular ahorra tiempo, siendo, por otra parte, de funcionamiento

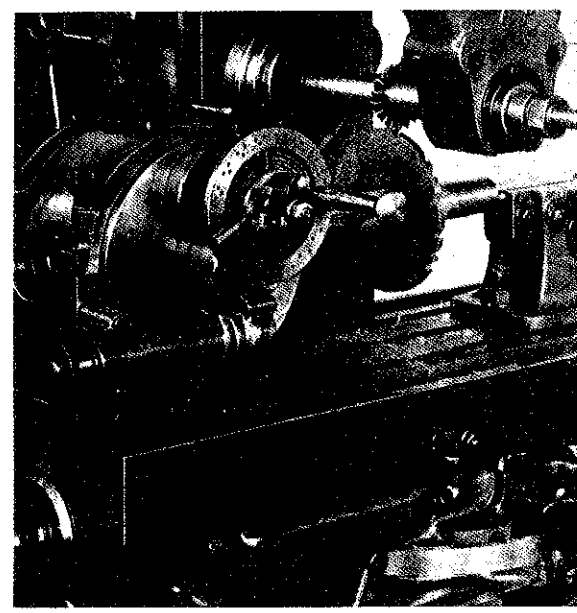


Fig. 10-82. Fresado de un disco especial empleando un plato divisor angular (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

Valor	H*	C†	Valor	H	C	Valor	H	C	Valor	H	C	Valor	H	C	Valor	H	C	Valor	H	C
0,0204	1	49	0,1395	6	43	0,2593	7	27	0,3810	8	21	0,5000	10	20	0,6207	18	29	0,7438	29	39	0,8621	25	29
0,0213	1	47							0,3830	18	47				0,6216	23	37	0,7442	32	43	0,8649	32	37
0,0233	1	43	0,1429	3	21	0,2609	6	23	0,3846	15	39	0,5102	25	49	0,6250	10	16	0,7447	35	47	0,8666	13	15
0,0244	1	41	0,1429	7	49	0,2632	5	19	0,3871	12	31	0,5106	24	47	0,6279	27	43				0,8696	20	23
0,0256	1	39	0,1463	6	41	0,2653	13	49	0,3878	19	49	0,5116	22	43	0,6296	17	27	0,7500	12	16			
0,0270	1	37	0,1481	4	27	0,2667	4	15	0,3888	7	18	0,5122	21	41				0,7500	15	20	0,8710	27	31
			0,1489	7	47	0,2683	11	41				0,5128	20	39	0,6316	12	19	0,7551	37	49	0,8718	34	39
0,0303	1	33							0,3902	16	41	0,5135	19	37	0,6326	31	49				0,8723	41	47
0,0323	1	31	0,1500	3	20	0,2703	10	37	0,3913	9	23	0,5151	17	33	0,6341	26	41	0,7561	31	41	0,8750	14	16
0,0345	1	29	0,1515	5	33	0,2727	9	33	0,3939	13	33	0,5161	16	31	0,6364	21	33	0,7568	28	37	0,8776	43	49
0,0370	1	27	0,1538	6	39	0,2759	8	29	0,3953	17	43	0,5172	15	29	0,6383	30	47	0,7576	25	33	0,8780	36	41
			0,1579	3	19	0,2766	13	47				0,5185	14	27				0,7586	22	29	0,8788	29	33
0,0408	2	49				0,2777	5	18	0,4000	6	15				0,6410	25	39						
0,0426	2	47	0,1613	5	31	0,2791	12	43	0,4000	8	20	0,5217	12	23	0,6452	20	31	0,7619	16	21	0,8824	15	17
0,0435	1	23	0,1622	8	37				0,4043	19	47	0,5238	11	21	0,6471	11	17	0,7647	13	17	0,8837	38	43
0,0465	2	43	0,1628	7	43	0,2821	11	39	0,4054	15	37	0,5263	10	19	0,6486	24	37	0,7674	22	43	0,8888	16	18
0,0476	1	21	0,1633	8	49	0,2857	14	49	0,4074	11	27	0,5294	9	17				0,7692	30	39	0,8888	24	27
0,0488	2	41	0,1666	3	18	0,2857	6	21	0,4082	20	49				0,6500	13	20						
												0,5306	26	49	0,6512	28	43	0,7742	24	31	0,8919	33	37
0,0500	1	20	0,1702	8	47	0,2903	9	31	0,4103	16	39	0,5319	25	47	0,6522	15	23	0,7755	38	49	0,8936	42	47
0,0513	2	39	0,1707	7	41	0,2927	12	41	0,4118	7	17	0,5333	8	15	0,6531	32	49	0,7760	36	47	0,8947	17	19
0,0526	1	19	0,1724	5	29	0,2941	5	17	0,4138	12	29	0,5349	23	43	0,6552	19	29	0,7777	21	27	0,8966	26	29
0,0541	2	37	0,1739	4	23	0,2963	8	27	0,4146	17	41	0,5366	22	41	0,6585	27	41	0,7777	14	18	0,8974	35	39
0,0555	1	18	0,1765	3	17	0,2973	11	37	0,4186	18	43	0,5385	21	39	0,6596	31	47				0,8980	44	49
0,0588	1	17	0,1795	7	39	0,2979	14	47	0,4194	13	31							0,7805	32	41			
												0,5405	20	37	0,6666	10	15	0,7826	18	23	0,9000	18	20
0,0606	2	33	0,1818	6	33	0,3000	6	20	0,4211	8	19	0,5454	18	33	0,6666	12	18	0,7838	29	37	0,9024	37	41
0,0612	3	49	0,1837	9	49	0,3023	13	43	0,4242	14	33	0,5484	17	31	0,6666	14	21	0,7872	37	47	0,9032	28	31
0,0625	1	16	0,1852	5	27	0,3030	10	33	0,4255	20	47				0,6666	18	27	0,7879	26	33	0,9048	19	21
0,0638	3	47	0,1860	8	43	0,3043	7	23	0,4286	9	21	0,5500	11	20	0,6666	22	33	0,7895	15	19	0,9070	39	43
0,0645	2	31	0,1875	3	16	0,3061	15	49	0,4286	21	49	0,5510	27	49	0,6666	26	39				0,9090	30	33
0,0666	1	15	0,1892	7	37	0,3077	12	39				0,5517	16	29				0,7907	34	43			
0,0690	2	29							0,4324	16	37	0,5532	26	47	0,6735	33	49	0,7931	23	29	0,9130	21	23
0,0698	3	43	0,1905	4	21	0,3103	9	29	0,4348	10	23	0,5555	10	18	0,6744	29	43	0,7949	31	39	0,9149	43	47
			0,1915	9	47	0,3125	5	16	0,4359	17	39	0,5555	15	27	0,6757	25	37	0,7959	39	49	0,9164	45	49
0,0732	3	41	0,1935	6	31	0,3158	6	19	0,4375	7	16	0,5581	24	43	0,6774	21	31				0,9189	34	37
0,0741	2	27	0,1951	8	41	0,3171	13	41	0,4390	18	41							0,8000	12	15			
0,0769	3	39				0,3191	15	47				0,5610	23	41	0,6809	32	47	0,8000	16	20	0,9231	36	39
			0,2000	3	15				0,4419	19	43	0,5625	9	16	0,6829	28	41	0,8049	33	41	0,9259	25	27
0,0811	3	37	0,2000	4	20	0,3226	10	31	0,4444	8	18	0,5641	22	39	0,6842	13	19	0,8065	25	31	0,9268	38	41
0,0816	4	49	0,2041	10	49	0,3243	12	37	0,4444	12	27	0,5652	13	23	0,6897	20	29	0,8085	38	47			
0,0851	4	47	0,2051	8	39	0,3256	14	43	0,4468	21	47	0,5676	21	37				0,8095	17	21	0,9302	40	43
0,0870	2	23	0,2069	6	29	0,3265	16	49	0,4483	13	29				0,6923	27	39				0,9310	27	29
			0,2093	9	43				0,4490	22	49	0,5714	12	21	0,6939	34	49	0,8108	30	37	0,9333	14	15
0,0909	3	33				0,3333	5	15				0,5714	28	49	0,6957	16	23	0,8125	13	16	0,9355	29	31
0,0930	4	43	0,2105	4	19	0,3333	6	18	0,4500	9	20	0,5745	27	47	0,6969	23	33	0,8140	35	43	0,9362	44	47
0,0952	2	21	0,2121	7	33	0,3333	7	21	0,4516	14	31	0,5757	19	33	0,6977	30	43	0,8148	22	27	0,9375	15	16
0,0968	3	31	0,2128	10	47	0,3333	9	27	0,4545	15	33	0,5789	11	19				0,8163	40	49	0,9388	46	49
0,0976	4	41	0,2162	8	37	0,3333	11	33	0,4595	17	37				0,7000	14	20	0,8181	27	33	0,9394	31	33
			0,2174	5	23	0,3333	13	39				0,5806	18	31	0,7021	33	47						
0,1000	2	20	0,2195	9	41				0,4615	18	39	0,5814	25	43	0,7027	26	37	0,8205	32	39	0,9412	16	17
0,1020	5	49				0,3404	16	47	0,4634	19	41	0,5854	24	41	0,7037	19	27	0,8235	14	17	0,9444	17	18
0,1026	4	39	0,2222	6	27	0,3415	14	41	0,4651	20	43	0,5862	17	29	0,7059	12	17	0,8261	19	23	0,9459	35	37
0,1034	3	29	0,2222	4	18	0,3448	10	29	0,4667	7	15	0,5862	10	17	0,7073	29	41	0,8276	24	29	0,9474	18	19
0,1053	2	19	0,2245	11	49	0,3469	17	49	0,4681	22	47	0,5897	23	39	0,7097	22	31	0,8293	34	41	0,9487	37	39
0,1064	5	47	0,2258	7	31	0,3478	8	23	0,4694	23	49							0,8298	39	47			
0,1081	4	37				0,3488	15	43				0,5918	29	49	0,7143	15	21				0,9500	19	20
			0,2308	9	39				0,4706	8	17	0,5926	16	27	0,7143	35	49	0,8333	15	18	0,9512	39	41
0,1111	2	18	0,2326	10	43	0,3500	7	20	0,4737	9	19	0,5946	22	37	0,7179	28	39	0,8367	41	49	0,9524	20	21
0,1111	3	27	0,2340	11	27	0,3514	13	37	0,4762	10	21	0,5957	28	47				0,8372	36	43	0,9535	41	43
0,1163	5	43	0,2353	4	17	0,3529	6	17	0,4783	11	23				0,7209	31	43	0,8378	31	37	0,9565	22	23
0,1176	2	17	0,2381	5	21	0,3548	11	31				0,6000	9	15	0,7222	13	18	0,8387	26	31	0,9574	45	47
						0,3590	14	39	0,4815	13	27	0,6000	12	20	0,7234	34	47				0,9592	47	49
0,1212	4	33	0,2414	7	29				0,4828	14	29	0,6047	26	43	0,7241	21	29	0,8421	16	19			
0,1220	5	41	0,2424	8	33	0,3617	17	47	0,4839	15	31	0,6060	20	33	0,7273	24	33	0,8462	33	39	0,9630	26	27
0,1224	6	49	0,2432	9	37	0,3636	12	33	0,4848	16	33	0,6087	14	23	0,7297	27	37	0,8485	28	33	0,9655	28	29
0,1250	2	16	0,2439	10	41	0,3659	15	41	0,4865	18	37	0,6098	25	41							0,9677	30	31
0,1277	6	47	0,2439	12	49	0,3673	18	49	0,4872	19	39				0,7317	30	41	0,8500	17	20	0,9697	32	33
0,1282	5	39				0,3684	7	19	0,4878	20	41	0,6111	11	18	0,7333	11	15	0,8511	40	47			
0,1290	4	31	0,2500	4	16				0,4884	21	43	0,6122	30	49	0,7347	36	49	0,8519	23	27	0,9730	36	37
			0,2500	5	20	0,3704	10	27	0,4894	23	47	0,6129	19	31	0,7368	14	19	0,8537	35	41	0,9744	38	39
0,1304	3	23	0,2553	12	47	0,3721	16	43	0,4898	24	49	0,6154	24	39	0,7391	17	23	0,8571	18	21	0,9756	40	41
0,1333	2	15	0,2558	11	43	0,3750	6	16				0,6170	29	47				0,8571	42	49	0,9767	42	43
0,1351	5	37	0,2564	10	39	0,3784	14	37	0,5000	8	16	0,6190	13	21	0,7407	20	27				0,9787	46	47
0,1379	4	29	0,2581	8	31	0,3793	11	29	0,5000	9	18				0,7419	23	31	0,8605	37	43	0,9796	48	49

*H es el número de agujeros a recorrer en el círculo divisor.

†C es el círculo divisor.

Fig. 10-83. Tabla de división angular.

muy simple. Este plato tiene dos círculos de agujeros: el interior es de 18 agujeros, representando cada uno de ellos medio grado o treinta minutos; el exterior es de 30 agujeros numerados, cada uno de los cuales representa un minuto. El movimiento angular requerido puede obtenerse combinando los movimientos del plato y de la manivela divisora; el plato puede hacerse girar tirando de la clavija posterior. Cuando se divide para mediciones angulares, es importante tener conocimiento y recordar la información siguiente:

El símbolo para los grados es °.
El símbolo para los minutos es ′.
El símbolo para los segundos es ″.
Una circunferencia tiene 360°.
Un ángulo recto tiene 90°.
Un grado tiene 60′.
Un minuto tiene 60″.

Para que el husillo del divisor dé una revolución completa, o 360°, es necesario que la manivela del divisor dé exactamente 40 vueltas; por tanto, con una vuelta de la manivela el husillo del divisor girará 1/40 de 360°, o sea, 9°. Así, la fórmula para hallar la división necesaria para una medición angular (en grados), será

Angulo requerido/9

Ejemplo 1. Dividir para 47°.

$$\frac{47}{9} = 5\frac{2}{9}$$

$$\frac{2}{9} \times \frac{2}{2} = \frac{4}{18}$$

Respuesta = 5 vueltas más un recorrido de 4 agujeros en el círculo de 18 agujeros.

Los movimientos angulares siguientes pueden obtenerse utilizando los círculos de 18 y 27 agujeros en los platos Brown & Sharpe números uno y dos:

2 agujeros en el círculo de 18 agujeros = 1 °
2 agujeros en el círculo de 27 agujeros = 2/3 °
1 agujero en el círculo de 18 agujeros = 1/2 °
1 agujero en el círculo de 27 agujeros = 1/3 °

En ángulos que comporten grados y minutos, se reducen los ángulos a minutos y se divide por 540. En ángulos que comporten grados, minutos y segundos, se reducen los ángulos a segundos y se divide por 32.400. Dividiendo hasta la cuarta cifra decimal, el resultado será el número de vueltas que hay que dar a la manivela del divisor para dividir el ángulo.

Para hallar el círculo divisor y el número de agujeros a recorrer sobre el mismo, correspondiente a la parte decimal de una vuelta, búsquese en la figura 10-83 el número decimal requerido o el más cercano; el círculo divisor viene dado en la columna C, y el número de agujeros a recorrer en este círculo se da en la columna H. Los ejemplos siguientes muestran aplicaciones del uso de la figura 10-83; en cada caso se hace también referencia a la figura 10-84.

Ejemplo 2. Angulo $A = 24° 45'$.

$$24° = 24 \times 60' = 1.440'$$
$$45' = \quad 45'$$
$$1.485'$$

$$1.485 : 540 = 2{,}7500$$

En la tabla de división angular, al lado de 0,7500 hay 12 en la columna H y 16 en la columna C. La división total significa 2 vueltas y 12 agujeros del círculo de 16 agujeros.

Ejemplo 3. Angulo $A = 18° 26'$.

$$18° = 18 \times 60' = 1.080'$$
$$26' = \quad 26'$$
$$1.106'$$

$$1.106 : 540 = 2{,}0481$$

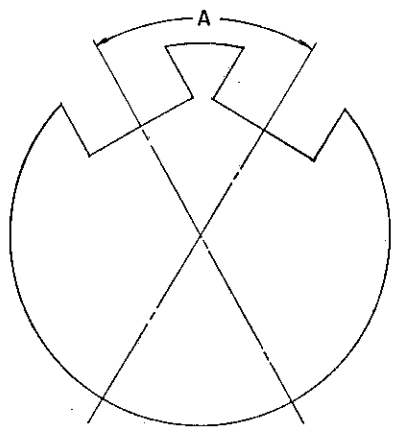


Fig. 10-84. Problema de división angular.

$$\begin{aligned} \text{Decimal requerido} &= 0{,}0481 \\ \text{Decimal más cercano} &= \underline{0{,}0476} \\ &\quad\ 0{,}0005 \end{aligned}$$

$$540 \times 0{,}0005 = 0{,}27'$$
$$0{,}27 \times 60'' = 16{,}2'' \text{ de error}$$

En la tabla de división angular, al lado de 0,0476 hay 1 en la columna H y 21 en la columna C. La división total significa 2 vueltas y 1 agujero del círculo de 21 agujeros.

Ejemplo 4. Angulo $A = 24° 54' 23''$.

$$\begin{aligned} 24° &= 24 \times 60' \times 60'' = 86.400'' \\ 54' &= 54 \times 60'' \quad\ 3.240'' \\ 23'' &= \quad\ \underline{23''} \\ &\quad\ 89.663'' \end{aligned}$$

$$89.663 : 32.400 = 2{,}7674$$

En la tabla de división angular, al lado de 0,7674 hay 33 en la columna H y 43 en la columna C. La división total significa 2 vueltas y 33 agujeros del círculo de 43 agujeros.

Ejemplo 5. Angulo $A = 39° 51' 21''$.

$$\begin{aligned} 39° &= 39 \times 60' \times 60'' = 140.400'' \\ 51' &= 51 \times 60'' \quad\ 3.060'' \\ 21'' &= \quad\ \underline{21''} \\ &\quad\ 143.481'' \end{aligned}$$

$$143.481 : 32.400 = 4{,}4284$$

$$\begin{aligned} \text{Decimal más cercano} &= 0{,}4286 \\ \text{Decimal requerido} &= \underline{0{,}4284} \\ &\quad\ 0{,}0002 \end{aligned}$$

$$32.400'' \times 0{,}0002 = 6{,}48'' \text{ de error}$$

En la tabla de división angular, al lado de 0,4286 hay 9 en la columna H y 21 en la columna C. La división total significa 4 vueltas y 9 agujeros del círculo de 21 agujeros.

59. ¿Es siempre necesaria una tabla de división angular para hallar la división correcta?

No. Cuando no se dispone de una tabla de división angular puede determinarse la división correcta según se expone en los ejemplos 1 y 2 siguientes. Si se requiere una mayor precisión que la que puede obtenerse con el uso de la citada tabla, puede seguirse el método de división expuesto en el ejemplo 3.

Ejemplo 1. Dividir para 25°. Siendo N el número de grados del ángulo dado, y T el número de vueltas de la manivela, se tiene

$$T = \frac{N°}{9°} = \frac{25°}{9°} = 2\frac{7}{9}T$$

$$2\frac{7}{9} \times \frac{2}{2} = 2\frac{14}{18}T$$

Hay que dar 2 vueltas y recorrer 14 agujeros en el círculo de 18 agujeros.

Ejemplo 2. Dividir para 12° 12'. Siendo N' el número de minutos del ángulo dado, se tiene

$$T = \frac{N'}{540'}$$

$$\begin{aligned} 12° &= 12 \times 60' = 720' \\ 12' &= \quad\ \underline{12'} \\ &\quad\ 732' \end{aligned}$$

$$\frac{732}{540} = 1\frac{192}{540} \text{ ó } 1\frac{16}{45}$$

Se requiere la división diferencial. Como $1\frac{192}{540}$ es aproximadamente igual a $1\frac{1}{3}$, resulta

$$1\frac{1}{3} \times \frac{5}{5} = 1\frac{5}{15} = T$$

Hay que dar 1 vuelta y recorrer 5 agujeros del círculo de 15 agujeros.
Engranajes:

$$1\frac{1}{3} = \frac{4}{3}$$

$$\frac{732}{540} \times \frac{3}{4} \times \frac{40}{1} = \frac{122}{3}$$

$$\frac{122}{3} = 40\frac{2}{3} \text{ vueltas}$$

$$\text{Relación de transmisión} = 40\frac{2}{3} - 40 = \frac{2}{3}$$

$$\frac{2}{3} \times \frac{24}{24} = \frac{48}{72} \quad \begin{matrix} \text{Rueda conductora} \\ \text{Rueda conducida} \end{matrix}$$

1 rueda intermediaria

Ejemplo 3. Dividir para 29° 25′ 16″. Comprobar el error en el arco. Siendo *N″* el número de segundos del ángulo dado, se tiene

$$T = \frac{N''}{32.400''}$$

$$29° = 29 \times 60' \times 60'' = 104.400''$$
$$25' = 25' \times 60'' = 1.500''$$
$$16'' = 16''$$
$$105.916''$$

$$\frac{105.916''}{32.400''} = 3\frac{8.716}{32.400} \text{ ó } 3\frac{2179}{8100}$$

Se requiere la división diferencial. Como $\frac{105.916}{32.400}$ es aproximadamente igual a $3\frac{3}{16}$ hay que dar 3 vueltas y recorrer 3 agujeros en un círculo de 16 agujeros.

Engranajes:

$$3\frac{3}{16} = \frac{51}{16} \; ; \quad \frac{105.916}{32.400} \times \frac{51}{16} \times \frac{40}{1} = 41\frac{473}{20.655} \text{ vueltas}$$

$$41\frac{473}{20.655} - 40 = 1\frac{473}{20.655} = \frac{21.128}{20.655} = \text{relación de transmisión}$$

20.655	21.128	1
20.339	20.655	43
316	473	1
314	316	2
2	157	78
2	156	2
	1	

		1	43	1	2	78	2
0	1	1	44	45	134	10.497	21.128
1	0	1	43	44	131	10.262	20.655

$$\frac{45}{44} = \frac{9 \times 5}{4 \times 11} \text{ ó } \frac{72}{64} \times \frac{40}{44} \begin{matrix} \text{Ruedas conductoras} \\ \text{Ruedas conducidas} \end{matrix}$$

Comprobación del error:

$$41\frac{473}{20.655} = 41\frac{1}{44} \text{ aprox.}$$

$$\frac{1805}{44} \times \frac{1}{40} \times \frac{51}{16} \times \frac{32.400''}{1} = 105.915{,}55''$$

$$105.916'' - 105.915{,}55'' = 0{,}45'' \text{ de error}$$

60. Describir el proceso de fresado helicoidal y en espiral.

Cuando el husillo de un cabezal divisor se conecta mediante engranajes al tornillo de avance de una fresadora de forma que la pieza gira sobre su eje mientras la mesa se desplaza a lo largo de sus guías, se produce un fresado helicoidal o en espiral. Si el corte se efectúa sobre una pieza cilíndrica, recibe el nombre de fresado helicoidal, y se efectua sobre una pieza cónica, se denomina fresado en espiral. Las fresas, ruedas dentadas y brocas helicoidales, así como los avellanadores y otras piezas similares, se mecanizan de este modo.

Antes de que se pueda llevar a cabo un fresado helicoidal, deben conocerse el paso o avance de la hélice, el ángulo de la misma y el diámetro de la pieza. El paso o avance es igual a la longitud del desplazamiento de la mesa correspondiente a una revolución de la pieza. Cualquier cambio en los engranajes de conexión del husillo del cabezal divisor con el tornillo de avance de la mesa, variará el paso de la hélice. El ángulo de ésta es el que forma el corte con el eje de la pieza, variando con cualquier cambio en el paso o en el diámetro de la misma. *La mesa debe ajustarse al ángulo de la hélice.*

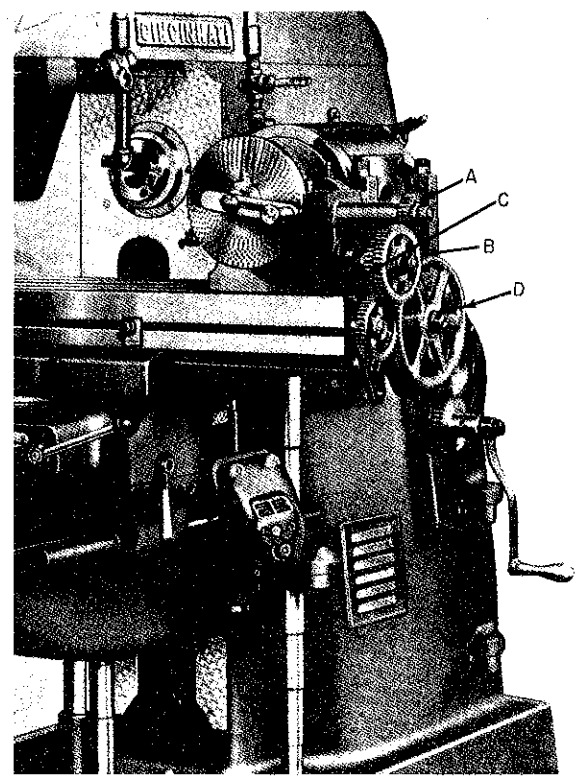


Fig. 10-85. Fresadora con los engranajes dispuestos para el fresado helicoidal (Cincinnati Milling Machine Co.)

El husillo del cabezal divisor se conecta al tornillo de avance de la mesa por medio de un tren de engranajes, tal como se indica en la figura 10-85. Las ruedas dentadas se llaman: rueda sobre el tornillo de avance *(D)*, primera rueda sobre gorrón *(C)*, segunda rueda sobre gorrón *(B)*, y rueda sobre el tornillo sin fin *(A)*. La rueda sobre el avance y la primera rueda sobre gorrón son ruedas conductoras, y la segunda rueda sobre gorrón y la rueda sobre tornillo sin fin son ruedas conducidas. Esto puede expresarse según la relación:

$$\frac{\text{Ruedas conducidas}}{\text{Ruedas conductoras}} = \frac{\text{2.ª g. x t. sin fin}}{\text{1.ª g. x t. avance}} = \frac{A \times B}{C \times D}$$

Utilizando diferentes combinaciones de ruedas de cambio, la magnitud del avance de la mesa mientras la pieza da una vuelta, puede variarse. En otras palabras, el paso de la hélice que se corta depende directamente de las ruedas dentadas que se emplean. Por lo general (aunque no siempre), la relación de transmisión es tal que la pieza avanza más de 1" (25,4 mm) mientras da una revolución. Por ello, el paso se expresa en pulgadas por revolución en lugar de en revoluciones por pulgada, como en las roscas (también puede expresarse en mm/revolución). Por ejemplo, se dice que una hélice tiene 8" de avance o de paso en vez de decir que su paso es de 1/8 de vuelta por pulgada; en medidas métricas, se tendría un avance de 8 x 25,4 = 203,2 mm/revolución.

El tornillo de avance de la mesa tiene corrientemente cuatro filetes por pulgada (paso 6,35 mm) y un avance de 1/4". El movimiento es transmitido del tornillo de avance al husillo a través del tornillo sin fin y rueda helicoidal, con una relación de 40:1. Cuando el husillo da una revolución, la mesa se desplaza 10" (254 mm) a lo largo de sus guías si se utilizan ruedas iguales (relación de transmisión 1:1). Una revolución del husillo x relación del cabezal divisor x relación de transmisión x paso del tornillo de avance = avance o paso de la máquina, es decir,

$$1 \times \frac{40}{1} \times \frac{1}{1} \times 1/4'' \text{ (ó 6,35 mm)} = \text{avance de la máquina}$$

El avance normal de una fresadora es de 10" (254 mm) y todas las ruedas de cambio son calculadas sobre esta base. Cualquier cambio en la relación de transmisión del tren de engranajes produce la correspondiente variación en el avance.

Ejemplo 1. Utilizando una relación 1:4.

$$1 \times \frac{40}{1} \times \frac{1}{4} \times 1/4'' = \frac{5}{2} = 2{,}500''$$

(63,5 mm) de avance.

Ejemplo 2. Utilizando una relación 2:1.

$$1 \times \frac{40}{1} \times \frac{2}{1} \times 1/4'' = 20'' \text{ (508 mm) de avance.}$$

La relación de transmisión combinada de las ruedas conducidas y las conductoras es igual a la relación entre paso de la hélice requerida y avance de la máquina. Expresando esto en forma de fracción, resulta

$$\frac{\text{Ruedas conducidas}}{\text{Ruedas conductoras}} = \frac{\text{Paso de la hélice requerida}}{\text{Avance de la máquina}}$$

o bien, dado que el producto de cada clase de ruedas determina su relación y que el avance de la máquina es de 10" (254 mm),

$$\frac{\text{Ruedas conducidas}}{\text{Ruedas conductoras}} = \frac{\text{Paso de la hélice (en pulg.)}}{10} = \frac{\text{Paso de la hélice (en mm)}}{254}$$

La relación de transmisión combinada de las ruedas conducidas y las conductoras puede representarse siempre por una fracción cuyo numerador es el paso de la hélice a fresar y cuyo denominador es 10, si se trata de pulgadas, ó 254, si se trata de milímetros. Esto es, si el paso requerido es 20" (508 mm), la relación es 20:10, o bien, 508:254, la que, una vez reducida, se convierte en 2:1. Esta forma de expresión es a menudo conveniente para recordar la relación, ya que un avance de 40 da una relación de 4:1, un avance de 25 da una relación de 2,5:1, etc.

Para ilustrar los cálculos corrientes, supongamos que debe fresarse una hélice de 12" (304,8 mm) de paso. La relación combinada de las ruedas conducidas a las conductoras es igual al avance deseado dividido por 10, si se opera con

pulgadas, o por 254, si se opera con mm, pudiéndose pues representarla por la fracción 12/10, o bien, por 304,8/254 que también es igual a 12/10. Descomponiendo esta fracción en dos factores para representar los dos pares de ruedas de cambio, se tiene

$$\frac{12}{10} = \frac{3}{2} \times \frac{4}{5}$$

Ambos términos del primer factor se multiplican por un número (24 en este caso), lo que dará el numerador y denominador resultantes correspondientes al número de dientes de dos de las ruedas de cambio suministradas con la máquina (tales multiplicaciones no afectan al valor de la fracción).

$$\frac{3}{2} \times \frac{24}{24} = \frac{72}{48}$$

Procediendo de un modo similar con el segundo factor,

$$\frac{4}{5} \times \frac{8}{8} = \frac{32}{40}$$

Eligiendo las ruedas de 72, 32, 48 y 40 dientes, resulta

$$\frac{12}{10} \text{ ó } \frac{72 \times 32}{48 \times 40} \quad \begin{matrix} \text{Ruedas conducidas} \\ \text{Ruedas conductoras} \end{matrix}$$

Los numeradores de las fracciones representan las ruedas conducidas, y los denominadores, las conductoras. La rueda de 72 dientes es la rueda sobre el tornillo sin fin, la de 40 dientes es la primera rueda sobre gorrón, la de 32 dientes la segunda rueda sobre gorrón, y la de 48 dientes es la rueda sobre el tornillo de avance. Las dos ruedas conducidas o las dos conductoras pueden transponerse sin cambiar la hélice; esto es, la rueda de 72 dientes puede usarse como segunda rueda sobre gorrón y la de 32 dientes como rueda sobre el tornillo sin fin, si así se desea, o bien disponer la rueda de 48 dientes como primera sobre gorrón y la de 40 dientes como rueda sobre el tornillo sin fin.

Las ruedas dentadas necesarias para tallar una hélice de 27" (685,8 mm) de paso se determinan como sigue:

$$\frac{27}{10} = \frac{685{,}8}{254} = \frac{3}{2} \times \frac{9}{5}$$

$$\left(\frac{3}{2} \times \frac{16}{16}\right)\left(\frac{9}{5} \times \frac{8}{8}\right) = \frac{48}{32} \times \frac{72}{40} \quad \begin{matrix} \text{Ruedas conducidas} \\ \text{Ruedas conductoras} \end{matrix}$$

Invirtiendo el procedimiento, se puede determinar el paso de la hélice que podría tallarse con ruedas de 48, 72, 32 y 40 dientes, empleándose las dos primeras como conducidas; así, dicho paso vale

$$10 \times \frac{48 \times 72}{32 \times 40} = 27'' \text{ por revolución}$$

o bien,

$$254 \times \frac{48 \times 72}{32 \times 40} = 685{,}8 \text{ mm por revolución}$$

La mesa de la fresadora debe siempre ajustarse al ángulo de la hélice (fig. 10-86).

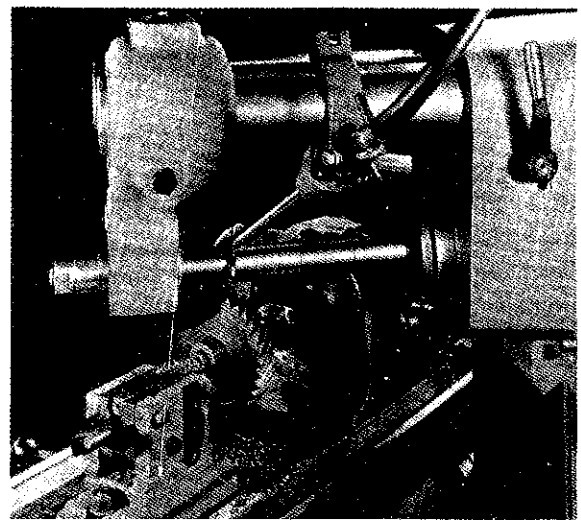


Fig. 10-86. Tallado de dientes en una rueda helicoidal con la mesa inclinada según un ángulo determinado (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

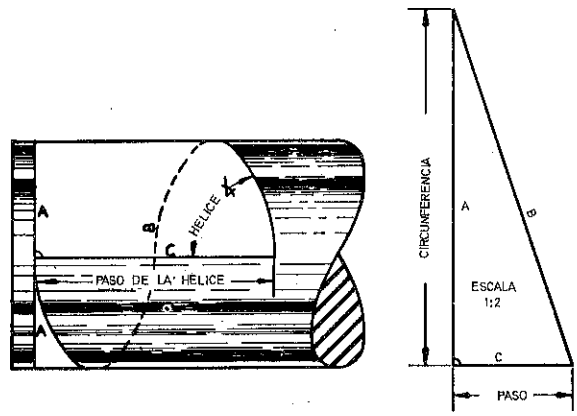


Fig. 10-87. Determinación de la relación entre la circunferencia y el paso.

El ángulo de la hélice depende del paso o avance de la misma y del diámetro de la pieza a fresar. En el grabado de la figura 10-87, *A* es el perímetro de la circunferencia, *C* el paso de la hélice y *B* el desarrollo de una vuelta o espira de la misma. Cuanto mayor sea dicho paso para un diámetro dado, menor será el ángulo de la hélice, y cuanto mayor sea el diámetro para un paso dado, mayor será el ángulo de la hélice. Cualquier cambio en el diámetro de la pieza, o en el paso, producirá el cambio correspondiente en el ángulo de la hélice.

$$\frac{\text{Circunferencia}}{\text{Paso}} = \textbf{tangente del ángulo de la hélice}$$

Paso = circunferencia x cotangente del ángulo de la hélice

$$\frac{\text{Paso (en pulgadas)}}{10} = \frac{\text{Paso (en mm)}}{254} = \textbf{relación de transmisión}$$

Relación de transmisión x 10″ = relación de transmisión x 254 mm = paso.
Paso requerido − paso obtenido según los engranajes = error en el paso.

Ejemplo 1. Hallar las ruedas dentadas que se necesitan para tallar las estrías de una fresa de 3″ (76,2 mm) de diámetro cuando el ángulo de la hélice es de 35° 8′.

En una tabla de funciones trigonométricas se encuentra que la cotangente de 35° 8′ es 1,4211. Con referencia a la figura 10-88, se tiene

Paso = circunferencia (π x *D*) x ctg ángulo hélice = 3,1416 x 3 x 1,4211 = 13,3935″

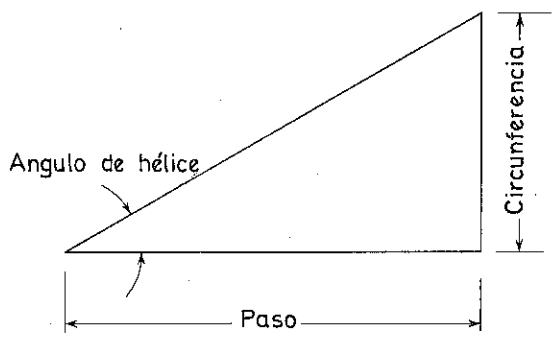


Fig. 10-88. Croquis para el problema de cálculo del ángulo de hélice.

o bien,

Paso = 3,1416 x 76,2 x 1,4211 = 340,2 mm

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{13,3935}{10};$$

$$\frac{13,395}{10} \times \frac{10.000}{10.000} = \frac{133.935}{100.000}$$

o bien,

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{340,2}{254}$$

$$\frac{340,2}{254} \times \frac{393,7}{393,7} = \frac{133.935}{100.000}$$

100.000	133.395	1
67.870	100.000	2
32.130	33.935	1
30.685	32.130	17
1.445	1.805	1
1.440	1.445	4
5	360	72
	360	
	0	

		1	2	1	17	1	4	72
0	1	1	3	4	71	75	371	26.787
1	0	1	2	3	53	56	277	20.000

$$\frac{26.787 \times 5}{20.000 \times 5} = \frac{133.935}{100.000}$$

$\frac{75}{56} = \frac{3 \times 25}{4 \times 14}$ ó $\frac{48}{64} \times \frac{100}{56}$ Ruedas conducidas / Ruedas conductoras

$$\text{Paso} = \frac{75}{56} \times \frac{10}{1} = \frac{750}{56} = 13,3928''$$

o bien,

$$\text{Paso} = \frac{75}{56} \times \frac{254}{1} = \frac{19.050}{56} = 340,178 \text{ mm}$$

13,3935	340,200	Paso requerido
13,3928	340,178	Paso obtenido
0,0007″, o bien,	0,022 mm	Error en el paso

Ajústese la mesa al ángulo de la hélice.

Ejemplo 2. Hallar el ángulo de hélice y las ruedas dentadas que se necesitan para un paso de 3,140″ (79,756 mm) en un diámetro de 1 1/2″ (38,1 mm).

$$\frac{\text{Circunferencia}}{\text{Paso}} = \text{tangente del ángulo de hélice}$$

$$\frac{3,1416 \text{ x } 1,5}{3,140} = \frac{3,1416 \text{ x } 38,1}{79,756} = 1,50076$$

Este valor es la tangente de 56° 19′ 24″.

Relación de transmisión =

$$= \frac{\text{Paso}}{10} = \frac{3{,}140}{10} = \frac{314}{1000}$$

o bien,

Relación de transmisión =

$$= \frac{\text{Paso}}{254} = \frac{79{,}756}{254} = \frac{79756}{254.000} = \frac{314}{1000}$$

314	1.000	3
290	942	5
24	58	2
20	48	2
4	10	2
4	8	2
0	2	

		3	5	2	2	2	2
1	0	1	5	11	27	65	157
0	1	3	16	35	86	207	500

$$\frac{157 \times 2 = 314}{500 \times 2 = 1\,000}$$

$\frac{27}{86} = \frac{3 \times 9}{2 \times 43}$ ó $\frac{24}{64} \times \frac{72}{86}$ Ruedas conducidas / Ruedas conductoras

$$\text{Paso} = \frac{27}{86} \times \frac{10}{1} = \frac{135}{43} = 3{,}13953''$$

o bien,

$$\text{Paso} = \frac{27}{86} \times \frac{254}{1} = \frac{6.858}{86} = 79{,}686 \text{ mm}$$

Paso requerido — paso obtenido = error

$$3{,}140 - 3{,}13953 = 0{,}00047'' \text{ de error}$$

o bien,

$$79{,}756 - 79{,}686 = 0{,}070 \text{ mm de error}$$

La figura 10-89 muestra cómo se disponen el cabezal divisor y el aparato de tallar cremalleras para fresar una ranura helicoidal o filete en un tornillo sin fin. El tornillo sin fin representado es de tres entradas, de 2" (50,8 mm) de diámetro de flancos, 0,500" (12,7 mm) de paso ficticio, y 1,500" (38,1 mm) de paso real, siendo el ángulo de hélice de 76° 34' 30". La relación de transmisión y el ajuste de la mesa para este tornillo sin fin se hallan como sigue:

$$\frac{\text{Paso en pulgadas}}{10} = \frac{\text{Paso en mm}}{254} =$$

= Relación de transmisión

$$\frac{1{,}5}{10} = \frac{38{,}1}{254} = \frac{15}{100}$$

$\frac{15}{100} = \frac{3 \times 5}{4 \times 25}$ ó $\frac{24}{64} \times \frac{40}{100}$ Ruedas conducidas / Ruedas conductoras

Cuando se usa el aparato para tallar cremalleras, la fresa se sujeta formando un ángulo de 90° con la pieza, y la mesa se ajusta según el complemento del ángulo de la hélice.

$$\begin{array}{r} 90° = 89°59'60'' \\ \underline{76°34'30''} \\ 13°25'30'' \end{array}$$

61. Describir el proceso de fresado con avance o paso pequeño.

Cuando se requieren avances o pasos muy pequeños, el tornillo sin fin y la rueda helicoidal del cabezal divisor pueden desembragarse y conectarse directamente el engranaje desde el husillo de dicho cabezal al tornillo de avance de la mesa. Con ruedas dentadas iguales, cuando el husillo del cabezal divisor da una vuelta, el tornillo de avance (que tiene un paso de 4 filetes por pulgada, o sea, de 6,35 mm) efectúa una revolución, y la mesa se desplaza una longitud igual al paso, es decir, 0,250" (6,35 mm). Con este método se usa el aparato de tallar cremalleras representado en la figura 10-89.

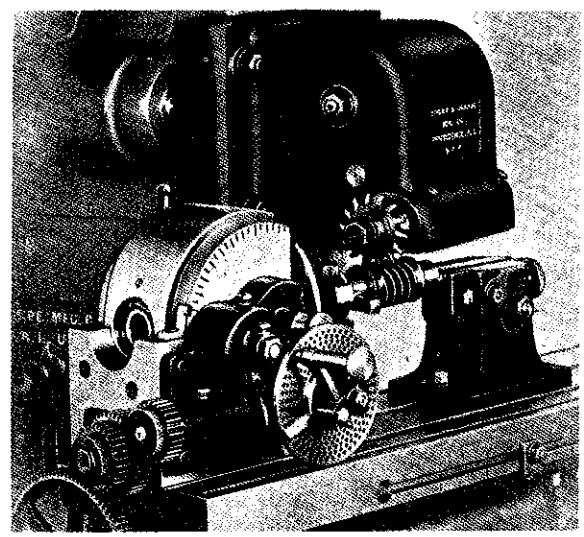


Fig. 10-89. Tallado de un tornillo sin fin con el aparato de fresar cremalleras (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

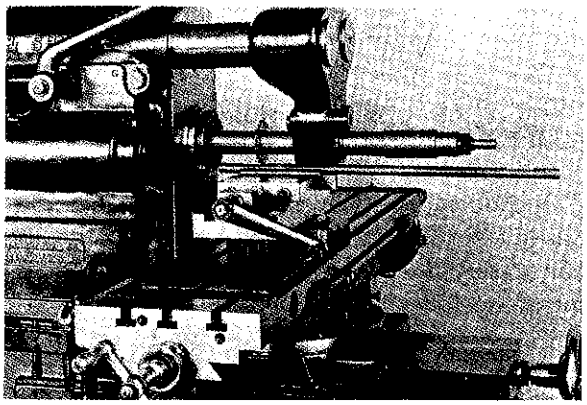


Fig. 10-90. Tallado de una cremallera de pocos dientes (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

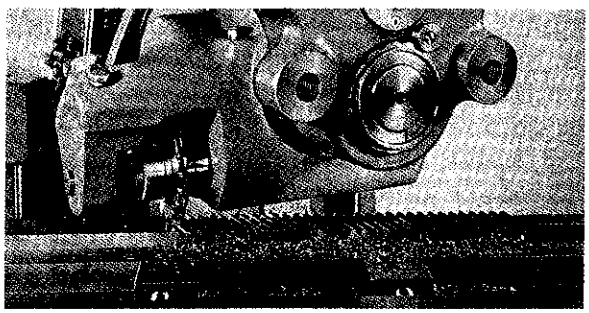


Fig. 10-91. Tallado de una cremallera de dientes helicoidales utilizando un aparato de tallar cremalleras (Cincinnati Milling Machine Co.)

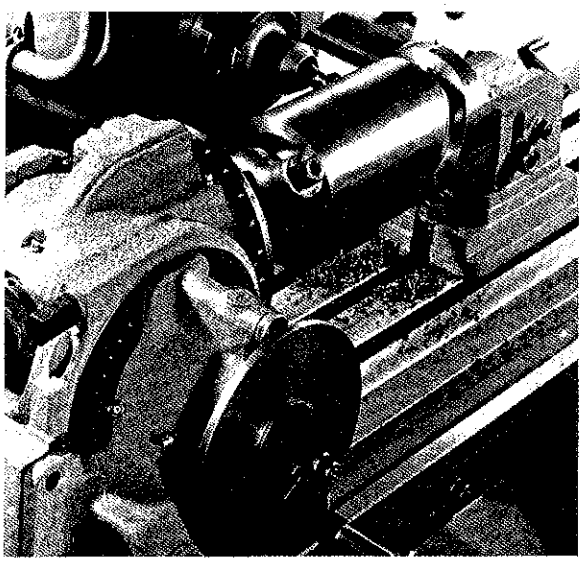


Fig. 10-92. Fresado de una leva de tambor (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

Ejemplo. Hallar las ruedas dentadas para tallar un paso de 0,3492" (8,869 mm).

$$\frac{\text{Paso}}{\text{Avance}} = \text{Relación de transmisión}$$

$$\frac{8{,}869}{6{,}35} = \frac{0{,}3492}{0{,}250} = \frac{3492}{2500}$$

2.500	3.492	1
1.984	2.500	2
516	992	1
476	516	1
40	476	11
36	440	1
4	36	9
	36	

		1	2	1	1	11	1	9
0	1	1	3	4	7	81	88	873
1	0	1	2	3	5	58	63	625

$$\frac{873 \times 4}{625 \times 4} = \frac{3492}{2500}$$

$$\frac{88}{63} = \frac{8 \times 11}{9 \times 7} \text{ ó } \frac{64}{72} \times \frac{44}{28} \begin{matrix}\text{Ruedas conducidas} \\ \text{Ruedas conductoras}\end{matrix}$$

$$\text{Paso} = \frac{88}{63} \times \frac{0{,}250}{1} = 0{,}349206''$$

o bien,

$$\text{Paso} = \frac{88}{63} \times \frac{6{,}35}{1} = 8{,}870 \text{ mm}$$

Paso requerido — paso tallado = error

$$0{,}349206 - 0{,}3492 = 0{,}000006'' \text{ de error}$$

o bien,

$$8{,}870 - 8{,}869 = 0{,}001 \text{ mm de error}$$

El método regular de división no puede emplearse en el fresado con pasos pequeños. Se procura entonces que el número de dientes sobre la rueda del husillo sea algún múltiplo del número de divisiones requerido. Las ruedas pueden desacoplarse, siendo así posible hacer girar la del husillo el número de dientes necesario para obtener una división en la pieza.

A veces es preciso fresar un pequeño número de dientes en un eje cilíndrico o en un vástago. Si no se dispone del aparato de tallar cremalleras, el trabajo puede efectuarse según se indica en la figura 10-90. El eje se apoya sobre gruesos paralelos y se sujeta en el tornillo de mordazas, divi-

diéndose los dientes por medio de un disco graduado existente en el tornillo de avance transversal, ya que el movimiento es igual al paso lineal, o a 3,1416 dividido por el paso diametral, o al módulo multiplicado por 3,1416. Antes de proceder a la división, hay que tener cuidado de eliminar el juego debido al tornillo.

El aparato de tallar cremalleras simplifica el trabajo de fresar los dientes de una cremallera helicoidal (fig. 10-91). Debe tenerse cuidado en inclinar la mesa según el ángulo requerido, ya que los dientes de la cremallera deben tallarse paralelos al avance transversal del caballete, y también a la fresa montada en el aparato antes citado. El movimiento lineal de la mesa se divide a través de una relación de transmisión entre el tornillo de avance de la mesa de la fresadora y el eje del aparato divisor de la cremallera.

62. Describir algunos métodos de fresado de levas.

La figura 10-92 muestra el fresado con fresa de mango de una leva cilíndrica o de tambor, produciéndose una ranura helicoidal de flancos paralelos. El punto del cabezal divisor se ha alineado con el punto del husillo de la fresadora. La mesa se ha ajustado formando ángulo recto con el husillo y el ángulo de la hélice se obtiene mediante la combinación de las ruedas de cambio utilizadas. De esta forma pueden tallarse tanto hélices de mano derecha como de mano izquierda, lo que respectivamente se logra sin introducir o introduciendo un intermediario. Cuando se usa este método para el fresado de levas cilíndricas, las ruedas dentadas se calculan y se colocan del mismo modo que para el fresado helicoidal, como se indica en la figura 10-85.

El aparato para el tallado de levas, representado en la figura 10-93, se emplea para fresar levas frontales, periféricas o cilíndricas, partiendo de una leva de reproducción de forma plana, la cual se obtiene de un disco de alrededor de 1/2" (12,7 mm) de espesor que lleva trazado el perfil exterior requerido; para obtener la forma deseada, dicho disco es mecanizado o limado. La mesa de la máquina permanece sujeta en una cierta posición durante el tallado, produciendo el mismo mecanismo los necesarios movimientos giratorio y longitudinal; el primero de estos movimientos se obtiene mediante un tornillo sin fin que acciona una rueda fijada al husillo del aparato. La leva reproductora se monta fuertemente sobre la cara de la rueda helicoidal y, al girar ésta, dicha leva baja la cremallera deslizante que, a su vez, acciona un piñón que engrana con otra cremallera fijada a la bancada de deslizamiento del aparato; así se consigue el movimiento longitudinal necesario en la cara de la rueda helicoidal.

La leva frontal representada en la figura 10-94 se mecaniza empleando otro método. La pieza se sujeta en el plano horizontal sobre el cabezal divisor, utilizándose una fresa de mango en el aparato de husillo vertical. Dicha leva tiene dos lóbulos (entendiéndose por lóbulo una parte saliente de una rueda de levas): uno (*A*) tiene una elevación de 2,493" (63,323 mm) en 169° 12', y otro *(B)* con una elevación de 2,442" (62,027 mm) en 104° 24'.

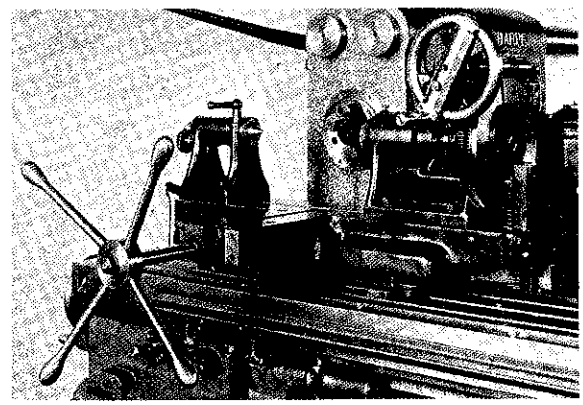


Fig. 10-93. Aparato para el fresado de levas (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

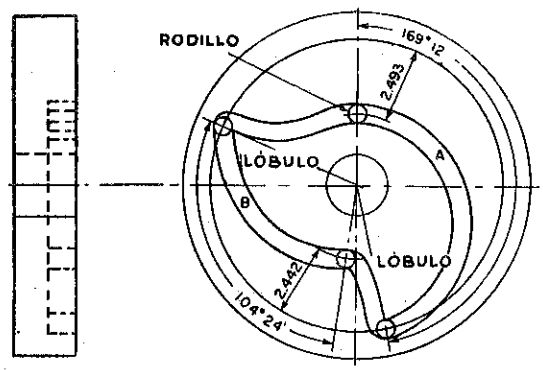


Fig. 10-94. Leva frontal.

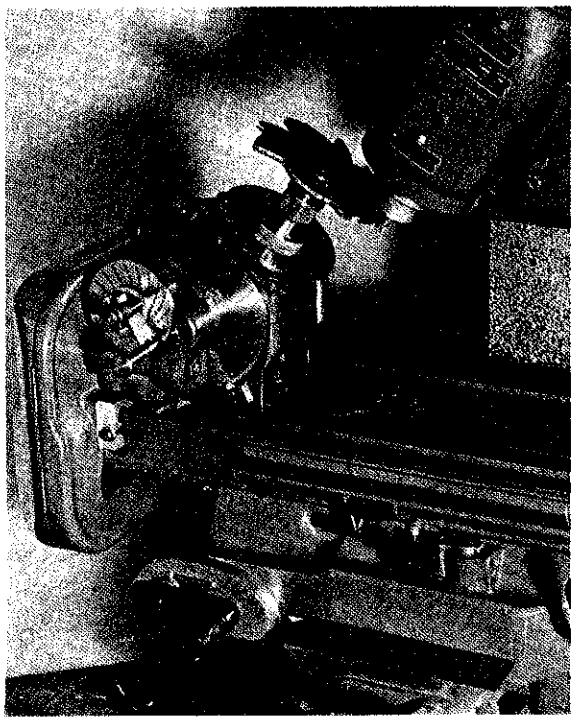


Fig. 10-95. Fresado de una leva periférica (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

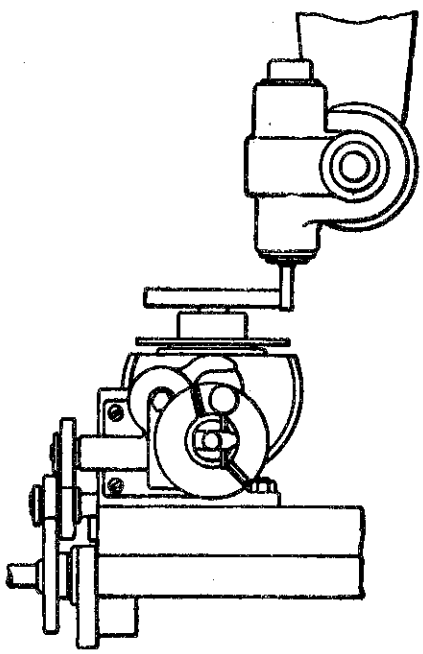


Fig. 10-96. Fresado de una leva en posición horizontal.

El avance en 360° del lóbulo *A* es igual a

$$\frac{360^\circ}{192^\circ\ 12'} \times 2{,}493 = 5{,}304'' \text{ (130,722 mm)}$$

y el avance en 360° del lóbulo *B* es igual a

$$\frac{360^\circ}{104^\circ\ 24'} \times 2{,}442 = 8{,}421'' \text{ (213,894 mm)}$$

La transmisión necesaria para accionar el cabezal divisor en el tallado del lóbulo *A*, se determina como sigue:

$$\frac{\text{Avance del lóbulo}}{\text{Avance de la máquina}} = \frac{\text{Conducidas}}{\text{Conductoras}} = \frac{\text{Segunda x Tornillo sin fin}}{\text{Primera x Tornillo avance}}$$

$$\frac{5{,}304}{10} = \frac{130{,}722}{254} = \frac{35}{66} \text{ aprox. (por fracciones continuas)}$$

$$\frac{35}{66} = \frac{7 \times 5}{11 \times 6} \text{ ó } \frac{28}{44} \times \frac{40}{48} \begin{matrix} \text{Ruedas conducidas} \\ \text{Ruedas conductoras} \end{matrix}$$

La transmisión necesaria para accionar el cabezal divisor en el tallado del lóbulo *B*, usando dos intermediarias, será:

$$\frac{8{,}421}{10} = \frac{213{,}894}{254} = \text{aprox.} \frac{16}{19}$$

$$\frac{16}{19} \text{ da } \frac{64}{76} \begin{matrix} \text{Ruedas conducidas} \\ \text{Ruedas conductoras} \end{matrix}$$

El camino o guía del rodillo debe taladrarse primero en desbaste. Las partes de la leva, excepto los lóbulos *A* y *B*, pueden ser marcadas con puntas de señalar o de trazar, taladradas, y luego fresadas de acuerdo con las líneas del trazado.

Un método a menudo seguido en el tallado de levas periféricas, especialmente las que se usan en las máquinas automáticas de tornillería, consiste en usar el cabezal divisor y un aparato de fresar de husillo vertical, tal como se aprecia en la figura 10-95. El cabezal divisor es conectado con engranajes al tornillo de avance de la mesa, de igual forma que en el tallado de hélices ordinarias, y la leva en bruto se sujeta al extremo de este cabezal. En el dispositivo de fresar con husillo vertical se emplea una fresa de mango, la cual se sujeta de modo que pueda fresar la periferia de la leva perpendicularmente a sus lados. En otras

palabras, los ejes del husillo del cabezal divisor y del aparato de fresar deben ser siempre paralelos cuando se fresan levas según este método, ya que el tallado es efectuado por los dientes periféricos de la fresa de mango. El principio de este método puede explicarse de la siguiente manera:

Supóngase que el cabezal divisor se hace girar elevándolo hasta formar un ángulo de 90° con la superficie de la mesa (fig. 10-96), y que se han preparado los engranajes para cualquier avance dado. Con ello se ve que, mientras la mesa avanza y la leva en bruto gira, la distancia entre los ejes del husillo del cabezal y del husillo del aparato de fresar va haciéndose menor; así, el corte va siendo más profundo y el radio de la leva va reduciéndose, lo que produce un lóbulo en espiral con un avance que es el mismo que el avance para el cual se han preparado los engranajes de la máquina.

Ahora supongamos que, manteniendo los mismos engranajes, el cabezal divisor se sitúa al cero o paralelo a la superficie de la mesa, tal como se indica en la figura 10-97. Se ve, también, que los ejes de los husillos del cabezal y del dispositivo de fresar son paralelos. Sin embargo, mientras la mesa avanza y la leva en bruto gira, la distancia entre ejes de dichos husillos se mantiene la misma. Como resultado, la periferia de la pieza, si se fresa, es concéntrica, o sea que el avance es cero.

Si, luego, el cabezal divisor se ajusta a cualquier ángulo entre 0° y 90°, según se aprecia en la figura 10-98, el valor del avance dado a la leva estará comprendido entre el avance para el cual se preparó el engranaje de la máquina y cero. De todo ello se deduce claramente que pueden obtenerse levas con una gama muy extensa de avances diferentes mediante un juego de ruedas de cambio, y que el problema de fresar los lóbulos de una leva se reduce a hallar el ángulo según el cual hay que ajustar el cabezal divisor para obtener el avance deseado.

Para fresar con el nímino avance posible mediante el cabezal divisor conectado por ruedas dentadas al tornillo de avance, se coloca una rueda de 24 dientes sobe el tornillo sin fin, una rueda de 86 dientes como primera sobre gorrón, una rueda de 24 dientes como segunda sobre gorrón, y una rueda de 100 dientes sobre el

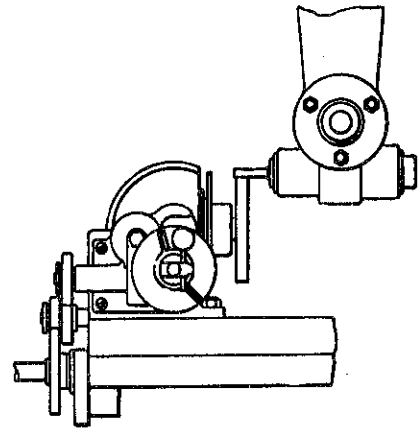


Fig. 10-97. Fresado de una leva en posición vertical.

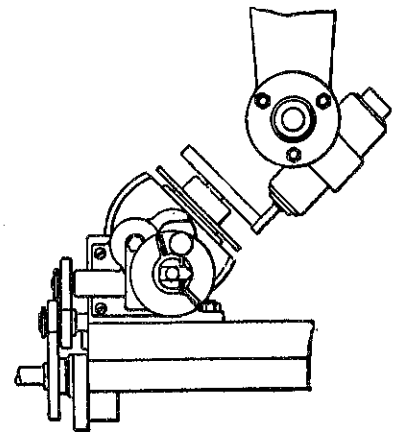


Fig. 10-98. Fresado de una leva en posición inclinada.

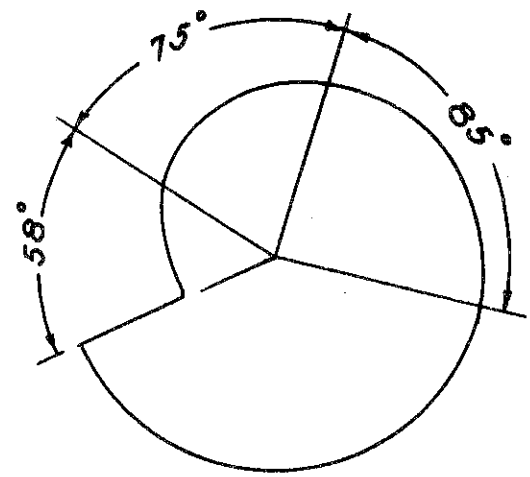


Fig. 10-99. Leva periférica.

tornillo de avance. Se calcula el avance del modo siguiente:

$$\frac{24}{86} \times \frac{24}{100} \times \frac{40}{4} = 0{,}66976 \text{ ó } 0{,}67''$$

siendo 40 el número de vueltas de la manivela del divisor por una del husillo, y 4, el número de filetes por pulgada del tornillo de avance. Operando en milímetros, se tendría:

$$\frac{24}{86} \times \frac{24}{100} \times 40 \times 6{,}35 = 17{,}01 \text{ ó } 17 \text{ mm}$$

siendo 6,35 el paso, en mm, del tornillo de avance. *Ejemplo.* Para hallar el ángulo de fijación del cabezal divisor y del dispositivo de fresado vertical, se divide el avance de la leva por el avance de la máquina, debiendo ser éste siempre mayor que aquél.

Ejemplo. Para hallar el avance de la leva, esto es, la elevación continua teórica en una revolución completa, cuando la elevación en 27° es 0,127'' (3,18 mm), se opera como sigue: Se divide 360° por el ángulo dentro del cual se produce la elevación y se multiplica este cociente por esta elevación; así se obtiene la elevación en 360°, que es el avance de la leva.

$\frac{360}{27} \times 0{,}127 = 1{,}693''$ de elevación en 360° = = avance de la leva

o bien,

$\frac{360}{27} \times 3{,}18 = 42{,}4$ mm de elevación en 360° = = avance de la leva

Para calcular los avances, ruedas dentadas y ángulos de inclinación del cabezal divisor y del dispositivo de fresado vertical para una leva que tiene 0,470'' (11,9 mm) de elevación en 85°, 0,750'' (19,05 mm) de elevación en 75°, y 0,358'' (9,1 mm) en 58° (fig. 10-99), se procede como sigue:

Elevación de 0,470'' (11,9 mm) en 85°

$= \frac{360}{85} \times 0{,}470$ (ó x 11,9) = 1,99'' (50,5 mm) de avance

Elevación de 0,750'' (19,05 mm) en 75°

$= \frac{360}{75} \times 0{,}750$ (ó x 19,05) = 3,6'' (91,3 mm) de avance

Elevación de 0,358'' (9,1 mm) en 58°

$= \frac{360}{58} \times 0{,}358$ (ó x 9,1) = 2,222'' (56,4 mm) de avance

La máquina debe ir provista de engranajes que proporcionen un avance mayor que el máximo avance que pueda tener la leva. Como ejemplo, puede usarse el avance de 3,657'' (92,9 mm) y disponer las ruedas dentadas como sigue:

$\frac{3{,}657}{10{,}000}$ (o bien $\frac{92{,}9}{254}$), da, por fracciones continuas, una relación de transmisión de

$$\frac{64}{175} = \frac{4 \times 16}{7 \times 25} \text{ ó } \frac{32}{56} \times \frac{64}{100}$$

Se colocará una rueda de 32 dientes sobre el tornillo sin fin, una rueda de 56 dientes será la primera sobre gorrón, una rueda de 64 dientes será la segunda sobre gorrón, y se colocará una rueda de 100 dientes sobre el tornillo de avance.

El seno del ángulo de inclinación del cabezal divisor se halla dividiendo el avance de la leva por el avance de la máquina, y consultando la tabla de senos se encontrará la medida de este ángulo. Para la leva de la figura 10-99, se tiene:

Elevación de 0,470'' (11,9 mm) en 85°:

seno = 1,99/3,657 = 11,9/92,9 = 0,54415;
ángulo = 32° 58'

Elevación de 0,750'' (19,05 mm) en 75°:

seno = 3,6/3,657 = 91,3/92,9 = 0,9844;
ángulo = 79° 52'

Elevación de 0,358'' (9,1 mm) en 58°:

seno = 2,222/3,657 = 56,4/92,9 = 0,6076;
ángulo = 37° 25'

Obsérvese que, para el trabajo indicado, la máquina se provee de los mismos engranajes para todos los avances, y que el cabezal divisor y el dispositivo de husillo vertical se inclinan según ángulos diferentes para fresar los diferentes avances de la leva.

Una leva cilíndrica se fresa de la misma manera que se fresa una ranura helicoidal, calculándose también de igual forma las ruedas dentadas, pero

usando una fresa de mango en lugar de una fresa corriente.

Todos los talleres de utillaje tienen o pueden obtener una tabla mostrando los diferentes pasos y las ruedas dentadas empleadas para tallarlos. Debe recordarse que es posible que la elevación de la leva sea tan pequeña que el avance requerido para la mesa quede fuera de la gama de avances que pueden obtenerse con el mecanismo de accionamiento normal; entonces es necesario utilizar un accesorio de avance largo y corto (fig. 10-100).

63. ¿Están todos los modelos de cabezal divisor normalizados en cuanto a la relación 40:1 entre el husillo y la manivela de división?

La mayoría de los cabezales divisores tienen una relación 40:1, pero existe una excepción bien conocida cuya relación es 5:1 (fig. 10-101); esta relación se logra por medio de un engranaje cónico hipoide entre la manivela de división y el husillo del cabezal divisor.

64. ¿Cuáles son las ventajas de esta relación de reducción?

El movimiento más rápido del husillo con una vuelta de la manivela de división permite acelerar la producción. Presenta también ventajas cuando se corrige o comprueba el centrado de una pieza por medio de un comparador de esfera.

65. ¿Cuáles son los inconvenientes de la relación 5:1 en el cabezal divisor?

Aunque construido con un grado de precisión más elevado, el cabezal divisor con relación 5:1 no permite una selección de divisiones tan amplia mediane la operación de división normal. La división diferencial puede utilizarse en el cabezal divisor con relación 5:1 siempre que se disponga de un accesorio para división diferencial.

66. ¿Qué se entiende por velocidad de corte de una fresa?

La velocidad de corte de una fresa es la velocidad con que el filo de la misma pasa por encima de la pieza; por lo general, se mide en pies, o en metros, por minuto. No puede establecerse regla definida alguna para la velocidad a la cual una fresa debe funcionar, pues existen demasiados factores que requieren consideración; entre ellos cabe citar:

1. La dureza del material a fresar.
2. La profundidad de pasada.
3. La magnitud del avance.
4. El material utilizado para fabricar la fresa.
5. La forma, tamaño y construcción de la pieza a fresar.

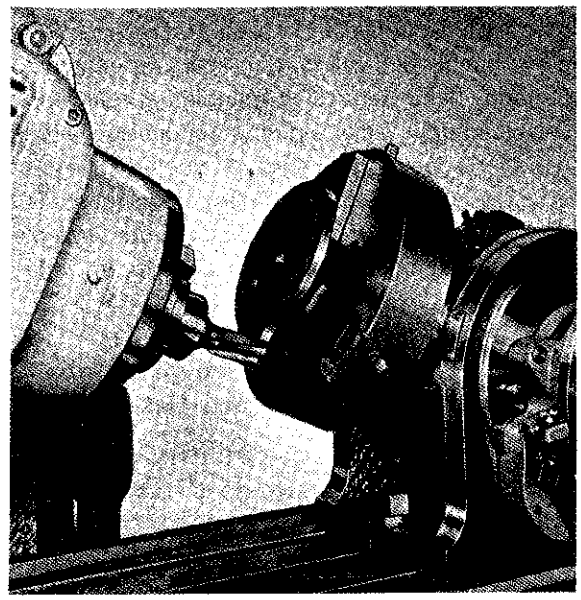


Fig. 10-100. Fresado de una leva de elevación uniforme con el aparato de husillo vertical y el accesorio de avance largo y corto (Cincinnati Milling Machine Co.)

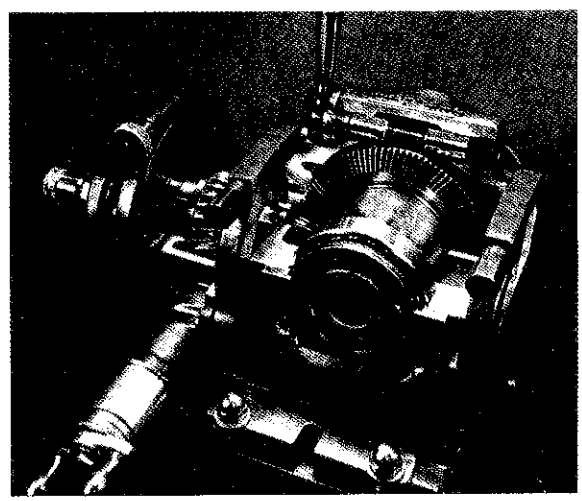


Fig. 10-101. Cabezal divisor universal provisto de rueda en espiral, con relación 5:1 entre el husillo y la manivela de división (Kearney & Trecker Corp.)

6. Las condiciones de la máquina y de la fresa.
7. La calidad del acabado especificada.
8. El empleo de un refrigerante, el tipo de refrigerante y su eficiencia.

Con fresas de acero rápido, las velocidades que se dan en la figura 10-102 constituyen una aproximación que puede servir de guía para elegir la velocidad adecuada. Si queda demostrado que esta velocidad no es la apropiada por dar lugar a vibraciones excesivas en la pieza, máquina o fresa, o por quedar la pieza con un acabado poco satisfactorio, debe pararse la máquina y reajustar la velocidad de la fresa. En ninguna ocasión la fresa debe funcionar a una velocidad que origine un calor excesivo, ya que éste embotaría o quemaría el filo. Las fórmulas siguientes pueden utilizarse para determinar con bastante aproximación la velocidad de partida (en rpm) de una fresa:

$$\text{rpm} = \frac{\text{velocidad de corte (en pies/min) x 12}}{\text{3,1416 x diámetro de la fresa (en pulg.)}}$$

$$\text{rpm} = \frac{\text{velocidad de corte (en m/min) x 1000}}{\text{3,1416 x diámetro de la fresa (en mm)}}$$

Ejemplo 1 Para fresar un material con una velocidad de corte de 40 pies (12,192 m) por minuto, ¿cuál debe ser la velocidad en rpm de una fresa de 1 1/4" (31,75 mm) de diámetro?

$$\frac{40 \times 12}{3{,}1416 \times 1{,}25} = \frac{12{,}192 \times 1000}{3{,}1416 \times 31{,}75} = 122 \text{ rpm}$$

Conociendo la velocidad en rpm puede hallarse la velocidad de corte en pies, o en metros, por minuto mediante las fórmulas:

$$\text{Velocidad de corte en pies/min} = \frac{3{,}1416 \times \text{diám. en pulg.} \times \text{rpm de la fresa}}{12}$$

Material	Pies/min.	m/min.
Acero rápido SAE 6470 ó F-552	40-50	12-15
Acero de herramientas SAE 1095 ó F-521	60-80	18-24
Acero de máquinas SAE 1015 ó F-111	80-100	24-30
Hierro fundido	80-100	24-30
Latón	150-200	45-60

Fig. 10-102. Velocidades para fresas de acero rápido.

$$\text{Velocidad de corte en m/min} = \frac{3{,}1416 \times \text{diám. en mm} \times \text{rpm de la fresa}}{1000}$$

Ejemplo 2. Hallar la velocidad de corte de una fresa de mango de 1 1/2" (38,1 mm) de diámetro que gira a 382 rpm.

Si V es la velocidad de corte, se tiene

$$V = \frac{3{,}1416 \times 1{,}5 \times 382}{12} = 150 \text{ rpm}$$

o bien

$$V = \frac{3{,}1416 \times 38{,}1 \times 382}{1000} = 150 \text{ rpm}$$

En el taller, raramente necesita el operario hallar la *velocidad de corte* sobre el material que se está mecanizando, ya que esta información se le da en el plano o en la hoja de instrucciones. Sin embargo, siempre necesita fijar las rpm de la máquina y, para ello, suele valerse de la fórmula siguiente, la cual es de fácil aplicación y proporciona un resultado tan preciso como lo permite la gama de velocidades disponibles, obteniéndose, bien el número exacto de rpm, o bien, una aproximación.

$$\text{rpm} = \frac{\text{Velocidad de corte (pies/min) x 4}}{\text{Diámetro de la fresa (pulgadas)}}$$

Si se opera con medidas métricas, en lugar de la fórmula anterior, puede aplicarse la siguiente, que es algo más exacta:

$$\text{rpm} = \frac{\text{Velocidad de corte (m/min) x 320}}{\text{Diámetro de la fresa (mm)}}$$

Ejemplo 3. Determinar las rpm de una fresa de 5" (127 mm). Material: acero estirado en frío con una velocidad de corte de 100 pies/min (30,5 m/min).

$$\frac{100 \times 4}{5} = 80 \text{ rpm}$$

o bien,

$$\frac{30{,}5 \times 320}{127} = 77 \text{ rpm}$$

La tabla de la figura 10-103 puede usarse para hallar directamente las rpm de las fresas de diferentes diámetros, que corresponden a las velocidades superficiales o de corte más comunes. Cuando no es posible ajustar la máquina para el número exacto de rpm obtenido, siempre debe elegirse el número inmediato inferior siguiente.

Diámetros en mm	Velocidades de corte en metros por minuto													
	12	14	16	18	21	24	27	30	35	40	45	50	55	60
	Revoluciones por minuto													
6	630	740	850	950	1110	1270	1430	1590	1850	2120	2380	2650	2900	3200
8	480	550	640	720	820	950	1070	1190	1390	1590	1790	1990	2170	2360
10	380	450	510	570	660	760	860	960	1110	1270	1430	1590	1750	1900
12	320	370	420	475	550	640	710	800	930	1060	1190	1320	1460	1590
14	260	320	360	410	480	550	610	680	800	910	1020	1130	1250	1360
16	235	275	320	355	415	475	530	590	690	790	890	990	1090	1180
19	200	235	270	300	350	400	450	500	590	670	750	840	920	1000
22	175	200	230	260	300	350	390	440	500	580	650	720	800	870
25	155	180	200	230	270	310	350	390	450	520	580	640	710	770
29	130	150	175	200	230	264	290	330	390	440	500	550	600	660
32	120	140	160	180	210	240	270	300	350	400	450	500	550	600
35	110	130	145	165	190	220	250	275	320	370	410	450	500	550
38	100	118	134	150	175	200	225	250	300	340	375	420	460	500
41	93	110	125	140	165	185	210	235	270	310	350	390	425	465
45	85	99	113	128	150	170	190	215	250	285	320	355	390	425
48	80	93	107	120	140	160	180	200	230	265	300	330	365	400
50	76	89	100	115	134	155	170	190	220	255	287	320	350	380
57	67	78	90	100	117	134	150	168	195	225	250	280	310	335
63	61	71	81	91	106	121	137	152	177	200	225	255	280	305
70	55	64	73	82	96	110	123	137	160	183	205	230	250	275
76	51	59	67	75	87	100	113	126	147	168	189	210	230	250
82	46	55	67	70	82	93	105	116	135	155	175	194	215	230
89	43	50	58	65	75	86	98	108	126	144	162	180	197	215
96	40	45	53	60	70	80	90	100	116	133	149	165	182	199
102	37	43	50	56	65	74	83	93	108	123	139	155	170	185
114	34	39	45	50	59	67	76	84	98	112	126	140	153	167
128	30	35	40	45	51	60	67	75	87	100	112	125	137	150
140	27	32	37	41	48	55	61	68	80	91	103	114	125	137
153	25	28	33	38	44	50	56	63	73	83	94	104	115	125

Fig. 10-103. Velocidades de corte para fresas de diferentes diámetros.

67. ¿Qué se entiende por avance de una fresa?

Es la velocidad con que la pieza pasa por la fresa. La magnitud del avance puede expresarse en: 1) mm por minuto; 2) pulgadas por minuto; 3) milésimas de pulgada; 4) avance por diente, y 5) centésimas de mm. Las expresiones (3), (4) y (5) están estrechamente relacionadas, ya que el espesor de la viruta arrancada por cada diente multiplicado por el número de dientes de la fresa da la cantidad de metal sacado en una revolución de la misma.

Ejemplo 1. Se emplea una fresa de dientes rectos para trabajo duro, de acero rápido, 4" (101,6 mm) de diámetro y 12 dientes. Se prevé que cada diente arranque 0,006" (0,15 mm). ¿Cuál es el avance por revolución?

El avance por revolución es 0,006 x 12 = 0,072", o bien, 0,15 x 12 = 1,8 mm. En la máquina existe una placa que indica el ajuste de la carrera de la mesa más cercano a este valor. El avance en pulgadas por minuto (o en mm/min) será igual al avance por revolución multiplicado por las rpm de la fresa.

Ejemplo 2. Si el avance por revolución es 0,072" (o 1,8 mm) y la máquina es ajustada para 120 rpm, ¿cuál será el avance por minuto?

Avance por minuto =
= 0,072 x 120 = 8,64" por minuto

o bien,

Avance por minuto =
= 1,8 x 120 = 216 mm/min

68. ¿Qué es lo que determina el grado de avance de una fresa?

Los mismos factores que afectan a la velocidad

de la fresa determinan también el grado de avance; estos factores son: materiales, acabado, profundidad del corte, forma de la pieza, condiciones de la máquina, etc. Sin embargo, debe recordarse que es el grado de avance el factor decisivo en la determinación del tiempo necesario para efectuar el trabajo, o sea, de la velocidad de producción.

69. ¿Por qué se usan aceites o compuestos de corte en las operaciones de fresado?

Los aceites o compuestos de corte se emplean en las operaciones de fresado principalmente como medio para eliminar el calor de la fresa, pues si se permite su sobrecalentamiento, los filos pierden su dureza y, en consecuencia, se embotan. La eliminación del calor generado por la acción de corte se consigue por medio de un chorro abundante de refrigerante o aceite de corte adecuado para el material que se mecaniza. Los aceites de corte mejoran, además, la calidad del acabado.

El hierro fundido y el bronce no requieren el uso de un refrigerante; cuando un refrigerante se mezcla con las virutas de estos metales, se produce un abrasivo que embota los filos de la fresa.

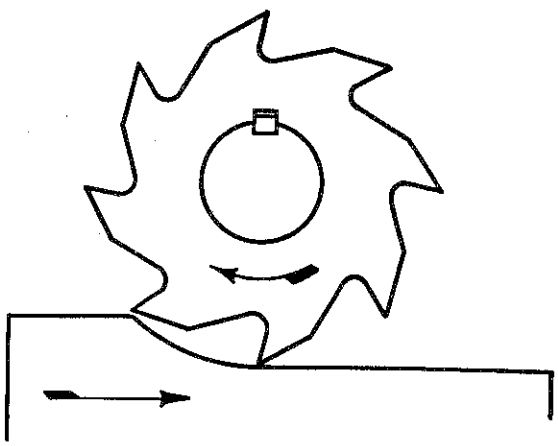


Fig. 10-104. Fresado hacia fuera (convencional) (Kearney & Trecker Corp.)

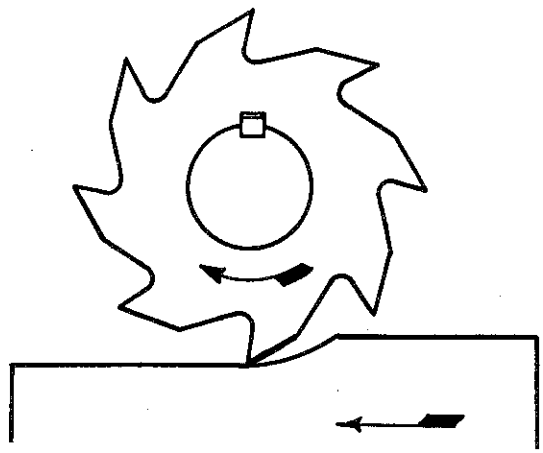


Fig. 10-105. Fresado hacia dentro (trepador) (Kearney & Trecker Corp.)

70. ¿Cuál es la diferencia entre fresado hacia fuera y fresado hacia dentro?

El fresado hacia fuera o fresado hacia arriba (llamado a veces fresado convencional) es el fresado en que la fresa gira *contra* la dirección en que avanza la pieza (fig. 10-104). El fresado hacia dentro o fresado hacia abajo (llamado a veces fresado trepador) es el fresado en que la fresa gira en la *misma* dirección en que avanza la pieza (fig. 10-105).

71. ¿Es posible usar el método de fresado hacia dentro en todos los trabajos y en todas las fresadoras?

El fresado trepador es un método comparativamente nuevo de fresado que no es adecuado para todos los tipos de trabajo. Puede realizar mejor en una fresadora diseñada para este objeto; esta máquina debe ser rígida y debe tener guías y topes anchos para eliminar la posibilidad de retroceso. El desgaste o la holgura entre los filetes del tornillo de la mesa y su tuerca crea dicha posibilidad y hace impracticable el fresado hacia dentro.

11. LIMADORAS Y OPERACIONES DE LIMADO A MAQUINA

Entre las diversas máquinas utilizadas en la industria del trabajado de los metales para producir piezas de maquinaria, se encuentra la limadora. Se trata de una máquina herramienta básica empleada tanto en los talleres generales como en los de utillaje. La limadora puede mecanizar una superficie plana, lo mismo si está en un plano horizontal, que en uno vertical o inclinado. Son muchas las clases de piezas que pueden mecanizarse en la limadora, dependiendo de las herramientas usadas y del modo de ajustar las varias partes de la máquina. La figura 11-1 muestra una limadora con una lista para identificación de sus partes.

1. ¿Cuáles son las cinco partes principales de una limadora?

La limadora está constituida por diversos elementos importantes para la función del conjunto. Cinco de sus partes principales, representadas en la figura 11-1, son: (34) la base; (35) el bastidor; (12) el carro; (10) el cabezal de herramienta, y (2) la mesa.

2. ¿Para qué sirve la base?

La base es una pieza fundida hueca sobre la cual van montadas las otras partes de la limadora. Sirve también de depósito para el suministro de aceite que circula por las partes móviles de la máquina.

3. ¿Cuál es la función del bastidor?

El bastidor o delantal sostiene la mesa sobre la guía transversal que sirve para el desplazamiento de izquierda a derecha de dicha mesa.

4. ¿Qué es el carro y cómo actúa?

El carro es la pieza móvil más importante de una limadora; sostiene y acciona la herramienta de corte a la que da un movimiento hacia atrás y hacia adelante a través de la pieza. Va unido al balancín (fig. 11-2), el cual le da un movimiento oscilatorio por medio de una gran rueda dentada conductora provista de un perno o clavija ajustable; este perno actúa como una manivela (fig. 11-2) que determina la longitud de la carrera del carro.

5. ¿Para qué sirve el cabezal de herramienta?

El cabezal de herramienta (fig. 11-3) sirve para sujetar las herramientas de corte. Va unido a la testera del carro y puede inclinarse según el ángulo requerido a izquierda o a derecha, fijándose luego en posición. También puede ajustarse verticalmente y fijarse en esta posición. El soporte de herramienta va unido a un bloque de sujeción, el cual va colgado por su parte superior a fin de permitir que la herramienta cabalgue sobre la pieza en la carrera de retorno.

6. ¿Para qué sirve la mesa?

La mesa (fig. 11-4) es una caja metálica que va unida al bastidor de la limadora. Tiene ranuras en T en las superficies superior y laterales, que se emplean para sujetar las piezas o el tornillo de mordazas. La mesa puede ajustarse verticalmente y fijarse en posición; por la parte frontal es sostenida por una ménsula unida a la base. Los pernos que conectan la ménsula al brazo transversal sobre el cual

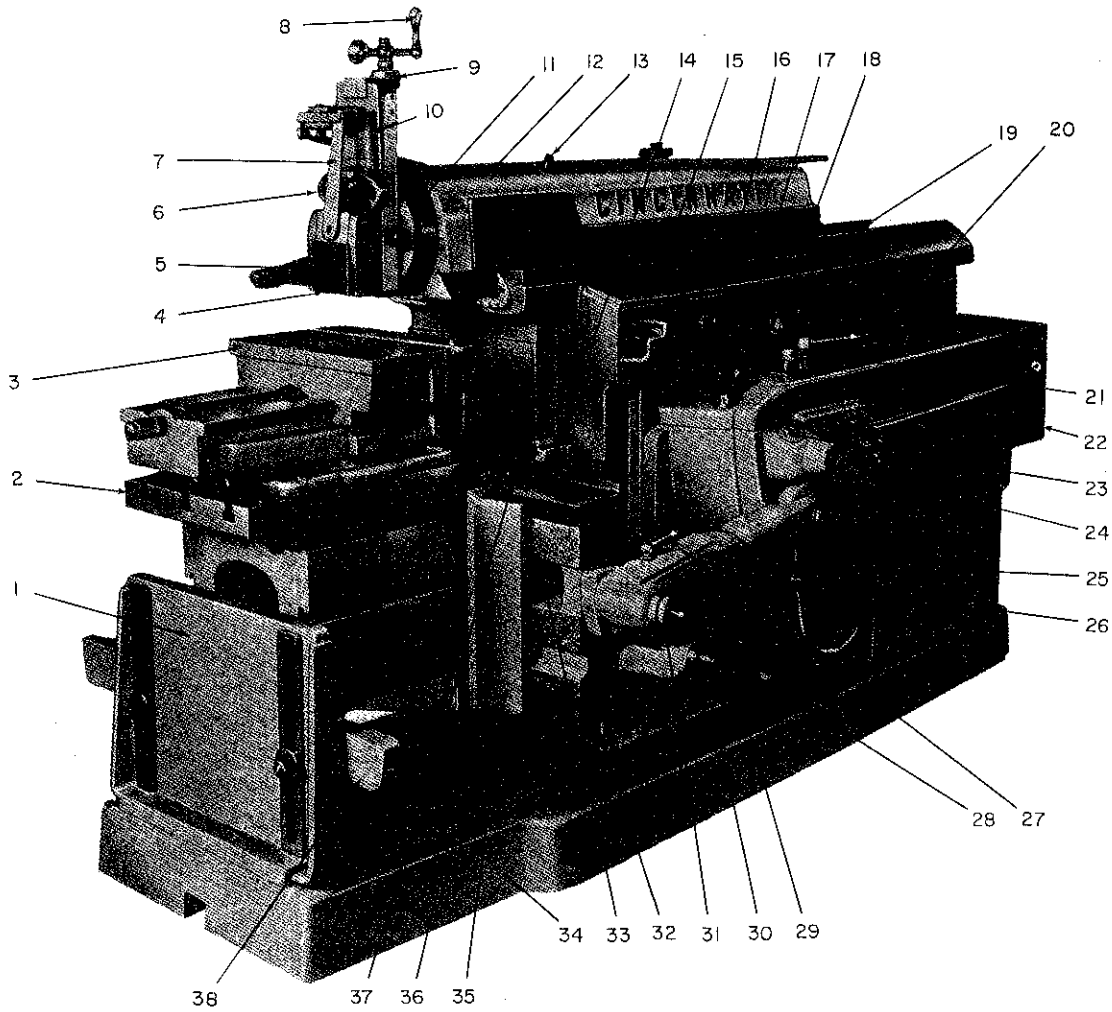


Fig. 11-1. Partes principales de la limadora (Cincinnati Shaper Co.)

1. Soporte de la mesa
2. Mesa
3. Tornillo de mordazas
4. Bloque de sujeción oscilante
5. Portaherramientas
6. Caja oscilante
7. Elevador de la herramienta
8. Manivela de bola
9. Disco del tornillo de avance
10. Soporte deslizante de herramienta
11. Cabezal de inclinación graduado
12. Carro
13. Mando de posición del carro
14. Regulador de fijación de la guía
15. Embrague eléctrico y palanca de freno
16. Botones de arranque y de paro
17. Selector de avance transversal
18. Indicador de la presión del aceite
19. Protección del carro
20. Palanca de cambio de transmisión
21. Palanca del selector de la transmisión de marcha atrás
22. Mando de puesta en marcha del motor
23. Disco indicador de carrera
24. Botón de ajuste de la carrera
25. Motor de accionamiento
26. Palanca de mando del movimiento transversal rápido
27. Palanca de embrague del avance transversal
28. Indicador visual del aceite
29. Columna
30. Mando manual de elevación de la guía
31. Mando manual del avance transversal
32. Guía transversal
33. Tornillo de avance transversal
34. Base
35. Bastidor
36. Tornillo de elevación
37. Protección de la guía contra virutas
38. Soporte de apoyo de la mesa

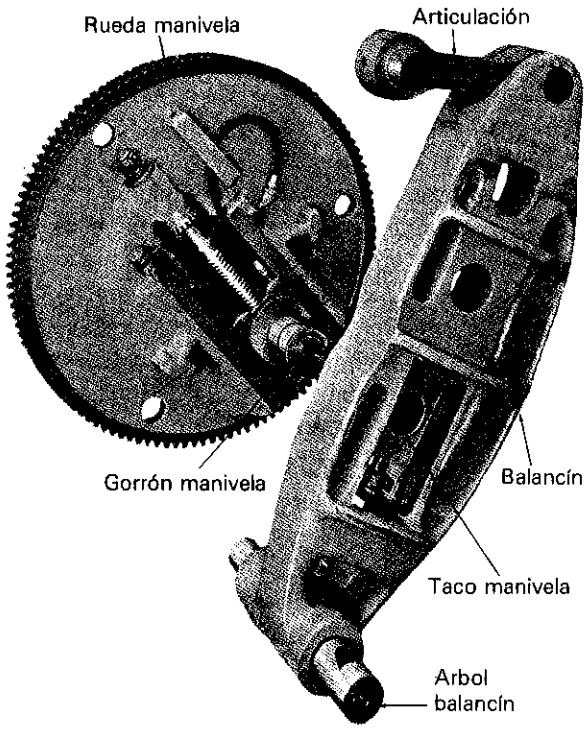


Fig. 11-2. Mecanismo de accionamiento de la limadora (Cincinnati Shaper Co.)

descansa la mesa, deben aflojarse mientras se efectúa el ajuste vertical.

7. ¿Cómo se realiza el ajuste horizontal de la mesa?

La mesa se mueve horizontalmente por medio de una manivela accionada a mano, o bien mecánicamente. Con accionamiento mecánico, la mesa puede desplazarse según la distancia requerida o tener un movimiento definido durante cada carrera de retorno del carro, lo que se conoce con la denominación de *avance mecánico automático.*

8. ¿Qué es una mesa universal?

La mesa universal (fig. 11-5) puede maniobrarse del mismo modo que una mesa normal, pero, además, puede inclinarse a izquierda o a derecha y, de ser necesario, girar una circunferencia completa; el ajuste angular viene indicado en un disco graduado. La superficie superior puede inclinarse también hacia delante o hacia atrás en un ángulo de hasta 15°, estando graduado su canto curvo. Todos los movimientos de giro y de inclinación son regulados a mano. En las figuras 11-6 y 11-7 se muestran ejemplos del uso de la mesa universal.

9. ¿Cómo se determina la medida de una limadora?

La medida de una limadora se determina por la longitud de la carrera del carro.

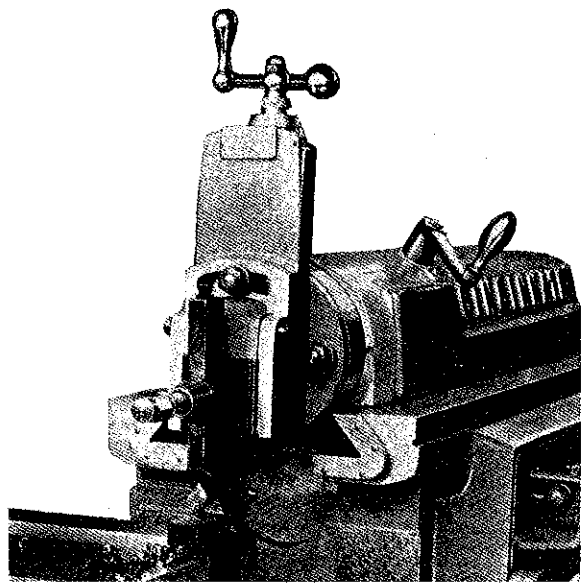


Fig. 11-3. Cabezal de herramienta (Cincinnati Shaper Co.)

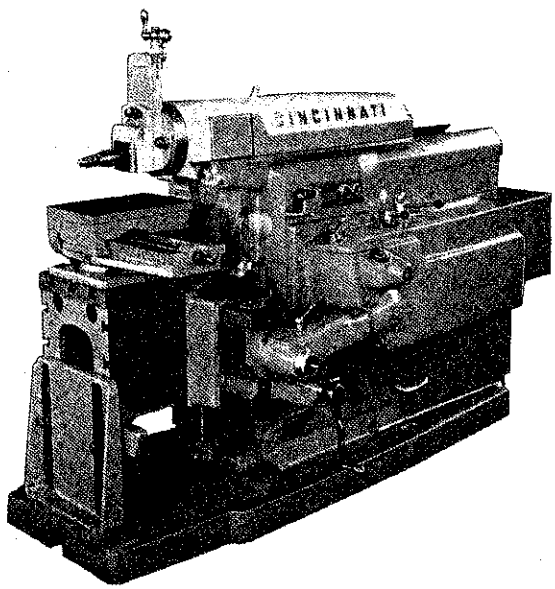


Fig. 11-4. Limadora provista de una mesa corriente (Cincinnati Shaper Co.)

10. ¿Cuáles son las reglas de seguridad aplicables al trabajo en la limadora?

1) Llevar siempre lentes de seguridad (fig. 11-8) para proteger los ojos de las partículas metálicas desprendidas de la pieza. 2) No poner las manos entre la herramienta y la pieza mientras la máquina está funcionando; utilizar un cepillo para quitar las virutas de la pieza. 3) No poner en movimiento el carro hasta tener la seguridad de que la pieza está firmemente sujetada al tornillo de mordazas o a la mesa, de que la herramienta está bien sujeta al portaherramientas, y de que la herramienta ha sido ajustada en cuanto a altura. 4) Mantener los útiles separados de las partes en movimiento de la máquina. 5) No llevar mangas largas ni corbatas. 6) Cerciorarse de que se está bien percatado de lo que hay que hacer respecto a las operaciones a llevar a cabo, a las dimensiones y a las especificaciones. 7) Comprobar las medidas de la pieza en bruto. 8) Mantener la máquina bien engrasada. 9) Estar atento al trabajo en todo momento.

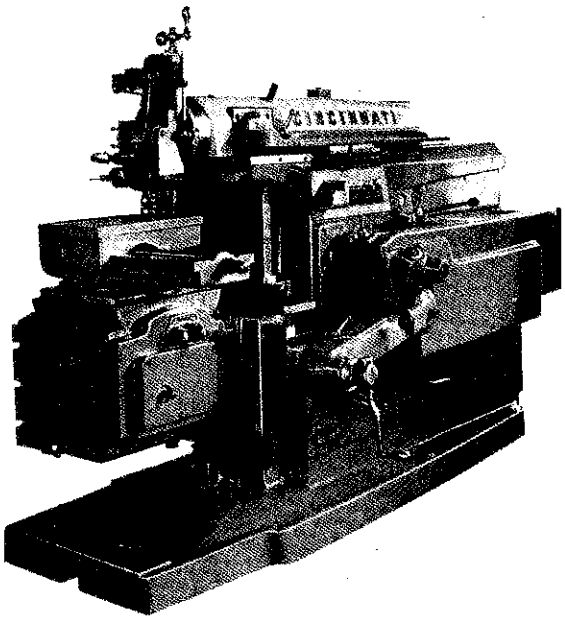


Fig. 11-5. Limadora provista de una mesa universal (Cincinnati Shaper Co.)



Fig. 11-6. Mesa universal inclinada para mecanizar según una combinación angular (Cincinnati Shaper Co.)

11. Explicar cómo se ajusta la carrera del carro en cuanto a longitud y posición.

Para fijar la longitud de la carrera del carro, hay que situar éste en la posición extrema trasera y ajustar según la longitud de la pieza más 5/8" (16 mm) aproximadamente, tal como se indica en la escala graduada de la máquina; esto permitirá que quede un márgen de 1/8" (unos 3 mm) delante de la pieza y uno de 1/2" (unos 13 mm) detrás de la misma. Para fijar la posición de la carrera hay que situar el carro en su posición extrema anterior y ajustar de modo que la parte delantera de la cuchilla quede aproximadamente 1/8" (unos 3 mm) por delante de la pieza.

12. ¿Qué es lo que determina la velocidad de la limadora para el mecanizado de diferentes metales?

Son tres los factores que determinan la velocidad de la limadora:

A. El material que se mecaniza: hierro fundido, acero de máquinas o aluminio.
B. El material utilizado en la fabricación de la herramienta: acero rápido, aleaciones especiales o carburo aglomerado.
C. La profundidad del corte. Las pasadas de desbaste se efectúan con más lentitud que las de acabado.

Sin embargo, existe la velocidad de corte básica recomendada por los constructores para cada material; además, hay organizaciones profesionales dignas de confianza que han establecido normas apropiadas. Las velocidades de corte pueden ha-

llarse en manuales de taller normales y deben aplicarse en combinación con la experiencia y el sentido común.

13. ¿Existe alguna fórmula que pueda utilizarse para obtener el número correcto de carreras por minuto del carro de la limadora?

Las fórmulas empleadas para hallar la velocidad (rpm) de la taladradora, el torno, la fresadora, etc. se basan en la acción continua de corte de la herramienta, o bien, de la pieza. La acción de corte de la limadora es intermitente; la herramienta se mueve lentamente en la carrera de corte (movimiento hacia delante) y retorna rápidamente. Un estudio detenido de la figura 11-9 pondrá de relieve el motivo de este modo de actuar. Debe recordarse que las rpm de la rueda de manivela son invariables una vez realizado el ajuste. La relación entre las carreras de avance y de retroceso es aproximadamente 1:1,5 o 2:3, variando ligeramente con la longitud de la carrera. Para obtener el número correcto de carreras por minuto, hay que multiplicar la velocidad de corte en pies/minuto por 7 y dividir el producto por la longitud de la carrera en pulgadas; o bien, hay que multiplicar la velocidad de corte en m/min por 583 y dividir el producto por la longitud de la carrera en mm. Así, si N es el número de carreras por minuto; V, la velocidad de corte del metal, y L, la longitud de la carrera, se tendrá

$$N = \frac{V\,(\text{pies/min}) \times 7}{L\,(\text{pulg.})} = \frac{V\,(\text{m/min}) \times 583}{L\,(\text{mm})}$$

Ejemplo. Cuando la velocidad de corte correspondiente al metal que se mecaniza es de 60 pies (18,29 m) por minuto y la longitud de la pieza es de 10" (254 mm), resulta

$$N = \frac{60 \times 7}{10} = \frac{18{,}29 \times 583}{254} = 42$$

La máquina debe ajustarse lo más cerca posible de

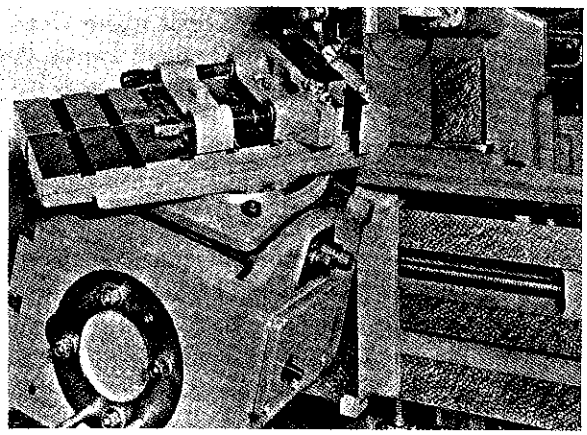


Fig. 11-7. Detalle de la disposición para mecanizar según una combinación angular con la mesa universal (Cincinnati Shaper Co.)

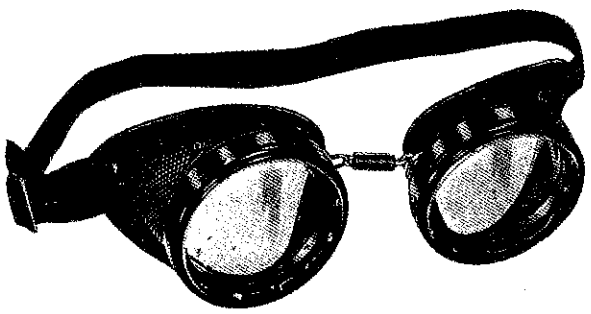


Fig. 11-8. Lentes de seguridad (Wilson Products, Inc.)

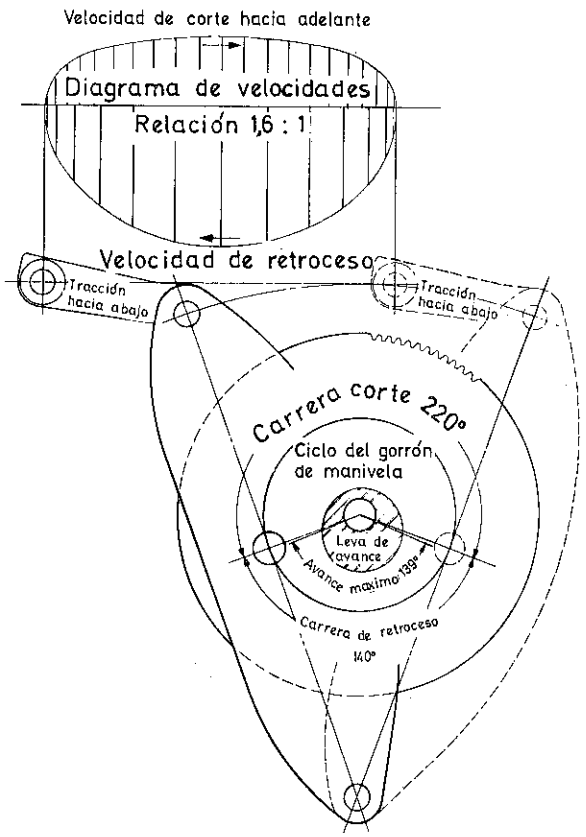


Fig. 11-9. Ciclo del gorrón de manivela que da las velocidades de retorno rápido y de la carrera lenta de corte hacia delante (Cincinnati Shaper Co.)

la velocidad de 42 carreras por minuto. La figura 11-10 indica las velocidades de corte admisibles para el mecanizado en limadora de los metales más comunes.

Material	Desbastado		Acabado	
	pies/min.	m/min.	pies/min.	m/min.
Hierro fundido	60	18	100	30
Acero 0,10 a 0,20 C	80	24	120	36
Acero 0,20 a 0,40 C	60	18	100	30
Acero de matrices	40	12	40	12
Bronce duro	60	18	100	30
Latón	150	45	Velocidad máxima	
Aluminio	150	45	Velocidad máxima	

Fig. 11-10. Velocidades de corte admisibles para el mecanizado en limadora, empleando herramientas en acero rápido (Cincinnati Shaper Co.)

14. ¿Cuál es la longitud que se usa en la fórmula de la limadora, la de la carrera o la de la pieza?

La distancia recorrida por la herramienta de corte, o sea, la carrera del carro, es la longitud que se utiliza para los cálculos de la velocidad en la limadora.

15. ¿Cómo puede determinarse la velocidad de corte si sólo se conocen la longitud de la carrera y el número de carreras por minuto?

Para hallar la velocidad de corte en la limadora, se multiplica el número de carreras por minuto por la longitud de la carrera en pulgadas y por la constante 0,14; o bien, se multiplica el número de carreras por minuto por la longitud de la carrera en mm y por la constante 0,0017. Así,

$$V\,(\text{pies/min}) = N \times L\,(\text{pulg.}) \times 0{,}14$$
$$V\,(\text{m/min}) = N \times L\,(\text{mm}) \times 0{,}0017$$

Ejemplo. Longitud de carrera = 6" (152,4 mm); número de carreras por minuto = 45.

$$6 \times 45 \times 0{,}14 = 37{,}8\ \text{pies/min}$$
$$152{,}4 \times 45 \times 0{,}0017 = 11{,}65\ \text{m/min}$$

16. ¿Cómo debe fijarse la herramienta en el portaherramientas?

La punta de la herramienta debe quedar a la mínima distancia práctica posible del perno de sujeción que lleva el portaherramientas.

17. ¿Cuanta separación debe haber entre la pieza sujetada en el tornillo de mordazas y el carro?

Alrededor de las 2" (unos 50 mm) o lo suficiente para poder pasar bien la mano (fig. 11-11).

18. ¿Cuáles son las causas más corrientes de trepidación en una limadora?

La trepidación puede ser motivada por lo siguiente: (1) herramienta suspendida demasiado lejos del portaherramientas, como en la figura 11-12; (2) pieza no sujetada rígidamente en el tornillo de mordazas; y (3) guías del carro mal ajustadas.

19. ¿Cómo puede eliminarse la trepidación en una limadora?

La trepidación puede eliminarse haciendo lo siguiente: (1) reafilando la herramienta con menos ángulo de incidencia frontal; (2) reduciendo la distancia entre la herramienta y la pieza; (3) reapretando la sujeción de la pieza en el tornillo de mordazas o en la mesa; y (4), ajustando las guías del carro de modo que la holgura sea mínima.

Nota. No hay que golpear la palanca del tornillo de mordazas con un martillo para aumentar el esfuerzo de fijación. La palanca del tornillo tiene la longitud adecuada para que la potencia obtenida cuando se ejerce presión a mano sobre su extremo sea suficiente para apretar fuertemente las mordazas contra la pieza.

20. ¿Cómo deben fijarse el cabezal de herramienta y la caja oscilante para limar una superficie horizontal?

El cabezal y la cuchilla deben quedar verticales y la caja oscilante, o de charnela, tiene que estar inclinada en sentido contrario al de avance de la

pieza, como en la figura 11-13. Esta posición evita que la herramienta se clave en la pieza y permite que deslice sobre la superficie acabada, sin perjudicarla, en la carrera de retroceso.

21. ¿Cómo deben fijarse el cabezal de herramienta y la caja oscilante para limar una superficie inclinada?

El cabezal de herramienta y la cuchilla deben ajustarse según el mismo ángulo y en la misma dirección que la superficie a mecanizar, como en la figura 11-14. La caja de charnela debe inclinarse en sentido opuesto al avance.

22. ¿Cómo debe sujetarse la pieza en el tornillo de mordazas?

La pieza puede sujetarse en el tornillo sin útiles adicionales cuando es suficientemente grande para permitir que el exceso a quitar se halle por encima de las mordazas. Las piezas pequeñas pueden elevarse hasta la altura necesaria colocando en el tornillo, debajo de las mismas, un par de gruesos paralelos. Un redondo de material blando, como en

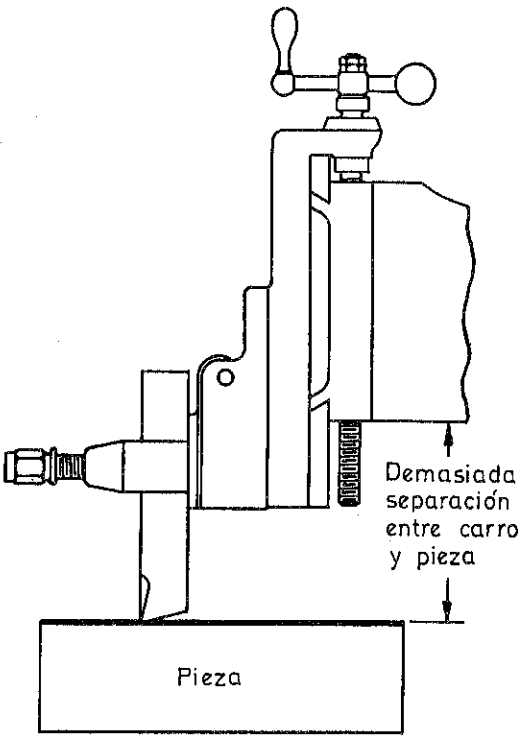


Fig. 11-12. Una separación excesiva entre el carro y la pieza ocasiona trepidaciones en la cuchilla (Cincinnati Shaper Co.)

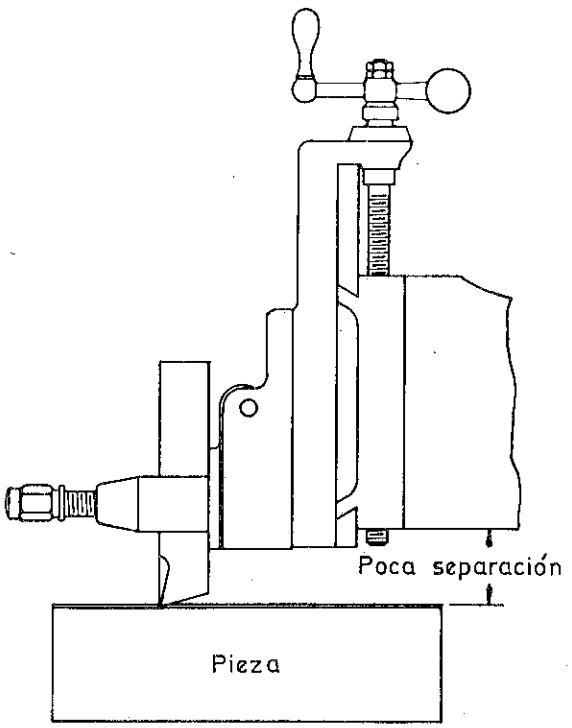


Fig. 11-11. Cuchilla y portaherramientas ajustados para una holgura mínima (Cincinnati Shaper Co.)

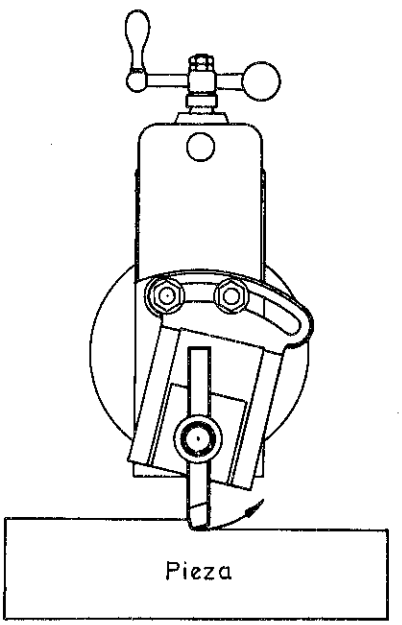


Fig. 11-13. Posición de la cuchilla y de la caja oscilante para limar horizontalmente (Cincinnati Shaper Co.)

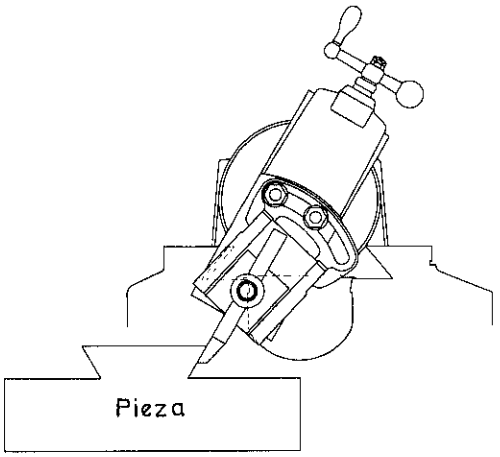


Fig. 11-14. Limado de una cola de milano con el cabezal de herramienta y la caja oscilante inclinados según el ángulo correcto. NOTA: El cabezal de herramienta debe inclinarse según un ángulo igual al de la cola de milano (Cincinnati Shaper Co.)

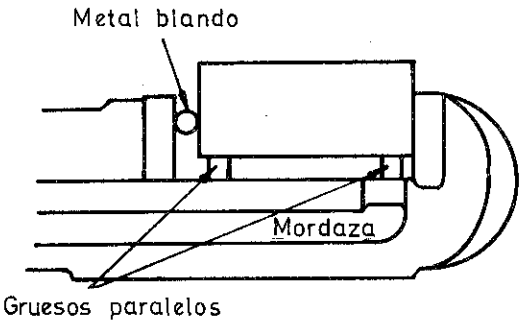


Fig. 11-15. Mediante una barra redonda de metal blando, es posible sujetar bien una pieza ancha para el limado paralelo (Cincinnati Shaper Co.)

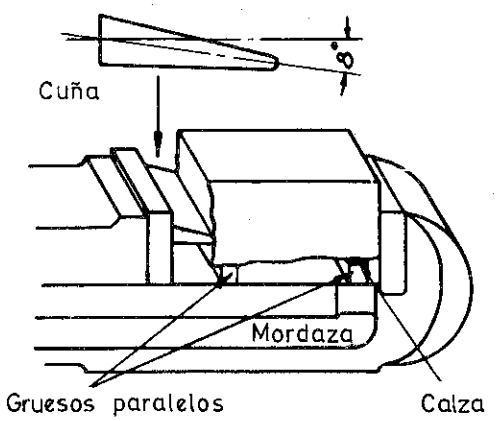


Fig. 11-16. Una cuña de acero sirve de ayuda para sujetar una pieza que debe limarse en ángulos rectos (Cincinnati Shaper Co.)

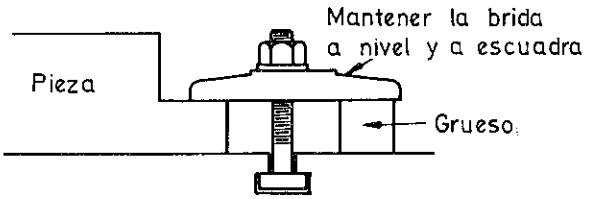


Fig. 11-17. Pieza estacada en la mesa con brida y perno en T (Cincinnati Shaper Co.)

la figura 11-15, o una cuña de acero, como en la figura 11-16, ayudan a evitar que las piezas anchas se salgan del tornillo.

23. ¿Cómo se estacan las piezas en la mesa?

La mayoría de las piezas pueden estacarse con seguridad por medio de bridas que se sujetan a la mesa con pernos en T, como en la figura 11-17. Para mantener la brida a nivel, se coloca un grueso adecuado entre un extremo de la misma y la mesa. La figura 11-18 muestra una pieza fundida estacada a la mesa de una limadora mediante varias bridas.

24. ¿Cómo puede estacarse en la mesa una pieza delgada?

Una pieza delgada puede estacarse mediante tornillos laterales de sujeción y topes, como en la figura 11-19. Se utilizarán varios pares de estos elementos para estacar la pieza, según la longitud de la misma.

25. ¿Cómo puede comprobarse la perpendicularidad de la mordaza fija del tornillo respecto a la carrera del carro?

Se estaca fuertemente el tornillo a la mesa con la mordaza fija dirigida hacia el carro. Se coloca un comparador en el portaherramientas de modo que su punta esté en contacto con la superficie acabada de la mordaza, como en la figura 11-20. Obsérvese el movimiento del indicador mientras el tornillo es movido hacia delante y hacia atrás con la ayuda del avance transversal.

26. ¿Cómo puede comprobarse el paralelismo de la mordaza fija del tornillo con la carrera del carro?

Se estaca fuertemente el tornillo a la mesa con el canto de la mordaza fija paralelo al carro. Se coloca un comparador en el soporte de herramien-

ta de modo que su punta esté en contacto con la superficie acabada de la mordaza, como en la figura 11-21. Obsérvese el movimiento del indicador mientras se mueve el carro lentamente hacia atrás y hacia delante.

27. ¿Qué es lo que debe hacerse si la pieza no queda paralela dentro de límites razonables después de haber efectuado una pasada desde cada lado de la misma?

Hay que inspeccionar con detenimiento el tornillo de mordazas por si hubiera suciedad y virutas adheridas, y asegurarse de que está limpio. Si esto no es suficiente, debe comprobarse el tornillo con un comparador.

28. ¿Cómo puede comprobarse si una pieza está a nivel con la superficie de la mesa y si es paralela al lado de la misma?

Para la mayoría de las piezas, las superficies pueden comprobarse con un gramil, como en la figura 11-22, haciéndolo deslizar a lo largo de la mesa y anotando cualquier variación. Cuando se requiere una comprobación más precisa, puede sujetarse un comparador al soporte de herramienta, como en la figura 11-23, y pasarlo por las superficies con la ayuda del avance transversal o del movimiento del carro.

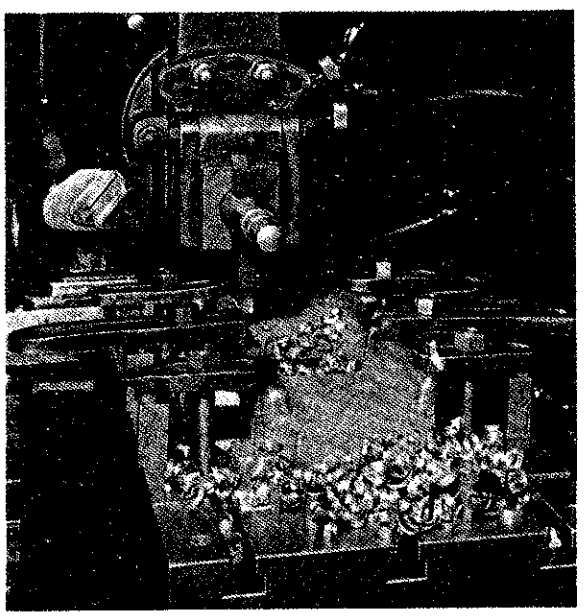


Fig. 11-18. Algunas piezas requieren varias bridas para estacarlas con seguridad (Cincinnati Shaper Co.)

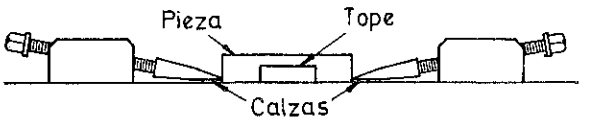


Fig. 11-19. Sujeción de una pieza delgada con tornillos y topes laterales (Cincinnati Shaper Co.)

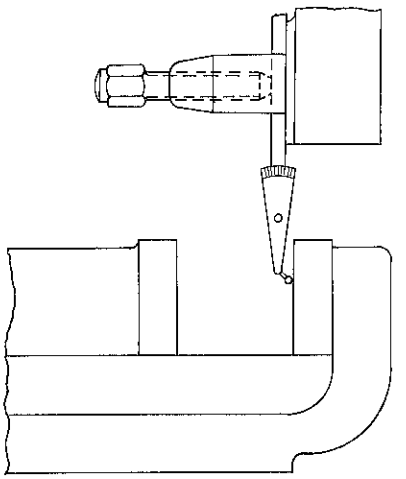


Fig. 11-20. Comprobación de la perpendicularidad de la mordaza del tornillo respecto a la carrera del carro.

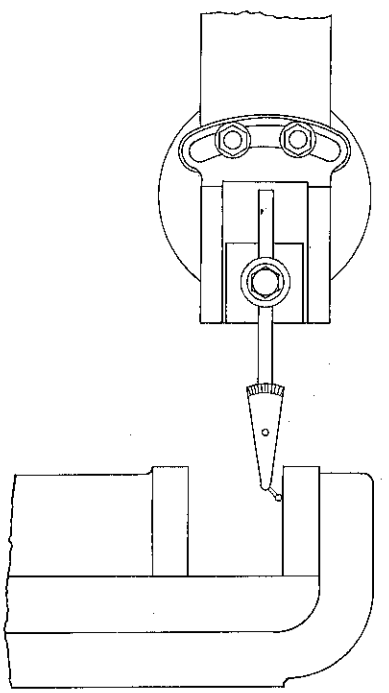


Fig. 11-21. Comprobación del paralelismo de la mordaza del tornillo con la carrera del carro.

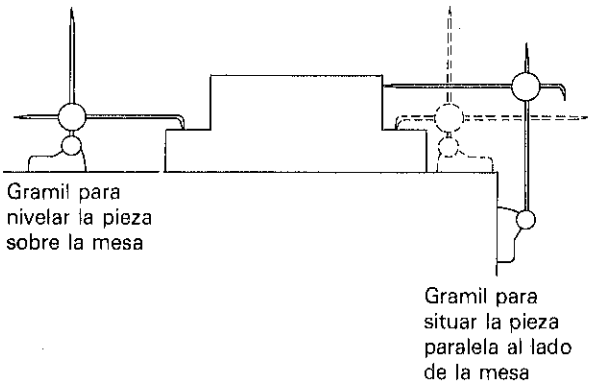
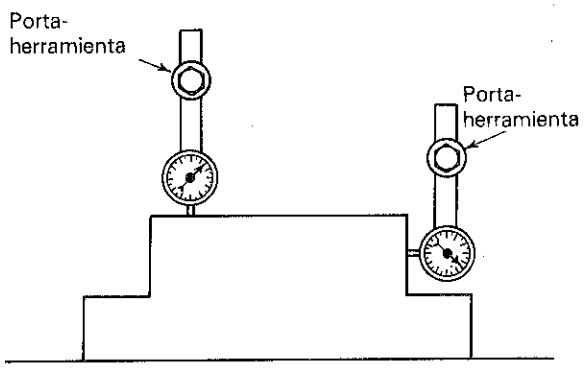


Fig. 11-22. Colocación de una pieza a nivel y paralela a la mesa utilizando un gramil (Cincinnati Shaper Co.)



Utilización de un comparador para nivelar y colocar paralela la pieza con un alto grado de precisión.

Fig. 11-23. Para situar con gran precisión una pieza a nivel y paralela a la mesa, hay que utilizar un comparador (Cincinnati Shaper Co.)

29. ¿Cómo debe ponerse en movimiento la herramienta al practicar la primera pasada?

Una vez ajustada la longitud de la carrera del carro, se pone en movimiento la máquina y se hace descender la herramienta hacia la pieza mientras la mesa se mueve transversalmente a mano hasta que se inicia en el canto de la pieza la pasada de profundidad requerida; entonces se embraga el avance automático.

30. ¿Para qué sirven las líneas de trazado en una pieza?

Las líneas de trazado se emplean generalmente para que sirvan de guía en la apreciación de la cantidad de material dejada en exceso para el mecanizado. La pieza debe mecanizarse a las dimensiones dadas en el dibujo. Si se trata de una pieza fundida en la cual la línea ha sido marcada con gramil según una plantilla, en el mecanizado la punta de la herramienta debe henderse en dicha línea de trazado. En un trabajo de esta naturaleza, consúltese al profesor o al operario experimentado.

31. ¿Cuáles son las operaciones necesarias para el limado de una pieza rectangular?

Colóquese el tornillo de mordazas sobre la mesa con las mordazas paralelas a la carrera del carro. Fíjese la pieza en el tornillo y límese hasta conseguir el espesor deseado. Dése luego vuelta a la pieza, de forma que la cara terminada quede en contacto con la mordaza fija del tornillo y límese hasta el ancho requerido. Dése un giro de 90° al tornillo a fin de que las mordazas queden perpendiculares a la carrera del carro. Después colóquese la pieza verticalmente en un extremo del tornillo de forma que el plano a mecanizar quede cerca de la superficie superior de las mordazas. El otro extremo del tornillo se bloqueará con una pieza de material del mismo grueso, al objeto de que las mordazas se mantengan paralelas (fig. 11-24). La mordaza fija habrá de quedar a escuadra con la pieza antes de apretar el tornillo; utilícese una escuadra fija para ajustar la pieza perpendicularmente al plano paralelo a las mordazas. Por último, límese hasta la longitud deseada.

32. ¿Cómo debe mecanizarse una pieza delgada en la limadora para evitar el alabeado de la misma?

Primero se efectúa una ligera pasada en cada lado para aliviar la tensión interna. Luego se efectúan ligeras pasadas alternativamente en cada lado hasta que se ha conseguido el espesor correcto.

33. ¿Por qué debe incrementarse la velocidad de la limadora cuando se realiza una pasada de acabado?

La velocidad debe aumentarse porque así se obtiene un acabado superficial más liso y porque se reduce el tiempo de mecanizado.

34. Cuando se mecaniza una superficie inclinada en una pieza grande utilizando una limadora provista de mesa universal, ¿debe inclinarse la mesa,

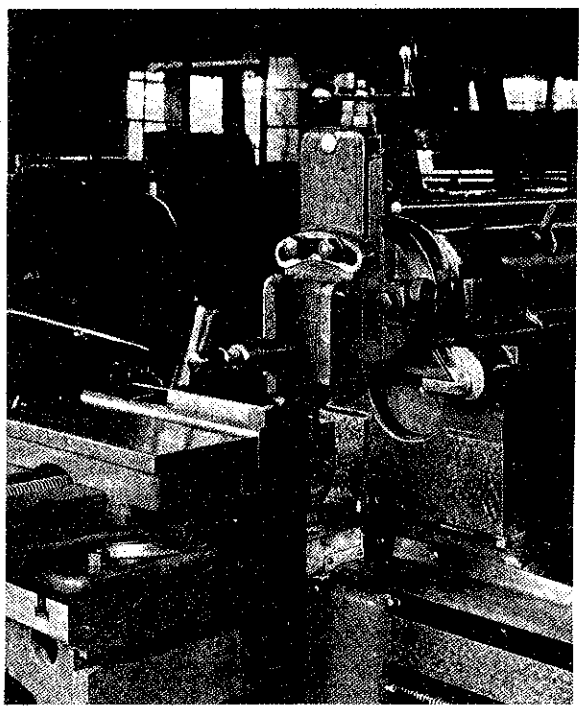


Fig. 11-24. Cuando se fija la pieza en un extremo del tornillo, en el otro extremo debe intercalarse un grueso de espesor uniforme para que las mordazas queden paralelas.

o debe hacerse oscilar el portaherramientas hasta fijarlo según el ángulo requerido?

Debe inclinarse la mesa universal, ya que esto hace posible el empleo del avance automático de la misma. Si se fijara el portaherramientas según el ángulo requerido y no hubiera avance automático hacia abajo, este avance tendría que realizarse a mano (fig. 11-6).

35. ¿Cómo debe mecanizarse una pieza similar a la dibujada en la figura 11-25?

Primero se mecanizan las seis caras siguiendo las instrucciones dadas en la pregunta 31. Luego se traza el ángulo y el resalte de acuerdo con las

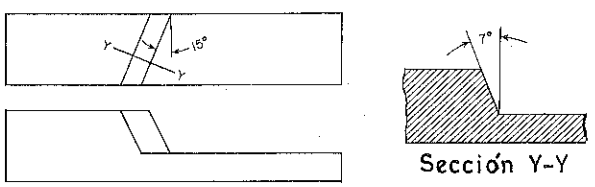


Fig. 11-25. Pieza con resalte de doble ángulo a mecanizar en la limadora.

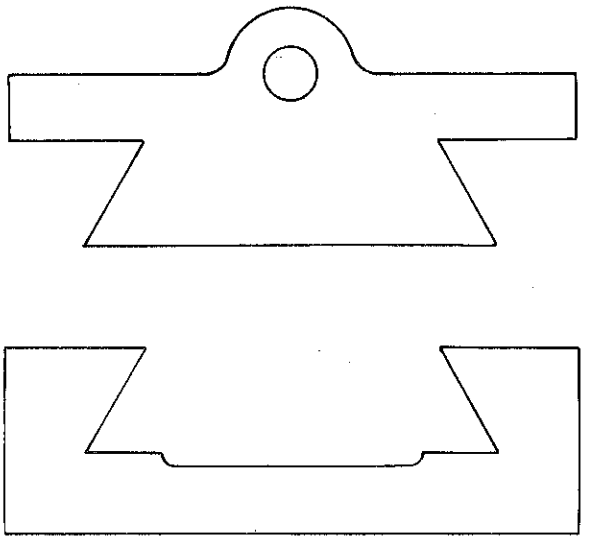


Fig. 11-26. Guías de apoyo en la cola de milano.

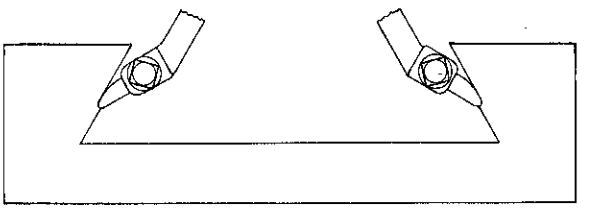


Fig. 11-27. Mecanizado en la limadora de una cola de milano con portaherramientas de mano derecha y mano izquierda.

dimensiones requeridas. Se coloca la pieza en las mordazas sobre gruesos paralelos, se gira el tornillo de 15°, y se desbasta. El mecanizado se completa situando el cabezal de herramienta a 7° y avanzando la herramienta hacia abajo hasta la línea de trazado del ángulo; de este modo se acaba el resalte en una operación.

36. Explicar cómo puede mecanizarse en la limadora una guía de apoyo en cola de milano.

El cabezal de herramienta de la limadora debe ajustarse según el mismo ángulo que debe tener la cola de milano a mecanizar. Cuando se trata del mecanizado de guías de apoyo en cola de milano, como las representadas en la figura 11-26, la pieza no debe cambiarse de posición para limar las superficies angulares y planas de la cola de milano; las superficies horizontales deben mecanizarse antes de completar las angulares, empleándose, para éstas, una herramienta de mano derecha y

otra de mano izquierda a la vez, tal como se indica en la figura 11-27. Si hay que quitar mucho material, debe usarse una herramienta de desbastar y otra de acabar. Al utilizar dos herramientas y mover el cabezal de herramienta de un lado a otro de la línea de centro, debe tenerse mucho cuidado porque, si se produce alguna variación en el ajuste angular de dicho cabezal, la misma se traducirá en una variación en los lados inclinados de la cola de milano.

Otro procedimiento de mecanizado de una cola de milano requiere sólo una herramienta cuando los lados de la pieza son paralelos y la mordaza fija del tornillo es paralela a la carrera del carro. Primero, se desbastan los lados de la cola de milano dejando un exceso de 1/64" o 1/32" (0,4 o 0,8 mm) sobre la medida de acabado. A continuación, se efectúa una pasada ligera en un lado, se da vuelta a la pieza en el tornillo sin variar la posición de la mesa, y se efectúa una pasada ligera en el otro lado. Después se comprueban las medidas y se repite el proceso hasta alcanzar la dimensión de acabado. Al emplear este método, la cola de milano debe situarse en el centro de la pieza y los ángulos deben ser iguales.

En el limado de guías de apoyo en la cola de milano tiene mucha importancia que la caja de charnela esté inclinada en la dirección correcta, pues sólo así la herramienta podrá deslizar sobre la pieza en la carrera de retroceso del carro (ver fig. 11-14). El principiante debe prestar una atención estricta a este punto, porque a veces el posicionado puede no ser correcto a pesar de parecerlo. Hay que recordar que la parte superior de la caja de charnela debe ajustarse en dirección opuesta a la superficie a mecanizar.

37. ¿Cómo deben comprobarse las medidas de una cola de milano?

Con el fin de comprobar las medidas de una

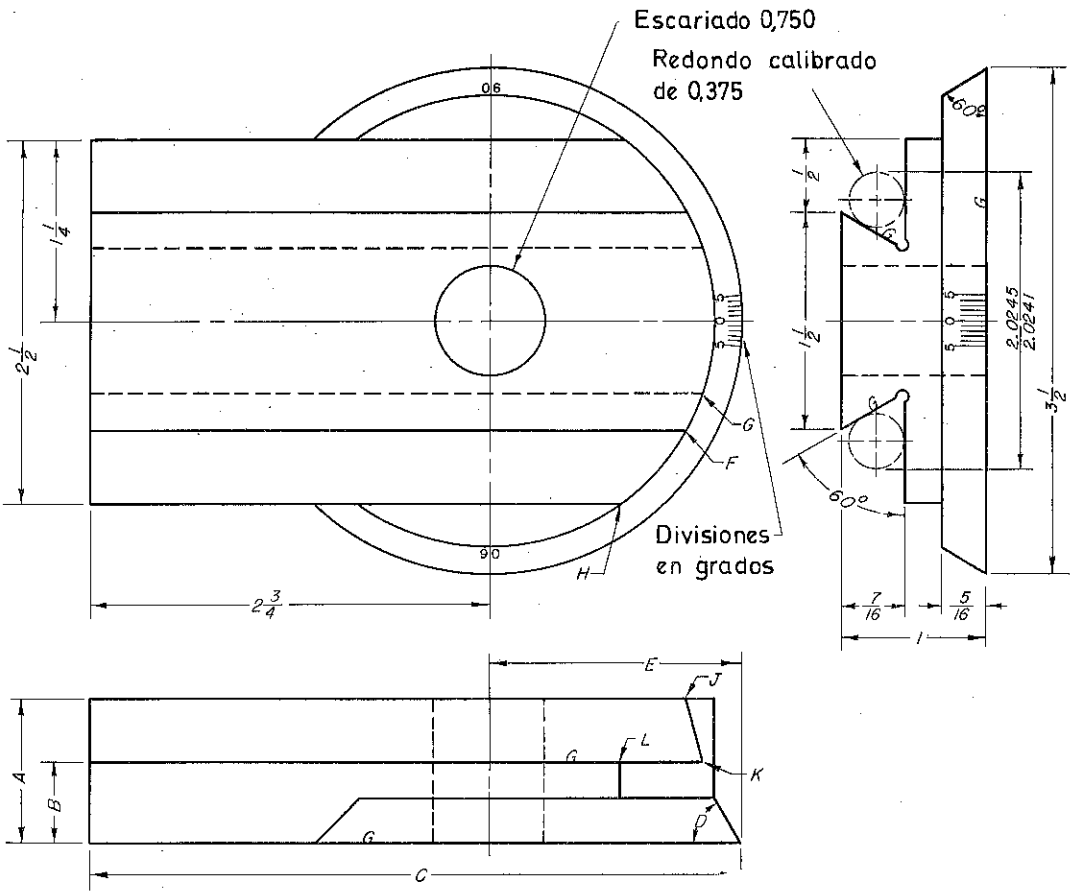


Fig. 11-28. Guía inferior con apoyo en la cola de milano (Cotas en pulgadas).

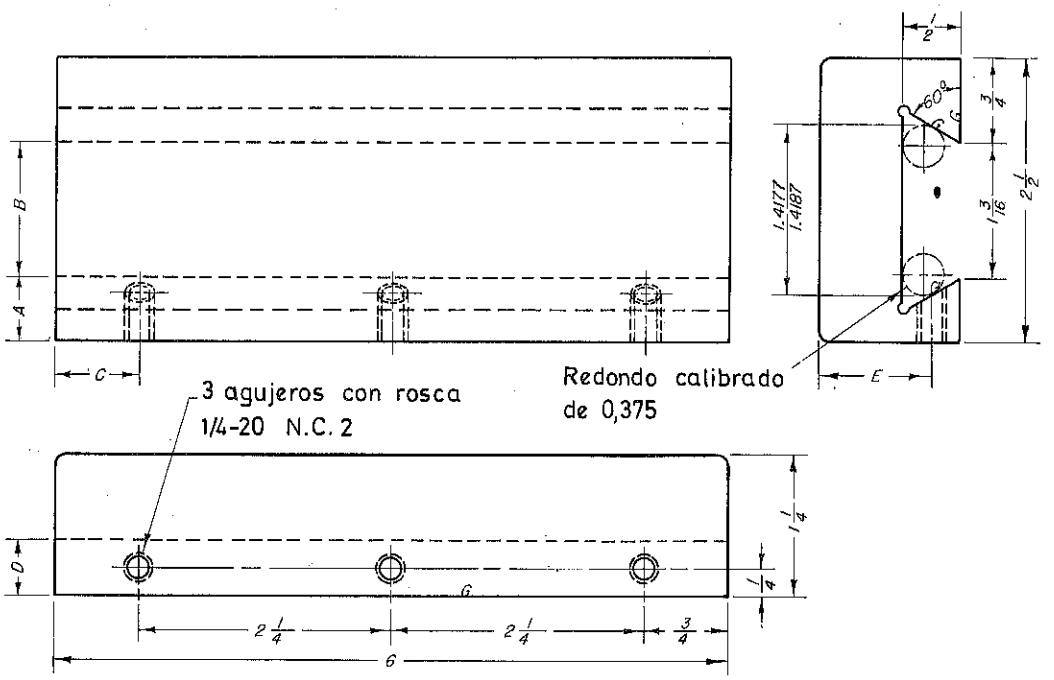


Fig. 11-29. Guía superior con apoyo en cola de milano (Cotas en pulgadas).

cola de milano para determinar el exceso de mecanizado o para verificar con precisión el producto terminado, se colocan dos calibres cilíndricos en los ángulos de la cola de milano, haciendo la medición tanto comprendiendo dichos calibres como entre ellos (figs. 11-28 y 11-29).

38. ¿Qué método se emplea para obtener una medición precisa de una cola de milano exterior?

Para determinar la medida *X* (fig. 11-30 A) sobre dos varillas cilíndricas colocadas junto a los lados de una cola de milano, se añade 1 a la cotangente de la mitad del ángulo *a* de la cola de milano y se multiplica por el diámetro *R* de la varilla; luego se añade el producto a la medida *W*. Así,

$$\mathbf{X = R \times (1 + ctg\ 1/2\ a) + W}$$

Ejemplo. Si $W = 4''$ (o 100 mm), el ángulo $a = 60°$ y el diámetro de la varilla $R = 3/4''$ (o 19 mm), se tiene

$$X = 0{,}750 \times (1 + \text{ctg } 30°) + 4 =$$
$$= 0{,}750 \times 2{,}732 + 4 = 6{,}049''$$

o bien,

$$X = 19 \times (1 + \text{ctg } 30°) + 100 =$$
$$= 19 \times 2{,}732 + 100 = 151{,}9 \text{ mm}$$

Para medir sobre varillas se usa un pie de rey.

39. ¿Cómo puede medirse con precisión una cola de milano interior?

Para obtener una medición precisa de *Y* (fig. 11-30 B), la regla es: Se añade 1 a la cotangente de la mitad del ángulo *a* de la cola de milano, se multiplica el resultado por el diámetro de la varilla *R*, y se resta el producto de la dimensión *V*. Así,

$$\mathbf{Y = V - R \times (1 + ctg\ 1/2\ a)}$$

Para medir entre varillas se emplea un pie de rey. Los lados de la cola de milano deben acabarse de modo que la superficie quede lisa (figs. 11-31 y 11-32).

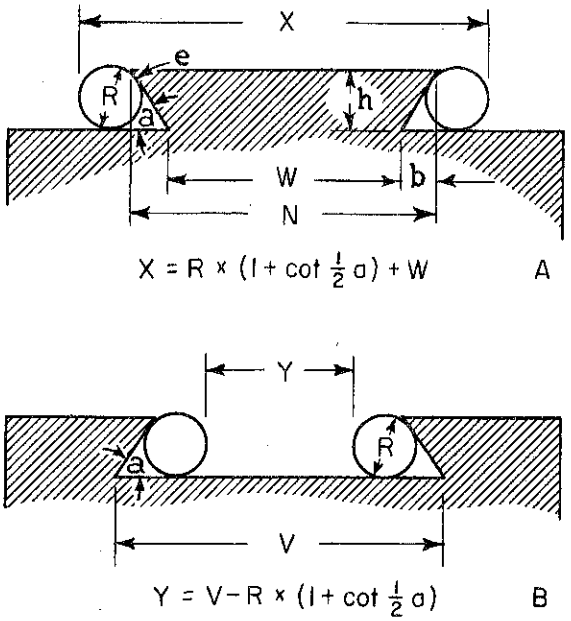


Fig. 11-30. Medición de colas de milano utilizando varillas cilíndricas.

Para obtener la medida *b* (fig. 11-30 A), multiplíquese la altura vertical *h* por la cotangente de *a*. Las varillas utilizadas deben ser de un diámetro menor que *h*, estableciendo contacto aproximadamente en *e*.

40. Explicar el método empleado para mecanizar una "V" o guía central en un bloque.

Uno de los métodos empleados consiste en trazar la pieza y mecanizar según las líneas de trazado marcadas. Un método más preciso de mecanizar una "V" en la limadora estriba en fijar las mordazas del tornillo paralelas a la carrera, ajustar el cabezal de herramienta al ángulo requerido, y desbastar según las líneas del trazado. A continuación, se efectúa una pasada en un lado de la "V" y luego se da vuelta a la pieza en el tornillo. Con la mesa fijada en la misma posición, se efectúa una pasada en el lado opuesto, continuándose de esta forma hasta que ambos lados de la "V" estan listos y se ha alcanzado la profundidad apropiada. La "V" estará entonces en el centro del bloque. El mismo procedimiento puede aplicarse al limado de un chavetero.

41. ¿Qué precauciones deben tomarse cuando se mecaniza un chavetero en la limadora?

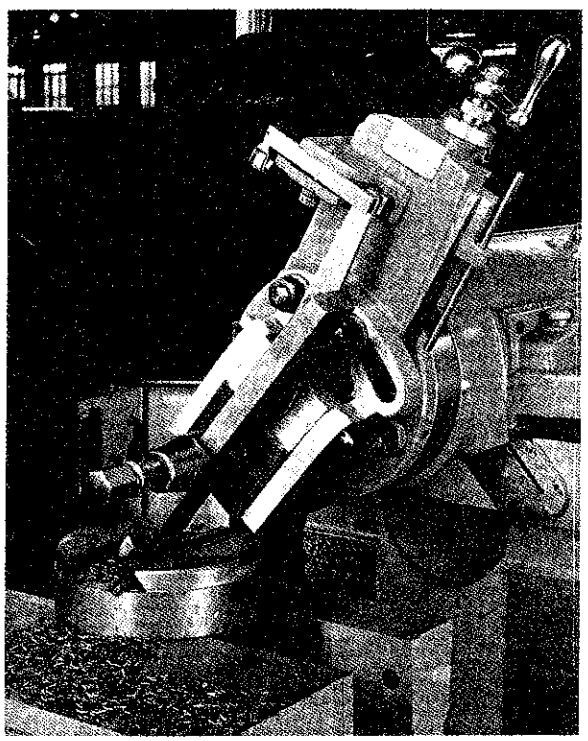


Fig. 11-31. Acabado del lado de una cola de milano interior con obtención de una superficie lisa (Cincinnati Shaper Co.)

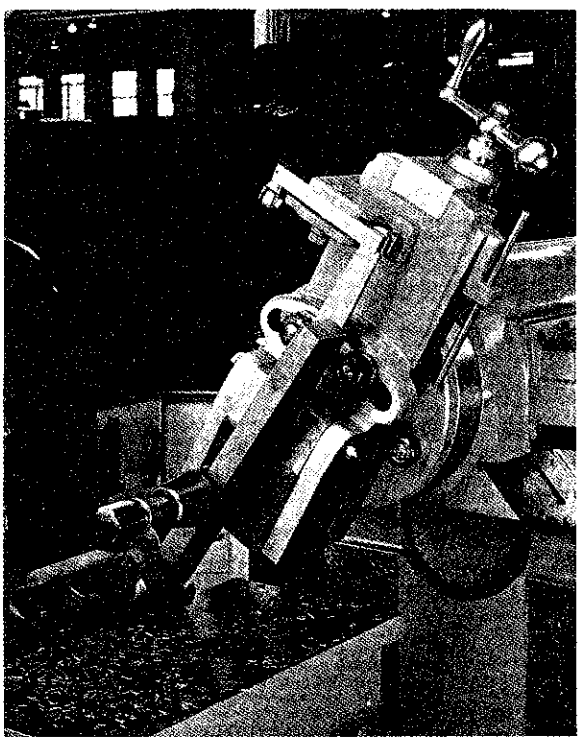


Fig. 11-32. Mecanizado en la limadora del lado de una cola de milano exterior (Cincinnati Shaper Co.)

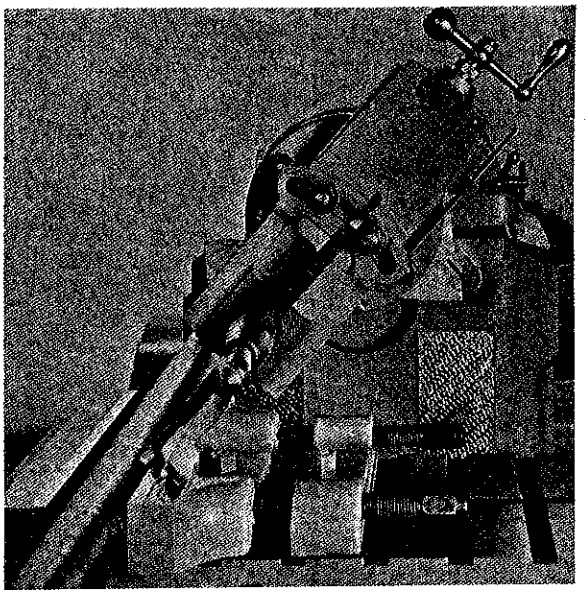


Fig. 11-33. Tallado en la limadora de un chavetero sobre un eje largo (Cincinnati Shaper Co.)

La caja oscilante, o de charnela, debe enclavarse en posición a fin de evitar que se levante en la carrera de retroceso. También es ventajoso el uso de una herramienta de desbastar 0,030" (0,75 mm) menor que la medida de acabado (fig. 11-33).

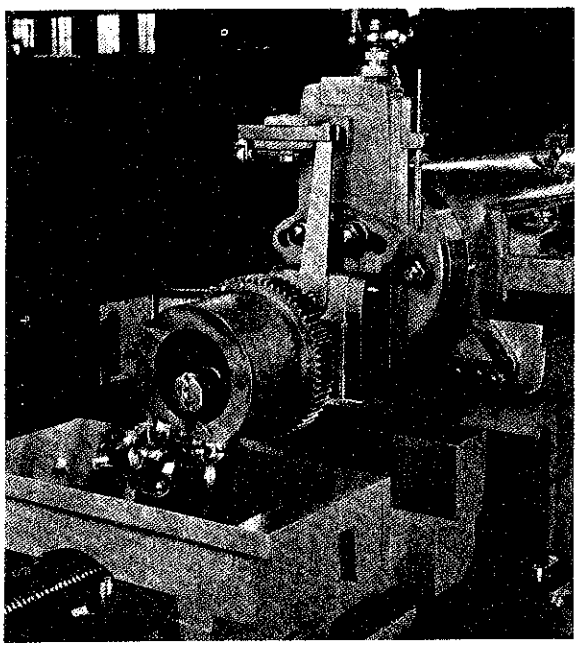


Fig. 11-34. Tallado de un chavetero interior (Cincinnati Shaper Co.)

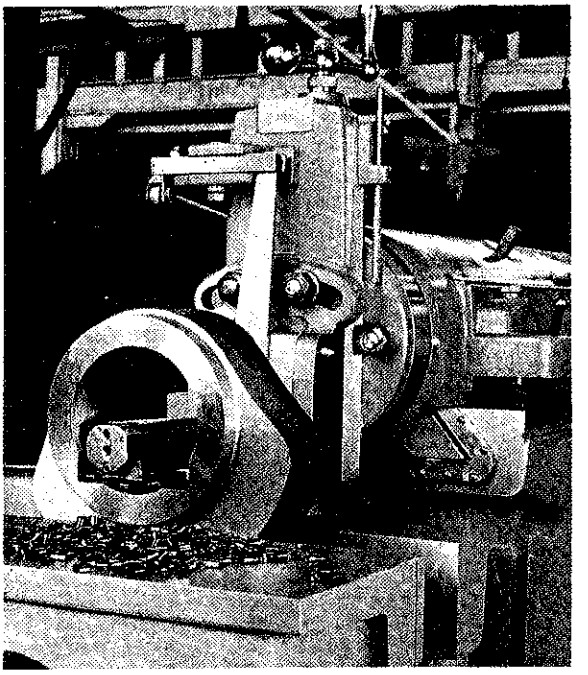


Fig. 11-35. Tallado en la limadora de una chavetero doble con tolerancias finas (Cincinnati Shaper Co.)

42. ¿Cómo puede tallarse un chavetero en una limadora cuando el mismo no abarca la longitud entera del eje?

Se taladra un agujero ligeramente más ancho y profundo que el ancho y profundidad del chavetero, en el lugar en que éste termina. Se ajusta la posición de la carrera de la limadora de modo que la herramienta se pare en el centro del agujero taladrado al final de la carrera de avance. Luego se talla el chavetero de la manera usual.

43. ¿Puede utilizarse la limadora para mecanizados interiores?

Sí. La limadora puede usarse para tallar chaveteros (fig. 11-34), así como para mecanizar agujeros de formas diversas, aunque éstos deben primero mandrinarse y ser de medida suficiente para permitir la entrada de un soporte de herramienta para interiores, el cual sustituye al portaherramientas. En la figura 11-35 se muestra un ejemplo de esta clase de trabajo.

44. ¿Cómo se mecaniza en la limadora una superficie irregularmente curva?

El perfil requerido se traza sobre la superficie de la pieza. Una vez ésta fijada en posición sobre la



Fig. 11-36. Mecanizado en la llmadora de una superficie irregular ajustando la herramienta a la línea del trazado (Cincinnati Shaper Co.)

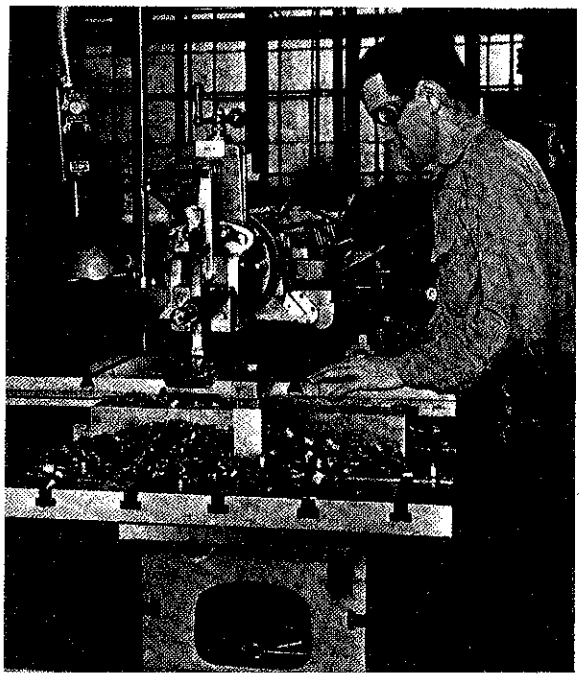


Fig. 11-38. Mecanizado de una pieza sujetada directamente a la mesa de la limadora, la cual va equipada con una sobremesa auxiliar (Cincinnati Shaper Co.)

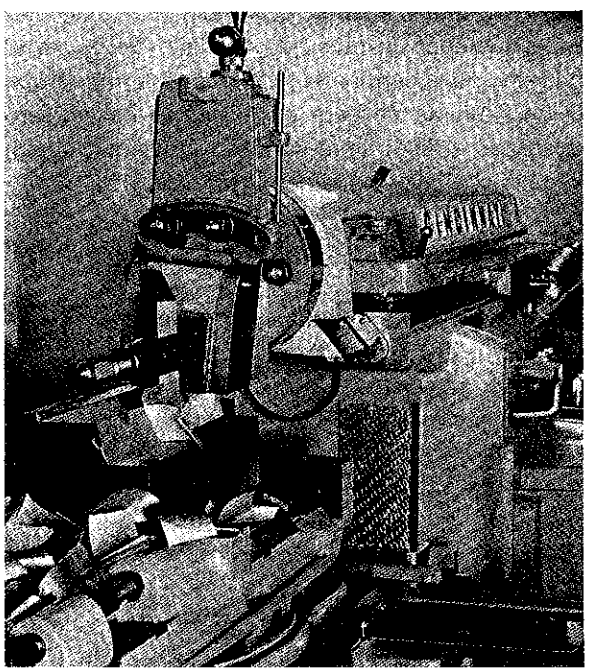


Fig. 11-37. Mecanizado con pasada de unos 50 mm de profundidad en una limadora de 24" (Cincinnati Shaper Co.)

máquina, el operario, mediante una manipulación experta de los avances vertical y horizontal, como en la figura 11-36, guía la herramienta de corte de modo que siga las líneas del trazado. Este método de limado se conoce con la denominación de *contorneado*.

45. ¿Cuál es la mayor pasada que puede efectuarse en una limadora?

Depende del tamaño de la máquina, de la forma y de la medida de la pieza, del metal a mecanizar y del tipo de cuchilla empleado. La figura 11-37 representa una limadora de 24" (610 mm) que está efectuando una pasada de 2" (50,8 mm) de profundidad.

46. ¿Es necesario que todas las piezas que deban mecanizarse en una limadora vayan sujetadas en el tornillo de mordazas?

El tornillo de mordazas proporciona un método de sujeción conveniente para muchos trabajos de limado; sin embargo, existen piezas que pueden estacarse directamente a la mesa de la máquina,

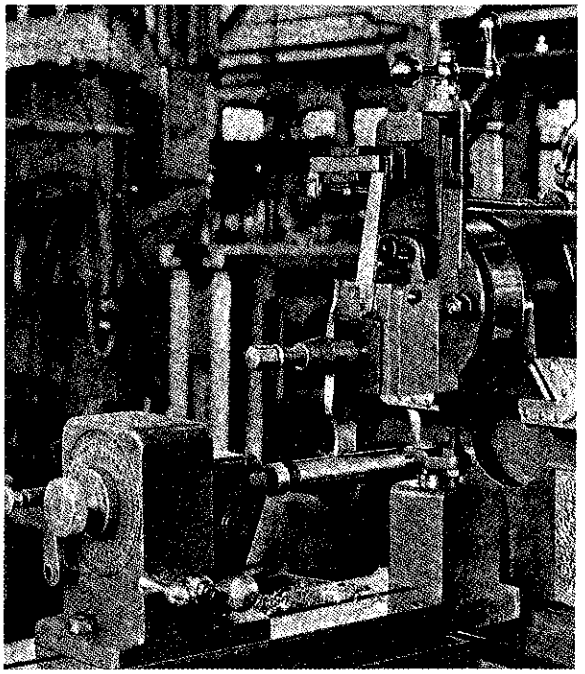


Fig. 11-39. Tallado de perfiles acanalados en un eje utilizando un divisor para limadora. Con este dispositivo se ranuran ejes y se tallan los dientes de ruedas dentadas y de cadena (Cincinnati Shaper Co.)

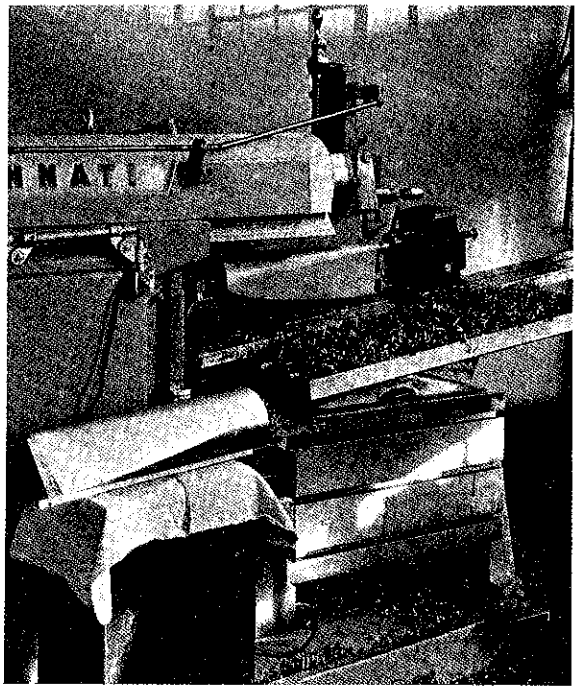


Fig. 11-40. Mecanizado en la limadora de un doble ángulo sobre una matriz de dar forma. La máquina va equipada con una mesa universal, una mesa auxiliar y un cabezal divisor (Cincinnati Shaper Co.)

la cual, para piezas grandes, puede equiparse con una mesa superior auxiliar (fig. 11-38).

47. ¿Qué otros método se emplean para sujetar las piezas en la limadora?

A menudo se usan dispositivos de fijación especiales cuando son muchas las piezas que requieren una misma operación de limado. Si se exige una separación precisa entre ranuras, perfiles acanalados o dientes, se utilizan cabezales divisores (fig. 11-39).

48. ¿Pueden combinarse los accesorios de limadora cuando hay que realizar trabajos poco corrientes?

Sí. Con frecuencia es necesario aprovechar las ventajas de una combinación de accesorios para mecanizar piezas de forma poco corriente y con tolerancias finas (fig. 11-40).

49. ¿De qué modo se mejoran las piezas mecanizadas en la limadora con la aplicación de aceites de corte?

El uso de los aceites de corte produce los mismos resultados en el limado que en cualquier otra



Fig. 11-41. Aplicación de aceite de corte con una brocha durante la carrera de retroceso del carro (Cincinnati Shaper Co.)

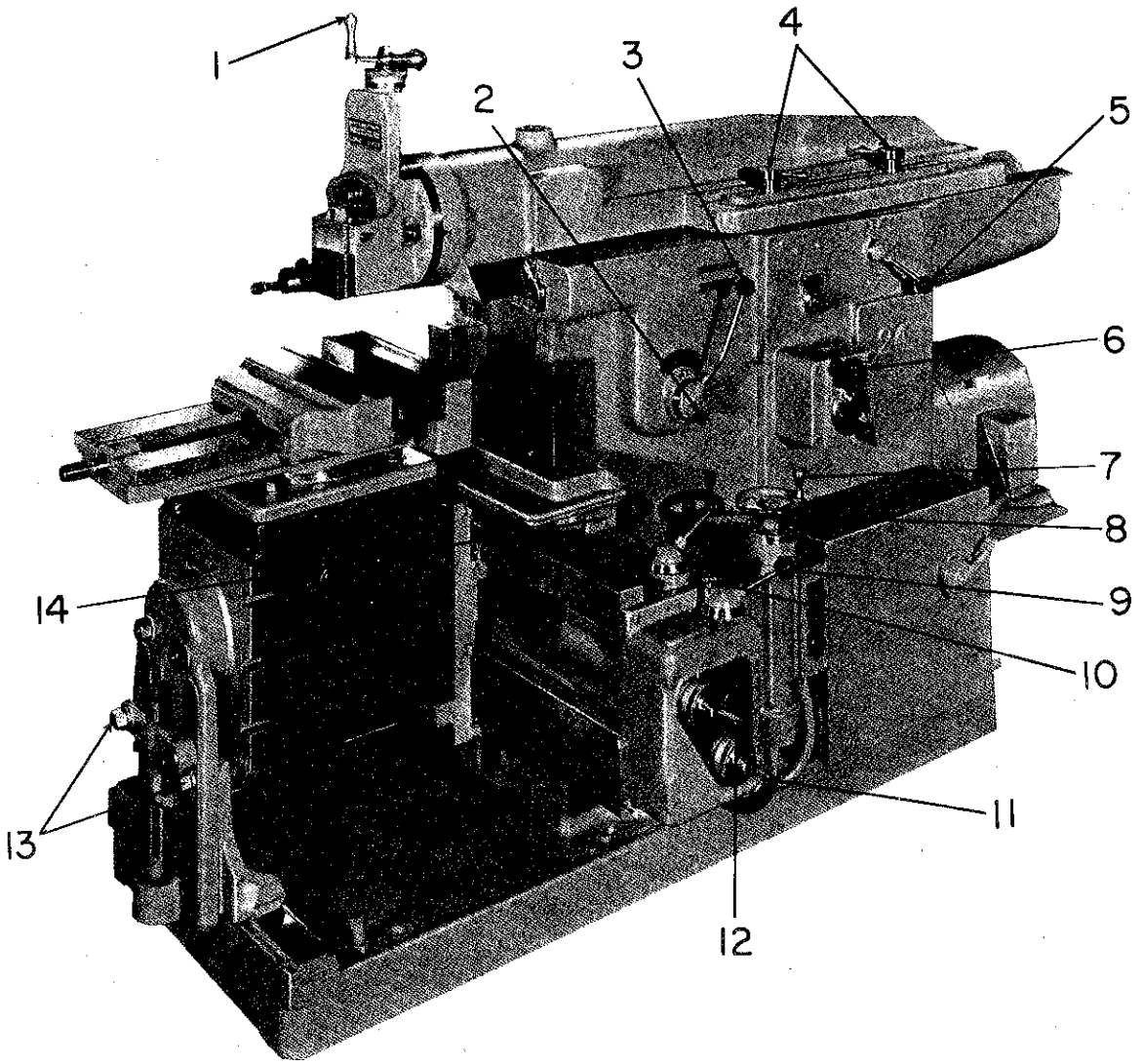


Fig. 11-42. Palancas de mando y elementos de ajuste de una limadora hidráulica (Rockford Machine Tool Co.)

1. Manivela de bola utilizada para mover el cabezal de herramienta en posición vertical.
2. Botón que se presiona para permitir que la palanca se desplace a la zona de altas velocidades.
3. Palanca usada para poner en marcha y parar la máquina y para elegir la gama de velocidades altas o lentas.
4. Botón empleado para ajustar la longitud de la carrera y la posición del carro.
5. Palanca usada para invertir la dirección de la carrera en cualquier posición, avance o retroceso.
6. Palanca utilizada para operar la válvula que regula la velocidad del carro.
7. Volante empleado para regular la magnitud del avance vertical o del transversal.
8. Palanca usada conjuntamente con la palanca 9; sirve para elegir la dirección del movimiento de la mesa.
9. Palanca usada conjuntamente con la palanca 8 para regular el movimiento de la mesa; sirve para elegir el movimiento vertical o el horizontal.
10. Botón que se presiona para permitir el paso al movimiento vertical de la guía.
11. Manivela de seguridad utilizada sobre su árbol para elevar o bajar la guía transversal.
12. Tornillo usado para mover la mesa a lo largo de la guía transversal.
13. Tuercas empleadas cuando es necesario enclavar el soporte superior a la mesa.
14. Placas de enclavamiento que deben ser apretadas para proporcionar una mayor rigidez a la mesa.

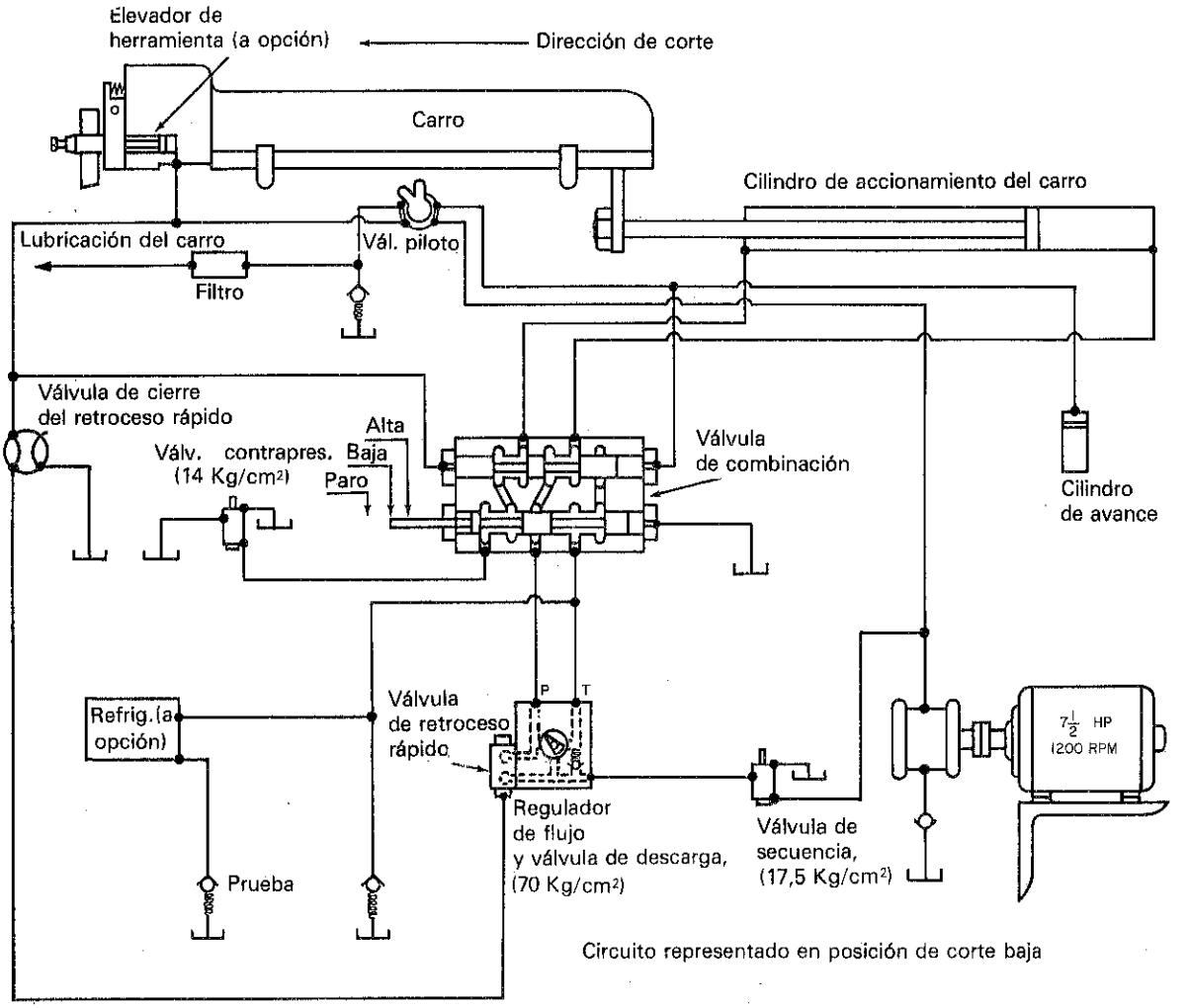


Fig. 11-43. Circuito hidráulico de la limadora hidráulica Rockford (Rockford Machine Tool Co.)

operación de mecanizado. Se incrementa la vida de la herramienta, se preserva el filo de la misma y se mejora la calidad del acabado superficial. El tipo de aceite de corte a usar depende del metal a mecanizar. Para ciertas aplicaciones, los fluidos más adecuados son el aceite soluble, el aceite graso, el petróleo, el aceite de máquinas y los aceites compuestos. La figura 11-41 muestra como se aplica el aceite mediante una brocha, lo que requiere cuidado y que el operario piense en lo que está haciendo; el fluido se aplica durante la carrera de retroceso del carro.

50. ¿En qué se diferencia una limadora hidráulica de la limadora más común, o sea, de la del tipo de manivela?

En lo que se refiere al aspecto general, hay muy poca diferencia entre la limadora hidráulica y la del tipo de manivela. El carro de esta última recibe su movimiento del balancín, el cual es obligado a oscilar por el gorrón de manivela unido a una rueda de dentado recto. En cambio, el carro de la limadora hidráulica (fig. 11-42) es accionado por la presión del aceite desarrollada por una bomba que es movida por un motor eléctrico.

51. ¿Cómo se regulan las velocidades y los avances de la limadora hidráulica?

Las velocidades del carro y los avances de la mesa son regulados por un mecanismo hidráulico. La palanca 6 (fig. 11-42) opera una válvula que varía la cantidad de aceite que es suministrado al

cilindro del carro, regulando así la velocidad del mismo. La magnitud del avance transversal o vertical es regulado por el volante 7, el cual afecta al cilindro de avance de la mesa. La figura 11-43 representa el circuito hidráulico de la limadora con sus cilindros y válvulas.

52. ¿Qué ventajas presenta la limadora hidráulica sobre la del tipo de manivela?

La carrera de corte del carro de la limadora hidráulica es invariable y uniforme su velocidad de desplazamiento. La velocidad de retroceso es constante cualquiera que sea la longitud de carrera. La velocidad de corte permanece inalterable cuando varía la longitud de la carrera. Los avances son regulados independientemente del accionamiento del carro y son ilimitados en número.

53. El carro mandado hidráulicamente, ¿es capaz de sobrellevar pasadas profundas y duras?

La figura 11-44 muestra una pieza fundida sujetada en el tornillo de mordazas, sobre la que se están efectuando fuertes y profundas pasadas al ser mecanizada en una limadora hidráulica.

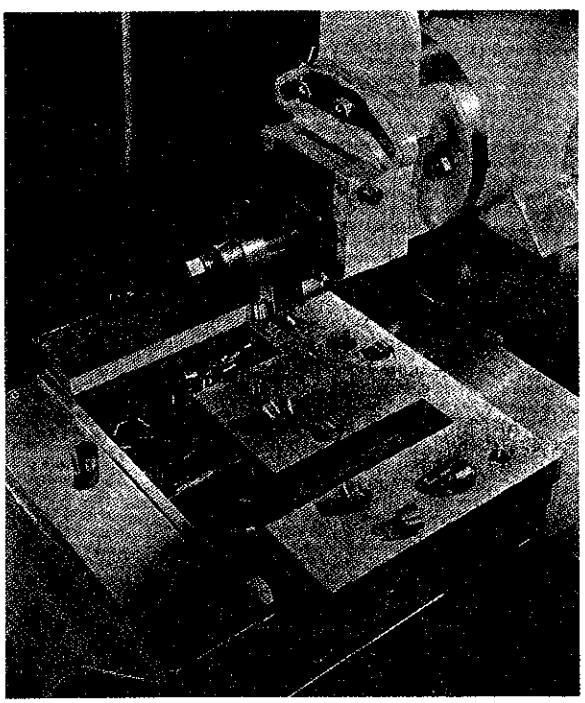


Fig. 11-44. Mecanizado con pasadas duras y profundas de una pieza fundida sujetada en el tornillo de mordazas que va fijado a la mesa de una limadora hidráulica (Rockford Machine Tool Co.)

54. ¿Cuáles son los accesorios que pueden usarse en una limadora hidráulica?

Todos los accesorios utilizados en la limadora del tipo de manivela pueden también usarse en la limadora hidráulica. Esta va provista de una mesa corriente del modelo normal, pero puede también ir equipada con una mesa universal (fig. 11-45). La superficie superior de esta mesa puede inclinarse hasta 15° en cualquier sentido; además, puede darse a la mesa universal un giro de 360°. Por medio de una manivela que lleva el tornillo sin fin,

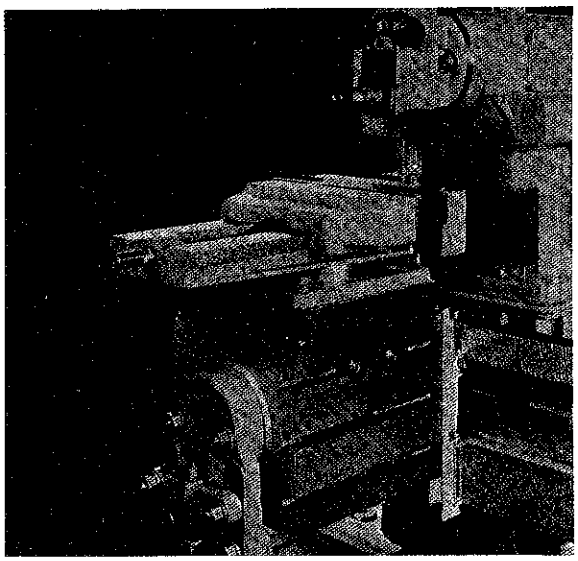


Fig. 11-45. Mesa universal de una limadora hidráulica (Rockford Machine Co.)

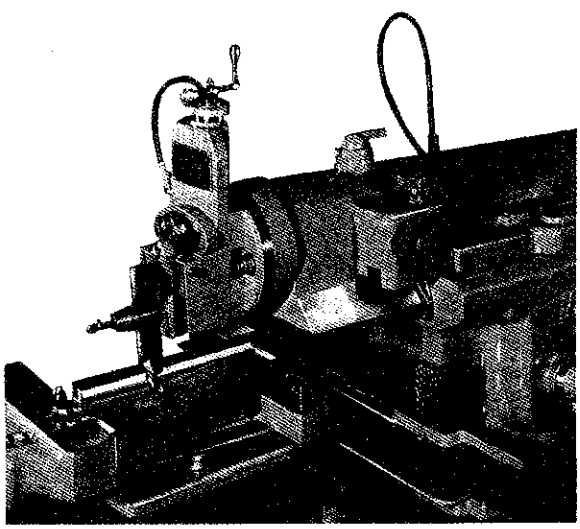


Fig. 11-46. Dispositivo de avance mecánico del cabezal de herramienta montado en una limadora hidráulica (Rockford Machine Co.)

la mesa puede girar y ajustarse a cualquier ángulo, sirviendo para ello un disco graduado en grados existente en la parte frontal de la misma.

55. ¿Qué es el dispositivo de avance mecánico del cabezal de herramienta en una limadora hidráulica?

Otro dispositivo alternativo aplicable a la limadora hidráulica es el que proporciona un avance mecánico al cabezal de herramienta (fig. 11-46). Mediante la palanca *A* se elige la dirección del avance, hacia arriba o hacia abajo. La magnitud del avance se regula mediante el tornillo con botón grafilado *B*, y puede ser observada en un co-

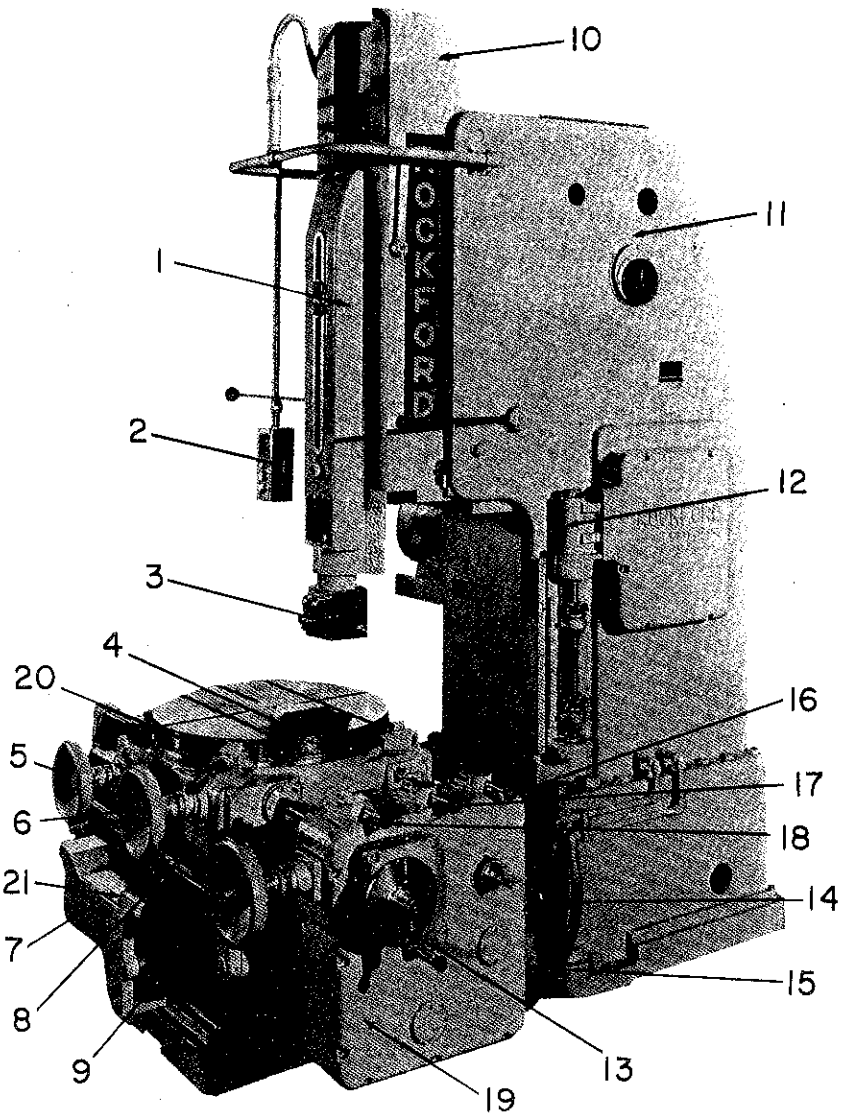


Fig. 11-47. Nomenclatura de la limadora vertical número 1 (Rockford Machine Co.)

1. Carro
2. Mando colgante
3. Cabezal del carro
4. Mesa giratoria
5. Unidad de avance transversal
6. Unidad de avance giratorio
7. Bancada
8. Caballete
9. Unidad de avance longitudinal
10. Guía del carro
11. Columna
12. Válvula piloto
13. Cabezal divisor
14. Cilindro de avance
15. Motor principal
16. Motor de avance transversal
17. Motor de avance longitudinal
18. Motor de giro de la mesa
19. Caja de engranajes
20. Pistón divisor a 90°
21. Número de serie

llar graduado existente en la parte superior del tornillo de avance vertical.

56. ¿Cuáles son los tipos de herramientas que pueden utilizarse en la limadora hidráulica?

Todas las herramientas normales y convencionales son adecuadas para su uso en la limadora hidráulica.

57. ¿Qué es una limadora vertical?

La limadora vertical (figs. 11-47 y 11-48), a veces llamada mortajadora, es similar a la limadora más comúnmente usada, consistiendo la diferencia en que el carro está en posición vertical en vez de ser horizontal. También, la mesa va montada sobre una fuerte base y está provista de mecanismos que permiten su movimiento hacia delante y hacia atrás desde un lado al otro; asimismo es posible el giro de la mesa y su división. Por otra parte, el carro puede ajustarse angularmente (fig. 11-49).

58. ¿De cuántos tamaños de limadora vertical puede disponerse?

Hay limadoras verticales y mortajadoras de muchas medidas. Las más comúnmente usadas son las de 6", 12" y 20" (aprox. 150, 300 y 500 mm).

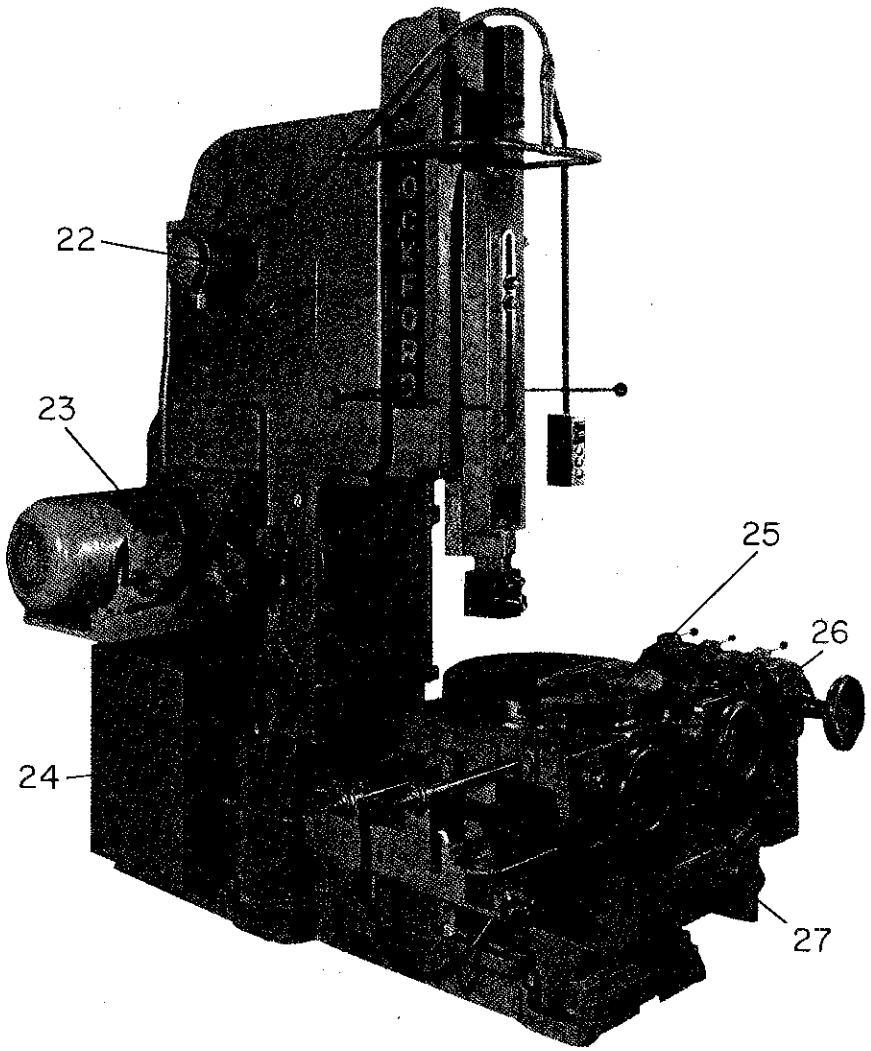


Fig. 11-48. Nomenclatura de la limadora vertical número 2 (Rockford Machine Co.)

22. Motor de cambio de velocidad del carro
23. Motor de accionamiento principal
24. Guía transversal
25. Enclavamiento de la mesa
26. Enclavamiento de la guía transversal
27. Enclavamiento del caballete

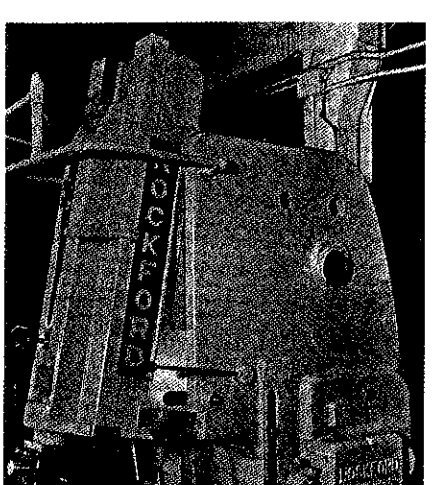


Fig. 11-49. El carro de una limadora vertical puede inclinarse de hasta 10° respecto a la vertical (Rockford Machine Co.)

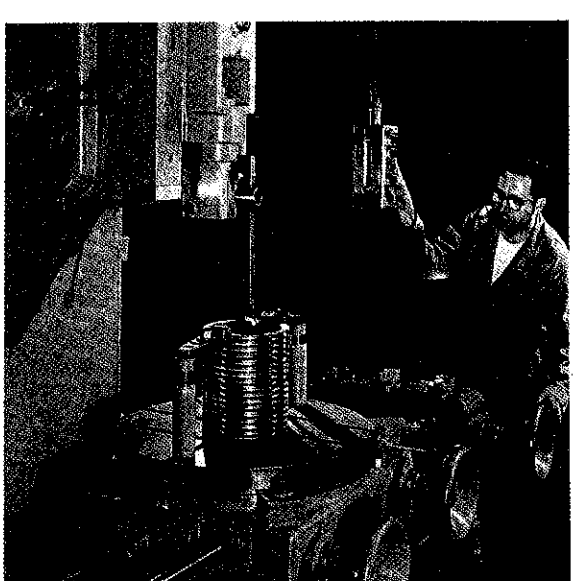


Fig. 11-51. Tallado de un chavetero largo en una polea especial (Rockford Machine Co.)

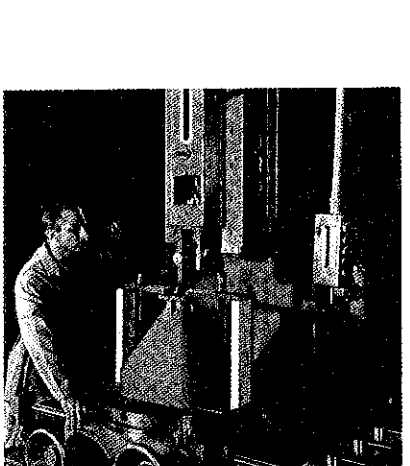


Fig. 11-50. Una preparación sencilla sobre la limadora vertical muestra la mesa firmemente apoyada (Rockford Machine Co.)



Fig. 11-52. Ejecución de una operación de limado en un extremo de una gran pieza mientras el otro está adecuadamente apoyado (Rockford Machine Co.)

La medida de la máquina se refiere a la longitud de carrera, la cual es ajustable desde 0 a 6" (150 mm) en la máquina pequeña y desde 3" (75 mm) a 22" (550 mm) en la mayor. Algunas limadoras verticales son accionadas mecánicamente mediante poleas y ruedas dentadas, mientras que otras son accionadas por la fuerza hidráulica.

59. ¿Cuáles son las ventajas que presenta la limadora vertical?

La puesta a punto de la pieza se hace con mayor facilidad, ya que no existen obstáculos para ver, alinear, medir y estacar. La presión generada por la carrera de corte es mejor resistida por la mesa y la bancada en que ésta se apoya (fig.

11-50). Hay menos peligro de alabeado de la mesa. Pueden mecanizarse perfiles circulares; los perfiles acanalados, los chaveteros, etc. pueden espaciarse y repartirse con precisión.

60. ¿Cuál es la ventaja de poder inclinar el carro?

La posibilidad de inclinar el carro según ángulos que pueden medirse con precisión facilita el mecanizado de superficies angulares sin necesidad de calzar o acuñar un lado de la pieza. Las ranuras o los chaveteros con inclinación pueden tallarse mediante procesos de preparación sencillos.

61. El tamaño de las piezas a mecanizar en una limadora vertical, ¿viene limitado por el diámetro de la mesa?

Si la operación requerida se halla dentro de la capacidad de la carrera del carro, el tamaño de la pieza no es necesariamente un factor limitativo. Debe tenerse cuidado en apoyar bien el extremo de la pieza de modo que esté perfectamente a nivel y la mesa no tenga que resistir esfuerzos anormales (fig. 11-52).

12. ACEPILLADORAS Y OPERACIONES DE ACEPILLADO

La acepilladora es una de las máquinas herramienta básicas de la industria mecánica. La invención de esta máquina, llamada también planeadora o máquina de planear, se la han atribuido varios constructores de máquinas del pasado; pero parece ser que Robert Roberts, de Inglaterra, es el auténtico inventor de la acepilladora con plato (o mesa) de movimiento alternativo, en el año 1817.

Hasta el más reciente desarrollo de las grandes máquinas fresadoras y rectificadoras, el mecanizado con precisión de superficies planas era trabajo exclusivo de la acepilladora. Las acepilladoras se construyen en una gran diversidad de tamaños; las medidas del plato oscilan entre 36" (915 mm) y 100 pies (30,5 m). Aunque es posible que las piezas pequeñas se sujeten en un tornillo de mordazas para ser mecanizadas en la acepilladora, por lo general no se considera económico este método de sujeción. La fresadora ha absorbido muchos de los trabajos sobre piezas pequeñas que antes se efectuaban en la acepilladora, pero cuando la pieza es pesada, difícil de maniobrar o de una forma poco corriente, y es necesario mecanizar con precisión una superficie plana, la acepilladora es todavía la mejor máquina que puede usarse.

La pericia principal de un operario de acepilladora estriba en el modo en que efectúa el estacado de la pieza en el plato sin originar esfuerzos indebidos que puedan causar distorsión al perfil. El operario debe ser muy experto en el arte del estacado, y debe tener conocimientos profundos de los metales y de como reaccionan al proceso de mecanizado. Las piezas deben ser calzadas, acuñadas y fijadas de manera que no se produzcan deformaciones. La mayoría de los trabajos de acepilladora se realizan sobre piezas fundidas de varios metales y aleaciones; cada pieza debe ser nivelada con calzos, tirantes paralelos y/o gatos de apuntalamiento, ya que la sujeción debe ser firme y segura contra la fuerza tremenda ejercida al penetrar la herramienta en la superficie a mecanizar. Esto requiere destreza y buen criterio desarrollados con la experiencia y el estudio.

1. ¿Qué es una acepilladora?

Es una máquina más bien grande (fig. 12-1) diseñada para producir superficies planas en una pieza.

2. ¿En qué difiere una acepilladora de una limadora?

La acepilladora comporta unos montantes estacionarios que soportan los cabezales de herramienta y una mesa con movimiento alternativo donde se estaca la pieza; así, ésta se mueve contra la herramienta cortante. La limadora difiere de la acepilladora en que la pieza se sujeta estacionaria y la herramienta se mueve a través de la misma.

3. ¿Qué clase de trabajo se efectúa en una acepilladora?

La acepilladora es una gran máquina diseñada para efectuar trabajos sobre piezas que serían demasiado grandes o demasiado embarazosas para mecanizarlas en la limadora.

4. ¿Cuáles son las partes principales de una acepilladora?

Las partes principales de una acepilladora son: 1) la bancada; 2) la mesa; 3) los montantes o columnas; 4) el puente o guía transversal; 5) el carro, y 6), el cabezal de herramienta.

5. ¿Cuál es la función de la bancada de la acepilladora?

La bancada de la acepilladora es una gran pieza fundida en forma de caja, que constituye la fundación de la máquina. Los demás elementos están unidos a la bancada o se apoyan sobre ella.

6. ¿Qué es la mesa de una acepilladora?

La mesa es una pieza fundida de grandes dimensiones y forma rectangular que va montada encima de la bancada, sobre guías en V, sirviendo para estacar la pieza. Su superficie superior tiene ranuras en T para facilitar la sujeción de la pieza, o de tornillos de mordazas u otros dispositivos provistos de pernos en T (fig. 12-2).

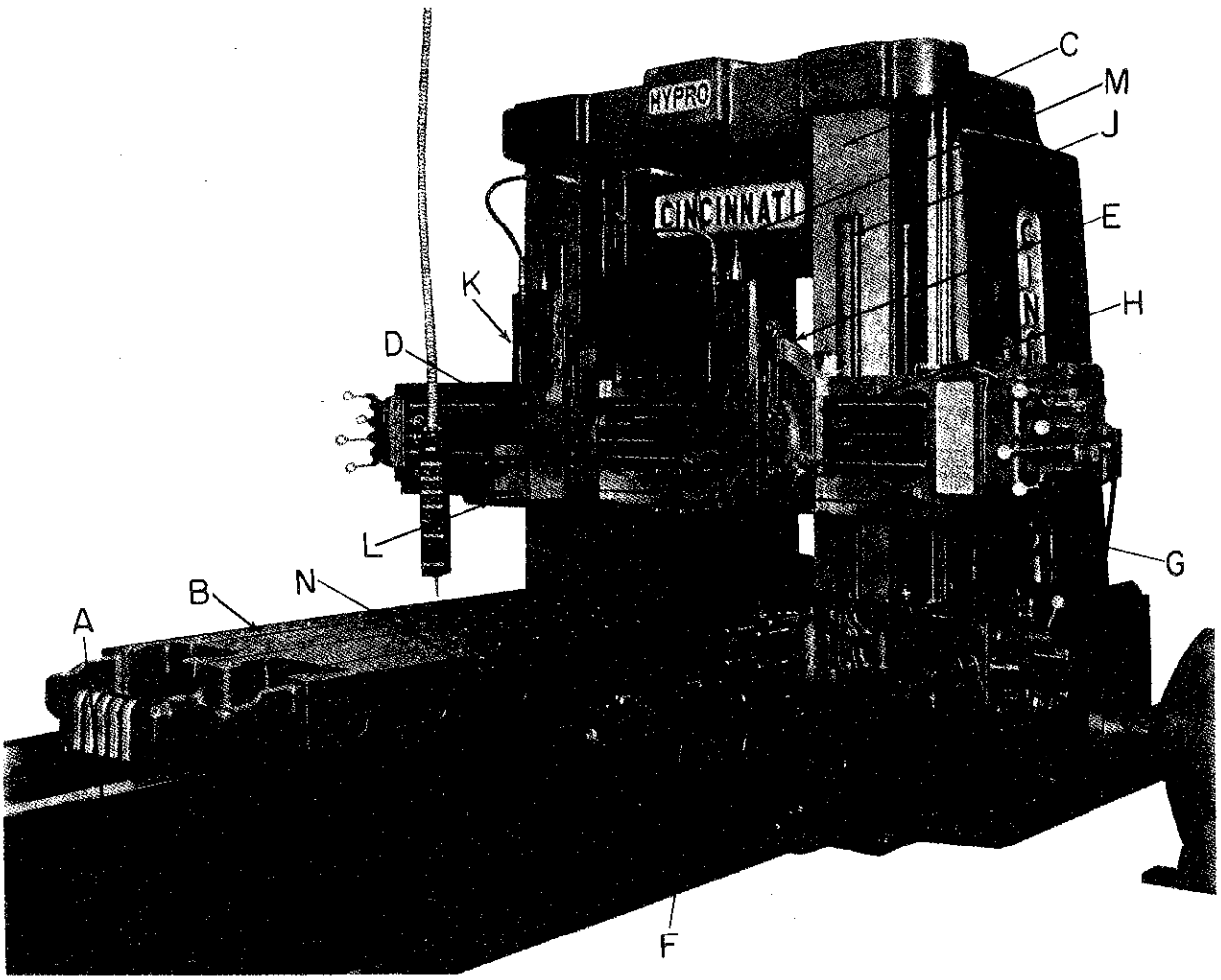


Fig. 12-1. Acepilladora (Cincinnati Planer Co.)

A. Bancada
B. Mesa
C. Montante
D. Guía transversal
E. Carro
F. Cabezal de herramienta
G. Husillo de avance del cabezal derecho
H. Husillo de avance del cabezal izquierdo
J. Husillo de elevación
K. Guía vertical
L. Portaherramienta
M. Husillo de avance hacia abajo
N. Topes de la mesa

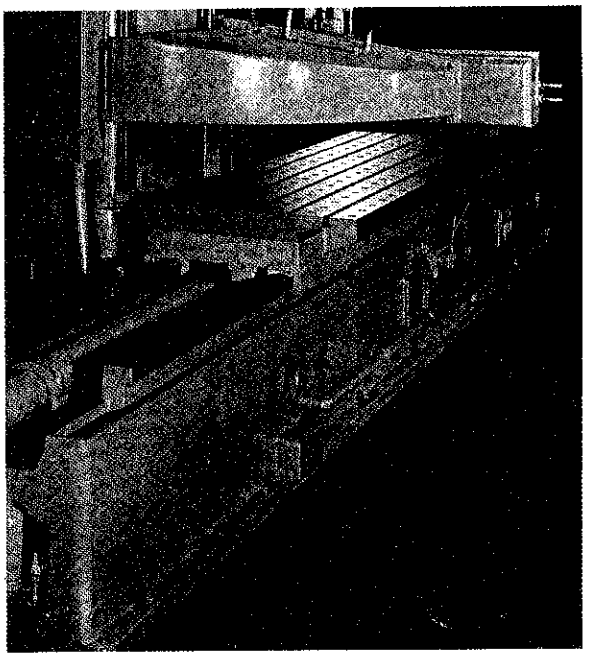


Fig. 12-2. Mesa de acepilladora (Rockford Machine Tool Co.)

7. ¿Qué son los montantes de una acepilladora?

Los montantes o columnas, junto con el travesaño, constituyen una gran pieza fundida que se dispone verticalmente; entre ambos montantes de esta pieza quedan la mesa y la bancada. Los montantes o columnas sostienen el mecanismo para la maniobra de los cabezales de herramienta.

8. ¿Qué es la guía transversal de una acepilladora?

La guía transversal, o puente, es un elemento que va montado en posición horizontal sobre las guías verticales de los montantes. Su objeto es sostener los cabezales de herramienta verticales, los cuales, por medio de tornillos de avance (uno para cada cabezal) pueden moverse de izquierda a derecha. El puente se mueve hacia arriba y hacia abajo por medio de husillos de elevación situados dentro de las guías de las columnas (fig. 12-3).

9. ¿Qué es el carro de una acepilladora?

El carro es un elemento ajustado a las guías del puente. En su superficie frontal tiene guías a las que se ajusta el cabezal de herramienta, junto con un tornillo de avance vertical que sirve para dar movimiento vertical a dicho cabezal. Hay dos carros, uno para el cabezal izquierdo y otro para el derecho, pudiéndose maniobrar cada uno independientemente del otro.

10. ¿Qué es el cabezal de herramienta de una acepilladora?

El cabezal de herramienta es un elemento que va unido al carro y que contiene el portaherramientas, el cual, a su vez, sujeta a las herramientas de corte. El portaherramientas va articulado mediante charnela al cabezal de forma que, en la carrera de retroceso de la mesa, se levanta la cuchilla a fin de que deslice sobre la parte superior de la pieza. Esto evita que el filo de la herramienta se deteriore y permite que el avance automático transversal se efectúe sin interferencia. Hay tres cabezales de herramienta, dos en posición vertical en el puente y el otro en posición horizontal sobre el montante debajo del puente (fig. 12-3).

11. ¿Cómo se especifica el tamaño de una acepilladora?

El tamaño de una acepilladora viene determinado por las medidas de la pieza más grande que puede estacarse sobre su mesa y que puede pasar por debajo del travesaño y entre montantes. Una acepilladora de 30" x 30" x 6' (762 mm x 762 mm x 1,83 m) podría acomodar piezas de estas dimensiones y menores.

12. Todas las acepilladoras, ¿son accionadas mecánicamente?

Son dos los métodos diferentes por lo cuales las acepilladoras son accionadas. La figura 12-4 muestra una acepilladora accionada mecánicamente cuya mesa se mueve por medio de ruedas dentadas y una cremallera unida al lado inferior de tal mesa. La acepilladora representada en la figura 12-5 es accionada hidráulicamente por medio de un motor de velocidad constante e irreversible que acciona a una bomba hidráulica. El aceite empleado en esta unidad de fuerza es continuamente filtrado a medida que pasa por los tubos hasta el depósito hidráulico; el sistema es completamente estanco para evitar la entrada de suciedad, y sólo se usan tubos y accesorios de unión para presión hidráulica elevada, a fin de evitar las fugas de aceite.

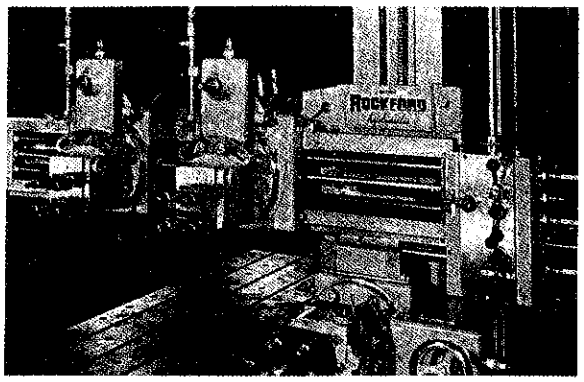


Fig. 12-3. Cabezales de herramienta dispuestos sobre el puente (Rockford Machine Tool Co.)



Fig. 12-4. Acepilladora accionada mecánicamente (The G.A. Gray Company)

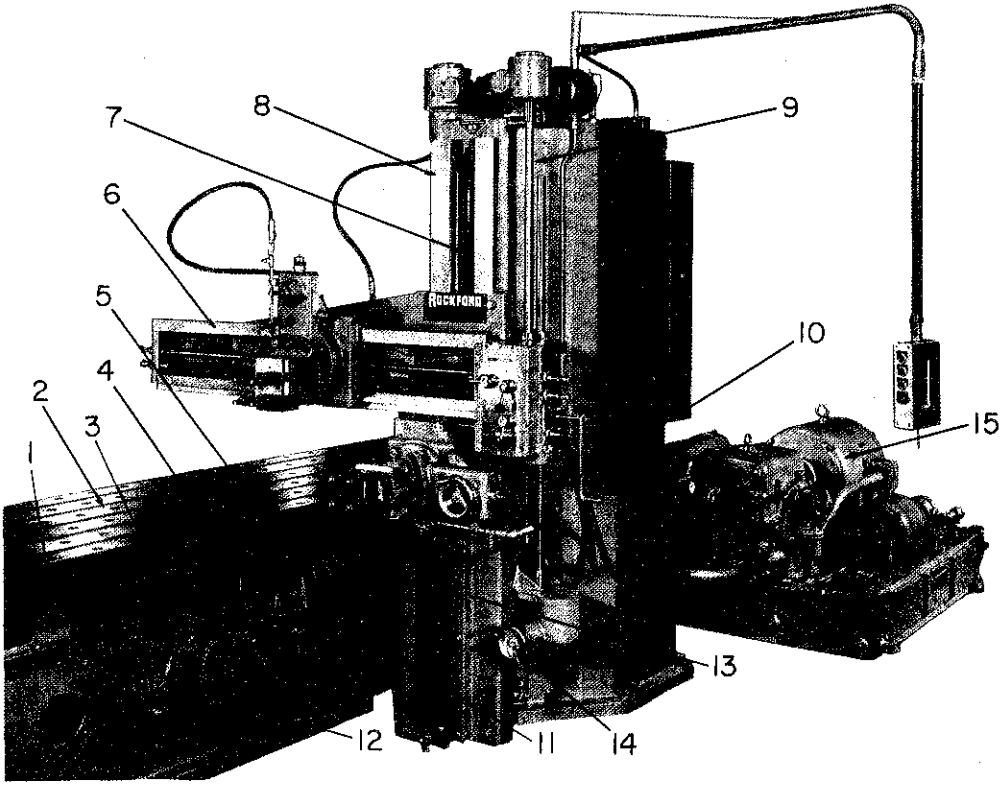


Fig. 12-5. Nomenclatura de la acepilladora hidráulica (Rockford Machine Tool Co.)

1. Leva de inversión, delante
2. Mesa
3. Selector de carrera
4. Mando de arranque y paro
5. Palanca de inversión manual
6. Guía transversal
7. Cadena del contrapeso
8. Columna
9. Eje de desplazamiento transversal rápido
10. Eje de avance
11. Husillo de elevación del cabezal lateral
12. Bancada
13. Leva de inversión, detrás
14. Volante de ajuste del avance
15. Unidad motriz

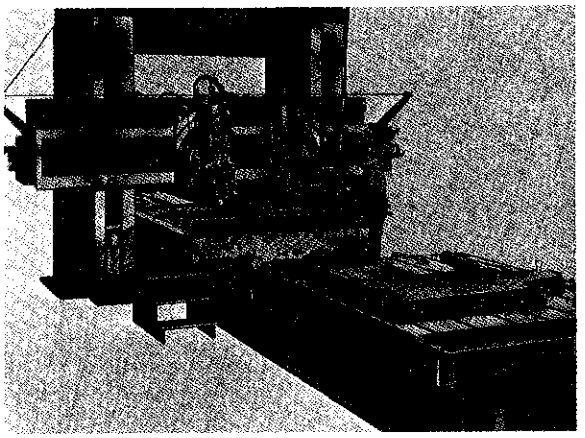


Fig. 12-6. Acepilladora de doble columna (The A.G. Gray Company)

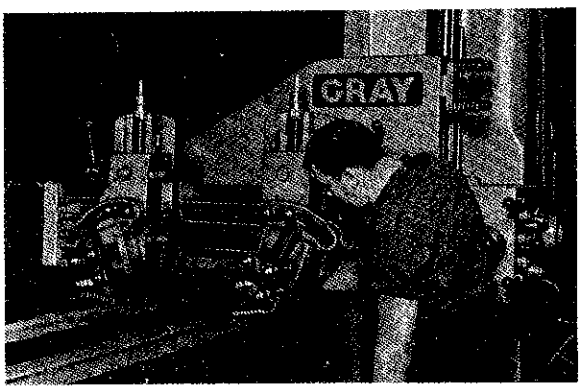


Fig. 12-7. Acepilladora de columna única o abierta lateralmente (The A. G. Gray Company)

13. Todas las acepilladoras, ¿son del mismo tipo?

Hay dos tipos básicos de acepilladoras: la de doble columna (fig. 12-6) y la de columna única lateral (fig. 12-7). El primer tipo citado es el más antiguo; la mesa se mueve entre dos montantes que sostienen el puente y el cabezal de herramienta. Las acepilladoras del segundo tipo permiten planear piezas mucho más anchas que la mesa.

14. ¿Es posible trabajar con pasada fuerte en la acepilladora de columna única y evitar la flexión de la guía transversal?

La guía transversal de la acepilladora de columna única está bien apoyada sobre anchas guías en cola de milano ajustadas con suplementos y es suficientemente capaz de soportar fuertes pasadas con resultados precisos (fig. 12-8).

15. ¿Cómo se regula la profundidad de pasada y el avance de las herramientas cortantes?

La caja de mandos de los avances (fig. 12-9) se halla situada en el extremo de la guía transversal correspondiente al lado del operario, lo que per-

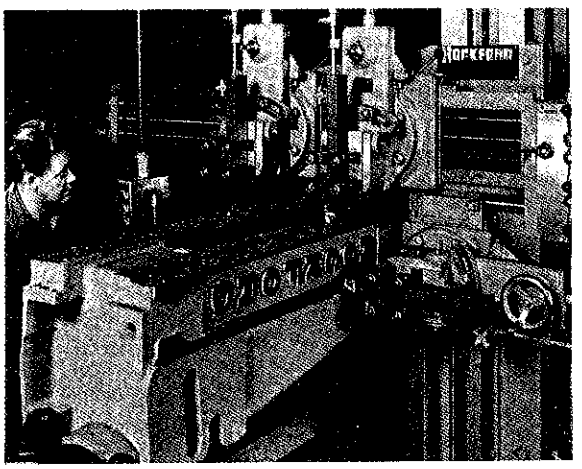


Fig. 12-8. Acepilladora de columna única mecanizando con precisión tres superficies (Rockford Machine Tool Co.)

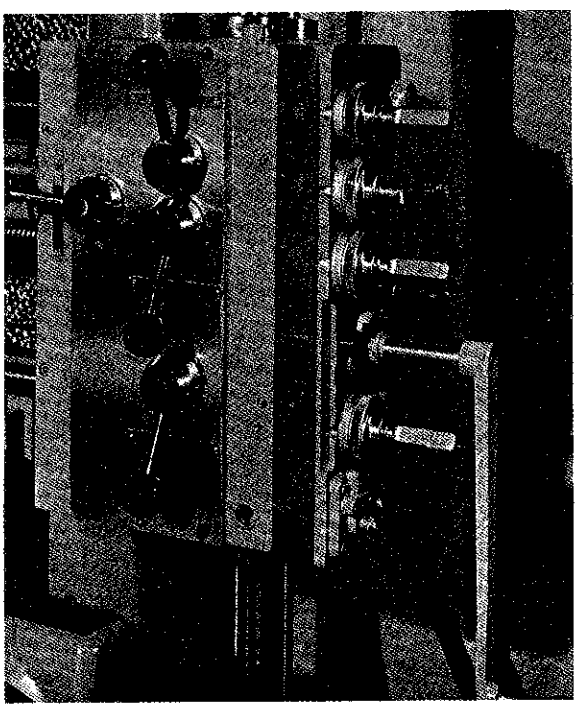


Fig. 12-9. Caja de mando de los cabezales (Rockford Machine Tool Co.)

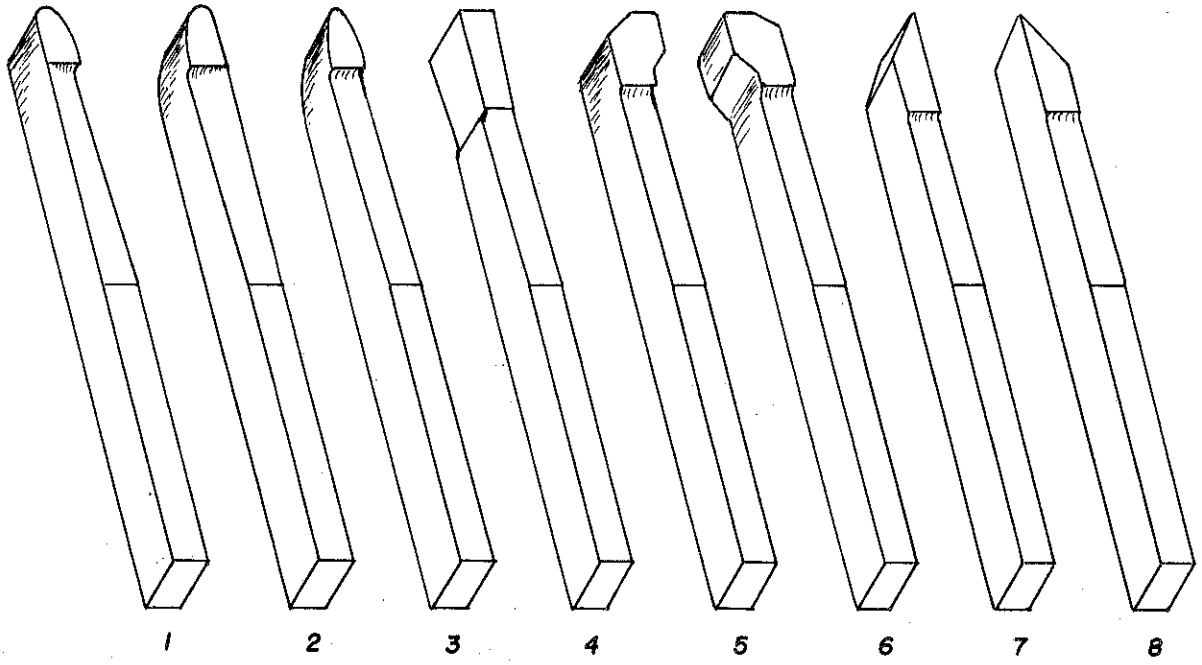


Fig. 12-10. Herramientas de acepilladora, del tipo de una sola pieza.

1. Cuchilla de desbaste a derecha
2. Cuchilla de desbaste a izquierda
3. Cuchilla de desbaste de punta redonda
4. Cuchilla de desbaste de punta cuadrada
5. Cuchilla de corte lateral a derecha
6. Cuchilla de corte lateral a izquierda
7. Cuchilla a derecha para colas de milano
8. Cuchilla a izquierda para colas de milano

mite que éste pueda regular los movimientos de los cabezales y efectuar la elección de los avances. El cabezal lateral es contrapesado para facilitar el movimiento vertical, lo mismo a mano que mecánicamente. Es posible mover transversalmente un cabezal sobre la guía, o el cabezal lateral, mientras los otros están trabajando.

16. ¿Cuáles son los tipos de cuchillas utilizadas en una acepilladora?

Las cuchillas de acepilladora pueden ser de una sola pieza, como las representadas en la figura 12-10, con filos de diferentes formas para adaptarse a las diversas modalidades de acepillado. También se usan pequeñas plaquitas insertadas en soportes de herramientas, como en la figura 12-11. Este tipo es preferido por algunos porque es más económico que un juego de cuchillas de una sola pieza, y a menudo es más conveniente. Otro tipo es la herramienta de acepillar en paquete (fig. 12-12); el paquete de cuchillas va sólidamente fijado al mango, pudiendo girar hasta un ángulo limitado por medio de un eje y manguito perfectamente ajustados, y, cuando se halla en el punto adecuado, se fija con dos collares roscados de acero, mientras que dos tornillos de tope hacen que el deslizamiento del paquete sea imposible.



Fig. 12-11. Soporte de herramienta (Armstrong Bros. Tool Co.)



Fig. 12-12. Herramienta de acepillar en paquete (Armstrong Bros. Tool Co.)

Este es graduado para facilitar la puesta en posición, a cualquier avance deseado, de un modo rápido y preciso. Así es posible mantener siempre la herramienta a la máxima velocidad de corte practicable en metales de varios grados de dureza. Como cada viruta es comparativamente pequeña, una acepilladora equipada con esta herramienta puede trabajar fácilmente con un avance y una profundidad de corte mucho mayores que cuando se usa una herramienta ordinaria, y existe mucha menos tendencia a la rotura al final de la pasada.

17. En los trabajos de acepilladora, ¿pueden aplicarse los sistemas de intercambio de herramientas de un solo filo?

Sí. Las herramientas de un solo filo intercambiables para trabajos en la acepilladora se desarrollaron para permitir el cambio de la cuchilla cuando se pasa a una operación diferente, sin necesidad de deshacer por completo la preparación. La figura 12-13 muestra un juego de 16 piezas que comprende cuchillas intercambiables para acepillar, el soporte de herramienta y el soporte para afilar la plaquita. Estas cuchillas son del tipo sin mango y tienen una serie de entallas en su parte inferior, las cuales ajustan en las que posee el soporte de herramienta. La cuchilla se sujeta en posición por medio de una brida de fijación; cuando se afloja esta brida, la cuchilla puede desplazarse a derecha o a izquierda en incrementos iguales al espaciado de las entallas.

18. Las herramientas intercambiables, ¿se fabrican de una sola medida?

Los soportes de herramienta y las cuchillas se fabrican en tres tamaños que se identifican con tres letras, E, G y J. La medida E es la más pequeña. Las cuchillas se fabrican de varias clases de acero rápido y, para fines especificados, reciben tratamiento térmico; también pueden tener plaquitas de metal duro insertadas.

19. ¿Cómo se sujetan las piezas en una acepilladora?

La pieza puede sujetarse en un tornillo de mordazas que haya sido fijado a la mesa, pero, por lo general, las piezas que son suficientemente pequeñas para sujetarse de este modo, se mecani-

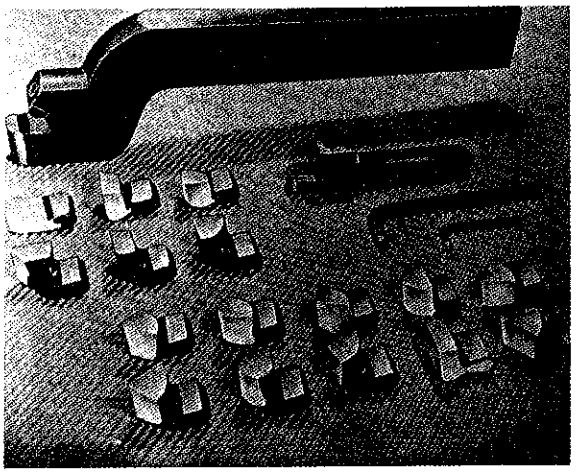


Fig. 12-13. Juego de cuchillas intercambiables, de un solo filo, con su soporte, el soporte para afilar y las llaves (The O. K. Tool Co.)

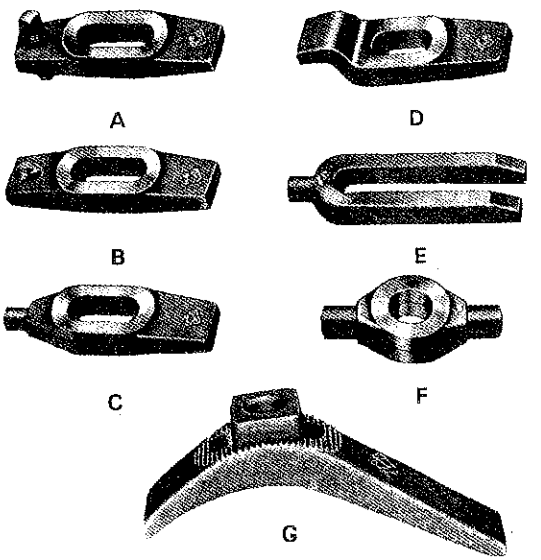


Fig. 12-14. Bridas de fijación. (A) de talón con tornillo; (B) de talón corriente; (C) de espiga; (D) de cuello de ganso; (E) en U; (F) de doble espiga; (G) universal ajustable (Armstrong Bros. Tool Co.)

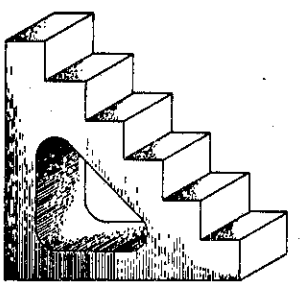


Fig. 12-15. Grueso escalonado.

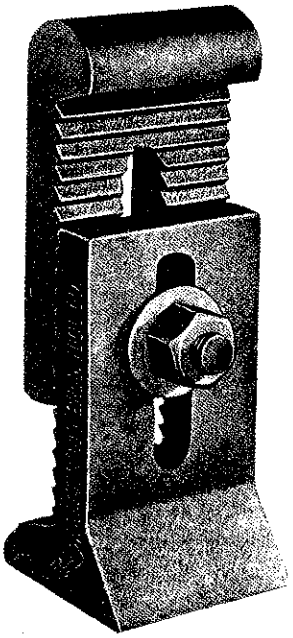


Fig. 12-16. Grueso ajustable (Armstrong Bros. Tool Co.)

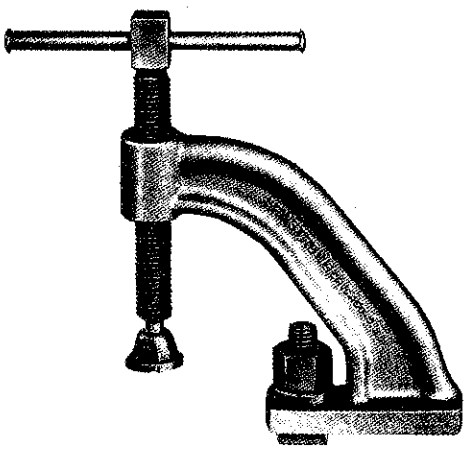


Fig. 12-17. Tornillo de ranura en T. (Armstrong Bros. Tool Co.)

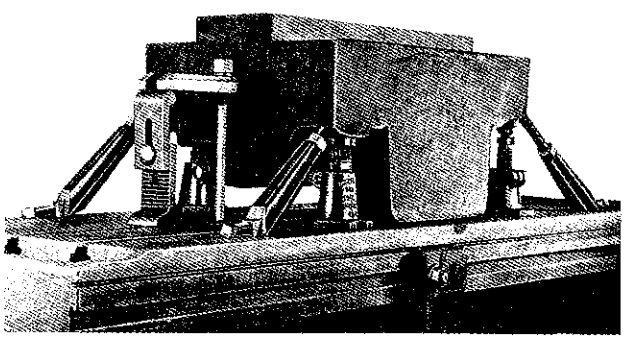


Fig. 12-18. Fijación y nivelación de una pieza mediante gatos y bridas de sujeción. (Armstrong Bos. Tool Co.)

zan en una limadora. El sistema más común de sujetar las piezas consiste en estacarlas directamente a la mesa de la acepilladora. Existen muchos tipos de bridas de sujeción adaptables a situaciones particulares; la figura 12-14 muestra varias de tales bridas. Un extremo de la brida va sobre la pieza y el otro extremo se apoya en un grueso escalonado (fig. 12-15) o en un grueso ajustable (fig. 12-16). Los gruesos de esta clase son preferidos a los trozos sobrantes de madera o de acero. Otro tipo de elemento de sujeción es el tornillo con ranura en T (fig. 12-17); la base de este fijador es atornillada fuertemente a la mesa cerca de la pieza, y luego el tornillo vertical es apretado firmemente contra la superficie de la misma pieza.

20. Indicar algunos de los dispositivos empleados para nivelar una pieza sobre la mesa.

Al objeto de tener la pieza a nivel sobre la mesa, es algunas veces necesario el uso de cuñas debajo de una o más de las esquinas de aquélla. En otras circunstancias, la pieza puede requerir soportes en algunos puntos, como en la figura 12-18. Puede observarse que los apoyos están constituidos por gatos verticales y de apuntalamiento (figs. 12-19, 12-20 y 12-21). Estos gatos reducen el tiempo requerido para preparaciones preliminares, comparado con el necesario para sujetar y adaptar gruesos o bloques elegidos al azar. La forma de los gatos de apuntalamiento evita el deslizamiento y permite fijarlos debajo de un canto o superficie inclinada sin peligro de resbalamiento lateral.

21. ¿Qué es una escuadra de acepilladora?

La escuadra de acepilladora (fig. 12-22) es un dispositivo que permite situar la herramienta de corte a la distancia requerida desde la mesa o desde una superficie acabada de la pieza. Ajustando la escuadra a un micrómetro, como en la figura 12-23, o a un compás de gruesos o gramil, y poniendo la herramienta de acepillar en contacto con ella, puede fijarse la primera pasada que dé la dimensión deseada (fig. 12-24). La deslizadera o cursor de la escuadra permite, con una prolongación, situar la herramienta entre las alturas de 1/4" y 8 1/2" (6 y 215 mm). Es conveniente que las superficies *C* y *D* (fig. 12-25) de esta desliza-

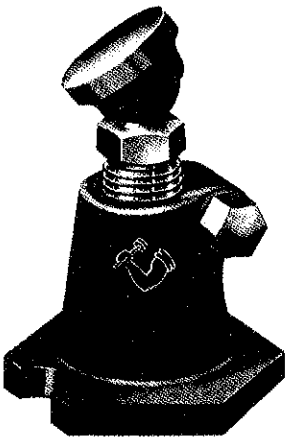


Fig. 12-19. Gato normal para acepilladora (Armstrong Bros. Tool Co.)

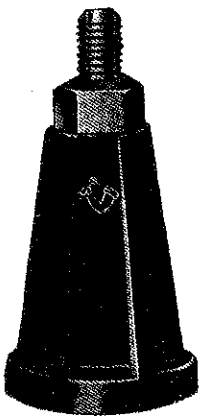


Fig. 12-20. Gato vertical (Armstrong Bros. Tool Co.)



Fig. 12-21. Gato de apuntalamiento (Armstrong Bros. Tool Co.)

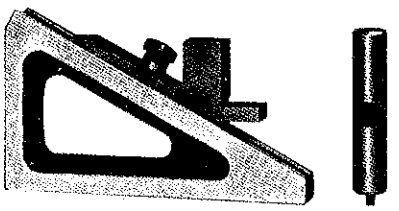


Fig. 12-22. Escuadra de acepilladora (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

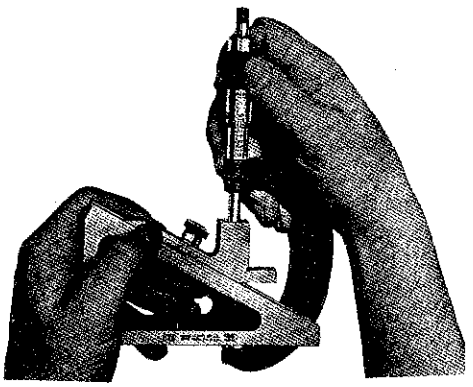


Fig. 12- 23. Ajuste a medida de una escuadra de acepilladora mediante un micrómetro (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

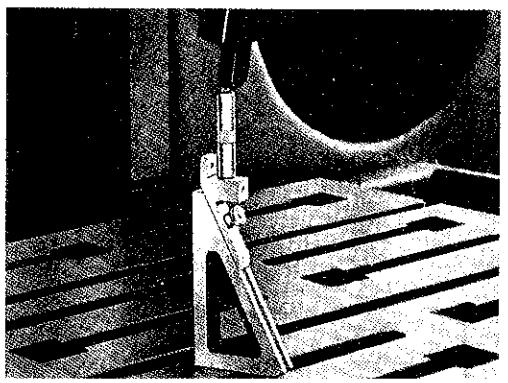


Fig. 12-24. Ajuste de la altura de la cuchilla con la escuadra de acepilladora (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

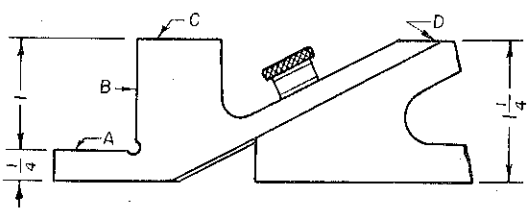


Fig. 12-25. Las superficies *C* y *D* de la deslizadera de la escuadra se encuentran en el mismo plano horizontal.

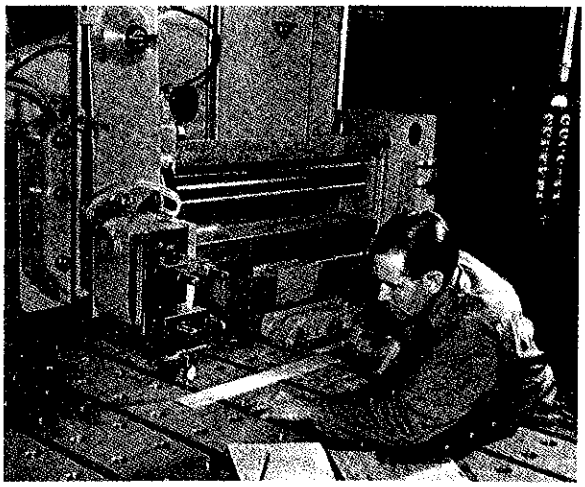


Fig. 12-26. Comparador fijado a la caja de herramienta para comprobar el paralelismo y la perpendicularidad del puente respecto a la mesa (Rockford Machine Tool Co.)

dera se encuentren en el mismo plano y separadas 1" (25 mm) del plano de la superficie *A*, ya que esta combinación simplifica muchas puestas a punto, especialmente para mediciones pequeñas; también es aconsejable que la prolongación que puede atornillarse en cualquiera de las tres superficies *A*, *B* o *C* del cursor, tenga una longitud de 2,5" (63,5 mm), puesto que así se simplifican las puestas a punto de la herramienta, particularmente en distancias elevadas.

22. Describir un método para asegurarse de que el puente es paralelo a la mesa.

Se fija un comparador en la caja de herramienta de modo que la punta establezca contacto con la superficie superior de la mesa y se observa si se produce alguna variación en la lectura de dicho

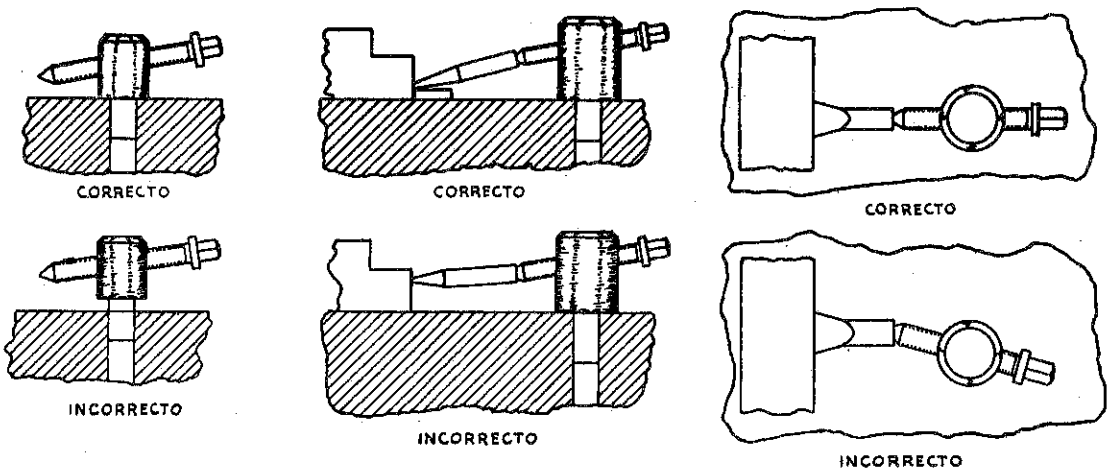


Fig. 12-27. Aplicación correcta e incorrecta de los topes de sujeción y pinzas.

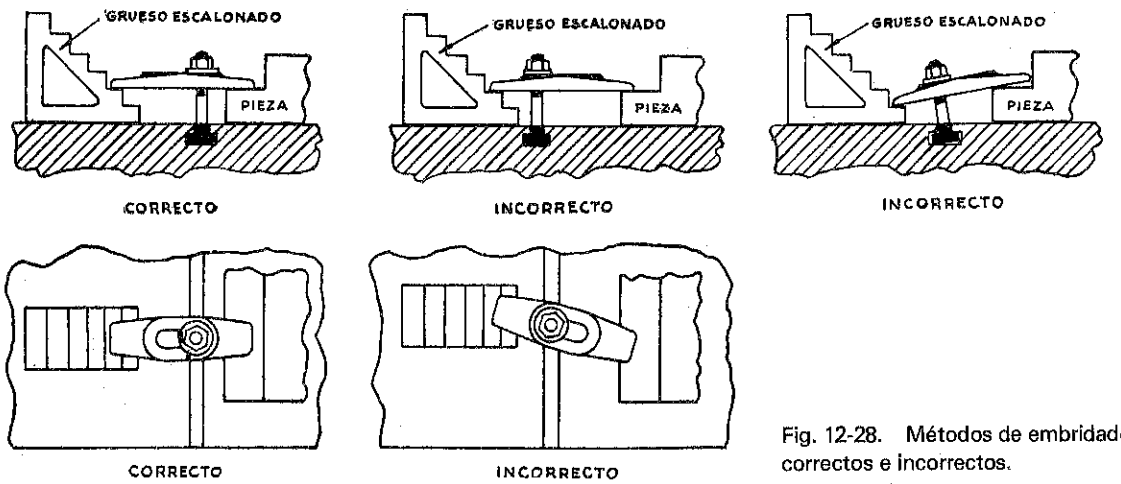


Fig. 12-28. Métodos de embridado correctos e incorrectos.

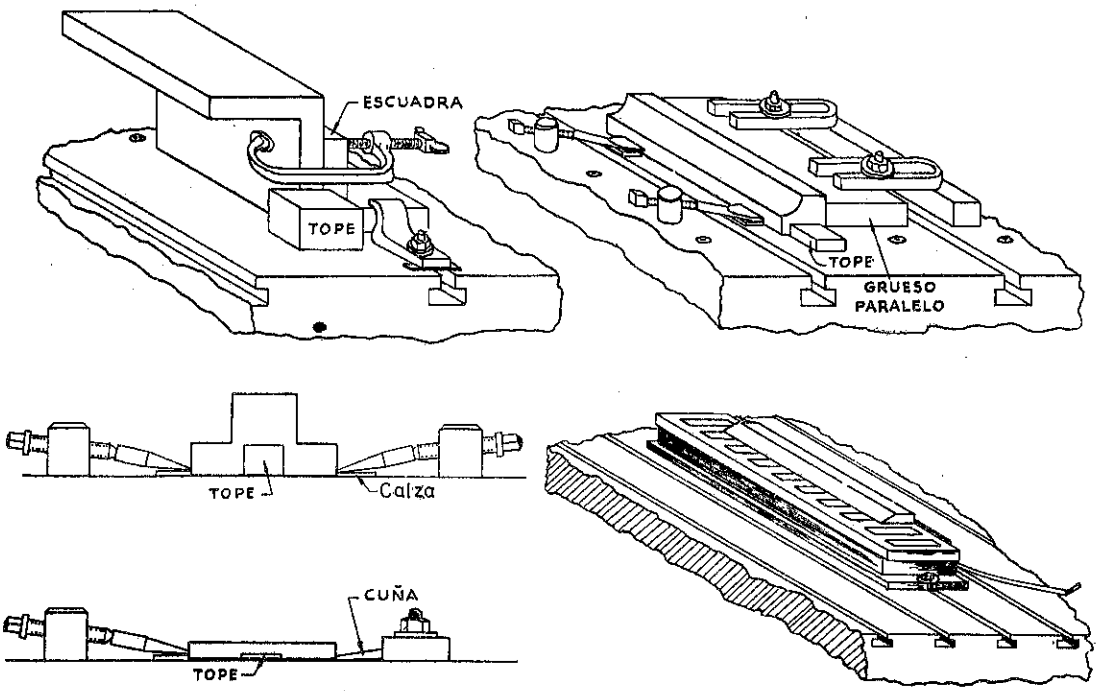


Fig. 12-29. Preparaciones para acepilladora.

instrumento mientras el cabezal de herramienta se mueve a lo largo del puente.

Este método se emplea también para comprobar la perpendicularidad del puente respecto a las ranuras longitudinales de la mesa (fig. 12-26).

23. Dar algunas indicaciones sobre el estacado de piezas a la mesa de la acepilladora.

Al efectuar la estacada de las piezas sobre la mesa de la acepilladora, el operario debe tener sumo cuidado en comprobar que la fijación, efectuada con bridas, pernos, pinzas, etc., es perfecta y segura.

Los elementos de fijación no deben colocarse encima de una parte acabada de la pieza, excepto en el caso de que esté protegida cubriéndola con una lámina de cobre, latón, papel duro, fibra, o de un material similar.

Las piezas delgadas y planas se sujetan mejor con tornillos y topes de fijación.

Compruébese que la pieza no se flexa al apretar las bridas o topes de fijación.

Con cada perno en T y tuerca debe ponerse una arandela. Hay que elegir los pernos de longitud adecuada.

Para todas las tuercas cuadradas y hexagonales debe usarse una llave de boca de la dimensión apropiada. No conviene utilizar una llave inglesa o ajustable.

Al colocar la pieza en posición, compruébese que no causa daño a la superficie acabada de la mesa de la acepilladora.

Conviene que exista holgura suficiente para el paso de la pieza por debajo del puente y entre montantes.

Las figuras 12-27 a 12-29 muestran algunos mé-

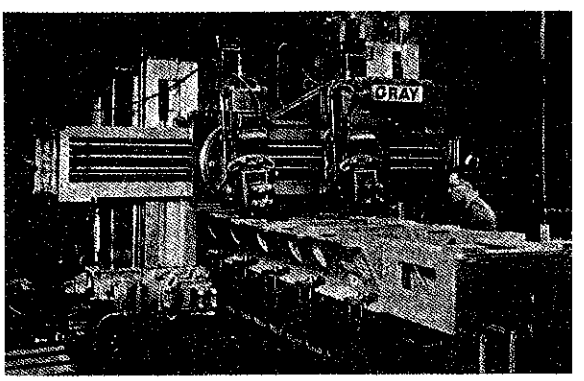


Fig. 12-30. Pieza fundida de grandes dimensiones firmemente estacada mediante bridas, topes y gatos de apuntalamiento (The G.A. Gray Company).

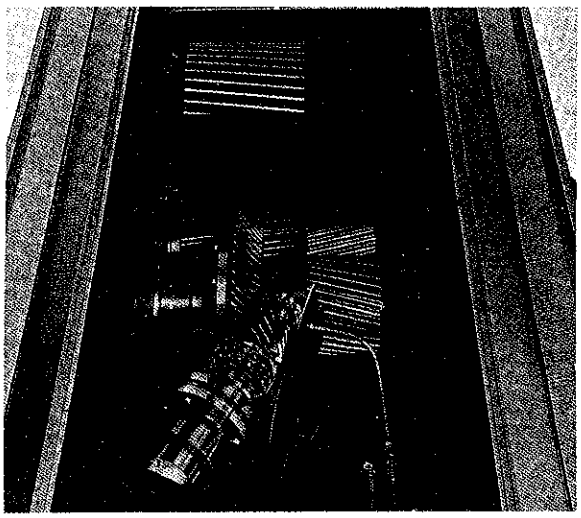


Fig. 12-31. Vista figurada del mecanismo de accionamiento poco voluminoso de una acepilladora de 72" x 30" (1,829 m x 0,762 m) (The G. A. Gray Company).

todos correctos e incorrectos de estacado de piezas a la mesa de la acepilladora.

24. ¿Es posible estacar piezas muy grandes a la mesa de la acepilladora aplicando los métodos expuestos?

Las piezas más grandes pueden estacarse a la mesa por medio de bridas de sujeción corrientes y en U siempre que tales piezas se hayan fijado firmemente con topes y gatos de apuntalamiento (fig. 12-30).

25. ¿Pueden variarse la velocidad y el avance de una acepilladora?

Durante muchos años la velocidad de la acepilladora ha sido invariable, no existiendo diferencia entre el caso de una pieza de material blando y el de una pieza de metal duro; la acepilladora sólo podía trabajar a una sola velocidad, aunque la carrera de retroceso era más rápida que la de mecanizado. Los recientes perfeccionamientos en los mecanismos de accionamiento de la acepilladora permiten variaciones en la velocidad, tanto para la carrera de trabajo como para la de retroceso (fig. 12-31).

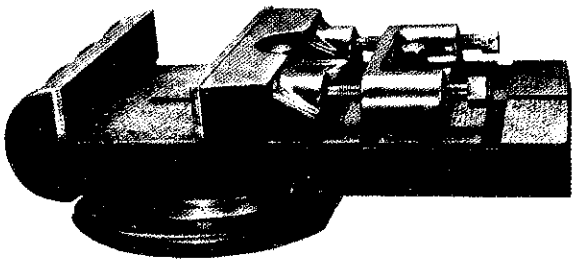


Fig. 12-32. Mordazas con doble tornillo. Sus piezas fundidas son de semiacero de alta resistencia. Las caras de las mordazas van provistas de placas de acero. La mordaza móvil es giratoria para poder sujetar piezas irregulares o angulares. La base es graduada hasta 90° a cada lado del centro. Existen también mordazas de este tipo con un solo tornillo (Rockford Machine Tool Co.)

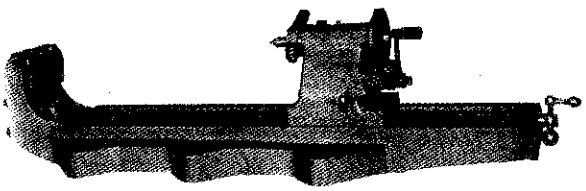


Fig. 12-33. Divisor con puntos de centro. Preciso y rígido. La clavija divisora ajustable registra mediante dos juegos de agujeros espaciados con precisión en la rueda helicoidal. El contrapunto es ajustable para piezas cónicas. La base puede ser atornillada a la mesa para trabajos en línea recta, o sujetada en un tornillo de mordazas para poder ajustarse a cualquier ángulo horizontal (Rockford Machine Tool Co.)

26. ¿Cuáles son los accesorios disponibles para trabajos en la acepilladora?

La acepilladora tiene los mismos accesorios que la limadora. El tornillo de mordazas, que es el más comúnmente usado, es de construcción robusta con dos tornillos para conferir una mayor fuerza de sujeción a la mordaza móvil (fig. 12-32). También puede disponerse de divisor con puntos de centro para trabajos en la acepilladora; a pesar de que es de construcción mucho más sencilla que el cabezal divisor para fresadora, este tipo de divisor es capaz de dividir la periferia de una pieza en divisiones espaciadas con precisión (fig. 12-33).

13. ENGRANAJES Y PROCESOS DE DENTADO

Un engranaje está constituido por ruedas dentadas que, al acoplarse unas con otras, sirven para transmitir el movimiento desde una parte de un mecanismo a otra. El diseño de los engranajes determina si la velocidad, o el sentido, del movimiento debe mantenerse o cambiarse.

Engranajes rectos

De los muchos tipos diferentes de engranajes, el más común es el engranaje recto.

1. ¿Qué es una rueda de dentado recto?

Es una rueda (fig. 13-1) con dientes tallados paralelos al eje de giro.

2. ¿Para qué se usan los engranajes rectos?

Los engranajes rectos se emplean para transmitir el movimiento de un eje a otro eje paralelo al primero.

Existen muchos conceptos corrientemente utilizados al tratar de los engranajes rectos; el conocimiento de los mismos es esencial para quienes diseñan o construyen tales engranajes (fig. 13-2).

3. ¿Qué es la circunferencia primitiva de una rueda dentada?

Es una circunferencia imaginaria que corta los dientes aproximadamente a la mitad de su altura, precisamente en el punto donde los dientes de una rueda establecen contacto con los de otra que engrana con la primera.

4. ¿Qué es el diámetro primitivo de una rueda dentada?

Es el diámetro de la circunferencia primitiva.

5. ¿Qué es el módulo, y qué es el paso diametral de un engranaje?

El módulo es la característica de magnitud, que viene a ser la unidad del sistema de engranajes normalizados. Es la relación entre el diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de

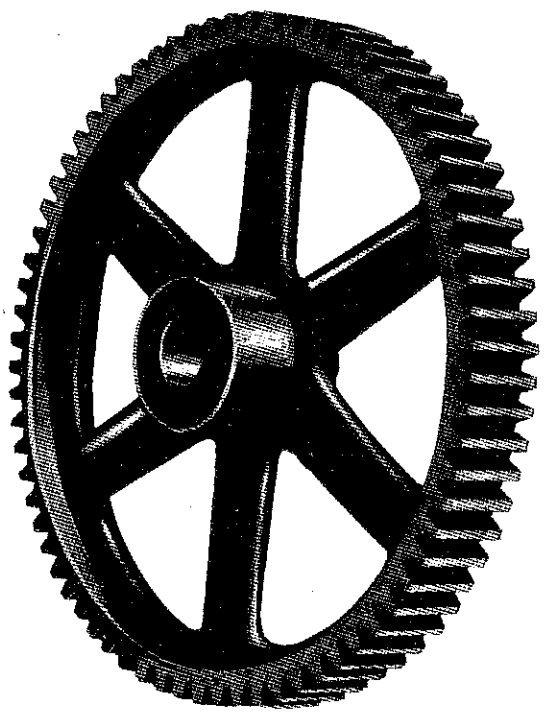


Fig. 13-1. Rueda de dentado recto.

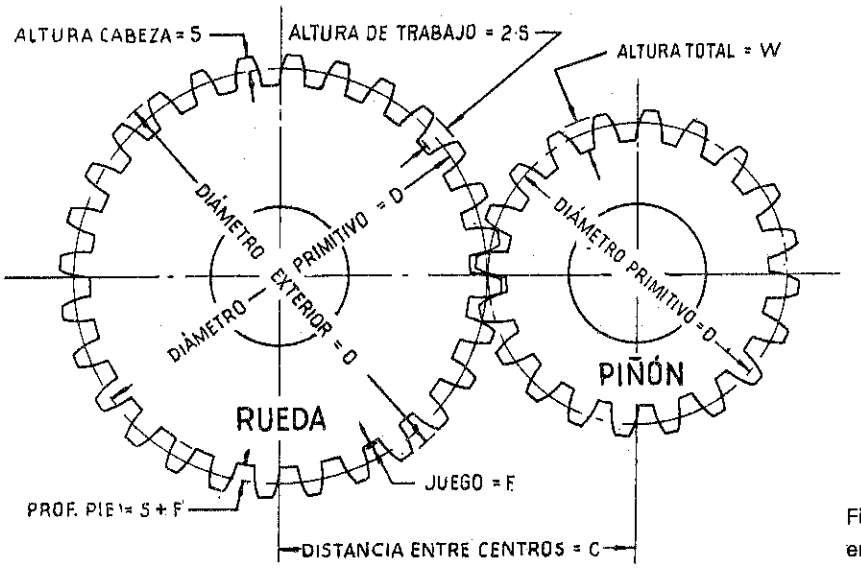


Fig. 13-2. Partes y símbolos de un engranaje recto.

dientes, representando, por tanto, el número de mm de diámetro primitivo que corresponde a cada diente. También es el corriente que resulta de dividir el paso en mm por π (3,1416).

En los paises que emplean como unidad de longitud la pulgada, en lugar del módulo, se usa el paso diametral (diametral pitch), que es un número que asimismo indica el tamaño de cada diente. Este número corresponde al número de dientes que hay en π (3,1416), medido sobre la circunferencia primitiva de la rueda.

El paso diametral es inversamente proporcional al módulo.

6. ¿Qué es el paso circular de una rueda dentada?

Es la longitud del arco de circunferencia primitiva comprendido entre ejes de dos dientes consecutivos, o mejor, entre los flancos homólogos de los mismos.

7. ¿Qué es el addendum, y qué es la cara del diente?

El addendum es la porción de diente que sobresale de la circunferencia primitiva, o bien, la distancia radial desde la circunferencia primitiva a la exterior; en los engranajes normales, el addendum es igual al módulo, o a 1/paso diametral.

La cara del diente es la superficie del mismo que se halla entre la circunferencia primitiva y la exterior.

8. ¿Qué es el dedendum de un diente de engranaje?

Es la porción de diente existente entre la circunferencia primitiva y la de fondo, o bien, la distancia radial entre ambas circunferencias. Es igual al addendum más un margen, de modo que, en los engranajes normales, equivale a 1,25 x módulo, o a 1,157/paso diametral.

9. ¿Qué es la circunferencia de fondo de una rueda dentada?

Es la circunferencia que forman los fondos de los espacios entre dientes.

10. ¿Qué es el diámetro exterior de una rueda de dentado recto?

Es la medida a la cual el material para obtener la rueda dentada debe tornearse antes de tallar los dientes. Es igual al diámetro primitivo más dos addendums.

11. ¿Qué es la profundidad del diente?

Es la distancia radial desde la circunferencia exterior a la de fondo. Es igual al addendum más el dedendum.

12. ¿Qué se entiende por espacio libre de fondo de un engranaje?

Los dientes de los engranajes están diseñados de modo que exista un pequeño espacio u holgura entre la cabeza de un diente de una rueda y el

fondo entre dientes de la rueda que engrana con aquella. Esta holgura elimina parte del rozamiento y proporciona espacio para la lubricación.

13. ¿Qué es la distancia entre centros de un engranaje?

Es la distancia medida desde el centro de una rueda dentada al centro de otra rueda que engrana con ella. Es igual a la mitad del diámetro primitivo de la primera rueda más la mitad del diámetro primitivo de la segunda.

14. ¿Cuál es el perfil de diente comúnmente aplicado en los engranajes rectos?

Por lo general, los dientes de los engranajes rectos son de perfil de evolvente.

15. ¿Qué es el ángulo de presión en los dientes de evolvente?

El ángulo de presión es el ángulo según el cual se aplica y distribuye la presión de un diente sobre otro (fig. 13-3). La medida de este ángulo puede ser de 14,5°, pero, modernamente, es más normal el ángulo de presión de 20°.

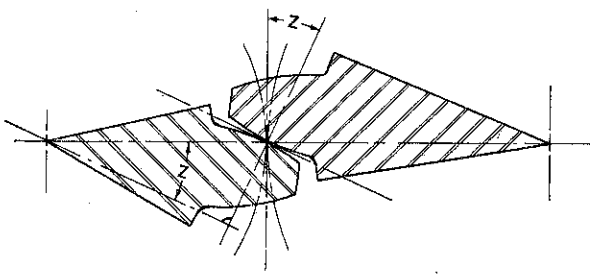


Fig. 13-3. El ángulo de presión de los dos dientes que engranan es *Z*.

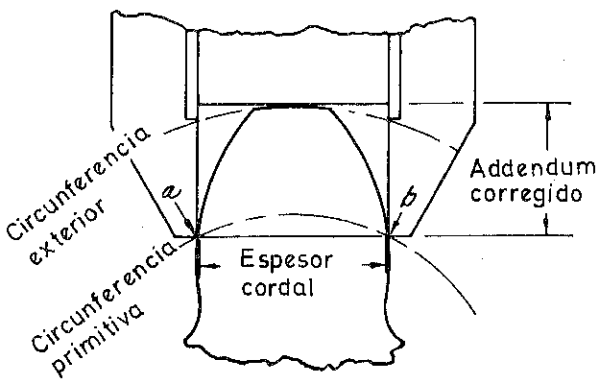


Fig. 13-4. Espesor cordal y addendum corregido de un diente de engranaje.

16. ¿Qué es un diente "stub" o corto?

Es un diente más grueso en proporción a su longitud que el diente de evolvente. No funciona tan suavemente como el diente normal, pero se prefiere cuando la resistencia es lo más importante.

17. ¿Cuáles son las proporciones de un diente corto?

El diente corto o "stub" se obtiene combinando dos medidas de diente, esto es, dos pasos diametrales (o dos módulos). Una medida se usa para determinar el espesor del diente, y la otra, para determinar su longitud. Por ejemplo, un diente de paso 4/6 tendría el espesor de un diente de paso diametral 4 y la longitud de un diente de paso diametral 6. El ángulo de presión del diente corto es siempre de 20°.

18. ¿Qué es el espesor cordal de un diente de engranaje?

Es la distancia en línea recta (cuerda) desde un flanco de un diente al otro flanco, medida en los puntos en que la circunferencia primitiva atraviesa el diente (fig. 13-4).

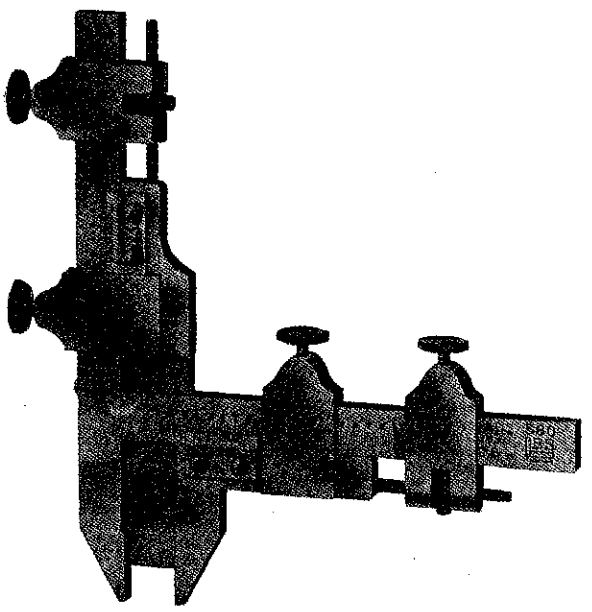


Fig. 13-5. Pie de rey para dientes de engranajes (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

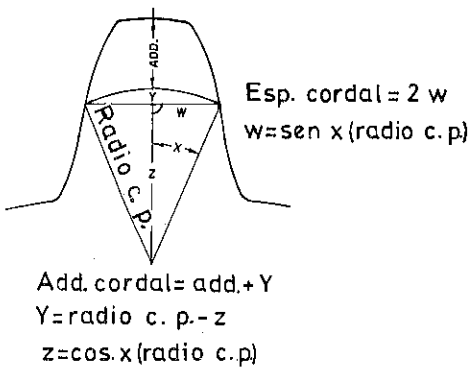


Fig. 13-6. Fórmulas para calcular las dimensiones del espesor cordal y del addendum corregido.

19. ¿Qué és el addendum corregido de un diente de engranaje?

El addendum corregido, o addendum cordal, es la distancia radial desde la cuerda que da el espesor cordal a la circunferencia exterior (ver fig. 13-4).

20. ¿Con qué finalidad se usan el espesor cordal y el addendum corregido?

Estas dimensiones se usan para medir el tamaño del diente. El espesor de éste varía desde la cabeza a la raíz. El espesor en la recta primitiva se ha elegido porque su situación es fácil de hallar

Paso diametral	Parte del diente a medir	Número de la fresa y número correspondiente de dientes en la rueda							
		NO. 1 135 D	NO. 2 55 D	NO. 3 35 D	NO. 4 26 D	NO. 5 21 D	NO. 6 17 D	NO. 7 14 D	NO. 8 12 D
1	Addendum corregido	1.0047	1.0112	1.0176	1.0237	1.0294	1.0362	1.0440	1.0514
	Espesor cordal	1.5707	15.706	1.5702	15.698	1.5694	1.5686	1.5675	1.5663
2	Addendum corregido	0.5023	0.5056	0.5088	0.5118	0.5147	0.5181	0.5220	0.5257
	Espesor cordal	0.7853	0.7853	0.7851	0.7849	0.7847	0.7843	0.7837	0.7831
3	Addendum corregido	0.3349	0.3370	0.3392	0.3412	0.3431	0.3454	0.3480	0.3504
	Espesor cordal	0.5235	0.5235	0.5234	0.5232	0.5231	0.5228	0.5225	0.5221
4	Addendum corregido	0.2511	0.2528	0.2544	0.2559	0.2573	0.2590	0.2610	0.2628
	Espesor cordal	0.3926	0.3926	0.3926	0.3924	0.3923	0.3921	0.3919	0.3915
5	Addendum corregido	0.2009	0.2022	0.2035	0.2047	0.2058	0.2072	0.2088	0.2102
	Espesor cordal	0.3141	0.3141	0.3140	0.3139	0.3138	0.3137	0.3135	0.3132
6	Addendum corregido	0.1674	0.1685	0.1696	0.1706	0.1715	0.1727	0.1740	0.1752
	Espesor cordal	0.2618	0.2617	0.2617	0.2616	0.2615	0.2614	0.2612	0.2612
7	Addendum corregido	0.1435	0.1444	0.1453	0.1462	0.1470	0.1480	0.1491	0.1502
	Espesor cordal	0.2244	0.2243	0.2243	0.2242	0.2242	0.2240	0.2239	0.2237
8	Addendum corregido	0.1255	0.1264	0.1272	0.1279	0.1286	0.1295	0.1305	0.1314
	Espesor cordal	0.1963	0.1963	0.1962	0.1962	0.1961	0.1960	0.1959	0.1957
10	Addendum corregido	0.1004	0.1011	0.1017	0.1023	0.1029	0.1036	0.1044	0.1051
	Espesor cordal	0.1570	0.1570	0.1570	0.1569	0.1569	0.1568	0.1567	0.1566
12	Addendum corregido	0.0837	0.0842	0.0848	0.0853	0.0857	0.0863	0.0870	0.0876
	Espesor cordal	0.1309	0.1309	.01308	0.1308	0.1308	0.1307	0.1306	0.1305
14	Addendum corregido	0.0717	0.0722	0.0726	0.0731	0.0735	0.0740	0.0745	0.0751
	Espesor cordal	0.1122	0.1122	0.1121	0.1121	0.1121	0.1120	0.1119	0.1118
16	Addendum corregido	0.0628	0.0632	0.0636	0.0639	0.0643	0.0647	0.0652	0.0657
	Espesor cordal	0.0981	0.0981	0.0981	0.0981	0.0980	0.0980	0.0979	0.0979

Fig. 13-7. Dimensiones en pulgadas del addendum corregido y del espesor cordal.

T = espesor según la cuerda H = altura de la cabeza

Módulo	NUMERO DE DIENTES															
	12		14		17		21		26		35		55		135	
	H	*T*	*H*	*T*	*H*	*T*	*H*	*T*	*H*	*T*	*H*	*T*	*H*	*T*	*H*	*T*
1	0,80	1,57	0,79	1,57	0,78	1,57	0,78	1,57	0,77	1,57	0,77	1,57	0,76	1,57	0,75	1,57
1,25	1,01	1,96	1,00	1,96	0,99	1,96	0,99	1,96	0,98	1,96	0,97	1,96	0,96	1,96	0,96	1,96
1,5	1,23	2,35	1,22	2,35	1,20	2,35	1,19	2,35	1,18	2,35	1,18	2,35	1,17	2,36	1,16	2,36
1,75	1,39	2,74	1,38	2,74	1,36	2,74	1,35	2,75	1,34	2,75	1,33	2,75	1,32	2,75	1,31	2,75
2	1,60	3,13	1,59	3,13	1,57	3,14	1,56	3,14	1,55	3,14	1,53	3,14	1,52	3,14	1,51	3,14
2,25	1,84	3,52	1,80	3,53	1,78	3,53	1,77	3,53	1,75	3,53	1,74	3,53	1,73	3,53	1,71	3,53
2,5	2,03	3,92	2,01	3,92	1,99	3,92	1,97	3,92	1,96	3,92	1,94	3,92	1,93	3,93	1,91	3,93
2,75	2,20	4,31	2,17	4,31	2,15	4,31	2,13	4,32	2,11	4,32	2,10	4,32	2,08	4,32	2,06	4,32
3	2,40	4,70	2,38	4,70	2,36	4,71	2,34	4,71	2,32	4,71	2,30	4,71	2,28	4,71	2,26	4,71
3,25	2,62	5,09	2,59	5,09	2,57	5,10	2,54	5,10	2,53	5,10	2,51	5,10	2,49	5,10	2,46	5,10
3,5	2,83	5,48	2,80	5,49	2,78	5,49	2,75	5,49	2,73	5,49	2,71	5,50	2,69	5,50	2,67	5,50
3,75	2,99	5,87	2,96	5,88	2,94	5,88	2,91	5,88	2,89	5,89	2,87	5,89	2,84	5,89	2,82	5,89
4	3,21	6,26	3,18	6,27	3,14	6,27	3,12	6,28	3,09	6,28	3,07	6,28	3,04	6,28	3,02	6,28
4,25	3,42	6,66	3,39	6,66	4,35	6,67	4,32	6,67	4,30	6,67	4,27	6,67	4,25	6,67	4,22	6,68
4,5	3,63	7,05	3,60	7,05	3,56	7,06	3,53	7,06	3,51	7,06	3,48	7,07	3,45	7,07	3,43	7,07
4,75	3,79	7,44	3,76	7,45	3,72	7,45	3,69	7,45	3,66	7,46	3,63	7,46	3,60	7,46	3,57	7,46
5	4,01	7,83	3,97	7,84	3,94	7,84	3,90	7,85	3,87	7,85	3,84	7,85	3,81	7,85	3,77	7,85

Fig. 13-7 bis. Dimensiones en milímetros de los dientes con perfil rebajado.

y su medición y cálculo pueden hacerse con precisión.

21. ¿Cómo se mide el espesor cordal de un diente de engranaje?

El espesor cordal se mide con un pie de rey para dientes de engranajes como el representado en la figura 13-5. La regla vertical se ajusta para la medición del addendum cordal y luego el pie de rey se coloca sobre el diente, a fin de medir el espesor cordal con la regla horizontal.

22. ¿Cómo se determinan las dimensiones del espesor cordal y del addendum corregido?

Estas dimensiones pueden calcularse según se indica en la figura 13-6. Sin embargo, se acostumbra a usar una tabla similar a la de las figuras 13-7 y 13-7 bis.

Cremallera

23. ¿Qué es una cremallera?

Es una barra recta con dientes tallados sobre una superficie plana (fig. 13-8). Por lo general, se usa barra rectangular, pero también puede tallarse una cremallera sobre un eje redondo.

24. ¿Para qué sirve una cremallera?

La cremallera, cuando engrana con una rueda dentada, convierte un movimiento de rotación en un movimiento alternativo.

25. ¿Cuáles son las definiciones empleadas para las ruedas dentadas que son idénticas para las cremalleras?

Paso diametral o módulo, addendum, dedendum, profundidad del diente, espacio libre de fondo y ángulo de presión.

26. ¿Qué es la línea primitiva de una cremallera?

Es una recta imaginaria que pasa a través de los dientes separando el addendum del dedendum

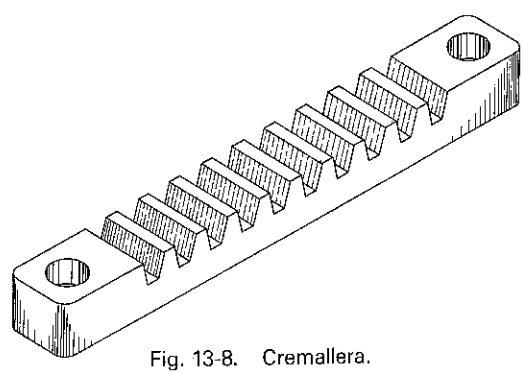


Fig. 13-8. Cremallera.

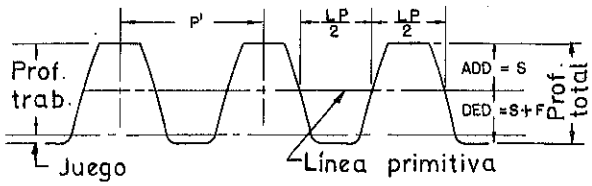


Fig. 13-9. Partes y símbolos de una cremallera.

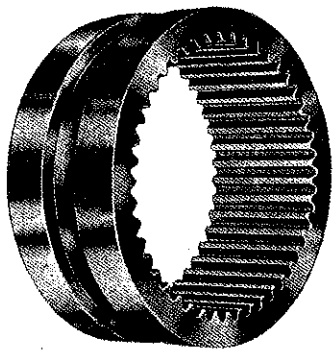


Fig. 13-10. Rueda con dentado interior (Philadelphia Gear Works)

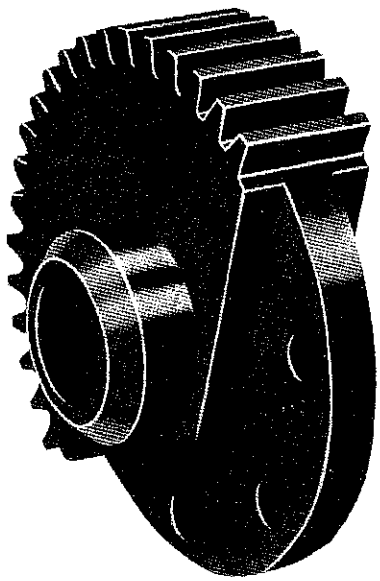


Fig. 13-11. Sector dentado (Boston Gear Works)

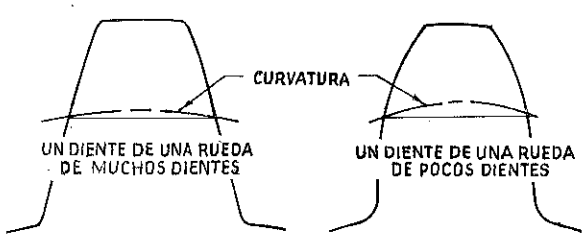


Fig. 13-12. Variaciones en la curvatura de los dientes.

(fig. 13-9). Corresponde a la circunferencia primitiva de una rueda dentada.

27. ¿Qué es el paso lineal de una cremallera?

Es la distancia desde el centro de un diente al centro del diente siguiente; corresponde al paso circular, o simplemente paso, de una rueda dentada.

28. ¿Qué dimensiones se emplean para determinar el tamaño de un diente de cremallera?

El espesor de un diente y el espacio entre dos dientes son iguales si se miden sobre la circunferencia primitiva o sobre la línea primitiva; siendo esta última una recta, no es necesario calcular la longitud de una cuerda, sino que basta dividir el paso por 2. Las dimensiones que se requieren para medir un diente de cremallera son el addendum y la mitad del paso. Puede usarse el pie de rey para dientes de engranajes para medir un diente de cremallera del mismo modo que se aplica a la medición de un diente de rueda dentada.

Dentado interior

29. ¿Qué es una rueda con dentado interior?

Una rueda dentada interiormente (fig. 13-10) es la que tiene los dientes tallados en la superficie interior del aro, en lugar de tenerlos tallados en la superficie exterior del mismo.

30. ¿Qué es el diámetro interior de una rueda de dentado interior?

Es la medida del agujero a mandrinar antes de tallar los dientes; es igual al diámetro primitivo menos dos addendums.

Particularidades de los engranajes

31. ¿Qué es un sector dentado?

Un sector dentado (fig. 13-11) es una rueda que sólo tiene dientes en una parte de su periferia. Se emplea para transmitir fuerza de un modo intermitente; esto es, cada vez que el sector da una vuelta, hará que la rueda que engrana con él gire únicamente cuando los dientes de uno y otra estén en contacto, permaneciendo inmóvil mientras

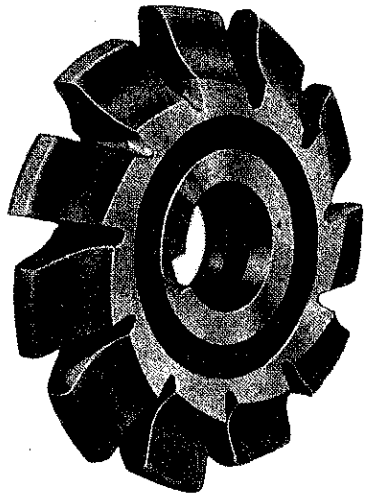


Fig. 13-13. Fresa para tallar dientes de evolvente (Pratt & Whitney Co.)

Fresa N.°	N.° de dientes de la rueda
1	135 a la cremallera
2	55 a 134
3	35 a 54
4	26 a 34
5	21 a 25
6	17 a 20
7	14 a 16
8	12 a 13

Fig. 13-14. Relación de fresas para engranajes.

pasa ante ella la parte no dentada del sector. El sector de la figura tiene solo 20 dientes de los 40 que podría tener si toda su periferia estuviese dentada. Si tal sector engrana con una rueda que tenga 60 dientes, ésta sólo dará 1/3 de vuelta cada vez que aquél dé una vuelta completa (quedando la rueda inactiva durante el periodo de tiempo correspondiente). El movimiento intermitente en línea recta puede obtenerse haciendo engranar un sector dentado con una cremallera.

32. Todas las ruedas que engranan entre sí, ¿tienen siempre dientes de perfil idéntico?

No. Las ruedas que engranan tienen siempre dientes del mismo módulo o paso diametral, pero, a pesar de ser similares en aspecto, los dientes sólo son idénticos cuando las ruedas que engranan son del mismo tamaño. El perfil curvo del diente varía de acuerdo con el número de dientes de cada rueda.

33. ¿Por qué no son de perfil idéntico todos los dientes de una medida dada?

Para que el funcionamiento sea eficiente, la curvatura del flanco del diente debe obtenerse en proporción a la curvatura del segmento de circunferencia primitiva contenido en el diente. Cuando se trata de una rueda de pocos dientes, o sea, de un piñón, la curvatura del segmento es bastante grande en comparación con la correspondiente a una rueda de muchos dientes (fig. 13-12).

Tallado de dientes de engranajes

34. ¿Se emplean fresas de diferentes perfiles para tallar dientes de una medida dada?

Sí. Por ejemplo, para tallar dientes de engranajes en la fresadora con una fresa para dentado de evolvente (fig. 13-13), puede utilizarse cualquiera de las que constituyen una serie de ocho diferentes, para una medida de diente. La elección de la fresa a utilizar depende del número de dien-

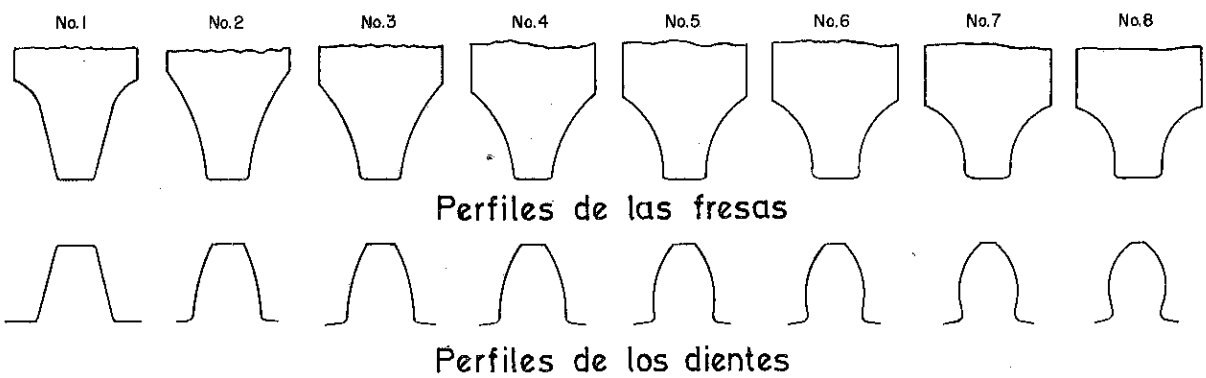


Fig. 13-15. El perfil de los dientes de engranajes varía con el número de la fresa utilizada para tallarlos.

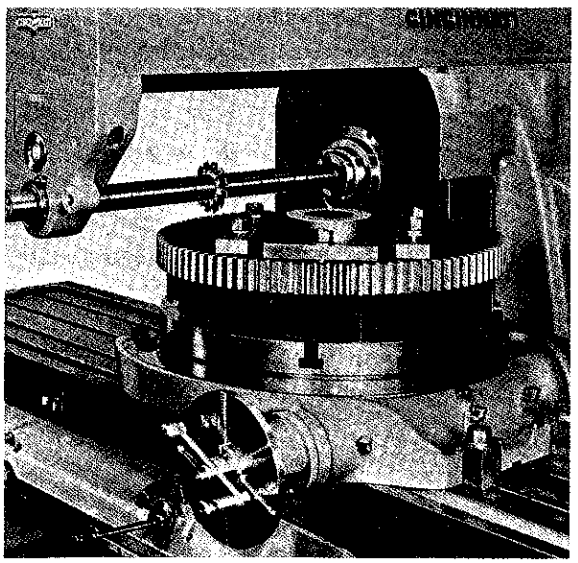


Fig. 13-16. Tallado de dientes de engranaje en una fresadora (Cincinnati Milling Machine Co.)

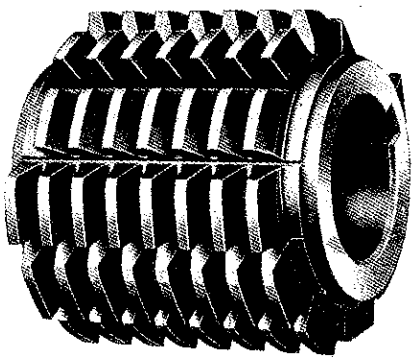


Fig. 13-17. Fresa-madre para tallar dientes de engranajes (Pratt & Whitney Co.)

tes de la rueda (fig. 13-14), así como del tamaño del diente. La figura 13-15 muestra el perfil de cada una de las ocho fresas y, debajo de ellos, el del diente correspondiente. Cuando se pida al departamento de utillaje una fresa para dientes de evolvente, llamada generalmente *fresa de módulo,* debe estarse seguro de que se requiere la de número y medida correctos.

35. ¿Cuáles son los métodos principales de tallar dientes de engranajes rectos?

Los dientes de engranajes rectos pueden tallarse de diente en diente en una fresadora (fig. 13-16), utilizando una fresa de módulo del tipo representado en la figura 13-13.

Otro método consiste en tallar los dientes con una fresa múltiple llamada *fresamadre* (fig. 13-17), la cual se emplea en una máquina especial de tallar engranajes con fresa-madre (fig. 13-18). La pieza en bruto se sujeta en un husillo vertical, como en la figura 13-30. En la figura 13-19 se aprecia, en vista de detalle, el tallado de varias ruedas dentadas a la vez.

Un tercer método estriba en tallar los dientes, sucesivamente y sin interrupción, en una máquina mortajadora especial para engranajes (fig. 13-20). Esta máquina emplea una herramienta, que recibe el nombre de piñón mortajador, rueda cuchilla o rueda Fellows, a la que se da un movimiento alternativo similar al de una herramienta de limadora; la forma de esta herramienta es la que se apre-

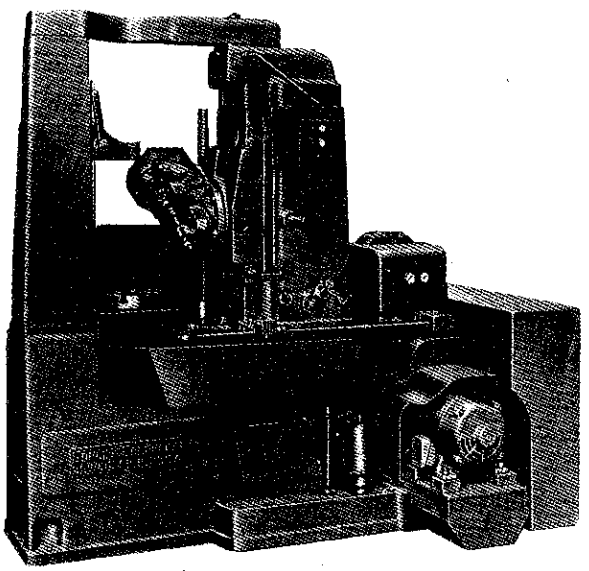


Fig. 13-18. Máquina especial para tallar engranajes con fresa-madre (Gould & Eberhardt, Inc.)

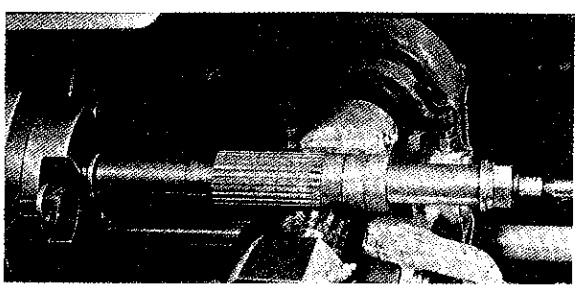


Fig. 13-19. Tallado de ocho ruedas dentadas a la vez en una máquina que usa la fresa-madre (Gould & Eberhardt, Inc.)

cia en la figura 13-21. En la figura 13-22 se representan el piñón mortajador y la pieza girando conjuntamente en la dirección de las flechas; los varios perfiles dibujados indican las diversas posiciones que el filo cortante ocupa para cada carrera sucesiva de la herramienta, representando la distancia entre dos perfiles adyacentes en cualquier punto, el espesor de la viruta en tal punto.

Abreviaturas y fórmulas

36. ¿Cuáles son las abreviaturas que se emplean en las fórmulas relativas a engranajes rectos?

- **a = addendum**
- **C = distancia entre centros**
- **e_c = espesor cordal**
- **p = paso circular**
- **c = espacio libre de fondo**
- **a_c = addendum corregido o addendum cordal**
- **b = a + c = dedendum**
- **P = paso diametral**
- **m = módulo**
- **d_f = diámetro de fondo**
- **L = longitud de cremallera**
- **P_L = paso lineal**
- **z = número de dientes**
- **z_r = número de dientes de la rueda**
- **z_p = número de dientes del piñón**
- **d_e = diámetro exterior**
- **d = diámetro primitivo**
- **Z = ángulo de presión**
- **h = profundidad del diente**

37. ¿Cuáles son las fórmulas que se usan en el cálculo de las dimensiones de los engranajes rectos?

***Addendum #**	$a = m = 1/P$
Distancia entre centros	$C = 0{,}5\,(z_r + z_p)\,m = \frac{z_r + z_p}{2P}$
Distancia entre centros	$C = \frac{d_r + d_p}{2}$
Paso circular #	$p = \pi m = \frac{3{,}1416}{P}$
***Espacio libre de fondo #**	$c = 0{,}25\,m = 0{,}157/P$
***Dedendum #**	$b = 1{,}25\,m = 1{,}157/P$
Paso diametral #	$P = 3{,}1416/p = 25{,}4/m$
Módulo #	$m = p/\pi = 25{,}4/P$
Paso diametral	$P = \frac{z + 2}{d_e}$
Módulo	$m = \frac{2C}{z_r + z_p}$
Paso diametral #	$P = z/d$
Módulo #	$m = d/z$
Número de dientes #	$z = d/m = P \times d$
Diámetro exterior	$d_e = (z + 2)\,m = \frac{z + 2}{P}$
Diámetro exterior	$d_e = d + 2a$
Diámetro primitivo #	$d = z \times m = \frac{z}{P}$
Diámetro primitivo	$d = d_e - 2a$
***Profundidad del diente #**	$h = 2{,}25 \times m = \frac{2{,}157}{P}$
***Profundidad del diente**	$h = 0{,}6866 \times p$

* Se aplica también a las cremalleras.
\# Se utiliza también para dentados interiores.

38. ¿Cuáles son las fórmulas que, además de las señaladas con un asterisco en la pregunta 37, se usan para calcular las dimensiones de las cremalleras?

Paso diametral	$P = 3{,}1416/p_L$
Módulo	$m = p_L/3{,}1416$
Longitud de cremallera	$L = z \times p_L$
Paso lineal	$p_L = 3{,}1416/P = 3{,}1416 \times m$

39. ¿Cuáles son las fórmulas que, además de las señaladas con # en la pregunta 37, se emplean en

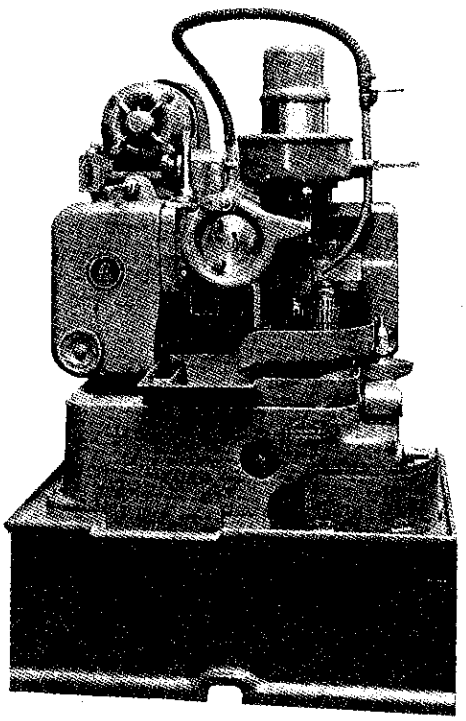


Fig. 13-20. Mortajadora para engranajes (Fellows Gear Shaper Co.)

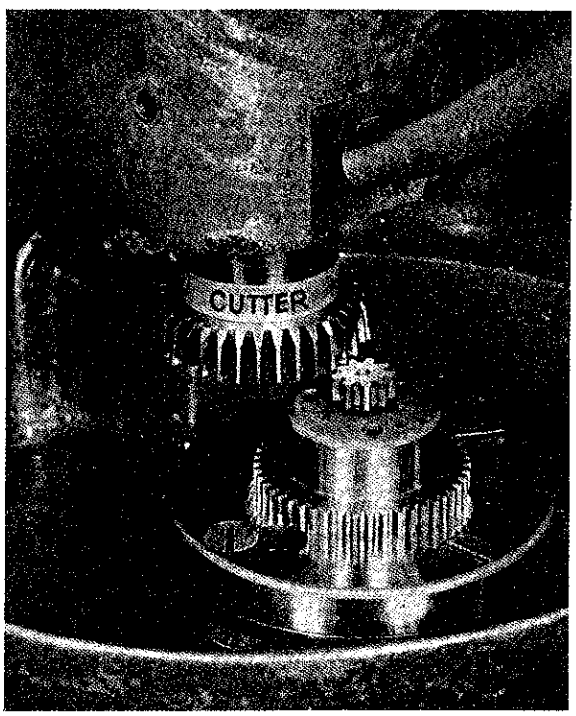


Fig. 13-21. El piñón mortajador se parece a una rueda dentada (Fellows Gear Shaper Co.)

el cálculo de las dimensiones de un dentado interior?

Distancia entre centros $C = 0{,}5\,(z_r - z_p)\,m = \frac{z_r - z_p}{2P}$

Paso diametral $P = \frac{z_r - z_p}{2C}$

Módulo $m = \frac{2C}{z_r - z_p}$

Diámetro interior $d_i = (z-2)\,m = \frac{z-2}{P}$

40. ¿Cuáles son las dimensiones necesarias para dibujar y mecanizar engranajes rectos?

1. Diámetro primitivo
2. Addendum
3. Dedendum
4. Diámetro del agujero de la rueda
5. Chavetero
6. Cara o anchura
7. Diámetro exterior
8. Paso
9. Número de dientes
10. Espesor cordal
11. Addendum cordal

41. Calcular las dimensiones requeridas para dibujar y mecanizar un engranaje de dos ruedas de dentado recto. La distancia entre centros es 3,9" (99 mm); la relación de transmisión es 2:1, y pueden elegirse el diámetro del agujero, el ancho de la llanta y el paso.

La suma de los dos diámetros primitivos es igual a la distancia entre centros multiplicada por dos,

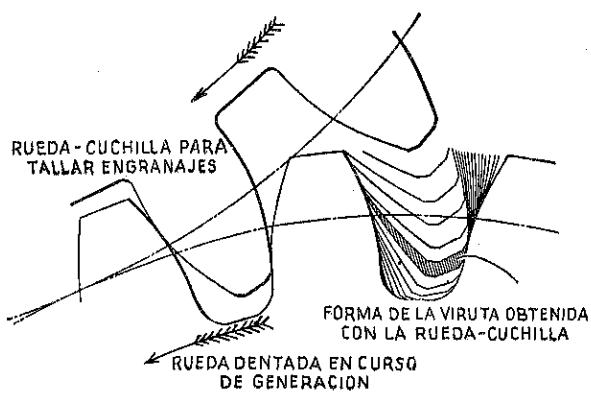


Fig. 13-22. Acción de corte de un piñón mortajador de engranajes (Fellows Gear Shaper Co.)

con lo que resulta 3,9x2 = 7,8", o bien, 99x2 = 198 mm. El diámetro primitivo de la rueda grande es igual a 2/3 de 7,8", o a 2/3 de 198 mm, obteniéndose 15,6/3 = 5,2", o bien, 396/3 = 132 mm; y el diámetro primitivo de la rueda pequeña vale 1/3 de 7,8", o bien, 1/3 de 198 mm, lo que da 2,6", o bien, 66 mm.

El tamaño del diente, o paso, depende de la rueda pequeña o piñón. A fin de evitar partes fraccionarias de un diente en una rueda, cuando las medidas son en pulgadas se elige primero para el paso el denominador de la fracción en que viene dado el diámetro primitivo que, en este caso, es 10; tomando, pues, este número como paso diametral, y aplicando las fórmulas, se tiene:

Addendum = 1/10 = 0,100"
Dedendum = 1,157/10 = 0,1157"

Operando con milímetros, podríamos elegir un módulo de 2,5, con lo que resultaría:

Addendum = 2,5 mm
Dedendum = 1,25 x 2,5 = 3,125 mm

Después de elegir el diámetro del agujero, por ejemplo, 1,250" (32 mm) para la rueda y 0,750" (19 mm) para el piñón, la medida de los chaveteros puede encontrarse en las tablas 18 y 18 bis del Apéndice.

Tanto la rueda como el piñón tienen el mismo ancho de llanta, o sea, la misma longitud de diente; una medida razonable puede ser 0,7" (17,8 mm).

El diámetro exterior y el número de dientes para rueda y piñón pueden calcularse según las fórmulas. En cuanto al espesor cordal y al addendum cordal, en la figura 13-7 se indica la forma de obtenerlos.

La lista completa de dimensiones se da en la figura 13-23.

Problemas sobre engranajes rectos

Para adquirir una experiencia adicional en el cálculo de engranajes rectos, pueden resolverse los siguientes problemas.

1. Calcular las dimensiones requeridas para dibujar y mecanizar las dos ruedas dentadas de un engranaje recto cuya relación de transmisión es 2:1 y cuya distancia entre centros es 76 mm. Pueden elegirse el tamaño (módulo) y la longitud de los dientes, así como el diámetro del agujero.
2. Calcular las dimensiones requeridas para dibujar y mecanizar la rueda y el piñón de un engranaje recto cuya relación de transmisión es 2:1 y cuya distancia entre centros es de 2 17/32". Pueden elegirse el paso diametral, la anchura de la llanta y el diámetro del agujero.
3. Una cremallera mide aproximadamente 29 1/32" (737,38 mm) a lo largo de 37 dientes. Calcular todas las dimensiones para una rueda dentada que debe mover 25 1/8" (638,17 mm) la cremallera mientras la rueda efectúa una revolución.
4. Una rueda de dentado recto de 25 mm de ancho de llanta, 52 mm de diámetro exterior y 23 dientes, va montada en el árbol de una bomba que gira a 300 rpm; esta rueda acciona una segunda rueda que gira a 100 rpm. Calcular las dimensiones necesarias para ambas ruedas.
5. Calcular las dimensiones para un par de ruedas de dentado recto, con diente corto de 4/6 de paso (ver

Rueda			Piñón	
Pulg.	mm		pulg.	mm
5,200	132,08	Diámetro primitivo	2,600	66,04
0,100	2,54	Addendum	0,100	2,54
0,1157	2,94	Dedendum	0,1157	2,94
1,250	31,75	Diámetro del agujero	0,750	19,05
5/16 x 5/32	8 x 4	Chavetero	3/16 x 3/32	5 x 2,5
0,7	17,78	Cara	0,7	17,78
5,400	137,16	Diámetro exterior	2,800	71,12
10		Paso diametral	10	
	2,54	Módulo		2,54
52	52	Número de dientes	26	26
0,1570	3,99	Espesor cordal	0,1569	3,985
0,1011	2,568	Addendum corregido	0,1023	2,598

Fig. 13-23. Dimensiones de una rueda y un piñón.

pregunta 17), siendo la relación de transmisión de 2:1 y la distancia entre centros de 4,5" (114,3 mm).

6. Una rueda dentada, al girar un ángulo de 112,5°, hace que una cremallera se mueva una longitud de 4 11/64" (105,96 mm). Calcular las dimensiones de dicha rueda.
7. Una rueda dentada con 75 dientes tiene un diámetro exterior de 245 mm y gira a 100 rpm. El piñón gira a 312,5 rpm. Calcular las dimensiones de ambos.
8. Una rueda de dentado interior con un diámetro primitivo de 6" (152,4 mm) y 46 dientes es accionada por un piñón. La distancia entre centros es de 2 1/8" (54 mm). Calcular las dimensiones de ambas piezas.

Engranajes cónicos

42. ¿Qué es un engranaje cónico?

Un engranaje cónico (fig. 13-24) es aquel que está constituido por una rueda y piñón en los cuales los dientes se han tallado de modo que son radiales desde el vértice de un cono y se hallan sobre una superficie cónica.

43. ¿Para qué se usan los engranajes cónicos?

Los engranajes cónicos se usan para transmitir el movimiento desde un eje a otro que forma un ángulo con el primero.

Los términos empleados para los engranajes cónicos tienen el mismo significado que los aplicados a los engranajes rectos. Sin embargo, hay algunos términos adicionales que son peculiares de los engranajes cónicos (fig. 13-25).

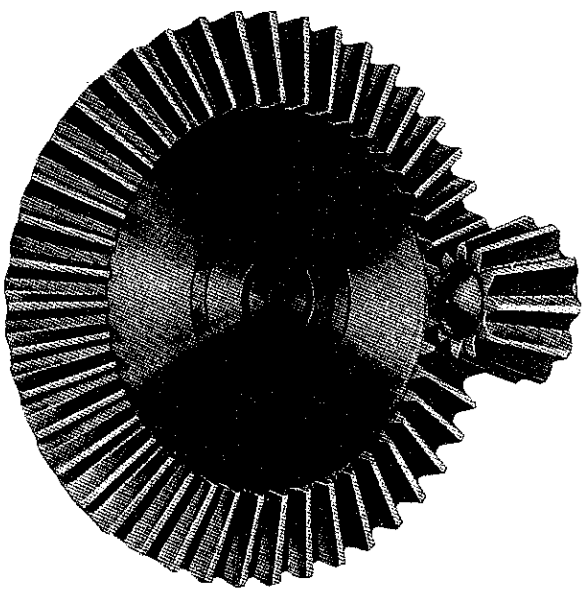


Fig. 13-24. Engranaje de rueda y piñón cónicos (Philadelphia Gear Works)

Un juego de ruedas dentadas cónicas gira sobre conos adyacentes que tienen un vértice común, como en la figura 13-26. Estos conos se llaman *conos primitivos.*

44. ¿Qué es la distancia al vértice de una rueda cónica?

La distancia al vértice de una rueda cónica es igual a la altura del cono primitivo.

45. ¿Qué és el ángulo de tallado en los engranajes cónicos?

El ángulo de tallado de una rueda dentada cóni-

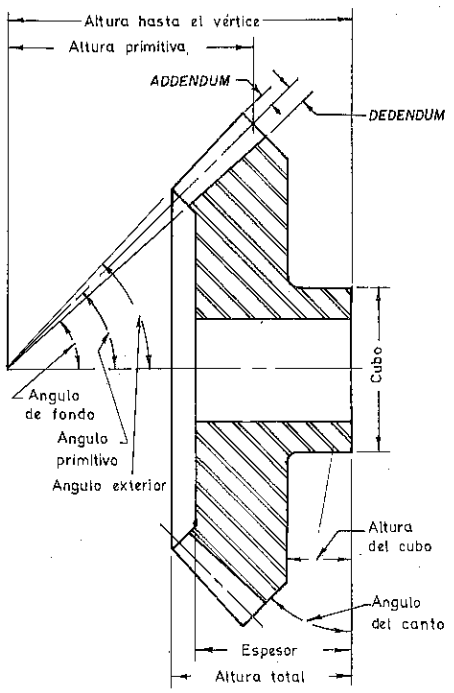


Fig. 13-25. Partes de una rueda dentada cónica.

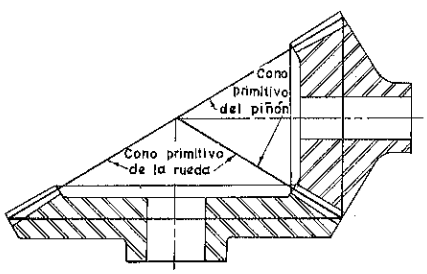


Fig. 13-26. Conos primitivos de una rueda y piñón cónicos.

ca es el ángulo a que se fija la pieza en bruto en la fresadora mientras se tallan los dientes. Este ángulo coincide con el llamado *ángulo de fondo,* que es el formado por la superficie del cono de fondo del diente y el eje de la rueda. Los engranajes cónicos se tallan también en máquinas especiales.

46. ¿Qué es el ángulo primitivo en los engranajes cónicos?

Es el ángulo formado por la superficie cónica del cono primitivo con el eje de la rueda.

47. ¿Qué es el ángulo de cara de una rueda cónica?

Es el ángulo formado por la superficie exterior y el eje de la rueda, o sea, el ángulo de mecanizado previo al tallado de los dientes.

48. ¿Qué es un engranaje cónico homogéneo?

Es el que está constituido por dos ruedas cónicas que tienen el mismo número de dientes y ángulos de cono primitivos de 45°.

49. ¿Cuáles son las fórmulas empleadas para calcular las dimensiones peculiares de las ruedas dentadas cónicas cuyos ejes se cortan formando un ángulo de 90°?

Distancia al vértice = diámetro primitivo de la rueda del engranaje/2

Angulo de cono primitivo de la rueda = ángulo cuya tangente es igual al diámetro primitivo de la rueda dividido por el diámetro primitivo del piñón.

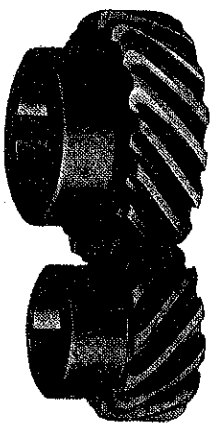


Fig. 13-27. Engranaje helicoidal con ejes paralelos (Boston Gear Works)

Angulo de cono primitivo del piñón = 90° − ángulo de cono primitivo de la rueda.

Diámetro exterior = diámetro primitivo + 2 (cos ángulo de cono primitivo x addendum).

Generatriz del cono primitivo = csec ángulo de cono primitivo x (diámetro primitivo/2).

Angulo de fondo = ángulo de cono primitivo −(ángulo de tg = dedendum/generatriz del cono primitivo).

Angulo de cara = ángulo de cono primitivo + (ángulo de tg = addendum/generatriz del cono primitivo).

50. ¿Cuáles son las dimensiones necesarias para dibujar y mecanizar un engranaje cónico?

1. Diámetro primitivo
2. Distancia al vértice
3. Addendum
4. Dedendum
5. Paso
6. Número de dientes
7. Espesor cordal
8. Addendum cordal
9. Angulo de cono primitivo
10. Generatriz del cono primitivo
11. Angulo de fondo
12. Angulo de cara
13. Diámetro exterior
14. Diámetro del agujero
15. Chavetero
16. Diámetro del cubo
17. Longitud del cubo
18. Longitud del diente
19. Longitud hasta el vértice
20. Espesor
21. Angulo del cono de referencia, o ángulo del canto
22. Longitud total

Engranajes helicoidales

51. ¿Qué es un engranaje helicoidal?

Un engranaje helicoidal (fig. 13-27) está formado por dos ruedas cuyos dientes están tallados sobre un cilindro, pero formando un ángulo con el eje de giro del cuerpo de la rueda.

52. ¿Para qué se usan los engranajes helicoidales?

Los engranajes helicoidales se emplean para transmitir el movimiento desde un eje a otro eje paralelo, como en los engranajes rectos (fig. 13-27), y también a otro eje que no es paralelo con el primero (fig. 13-28).

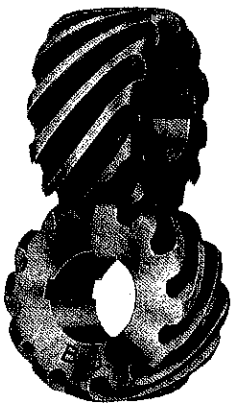


Fig. 13-28. Engranaje helicoidal con ejes cruzados (Boston Gear Works)

53. ¿Cuales son las ventajas de los engranajes helicoidales?

Los engranajes helicoidales son más silenciosos y funcionan más suavemente que los engranajes rectos. Ello es debido a que los dientes no chocan unos con otros, como en los engranajes rectos, sino que deslizan unos sobre otros. También, cuando dos ruedas de dentado helicoidal engranan, son varios los dientes que entran en contacto a la vez, repartiéndose la carga y dando lugar a un aumento de la resistencia en comparación a cuando sólo un diente de cada rueda son los que establecen contacto a la vez.

54. ¿Cuál es el factor indeseable de los engranajes helicoidales?

Debido a la acción de deslizamiento de un diente sobre otro, el rozamiento, y los consiguientes aumentos de temperatura y desgaste, son elevados. Para hacer frente a este inconveniente, los engranajes helicoidales suelen diseñarse para funcionar sumergidos en un baño de aceite, como en la transmisión de los automóviles.

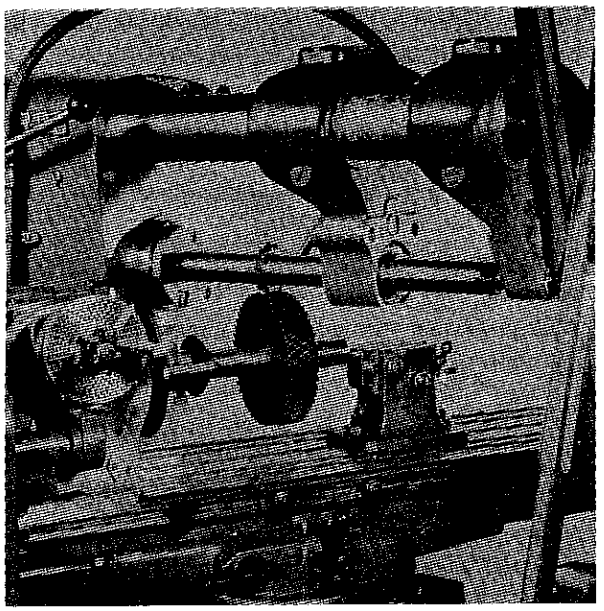


Fig. 13-29. Tallado de una rueda de dentado helicoidal en una fresadora (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

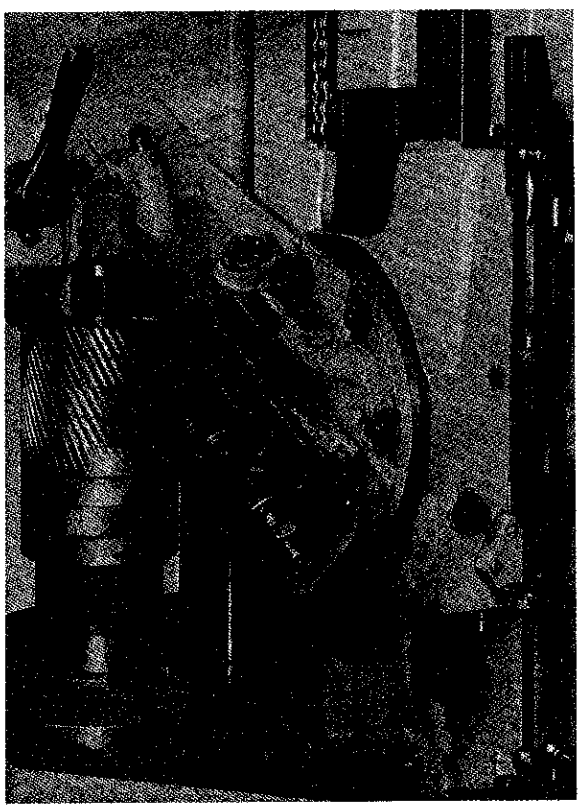


Fig. 13-30. Tallado de ruedas de dentado helicoidal con fresa-madre en una máquina especial (Gould & Eberhardt, Inc.)

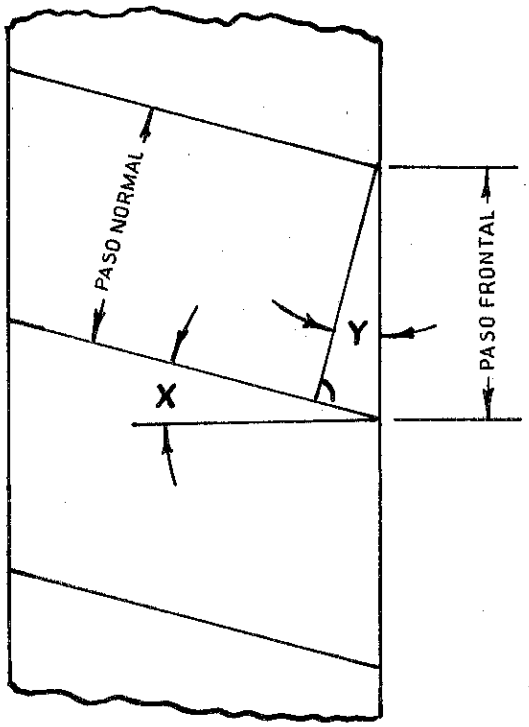


Fig. 13-31. Paso normal y paso frontal de una rueda de dentado helicoidal.

55. ¿Qué es el ángulo de inclinación en una rueda con dentado helicoidal?

El ángulo de inclinación, llamado también *ángulo de hélice,* es el ángulo de inclinación de la hélice del diente en la circunferencia primitiva, es decir, el ángulo de oblicuidad de los dientes a través de la cara de la rueda.

56. ¿Qué es el paso de la hélice, y para qué sirve?

El paso de la hélice, o avance, de una rueda de dentado helicoidal, es la distancia que ésta, considerada como un tornillo de rosca múltiple, avanzaría en una revolución completa; sirve para elegir las ruedas apropiadas que deben usarse conjuntamente con el cabezal divisor en la fresadora, al objeto de que la rueda en bruto gire correctamente mientras se tallan los dientes (fig. 13-29). Los engranajes helicoidales también pueden tallarse con fresa-madre en máquinas especiales (fig. 13-30).

57. Las ruedas de dentado recto de la pregunta 41 deben sustituirse por otras de dentado helicoidal. La distancia entre centros y el tamaño de los dientes no varían. Calcular las dimensiones para estas ruedas helicoidales.

Siendo la distancia entre centros y el paso los mismos que antes, habrá varias dimensiones que no sufrirán variación respecto a las correspondientes en el engranaje recto, y éstas son: el diámetro primitivo, el addendum, el dedendum, el diámetro del agujero, el chavetero, la cara, el diámetro exterior, el paso, el espesor cordal y el addendum corregido.

Cuando los dientes son oblicuos a través de la cara de la rueda, la distancia entre cada uno de los cantos de la rueda es mayor que el paso circular o normal (fig. 13-31), resultando así evidente que las ruedas de dentado helicoidal tienen dientes más pequeños que las de dentado recto. A fin de mantener la relación de transmisión, puede adop-

Rueda			Piñón	
pulg.	mm		pulg.	mm
5,200	132,08	Diámetro primitivo	2,600	66,04
0,100	2,54	Addendum	0,100	2,54
0,1157	2,94	Dedendum	0,1157	2,94
1,250	31,75	Diámetro del agujero	0,750	19,05
5/16 x 5/32	8 x 4	Chavetero	3/16 x 3/32	5 x 2,5
0,7	17,78	Cara	0,7	17,78
5,400	137,16	Diámetro exterior	2,800	71,12
10		Paso diametral	10	
	2,54	Módulo		2,54
50	50	Número de dientes	25	25
0,1570	3,99	Espesor cordal	0,1569	3,985
0,1011	2,568	Addendum corregido	0,1023	2,598
15°56'	15°56'	Angulo de hélice	15°56'	15°56'
57,222	1453,44	Paso de la hélice	28,611	726,72

NOTA. Cuando los ejes son paralelos, una rueda se talla de mano derecha, y la otra, de mano izquierda.

Fig. 13-32. Dimensiones de rueda y piñón con dentado helicoidal.

tarse el número de 50 dientes para la rueda y el de 25 dientes para el piñón. De este modo, el ángulo de inclinación puede determinarse mediante la fórmula

$$\text{Coseno del ángulo de inclinación} = \frac{\text{z de la rueda helicoidal}}{\text{z de la rueda recta}} = \frac{50}{52} = 0{,}96154$$

$$\text{Angulo de inclinación} = 15^\circ\ 56'$$

El avance o paso de la hélice es igual al perímetro de la circunferencia primitiva multiplicado por la cotangente del ángulo de inclinación, o sea,

$$5{,}2'' \times 3{,}1416 \times 3{,}50279 = 57{,}222''$$

o bien,

$$132 \times 3{,}1416 \times 3{,}50279 = 1452{,}576 \text{ mm}$$

Teniendo el piñón un tamaño mitad del de la rueda, su avance será también la mitad del de la rueda, o sea, 28,611'' o 726,288 mm.

La lista completa de dimensiones para un juego de ruedas helicoidales, se da en la figura 13-32.

Engranajes doble helicoidales

58. ¿Qué es un engranaje doble helicoidal?

En un principio, los engranajes doble helicoidales llamados también engranajes en V o engranajes "Chevron", estaban constituidos por ruedas que cada una de ellas era doble, es decir, estaba formada por dos ruedas unidas cuyo dentado helicoidal estaba tallado en sentido opuesto. En la actualidad, la mayoría de las ruedas con dentado doble helicoidal se producen como pieza única en máquinas especiales que tallan los dientes en dos direcciones a la vez (fig. 13-33).

59. ¿Cuáles son las ventajas principales de los engranajes doble helicoidales?

1) La acción deslizante del diente de una rueda helicoidal ejerce presión de una rueda hacia la otra, la cual debe compensarse con el empleo de cojinetes de empuje; cuando se usan engranajes doble helicoidales, el empuje se equilibra. 2) Las ruedas con dentado doble helicoidal tienen una superficie de apoyo mayor que las otras ruedas de igual medida, lo que les confiere una resistencia de diente excepcional y una gran capacidad para sobrellevar la carga. 3) Son más satisfactorios que los otros engranajes cuando se requiere una gran relación de transmisión. 4) Se mantienen estables mejor que los otros engranajes cuando están sometidos a un funcionamiento continuo a gran velocidad.

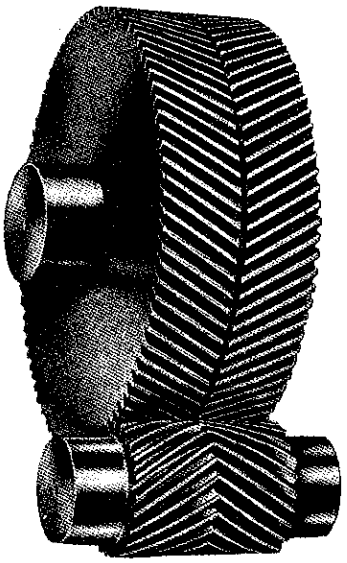


Fig. 13-33. Engranaje doble helicoidal (Philadelphia Gear Works)

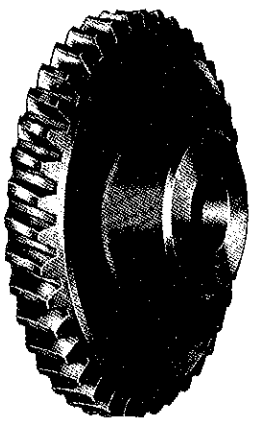


Fig. 13-34. Rueda de tornillo sin fin (Boston Gear Works)

Engranajes de tornillo sin fin

60. ¿Qué es una rueda de tornillo sin fin?

Es una rueda (fig. 13-34) que tiene dientes talla-

dos formando ángulo con su eje de rotación y radialmente en su cara.

61. ¿Qué es un tornillo sin fin?

Es un cilindro con dientes que se parecen a los filetes de una rosca trapecial (fig. 13-35). El tornillo sin fin se monta en un árbol que es perpendicular al árbol de la rueda de tornillo sin fin.

62. ¿Para qué se usan los engranajes de tornillo sin fin?

Los engranajes de tornillo sin fin se utilizan para mecanismos que requieren una gran capacidad de transmisión de fuerza con una gran reducción de velocidad; se usan ampliamente en los reductores de velocidad.

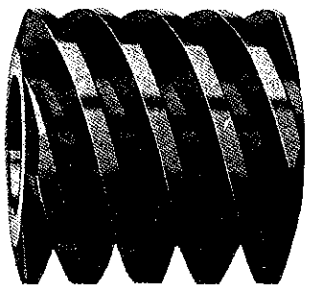


Fig. 13-35. Tornillo sin fin (Boston Gear Works)

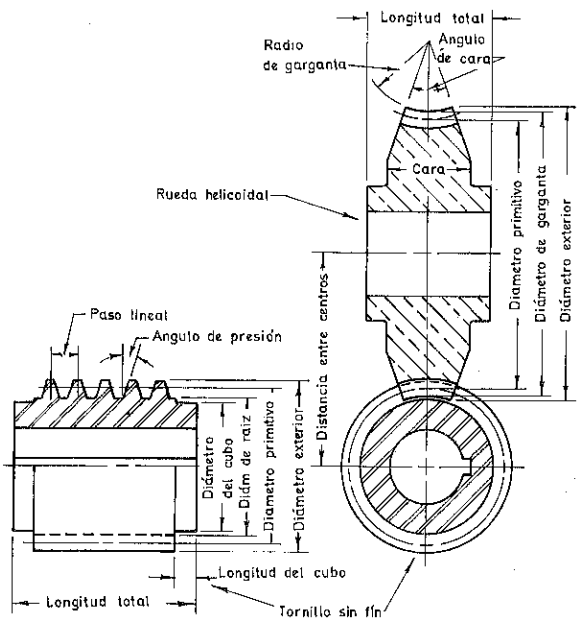


Fig. 13-36. Partes y términos de los engranajes de tornillo sin fin.

Hay varios términos empleados en los engranajes de tornillo sin fin que no se aplican a los otros tipos de engranajes (fig. 13-36).

63. ¿Qué es el paso normal en los engranajes de tornillo sin fin?

Es la distancia entre el centro de un diente y el centro del diente adyacente, medida perpendicularmente a los dientes.

64. ¿Qué es la garganta de una rueda de tornillo sin fin?

Es la superficie cóncava del diente de esta rueda.

65. ¿Qué es el radio de garganta de una rueda de tornillo sin fin?

Es el radio de la superficie cóncava de la garganta.

66. ¿Qué es el diámetro de garganta de una rueda de tornillo sin fin?

Es el diámetro de la rueda medido en el centro de la garganta.

67. ¿Qué es el ángulo de cara de una rueda de tornillo sin fin?

Es el ángulo según el cual se talla la cara de la rueda.

Tornillo sin fin	Rueda helicoidal
Diámetro primitivo	Diámetro primitivo
Addendum	Addendum
Dedendum	Dedendum
Diámetro del cubo	Diámetro del cubo
Diámetro del agujero	Diámetro del agujero
Chavetero	Chavetero
Longitud total	Longitud total
Longitud del tubo	Cara
Paso lineal	Paso circular
Presión de ángulo	Presión de ángulo
Diámetro exterior	Diámetro exterior
Diámetro de raíz	Diámetro de garganta
Número de filetes	Número de dientes
Paso de la hélice	Distancia entre centros
Angulo de la hélice	Angulo de la hélice
Paso normal	Angulo de cara
	Radio de garganta

Fig. 13-37. Partes del tornillo sin fin y de la rueda de tornillo sin fin que necesitan dimensionarse.

68. ¿Cuáles son las fórmulas empleadas para calcular las ruedas de tornillo sin fin?

Diámetro primitivo = 0,3183 x z x paso normal = z x m

Distancia entre centros = (diámetro primitivo rueda + diámetro primitivo tornillo)/2

Addendum = 0,3183 x paso normal (pulgadas) = módulo (mm)

Dedendum = 0,3677 x paso normal (pulgadas) = 1,25 x m

Ancho de cara = 0,25 + (paso normal x 2,38) (pulgadas) = 6,35 + 7,477 m (mm)

Diámetro de garganta = diámetro primitivo + 2 x addendum

Radio de garganta = 0,55 + (paso normal x 0,882) (pulgadas) = 14 + 2,77 m (mm)

69. ¿Cuáles son las fórmulas necesarias para calcular los tornillos sin fin?

Diámetro primitivo = 1,1 + (paso axial x 2,4) (pulgadas) = 28 + (paso axial x 2,4) (mm)

Addendum = 0,3183 x paso axial

Dedendum = 0,3677 x paso axial

Diámetro en el fondo = diámetro primitivo − 2 x dedendum

Diámetro exterior = diámetro primitivo + 2 x addendum

Avance = paso axial x número de dientes (o filetes)

Angulo de hélice = ángulo cuya ctg es igual a (diámetro primitivo x 3,1416)/avance

Paso normal = paso axial x coseno del ángulo de hélice

Módulo axial = paso axial/3,1416

Módulo normal = paso normal/3,1416 = módulo axial x cos ángulo de hélice

En la figura 13-37 se da la lista completa de dimensiones para dibujar y mecanizar un engranaje de tornillo sin fin y rueda correspondiente.

14. MUELAS Y MECANIZADO ABRASIVO

Para efectuar un buen trabajo de rectificado, debe conocerse bien cuanto afecta a los abrasivos y a las muelas de rectificar. En este capítulo se describen los abrasivos naturales y artificiales, los aglomerantes y abrasivos utilizados en la fabricación de muelas, los diferentes grados y perfiles de estas muelas, y se trata también de la elección de la muela adecuada para los distintos tipos de trabajo.

Abrasivos

Un *abrasivo* es cualquier material que tiene la facultad de producir un desgaste en una superficie de una sustancia más blanda que él. La arena y la piedra arenisca son quizás los abrasivos más antiguos conocidos por el género humano. El hombre prehistórico usaba arena y piedra arenisca para formar o perfilar los filos de las herramientas con las cuales se procuraba el sustento, y, a medida que los útiles fueron más y más importantes para preservar la vida, tuvo que depender más y más de los abrasivos naturales para mantener los filos cortantes.

Abrasivos naturales

El *esmeril* y el *corindón* son dos abrasivos naturales que se usaban corrientemente en la industria con el objeto de afilar las herramientas cortantes. Se encuentran como minerales depositados en la corteza terrestre. Estos abrasivos, convertidos en muelas, eran muy superiores a las antiguas piedras de afilar dado que eran capaces de actuar más rápidamente y podían obtenerse bastos o finos. A pesar de esto, no podían satisfacer las demandas de la industria, porque contenían impurezas difíciles de extraer y porque el porcentaje del elemento de corte importante, el óxido de aluminio, no era constante.

Abrasivos artificiales

El único elemento conocido más duro que el esmeril y el corindón es el diamante, pero su coste resultaba prohibitivo, sobre todo en lo que concierne al uso industrial. En 1891, Edward G. Acheson se impuso la tarea de intentar la producción de diamantes artificiales. Su experimento consistía en combinar coque en polvo con arcilla de corindón a temperaturas extremadamente elevadas. Después de haberse enfriado la masa halló que contenía cristales de color brillante, los cuales, una vez examinados, demostraron poseer la facultad de cortar el cristal y de tener un ligero efecto de corte en los diamantes. A esta nueva sustancia, el doctor Acheson dióle el nombre de *carborundum* porque se formó con carbono y corindón; sin embargo, más tarde, se comprobó que estaba constituida de silicio y carbono, es decir que se trataba de *carburo de silicio,* cuyo símbolo químico es SiC.

Este nuevo material, el carburo de silicio, se consideró una solución para disponer de un mejor abrasivo, pero su coste y los métodos de obtención limitados lo mantuvieron sólo para ser usado en el acabado de joyas preciosas. Con el desarrollo de los generadores hidroeléctricos, que proporcionaron energía eléctrica barata, el coste de producción fue reducido a un punto que permite a todas las industrias la utilización de este abrasivo.

Aproximadamente en la misma época en que el doctor Acheson producía experimentalmente carburo de silicio, Charles P. Jacobs, un ingeniero de Ampere, New Jersey (Estados Unidos), realizaba experimentos similares para producir un mejor grado de esmeril. Sus experimentos consistían en intentar extraer las impurezas de la arena, el hierro y los óxidos de titanio, de los depósitos de arcilla ricos en alúmina, mediante un pequeño horno eléctrico. El resultado fue un producto de las características del esmeril que cotenía alrededor del 95% de alúmina pura, el cual poseía características muy similares a las del carburo de silicio.

Características y fabricación

Mientras que estos dos abrasivos artificiales son muy parecidos uno al otro, sus características difieren ampliamente. El carburo de silicio es extremadamente duro, correspondiendo al número 9,87 de la escala de dureza de Mohs, en la cual el diamante alcanza el valor 10. Es fácilmente fracturable por impacto y sus excelentes cualidades dependen de la pureza de los ingredientes utilizados para obtenerlo; tiene un peso específico de 3,18, el cual es muy bajo en comparación con otros abrasivos. El esmeril no es tan duro como el carburo de silicio, pero es mucho más tenaz; en la escala de dureza de Mohs le corresponde el valor 9,6, algo más bajo que los valores 9,87 y 10 correspondientes, respectivamente, el carburo de silicio y al diamante.

El *carburo de silicio* es edecuado para rectificar materiales que tienen poca resistencia a la tracción, pero que son de naturaleza muy dura, tales como cerámica, alfarería y carburo de tungsteno.

El esmeril u *óxido de aluminio,* debido a su tenacidad, es resistente al choque y, por tanto, adecuado para rectificar materiales de elevada resistencia a la tracción, tales como acero de herramientas y acero rápido.

Los abrasivos artificiales tienen una ventaja que los distingue de los abrasivos naturales, la cual estriba en que puede controlarse fácilmente la pureza del producto y el tamaño del grano. Esto es muy importante porque los granos de tamaño demasiado pequeño no pueden actuar sobre la pieza, mientras que los granos demasiado grandes dan un acabado deficiente de la misma.

Para producir ambos abrasivos se usan los hornos eléctricos. El carburo de silicio se obtiene en un horno abierto parecido a los de artesa, fundiendo una mezcla de coque, aserrín, arena y sal; después de haberse enfriado la masa, se desmontan los lados del horno y aparece un bloque, el cual se rompe mediante un pilón, pasando luego los trozos a los trituradores. Tan pronto las partículas dejan el último triturador, son limpiadas magnéticamente y lavadas, después de lo cual pasan a las cribas o cedazos sacudidores. La malla de estas cribas varía en tamaño desde 4 a 220 mallas por pulgada lineal (aproximadamente 2 a 90 mallas por centímetro); mediante su acción vibratoria, separan los granos de acuerdo con un tamaño definido. Si el abrasivo pasa a través de una criba de 30 mallas por pulgada lineal (12 mallas/cm), pero es retenido sobre una criba de 36 mallas por pulgada (14,5 mallas/cm), se dice que es un abrasivo del número 30. Los abrasivos más finos que el número 220 se gradúan en cuanto al tamaño mediante métodos hidráulicos o de sedimentación; una vez el abrasivo ha sido graduado según tamaño, se seca y se coloca en tolvas para su futuro empleo. La figura 14-1 indica la clasificación de los diferentes tamaños de granos.

Los *diamantes* son considerados como los materiales más duros producidos por la naturaleza. Los químicos y los técnicos de laboratorio han intentado durante 125 años el desarrollo de una combinación de elementos que diera lugar a un diamante producido por el hombre. En 1955, la General Electric Company anunció haber conseguido resultados positivos en este aspecto; pocos años más tarde, las muelas de diamante se convirtieron en un útil necesario en todos los talleres de producción donde se usan herramientas de metal duro.

Muelas

Las muelas (fig. 14-2) se obtienen empleando un material adecuado o aglomerante para unir o trabar los granos de abrasivo unos junto a otros al objeto de conseguir la forma deseada. La dureza o blandura de una muela depende de la cantidad y de la clase del aglomerante usado. Dado que la gama de dureza del abrasivo es constante, es evidente que, cualquiera que sea, el aglomerante no puede tener efecto sobre aquel. Cuando se habla de dureza o blandura de una muela, se entiende

Muy basto	Basto	Medio	Fino	Muy fino	Pulverulento
8	12	30	70	150	280
10	14	36	80	180	320
	16	46	90	220	400
	20	60	100	240	500
	24		120		600

Fig. 14-1. Tabla de tamaños de grano.

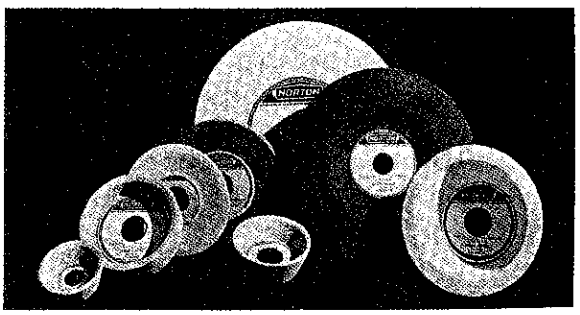


Fig. 14-2. Diversos tipos de muelas (Norton Co.)

siempre que se hace referencia a la resistencia del aglomerante.

Aglomerantes

Hay un gran número de clases diferentes de aglomerantes, pero los tipos comúnmente usados son: el *vitrificado* o *cerámico,* el de *silicato,* el de *goma laca,* el de *caucho,* y el *resinoso* o de *baquelita.* De estos aglomerantes, el primero y el segundo son los más empleados.

El **aglomerante vitrificado** se utiliza en la fabricación de aproximadamente el 75% de todas las muelas; ello es debido a que su resistencia y su porosidad lo hacen apto para quitar una cantidad considerable de material de la pieza por cada pulgada (o cada 25 mm) de desgaste de la muela. No es afectado por el agua, ácidos o cambios ordinarios de temperatura, y no presenta puntos duros o blandos. En el proceso de vitrificación, el vidrio, el feldespato, el pedernal, u otras sustancias cerámicas, se mezclan con el abrasivo y se someten a la acción del calor, lo que motiva que el aglomerante forme una estructura semejante al cristal entre cada partícula de abrasivo.

El **aglomerante de silicato** se fabrica a base de silicato de sosa. Además de depender de la cantidad de aglomerante empleado, la dureza de la muela es mayor o menor según el esfuerzo de prensado. Este aglomerante produce una muela de acción más suave que el vitrificado, y permite que los granos de abrasivo puedan liberarse más rápidamente, a lo que se debe, por consiguiente, que el calentamiento sea más lento. Las muelas de silicato pueden fabricarse en diámetros mayores que las vitrificadas y se emplean generalmente para afilar herramientas tales como brocas, escariadores, fresas, etc.

Las muelas con **aglomerante de caucho** (fig. 14-3) se obtienen partiendo de una mezcla de abrasivo, caucho y azufre; la masa es luego prensada para conseguir la forma deseada, dándosele también un tratamiento suave de vulcanización. Las muelas con este aglomerante se emplean para operaciones de rectificado a gran velocidad y, debido a su elevado factor de seguridad, pueden fabricarse muy delgadas, lo que permite usarlas para el tronzado de barras de acero (fig. 14-4).

Las muelas con *aglomerante de goma laca* se obtienen mezclando el abrasivo y el aglomerante en una máquina mantenida a una temperatura suficientemente elevada para conseguir una combinación íntima entre ambos materiales y un completo recubrimiento del abrasivo por el aglomerante. Una vez formadas las muelas, se colocan en un horno de coquizar, cubiertas con arena, donde se

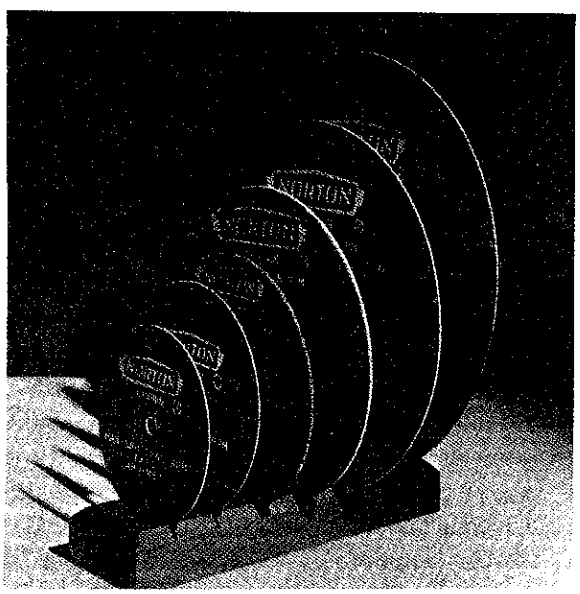


Fig. 14-3. Muelas con aglomerante de caucho (Norton Co.)

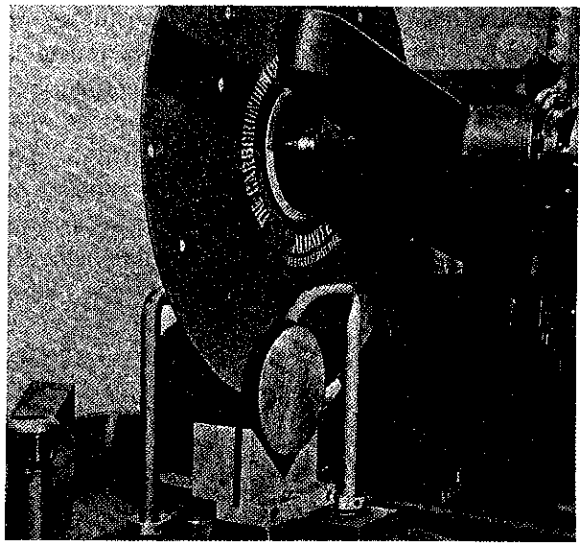


Fig. 14-4. Los agujeros practicados en las muelas con aglomerante de caucho permiten conducir el refrigerante hasta donde tiene lugar la acción cortante (The Carborundum Co.)

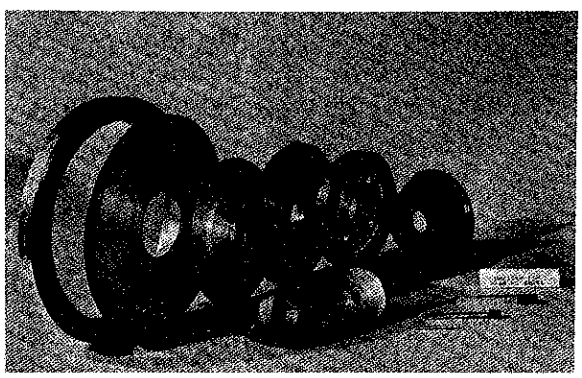


Fig. 14-5. Diversidad de muelas de diamante y de útiles de repasar para las mismas (The Carborundum Co.)

someten durante un corto tiempo a una cocción a 150° C aproximadamente. Las muelas obtenidas con este aglomerante se emplean mucho para el rectificado de rodillos de molinos y en trabajos en los que se requiere un acabado muy lustroso.

Las muelas con *aglomerante resinoso* se fabrican mezclando polvo resinoso con las partículas de abrasivo y añadiendo luego una sustancia plástica para que puedan moldearse. Las piezas moldeadas se colocan luego en un horno eléctrico donde se calientan, durante un tiempo que puede oscilar entre pocas horas y tres o cuatro días según el tamaño de la muela, a unos 150° C. Mientras se enfrían, las muelas adquieren gran dureza. Por lo general, estas muelas resinosas se utilizan en las fundiciones para rebarbar las piezas fundidas y para limpiar por amolado las palanquillas y los lingotes de acero.

Las *muelas de diamante* se fabrican en tres clases de aglomerante: resinoso, metálico y vitrificado. Cada uno de estos aglomerantes confiere a la muela características diferentes. La muela de diamante con aglomerante resinoso tiene una acción de corte rápida y exenta de calor. La muela con aglomerante metálico tiene una duración poco corriente y una gran resistencia al rayado. La muela de diamante con aglomerante vitrificado posee la rápida acción de corte de la muela resinosa y la duración de la muela con aglomerante metálico (fig. 14-5).

Estructura de la muela

La cantidad de guarnición o de aglomerante aplicada al fabricar una muela tiene mucha influencia en la forma en que ésta corta, porque afecta a la estructura de la misma (fig. 14-6), o a la distribución de los granos. Dos muelas del mismo grado e igual tamaño de grano, pero de diferente espaciado de granos, tienen diferentes acciones de corte. Las muelas con un espaciado de granos amplio deben utilizarse en materiales densos y duros, y las que tienen un espaciado estrecho deben emplearse cuando hay que asegurar un buen acabado fino de la pieza. Por esta razón, a menudo se puede aumentar la vida de la muela, sin sacrificar su calidad de rectificado, usando el mismo grano e igual grado, pero con diferente estructura.

Gradación de las muelas

Como se ha dicho anteriormente, la proporción de aglomerante aplicada en la fabricación de una

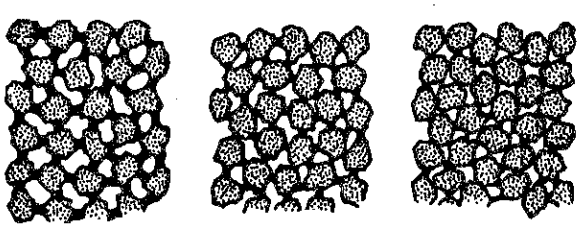


Fig. 14-6. Espaciado del grano en una muela. A = amplio; B = medio; C = estrecho.

muela determina su dureza. Los grados de dureza se especifican empleando las letras del alfabeto. La Norton Company y algunas otras compañías utilizan un sistema de notación según el cual las primeras letras del alfabeto indican las muelas blandas y las últimas las muelas duras. En la figura 14-7 se da el sistema de letras para designar el grado del aglomerante. La Carborundum Company emplea un sistema de orden inverso. En la figura 14-8 se indican los grados y tamaños de grano comúnmente usados.

En el sistema Norton, una muela marcada con 3860-K5BE tiene las siguientes características: 38 representa la clase de abrasivo que, en este caso es óxido de aluminio; 60 es el tamaño de grano que, de acuerdo con la figura 14-1, es medio; K indica el grado del aglomerante, el cual, según la figura 14-7, es blando; 5 representa la estructura de la muela (los números 0 a 3 indican estructura estrecha; 4 a 6, estructura media, y 7 a 12, estructura amplia o basta); y el último símbolo marcado en la muela señala la clase de aglomerante (BE indica aglomerante vitrificado; S, aglomerante de silicato; T, aglomerante resinoso; R, aglomerante de caucho; y I, aglomerante de goma laca).

Elección de la muela

Existen varios factores que influyen en la elección de las muelas, los cuales son: la clase de material a rectificar, la cantidad de material a quitar, la precisión de medida, el tipo de acabado requerido, el área de contacto entre la muela y la pieza, y el tipo de máquina de rectificar a emplear.

La naturaleza del material a rectificar afecta la elección de la muela porque, hablando en general, los materiales densos y duros exigen muelas que posean un aglomerante blando con abrasivo de carburo de silicio; y los materiales blandos y tenaces requieren un aglomerante duro con abrasivo de óxido de aluminio (fig. 14-9).

La cantidad de material a quitar es importante en la elección de la muela porque, cuando esta cantidad es de consideración, los granos de una muela de grano basto con espaciado amplio serán capaces de efectuar un corte mayor y más profundo sin calentar la pieza, aúnque sacrificando ligeramente el acabado superficial. Cuando hay que quitar poca cantidad de material, una muela de grano fino y de espaciado estrecho efectuará un corte pequeño y dará un buen acabado.

Muy blando	Blando	Medio	Duro	Muy duro
E	H	L	P	T
F	I	M	Q	U
G	J	N	R	W
	K	O	S	Z

Fig. 14-7. Grados de aglomerante.

Muelas de	Superficie	Interiores	Exteriores	Cortar
Grados..	**FGHIJKP**	**IJKL**	**JKLMP***	**IJKL**
Tamaños de grano	**36-46-60-80 120**	**34-46 60-120**	**46-60-80 120**	**36-46 60**

* P para cantos.

Fig. 14-8. Grados y tamaños de grano usados corrientemente.

Hay otros factores que influyen sobre la operación de rectificado, tales como la velocidad de la muela, la velocidad de la pieza, las condiciones de la máquina de rectificar, y la práctica y experiencia del operario.

Teoría del rectificado

El rectificado es la acción de allanar, aplanar, pulir o acabar superficies por medio de una muela abrasiva giratoria. Al operar con máquinas modernas, se ha visto, con pruebas reales, que el coste del rectificado varía hasta en un 100% en la misma pieza, con la misma clase de máquina y en un mismo taller. Ello es debido a la diferencia de práctica y experiencia o de habilidad de los mecá-

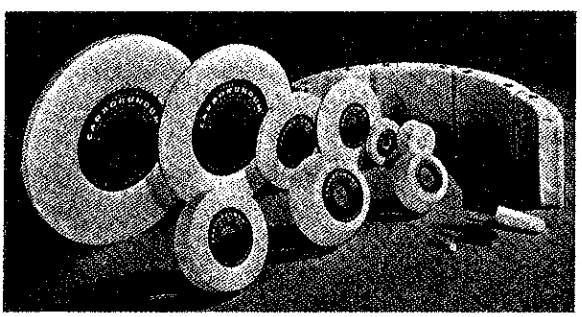


Fig. 14-9. Diversidad de muelas, segmentos y puntos montados para el taller de utillaje (The Carborundum Co.)

nicos en la maniobra de la máquina. Un buen operario toma en consideración los factores que se refieren al montaje, movimiento, tamaño y velocidad de la pieza; y al montaje, movimiento, tamaño, velocidad, repasado y exactitud de forma de la muela.

Para el rectificado de precisión, la pieza debe sujetarse rígidamente, al objeto de evitar vibraciones y lograr un buen acabado. Si la pieza se fija entre puntos, los agujeros de centrado deben estar libres de virutas, partículas y suciedad. Los puntos de la máquina deben fijarse con seguridad y estar bien limpios. Si la pieza se sujeta en un plato o mandril, debe efectuarse la fijación fuertemente para obtener un apoyo sólido. Una vez la pieza correctamente montada, debe elegirse la velocidad de la misma de forma que, aproximadamente, se obtengan los metros por minuto necesarios para evitar la deformación y un desgaste excesivo de la cara de la muela; al mismo tiempo, el movimiento transversal debe realizarse a velocidad constante para impedir que se produzcan puntos altos y bajos en la pieza. El mecanismo para mover la muela debe funcionar suave y libremente, sin juego ni apriete, a fin de asegurar la precisión en cuanto a profundidad de corte.

El montaje de la muela es importante porque debe dar un movimiento uniforme y centrado a la misma, de forma que, una vez en posición, es necesario que se cumpla lo siguiente:

1. No han de producirse vibraciones en la muela.
2. Debe tenerse una acción de corte uniforme.
3. Debe poderse repasar con precisión.
4. Debe ser capaz de producir un buen acabado superficial.

Velocidades de la muela

En la mayoría de las máquinas de rectificar modernas la velocidad de la muela viene fijada y es invariable. En otras, puede alterarse fácilmente la velocidad del husillo mediante un cambio de poleas de diferentes tamaños. Los perfeccionamientos más recientes incluyen el empleo de un accionamiento de velocidad variable. Las velocidades de las muelas deben mantenerse entre 1500 y 1800 metros tangenciales por minuto, aunque existen muelas para aplicaciones especiales que pueden funcionar a velocidades más elevadas. La velocidad de funcionamiento segura se estampa en la propia muela.

En el caso de ser necesario determinar la velocidad tangencial de la muela, se coloca el tacómetro o indicador de velocidades en el centro del husillo y se comprueba el número de revoluciones dado en un minuto; luego se multiplica el diámetro de la muela por 3,1416, a fin de obtener el perímetro de la misma, el cual, multiplicado por las rpm, dará el camino recorrido en un minuto por un punto de la periferia de dicha muela. Si se ha operado con pulgadas, habrá que dividir por 12 el resultado obtenido para tener la velocidad tangencial en pies por minuto; y si se ha operado con milímetros, habrá de dividir por 1000 para tener la velocidad en m/min.

Ejemplo. Determinar la velocidad tangencial en pies (y en metros) por minuto de una muela de 7" (175 mm) de diámetro montada en una rectificadora de superficies; empleando el tacómetro se lee 3200 rpm.

Se multiplica el diámetro de la muela por 3,1416 y por 3200 y se divide por 12 (o por 1000):

$$\frac{7 \times 3{,}1416 \times 3200}{12} = \frac{70.371{,}84}{12} = 5864{,}32 \text{ pies/min.}$$

o bien,

$$\frac{175 \times 3{,}1416 \times 3200}{1000} = \frac{1.759.296}{1000} = 1759{,}3 \text{ m/min.}$$

La figura 14-10 indica la velocidad periférica o tangencial de las muelas en relación con las rpm de las mismas.

Comprobación en cuanto a defectos de rectificado.

Si el operario es un buen observador puede apreciar enseguida todo cuanto se refiere a la pieza y a la máquina. Si los cojinetes no se hallan en buenas condiciones, se ve fácilmente al repasar la muela, porque el diamante no produce una chispa roja uniforme cuando se mueve a través de la cara de aquella. Esto da por resultado un acabado superficial imperfecto.

Trepidación o vibración. Si la pieza vibra se verá por las rayas sobre la misma, paralelas a su eje, las cuales se conocen con la designación de *marcas de trepidación.* Este defecto puede remediarse poniendo una muela más blanda, apretan-

DIAMETRO DE LA MUELA, VELOCIDAD TANGENCIAL Y REVOLUCIONES POR MINUTO

Diámetro de la muela		Velocidad tangencial en pies por minuto											
		4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000		8000	8500	9000	9500
		Velocidad tangencial en metros por minuto											
		1220	1370	1525	1680	1830	1985	2130	2290	2440	2590	2740	2900
pulg.	mm	Revoluciones por minuto											
1	25,4	15279	17189	19098	21008	22918	24828	26737	28647	30558	32467	34377	36287
2	50,8	7639	8594	9549	10504	11459	12414	13368	14328	15279	16233	17188	18143
3	76,2	5093	5729	6366	7003	7639	8276	8913	9549	10186	10822	11459	12115
4	101,6	3820	4297	4775	5252	5729	6207	6685	7162	7640	8116	8595	9072
5	127,0	3056	3438	3820	4202	4584	4966	5348	5730	6112	6494	6876	7258
6	152,4	2546	2865	3183	3501	3820	4138	4456	4775	5092	5411	5729	6048
7	177,8	2183	2455	2728	3001	3274	3547	3820	4092	4366	4538	4911	5183
8	203,2	1910	2148	2387	2626	2865	3103	3342	3580	3820	4058	4297	4535
10	254,0	1528	1719	1910	2101	2292	2483	2674	2865	3056	3247	3438	3629
12	304,8	1273	1432	1591	1751	1910	2069	2228	2386	2546	2705	2864	3023
14	355,6	1091	1228	1364	1500	1637	1773	1910	2046	2182	2319	2455	2592
16	406,4	955	1074	1194	1313	1432	1552	1672	1791	1910	2029	2149	2268
18	457,2	849	955	1061	1167	1273	1379	1485	1591	1698	1803	1910	2016
20	508,0	764	859	955	1050	1146	1241	1337	1432	1528	1623	1719	1814
22	558,8	694	781	868	955	1042	1128	1215	1302	1388	1476	1562	1649
24	609,6	637	716	796	875	955	1034	1115	1194	1274	1353	1433	1512
26	660,4	588	661	734	808	881	955	1028	1101	1176	1248	1322	1395
28	711,2	546	614	682	750	818	887	955	1023	1092	1159	1228	1296
30	762,0	509	573	637	700	764	828	891	955	1018	1082	1146	1210
32	812,8	477	537	597	656	716	776	836	895	954	1014	1074	1134
34	863,6	449	505	562	618	674	730	786	843	898	955	1011	1067
36	914,4	424	477	530	583	637	690	742	795	848	902	954	1007

*Ejemplo: Para hallar las rpm de una muela de 762 mm de diámetro que tiene una velocidad tangencial de 2590 m/min., léase en la línea de 762 mm el valor que aparece en la columna de 2590 m/min., y se obtendrá 1082 rpm, que es el valor buscado.

Fig. 14-10. Velocidades de las muelas en revoluciones por minuto.

do los cojinetes del husillo, comprobando y reparando los empalmes defectuosos de las correas, trabajando con menos profundidad de corte y rebajando la velocidad. Si la pieza muestra superficies irregulares, ello suele ser señal de vibración debida al movimiento irregular de la muela, el cual puede ser producido por una situación impropia del núcleo de plomo de la misma, por arrastrar ésta más agua por un lado que por otro, por ser de densidad desigual la estructura de la muela, o por estar incorrectamente repasada la cara de la misma.

Vidriado y embotamiento. El vidriado de la muela es una condición según la cual la cara o canto cortante toma un aspecto de vidrio, y es debida, a que los granos del abrasivo se desgastan más rápidamente que el aglomerante. Mientras el aglomerante se desgasta en la misma proporción que las partículas del abrasivo, la muela mantiene sus buenas cualidades de corte. Para remediar el vidriado hay que usar una muela de aglomerante más blando.

Frecuentemente el material que se rectifica ciega la muela al introducirse en los poros de la misma. Esta condición se conoce con el nombre de *embotamiento* y es producida cuando la velocidad de la pieza es demasiado lenta o cuando el aglomerante es demasiado duro.

Si se continúa usando una muela después de su vidriado o de su embotamiento, se aumenta el esfuerzo de los soportes de la pieza y de los cojinetes del husillo de la muela. También ésta puede descentrarse y perder exactitud; y, si se sigue así demasiado tiempo, se producirán marcas de trepidación en la superficie de la pieza.

Repasado o rectificado de la muela. La cara de corte de una muela debe mantenerse en buenas condiciones de exactitud y de forma, de limpieza y de acción cortante si se quiere que la operación de rectificado de piezas sea efectuada eficientemente. Esto requiere frecuentes repasados o rectificaciones de la muela. El repasado es la operación de limpiar, o fracturar, la superficie de corte de una muela con el propósito de hacer actuar nuevas partículas cortantes. La rectificación de una muela es la operación de quitar material de la superficie cortante a fin de que la que resulte gire concéntrica con el eje del husillo de la muela.

Las operaciones de rectificado y repasado de muelas se llevan a cabo corrientemente empleando uno de los siguientes elementos: un diamante comercial o una pieza de carburo de tungsteno insertada en la punta cónica de una varilla de acero laminado en frío; polvo de diamante impregnado en cemento, formando una varilla que se encasta en un tubo metálico; o una pieza de carburo de silicio montada como una rueda pequeña en un eje y colocada en una base de hierro fundido. Al emplear cualquiera de estos útiles, la punta del rectificador se pone en contacto con la cara de la muela por medio de un soporte especial, y luego se mueve mecánicamente o a mano a través de dicha cara a una velocidad tal que produzca la forma deseada en la superficie de corte.

Una muela de forma exacta, limpia, de aglomerante y tamaño de grano adecuados, es un útil de corte muy eficiente, pero, en el mejor de los casos, produce un calentamiento rápido de la pieza. Cuando se trata de una herramienta de torno, sólo hay una punta cortante actuando sobre la pieza, pero, aún así, es bien sabido que la herramienta, la pieza y las virutas se calientan con rápidez. En el caso de una muela, hay miles de puntos cortantes que ejecutan separadamente su trabajo sobre la pieza, pero que actúan todos al mismo tiempo; por consiguiente, si la acción de la herramienta de torno produce calor, la de la muela desarrolla necesariamente mucho más. Por esta razón es preciso inundar de líquido refrigerante los puntos de contacto entre muela y pieza, al objeto de eliminar calor y mantener la temperatura de una y otra lo más constante posible. Esto es especialmente importante cuando una pieza es desbastada y acabada con muela.

Desbaste con muela

La finalidad del desbaste de una pieza con muela es eliminar las tensiones internas originadas por el tratamiento térmico y quitar excesos de material lo más rápidamente posible al objeto de prepararla para el acabado. El desbaste se lleva a cabo con poca velocidad de trabajo y movimiento transversal rápido; después, cuando se efectúa el acabado, la velocidad de trabajo debe ser elevada y el movimiento transversal lento. En ambos casos hay que aplicar un buen chorro de refrigerante.

Recubrimientos abrasivos

1. ¿Qué es un utensilio recubierto de abrasivo?

Todo rectificador con recubrimiento abrasivo está siempre constituido por tres elementos:

1. Un material de soporte que es flexible.
2. Un adhesivo o aglomerante.
3. Una capa o revestimiento de granos abrasivos.

Los granos de abrasivo quedan unidos a la lámina soporte por medio de un adhesivo; el soporte puede ser papel, tela, caucho vulcanizado o una combinación de varios materiales. Los aglomerantes o adhesivos utilizados son la cola, la resina y el barniz, los cuales varían para adaptarse a los requerimientos del producto acabado. Los materiales abrasivos empleados en la fabricación de rectificadores flexibles son el pedernal, el esmeril, el granate, el óxido de aluminio y el carburo de silicio.

2. ¿Cómo varían los materiales abrasivos?

El pedernal, el esmeril, el granate, el óxido de aluminio y el carburo de silicio tienen características diferentes y se usan para diversidad de traba-

jos. El abrasivo es triturado y cribado para clasificarlo en grados, siendo luego numerado de acuerdo con la separación de las mallas de la criba.

3. ¿Cómo se emplean los abrasivos flexibles en el taller mecánico?

Las telas abrasivas han sido utilizadas durante muchos años en el trabajo mecánico para mejorar el aspecto de una pieza puliendo su superficie, para quitar aristas agudas y rebabas, o para obtener una medida especificada quitando una pequeña cantidad de metal.

4. ¿Cuál es la forma más corriente de tela abrasiva utilizada en el taller mecánico?

La tela esmeril es el abrasivo flexible empleado más a menudo para el acabado metálico. Aunque todavía identificados por los operarios como tela esmeril, los abrasivos ahora aplicados son el óxido de aluminio y el carburo de silicio artificialmente producidos. Esta forma de tela abrasiva se obtiene en láminas de 9" x 11" (aproximadamente 230 x 280 mm) o en rollos de varios anchos.

5. ¿Cómo se gradúan las telas abrasivas?

Las telas abrasivas se fabrican en una extensa variedad de grados desde el fino al extra basto. La tela esmeril utilizada para pulir se obtiene en los siguientes números de tamaño, que corresponden a las medidas de malla que se dan debajo de los mismos.

4/0 (0000),	3/0,	2/0,	0,	1/2,	IG,	2,	3
600,		500,	400,	320,	240,	220,	180

El óxido de aluminio y el carburo de silicio varían en medida de malla desde 600 (tamaño fino similar a la harina) a 12 (tamaño de grano basto).

6. ¿En virtud de qué otros métodos se usan los recubrimientos abrasivos en el taller mecánico?

El uso de los recubrimientos abrasivos en el taller mecánico se ha incrementado extraordinariamente debido a la creación de las correas abrasivas (fig. 14-11) y de los discos abrasivos (fig. 14-12); unas y otros requieren el empleo de máquinas especialmente diseñadas para la aplicación de tales métodos.

7. ¿Cómo se emplean las correas abrasivas?

Por lo que atañe a su construcción básica, las correas abrasivas son similares a la tela abrasiva, ya que también requieren un soporte flexible, un agente adhesivo o aglomerante y un material abrasivo. Las correas abrasivas (fig. 14-13) poseen la misma variedad de materiales abrasivos con la misma amplia gama de medidas de malla. Se han diseñado máquinas para emplear correas abrasivas de muchas clases para gran número de operaciones de rectificado diferentes (fig. 14-14). Estas correas se usan para el rectificado superficial, cilíndrico y sin puntos, siendo capaces de operar con fuertes pasadas y manteniendo tolerancias estrechas en las medidas. Dichas máquinas suelen ser de coste bastante elevado; algunas pesan 12 toneladas y utilizan una correa abrasiva de 86" (2182 mm) de ancho. Las máquinas empleadas para mejorar el aspecto de piezas que quedan en



Fig. 14-11. Máquina con correa abrasiva bien protegida y con aspirador, empleada para acabar la superficie de piezas ornamentales (Behr-Manning Division of Norton Co.)

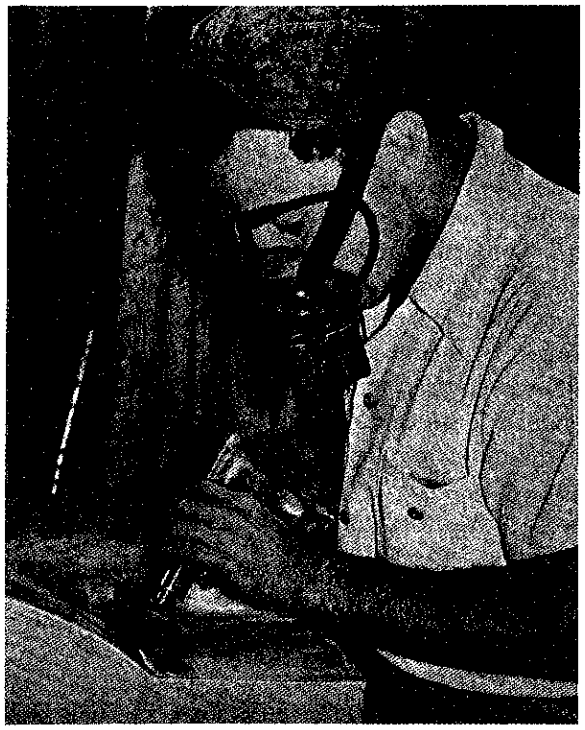


Fig. 14-12. Rectificado de una matriz con un disco abrasivo (Behr-Manning Division of Norton Co.)

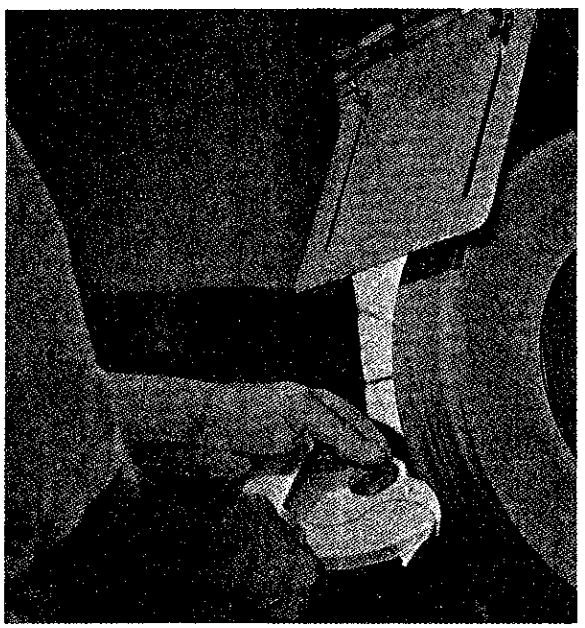


Fig. 14-13. Pulido de una protección de aluminio fundida en coquilla para sierra mecánica, utilizando una correa abrasiva a base de óxido de aluminio de grano 280 (Beher-Manning Division of Norton Co.)

bruto de fundición (fig. 14-15), o para pulir ornamentos metálicos, contienen dos poleas conectadas por una correa abrasiva (fig. 14-16) y son de precio muy reducido; las primeras de tales máquinas sirven para quitar la escama de las piezas fundidas y de las soldaduras, y también para desbarbar piezas acabadas.

Las correas abrasivas utilizadas para el rectificado cilíndrico son capaces de quitar metal con eficiencia y rapidez. La rectificadora sin puntos que emplea correas abrasivas mantiene tolerancias estrechas y puede acabar la superficie de tubos de pared delgada sin deformación alguna de éstos a causa de una presión excesiva o del calor generado (fig. 14-17).

Las correas abrasivas usadas para quitar gran cantidad de material tienen un grano o una medida de malla de 24 a 80. Las correas abrasivas se usan también en una máquina portátil accionada eléctricamente que sirve para acabar superficies planas y pequeños radios. En las correas para rectificado en general se aplica un tamaño de grano más fino, de 100 a 180. La gama de grados es ilimitada. Las correas pueden fabricarse partiendo de cualquier tela recubierta de granate, ócido de aluminio o carburo de silicio; por lo general, las correas utilizadas para el trabajado de los metales tienen un aglomerante resinoso.

8. Los discos con revestimiento abrasivo, ¿se emplean en el taller mecánico?

Los discos abrasivos se usan extensamente en el trabajado de los metales, de modo que su aplicación ocupa un segundo lugar muy cercano al primero ocupado por las correas abrasivas. Se emplean en máquinas portátiles (fig. 14-18), así como en máquinas fijas; estas últimas utilizan discos abrasivos de 6" a 60" (150 a 1500 mm) de diámetro.

El disco abrasivo se aplica o une a una pieza soporte de diámetro igual al del disco que debe utilizarse, efectuándose la unión mediante un adhesivo, con un perno en el centro o mediante bridas en la periferia; la pieza soporte puede ser de cuero, metálica o de una composición.

La velocidad más eficaz para un disco abrasivo en su área de corte oscila entre 8000 y 11000 pies lineales (2438 y 3353 m lineales) por minuto. Los discos recubiertos de abrasivo se emplean para

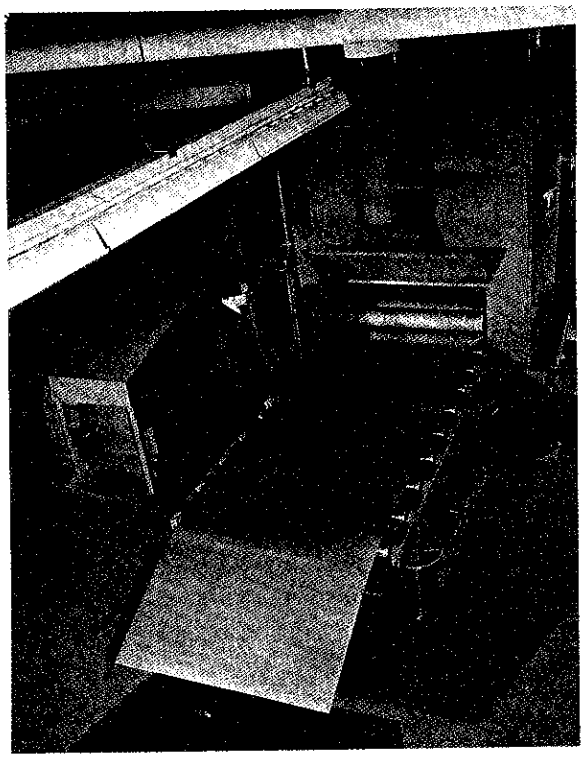


Fig. 14-14. La chapa de aluminio es pulida en una rectificadora de 150 CV equipada con una correa de 50" (1270 mm) de ancho (Behr-Manning Division of Norton Co.)

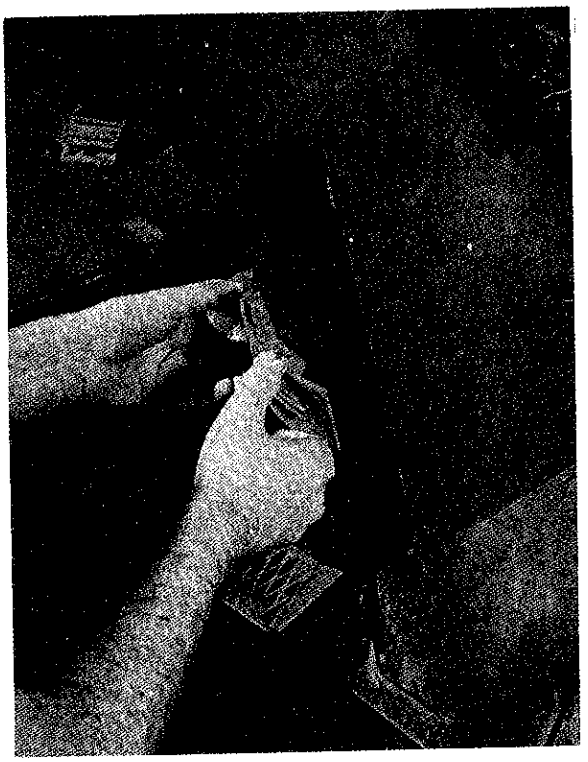


Fig. 14-16. Pieza de aluminio fundida en coquilla en curso de limpiado y alisado con la correa abrasiva de una pulidora (Behr-Manning Division of Norton Co.)

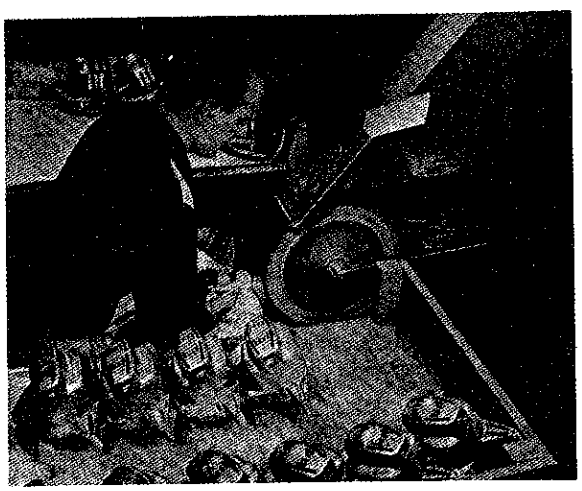


Fig. 14-15. Carcasas de motor, de aluminio fundido en coquilla, rectificadas y pulidas por una correa de tela de 2" x 132" (50,8 x 3353 mm) con abrasivo de óxido de aluminio de grano 220, funcionando a 6000 pies (1829 m) tangenciales por minuto (Behr-Manning Division of Norton Co.)

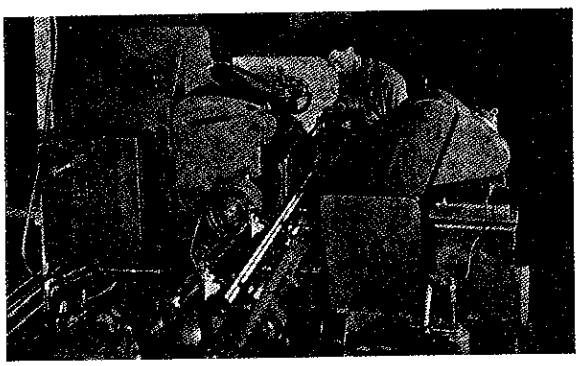


Fig. 14-17. Rectificadora sin puntos duplex que utiliza dos estaciones de correa para un acabado progresivamente más fino (Behr-Manning Division of Norton Co.)

quitar la escama de las piezas soldadas, para quitar herrumbre y marcas de matriz, y para preparar superficies para revestimientos de acabado (fig. 14-19). Los discos requieren un soporte muy tenaz y resistente, siendo el abrasivo de la variedad del óxido de aluminio; los tamaños de grano van desde 16 hasta 180.



Fig. 14-18. Rectificadora de disco, portátil, accionada eléctricamente (Behr-Manning Division of Norton Co.)

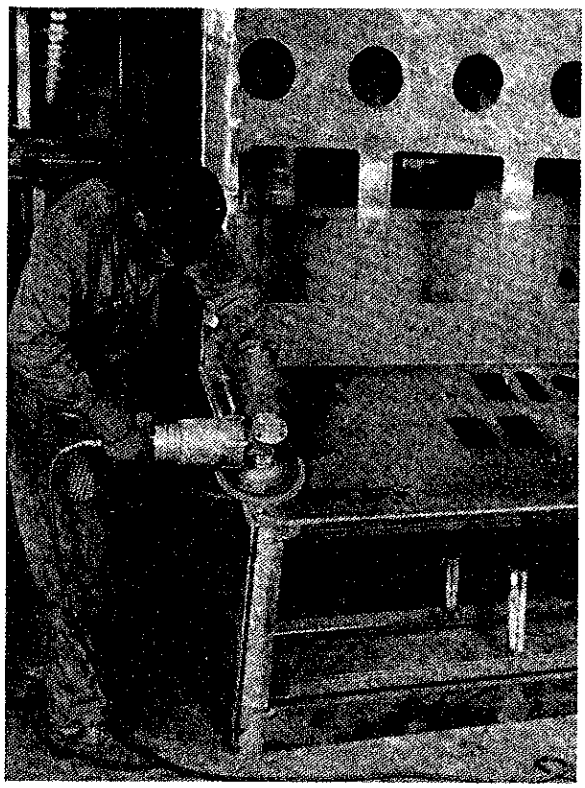


Fig. 14-19. Disco abrasivo utilizado para quitar el exceso de soldadura en una construcción de acero inoxidable (Behr-Manning Division of Norton Co.)

9. Todas las máquinas que usan correas abrasivas, ¿se han diseñado según los mismos principios mecánicos?

Son muchas las máquinas diseñadas para usar correas abrasivas, existiendo cinco métodos básicos de aplicación de estas últimas:

1. Sobre una rueda de contacto.
2. Como correa libre.
3. Sobre una plataforma.
4. Sobre un tambor.
5. En rodillos.

Las figuras 14-20 a 14-25 muestran esquemas de funcionamiento de estos tipos de máquinas con correa abrasiva.

10. ¿Es deseable un refrigerante cuando se trabaja con recubrimientos abrasivos?

Sí. Los refrigerantes servirán de ayuda para incrementar la velocidad de producción, para alar-

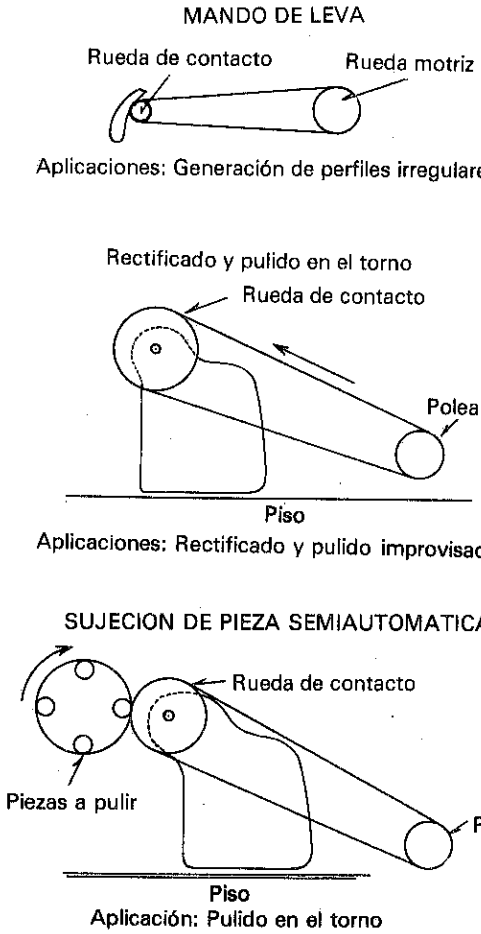


Fig. 14-20. Clasificación de las máquinas herramienta con correa abrasiva: No. 1.

gar la vida del abrasivo y para mejorar la calidad del acabado.

11. ¿Cuáles son los fluidos que se emplean para los recubrimientos abrasivos?

Se usan los siguientes lubricantes: soluciones acuosas que contienen productos antiherrumbre, agentes mojadores y aditivos químicos; aceites solubles; aceite graso; aceites minerales; aceite graso mineral; y cera.

12. ¿Cuáles son las funciones propias de estas soluciones acuosas, de aceite y cera?

Cada una se emplea para una función especial o para un material particular. Sus principales funciones son:

1. Refrigerar la pieza.
2. Arrastrar las virutas hacia fuera.
3. Reducir el rozamiento.
4. Mejorar el acabado.
5. Proteger la pieza contra la herrumbre y la corrosión.

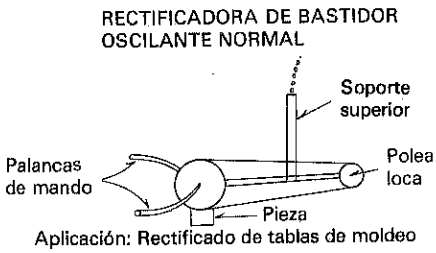


Fig. 14-21. Clasificación de las máquinas herramienta con correa abrasiva: No. 2.

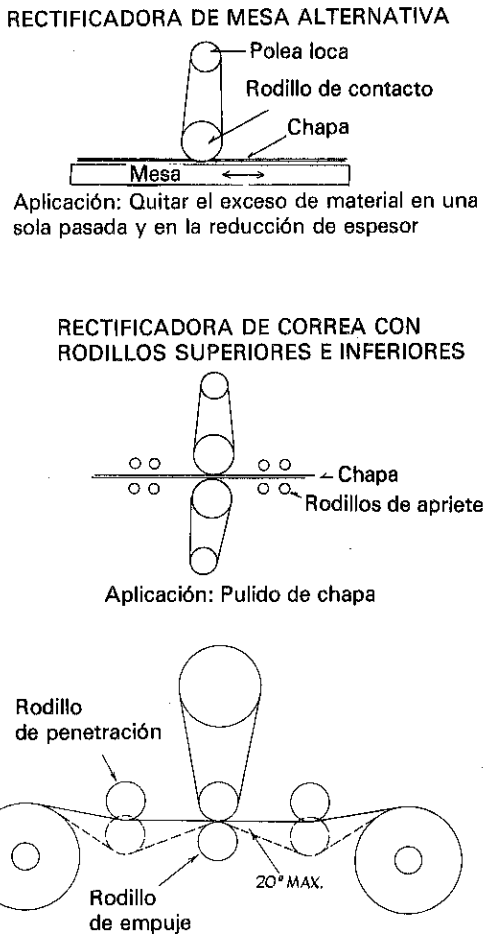


Fig. 14-22. Clasificación de las máquinas herramienta con correa abrasiva: No. 3.

6. Alargar la vida del recubrimiento abrasivo.
7. Evitar que la superficie del recubrimiento abrasivo quede embotada y vidriada.

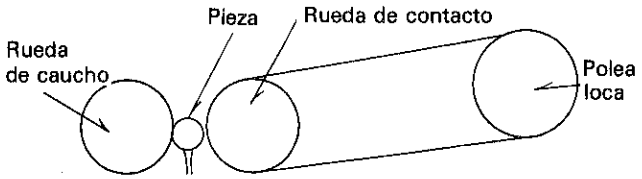
Mecanizado abrasivo

Los abrasivos en forma de muelas tenían, hasta hace relativamente poco tiempo, tres aplicaciones:

1. Afilar las herramientas de corte.
2. Desbarbar, que es el proceso de quitar rebabas y las protuberancias dejadas en las piezas fundidas después de la operación del moldeo.
3. Acabar la pieza según tolerancias de medida estrechas y de acuerdo con el acabado superficial especificado.

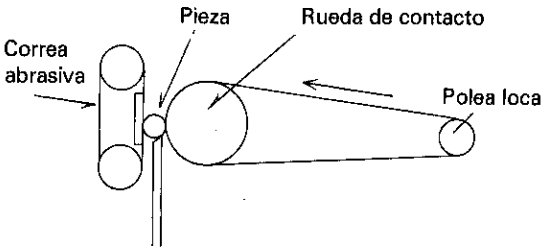
El rectificado de piezas a dimensiones precisas ha ido aumentando en importancia con la aplica-

RECTIFICADORA SIN PUNTOS CON RODILLO DE CAUCHO PARA EL AVANCE



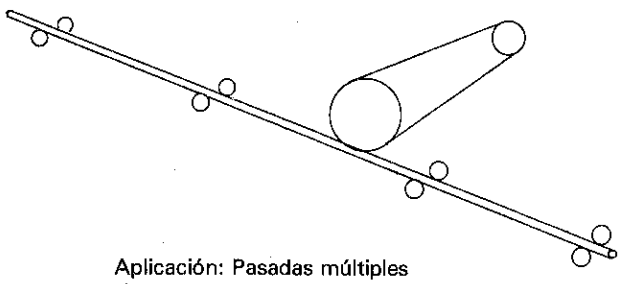
Aplicación: Rectificado ligero sin puntos

RECTIFICADORA SIN PUNTOS CON MANDO DE CORREA ABRASIVA



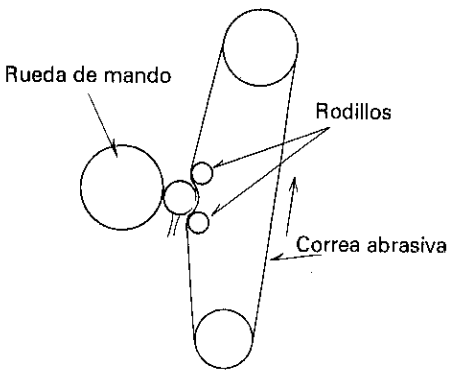
Aplicación: Para quitar gran cantidad de material con inversión de la pieza para pasadas múltiples

RECTIFICADORA CON RODILLO DE INVERSION



Aplicación: Pasadas múltiples sin sacar la pieza de la máquina

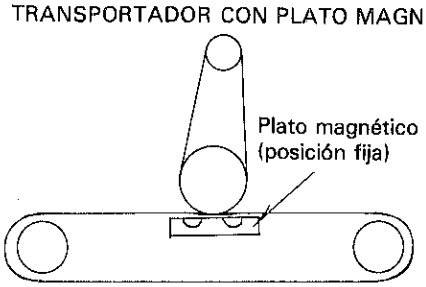
RECTIFICADORA SIN PUNTOS DEL TIPO DE CORREA CON O SIN RETROCESO



Aplicación: Acabado fino sin marcas de lapeado

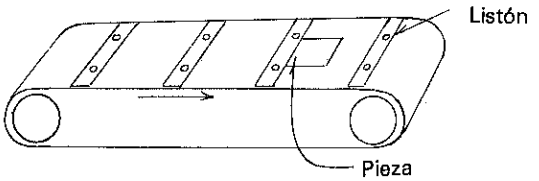
Fig. 14-23. Clasificación de las máquinas herramienta con correa abrasiva: No. 4.

TRANSPORTADOR CON PLATO MAGNETICO



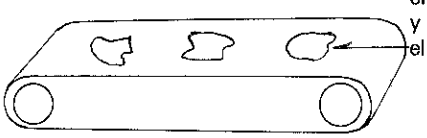
Aplicación: Piezas de acero delgadas

TRANSPORTADOR DE CORREA DE CAUCHO DURO CON LISTONES



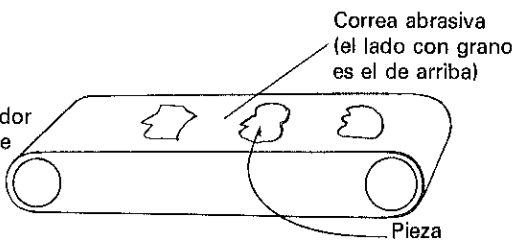
Aplicación: Rectificado y pulido de piezas pequeñas

TRANSPORTADOR DE CAUCHO ESPONJOSO O BLANDO



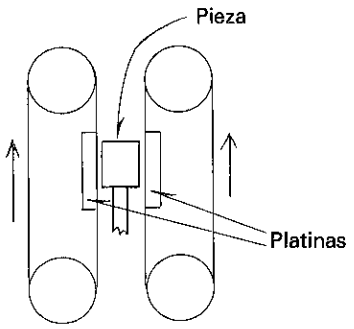
Aplicación: Piezas no ferrosas

CORREA DE AVANCE ABRASIVA

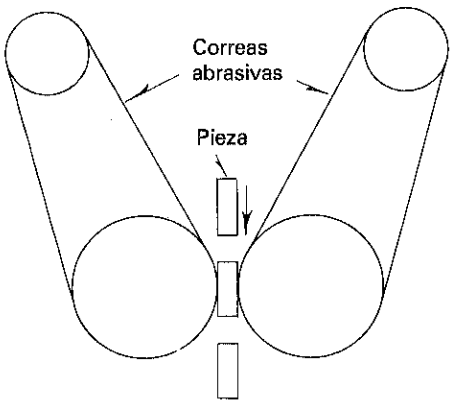


Aplicación: Para quitar gran cantidad de material

Fig. 14-24. Clasificación de las máquinas herramienta con correa abrasiva: No. 5.



RECTIFICADORA DE DOBLE CORREA



Aplicación: Rectificado de ambos lados de las piezas

Fig. 14-25. Clasificación de las máquinas herramienta con correa abrasiva: No. 6.

ción cada vez más extendida de tolerancias finas. Se han desarrollado muchas máquinas para hacer posibles las operaciones de rectificado: rectificado plano, rectificado cilíndrico exterior e interior, rectificado de roscas, rectificado de dientes de engranajes, y otras varias más especializadas. Antes de pasar a la operación de rectificado, la pieza ha sido mecanizada en un torno, una fresadora, una limadora o una acepilladora; la pieza resultante de este mecanizado a una medida determinada, posee un pequeño exceso de material que debe quitarse en el proceso de rectificado. Este exceso para la operación de rectificado raramente excede de 0,015'' (0,38 mm), debiendo ser quitado en dos pasadas para asegurar un control preciso de la medida y un acabado superficial de alta calidad.

En 1961, la Norton Company inició investigaciones sobre el uso de la muela para quitar grandes cantidades de material con pasadas profundas y fuertes avances. El programa de investigaciones Norton, y la subsiguiente comprobación sobre las piezas, han puesto de manifiesto la posibilidad práctica del mecanizado abrasivo.

13. ¿Qué es el mecanizado abrasivo?

El mecanizado abrasivo es el proceso de quitar metal para dar a una pieza la forma y medida que exigen las tolerancias especificadas y los requerimientos de acabado superficial.

14. Con el mecanizado abrasivo, ¿es posible obtener las piezas que corrientemente se obtienen en las máquinas herramienta básicas, o sea, en el torno, la fresadora, la acepilladora y la limadora?

La operación de quitar grandes cantidades de material con el uso de las muelas se ha llevado a cabo satisfactoriamente en piezas que suelen mecanizarse en tornos, fresadoras, acepilladoras y limadoras.

15. ¿Es necesario emplear muelas especiales cuando se quitan grandes cantidades de metal?

No. Con las muelas normales se puede quitar una gran cantidad de material. El perfil de la muela, el tipo de abrasivo, el tamaño del grano, el grado de la estructura y el aglomerante, deben ser considerados y elegidos sobre la base de la pieza, su forma, el metal a mecanizar, la operación de mecanizado requerida y la máquina a utilizar. Los mejores resultados se obtendrán con el uso de muelas y máquinas que hayan sido diseñadas y construidas para el mecanizado abrasivo.

16. ¿Qué ventajas tiene el mecanizado abrasivo sobre los métodos convencionales de mecanizado?

Los cambios de herramienta para las pasadas de desbaste y de acabado pueden ser prácticamente eliminados porque la misma muela puede efectuar ambas pasadas. También, dado que la muela se afila automáticamente, el tiempo muerto para sustituir la herramienta es innecesario. El repasado de la muela puede realizarse en posición. En las piezas fundidas no hay que dejar tanto exceso de material porque la muela puede cortar a través de la escama y puntos duros que perjudican el filo de una herramienta de corte. Se requiere menos tiempo para la preparación de la pieza y de la máquina debido a que, en el

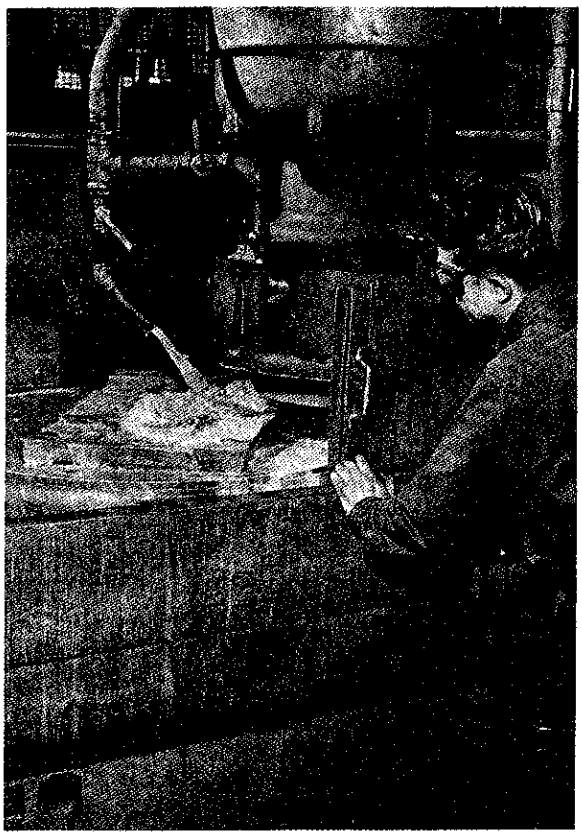


Fig. 14-26. Mecanizado abrasivo de la base fundida de un motor (Norton Co.)

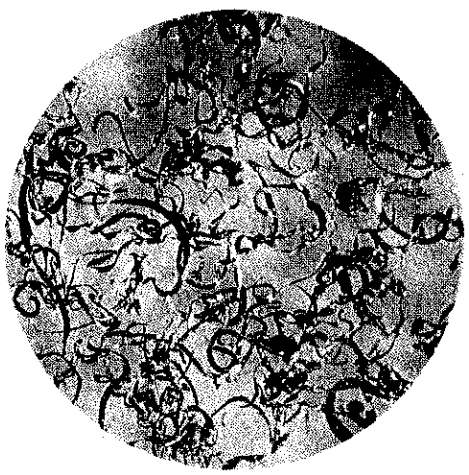


Fig. 14-27. Vista ampliada de las virutas que realmente produce el mecanizado abrasivo (Norton Co.)

mecanizado abrasivo, la fuerza de corte se distribuye sobre una superficie mayor, reduciéndose así la necesidad de elaborar dispositivos de fijación o de dedicar atención a las técnicas de la preparación. Se ha demostrado que el plato magnético es muy eficiente y, por ello, se utiliza a menudo en el rectificado de piezas planas (fig. 14-26).

17. ¿Es posible mecanizar de acabado con muela todas las piezas metálicas?

La forma de la pieza impide a menudo el uso del mecanizado abrasivo. Volviendo a diseñar la pieza de modo que todas las superficies sean accesibles a la muela, se hacen posibles ahorros tremendos de tiempo. Las piezas pueden diseñarse con una reducción del exceso de metal a quitar. Las virutas producidas por la muela son pequeñas (fig. 14-27), lo que simplifica su extracción.

18. ¿Es posible adaptar el mecanizado abrasivo a una gran variedad de trabajos?

La figura 14-28 muestra el mecanizado abrasivo de un cilindro de 24" (609,6 mm) de diámetro interior y 24" (609,6 mm) de longitud; el trabajo se realiza en una rectificadora de interiores del tipo planetario. La muela mide 21" x 1 3/4" x 5" (533,4 mm x 44,45 mm x 127 mm) y gira a una velocidad de 4000 pies (1219 m) tangenciales por minuto. La tolerancia de medida es $\pm$ 0,001" ($\pm$ 0,025 mm), y el acabado superficial, de 20 a 25 micropulgadas (0,5 a 0,63 micrones) rms (media geométrica según normas americanas ASA).

La figura 14-29 representa un tornillo sin fin en curso de mecanizado partiendo de una barra metálica maciza. Una vez acabada, la pieza cumple bien con la tolerancia admisible y satisface todos los requerimientos de acabado, con un ahorro sustancial en el tiempo de producción.

Por lo general, en la operación de rectificado sin puntos se quita muy poco material. La figura 14-30 muestra el mecanizado abrasivo de un tubo sin soldadura partiendo de un tubo en bruto; la operación se efectúa en una máquina de rectificar sin puntos, obteniéndose un producto acabado altamente pulido.

19. ¿Es posible emplear el mecanizado abrasivo en todos los metales?

Según los especialistas de la Norton Company, quienes fueron los primeros en investigar las posibilidades del mecanizado abrasivo, este tipo de mecanizado "puede efectuarse con cualquier

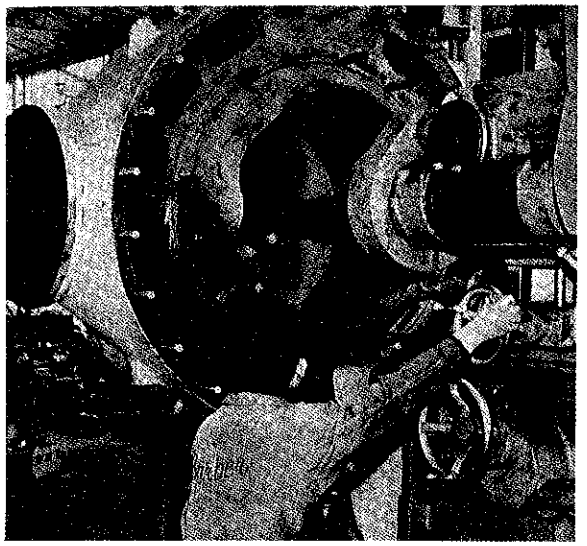


Fig. 14-28. Mecanizado abrasivo de un agujero de 24" (609,6 mm) en un cilindro fundido de 24" (609,6 mm) de largo (Norton Co.)

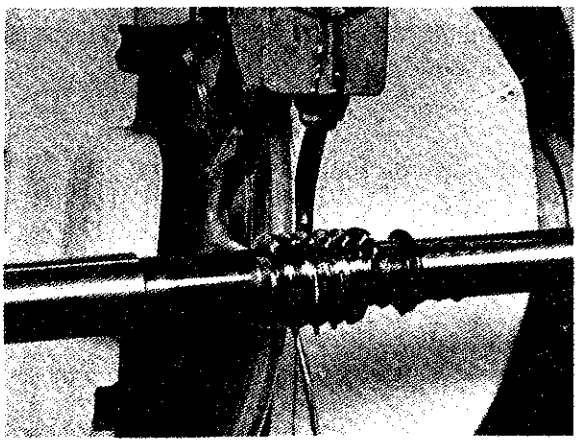


Fig. 14-29. Mecanizado abrasivo de un tornillo sin fin partiendo de una barra maciza (Norton Co.)

material... eligiendo adecuadamente las especificaciones de la muela y las condiciones de funcionamiento de la máquina".

20. ¿Qué fórmula se emplea para hallar la velocidad y el avance correcto de la muela en el mecanizado abrasivo?

No se ha llegado a establecer regla alguna para hallar la velocidad y el avance correctos cuando se quita material con el método de mecanizado abrasivo, pues éste es un nuevo método de mecanizado que se encuentra todavía en proceso de experimentación. La eficiencia absoluta no se alcanzará hasta que se hayan desarrollado nuevos tipos de muelas y se hayan introducido determinados perfeccionamientos en muchos tipos de rectificadoras hoy en uso. Sin embargo, pueden conseguirse mejoras en la economía de la producción y en el rendimiento del trabajo empleando el mecanizado abrasivo con las muelas y máquinas existentes.

Conservación de las muelas y precauciones sobre su empleo

Las recomendaciones siguientes han sido formuladas por fabricantes de muelas y constructores de máquinas de rectificar bien conocidos; si se adoptan de un modo general, pueden contribuir en gran manera a eliminar accidentes en el rectificado.

1. Hay que manejar las muelas con el máximo cuidado, tanto al almacenarlas como al servirlas. Las muelas se rompen debido, con frecuencia, a un manejo poco cuidadoso antes de su montaje en la máquina.
2. Las muelas deben almacenarse en un lugar seco.
3. Antes de colocar una muela en el husillo de la máquina debe golpearse levemente para

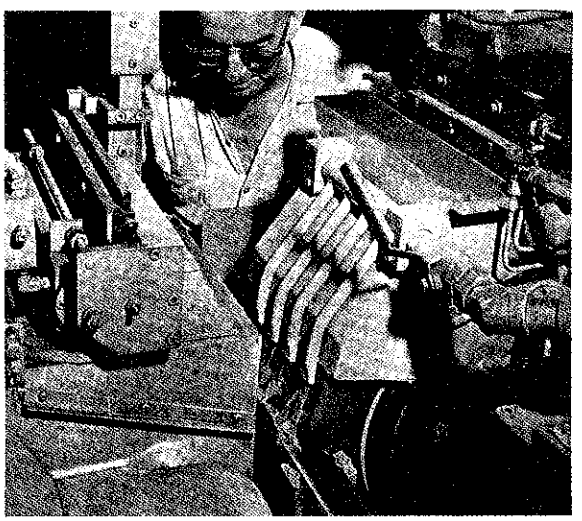


Fig. 14-30. Mecanizado abrasivo de un tubo sin costura en una máquina de rectificar sin puntos, partiendo de un tubo en bruto (Norton Co.)

comprobar si tiene grietas. Si la muela es sana, cuando se golpea con un objeto no metálico, produce un sonido metálico débil. Si la muela está rota, da un sonido sordo.

4. Hay que tener la seguridad de que la muela va equipada con guarniciones de papel secante en cada lado.
5. Nunca hay que forzar la entrada de la muela en el husillo; el agujero de ésta debe ser 0,003" a 0,005" (0,075 a 0,125 mm) mayor en diámetro que el husillo, para permitir un fácil deslizamiento sobre el mismo, y debe estar a escuadra respecto a la platina.
6. Nunca debe montarse una muela sin platinas o bridas, las cuales han de ser rebajadas por dentro y de proporciones adecuadas.
7. No hay que roscar demasiado apretada la tuerca de la muela; sólo debe fijarse con la fuerza suficiente para que las bridas sujeten a la muela firmemente.
8. Hay que mantener la muela limpia y con la forma exacta mediante repasados frecuentes, pero no hay que arrancar más material que el necesario para poner la muela en las condiciones adecuadas.
9. Si la muela vibra excesivamente después de haberse repasado del modo apropiado, tiene que haber algo que no funciona como es debido. Hay que parar la máquina y llamar a un instructor.
10. Las muelas grandes, esto es, las de más de 12" (o de 300 mm), requieren un equilibrado especial; no hay que intentar equilibrarlas uno mismo.

Recomendaciones para el uso de máquinas que trabajan con abrasivos de recubrimiento

1. Todas las correas de accionamiento deben estar protegidas.
2. El equipo eléctrico debe estar adecuadamente instalado y con toma de tierra.
3. Las correas abrasivas deben estar enteramente encerradas, excepto en la zona de trabajo.
4. Todas las partes de la máquina deben ser fácilmente accesibles para su limpieza y engrase.
5. El operario debe estar debidamente protegido contra el polvo por medio de un sistema de extracción adecuado.
6. El aspirador debe estar resguardado mediante una pantalla que evite la entrada en él de partículas del abrasivo de la correa.
7. El área de trabajo debe tener protecciones suficientes para salvaguardar al operario de la máquina y a los trabajadores de los alrededores.
8. El operario de la máquina debe llevar lentes de seguridad o utilizar una pantalla de defensa de la cara.
9. El operario de la máquina debe llevar una máscara respiratoria y un delantal de protección.
10. El operario de una rectificadora con disco abrasivo debe también estar protegido con guantes del tipo de manopla y protectores de muñeca.

Cuestionario de repaso

1. ¿Qué significa la palabra *abrasivo?*
2. Nombrar dos abrasivos naturales.
3. Nombrar dos abrasivos artificiales.
4. ¿Por qué se usan más los abrasivos artificiales que los naturales?
5. ¿Cuáles son las características del carburo de silicio?
6. Nombrar cuatro materiales en los cuales debe usarse el carburo de sicilio.
7. ¿En qué clases de materiales debe usarse el óxido de aluminio?
8. ¿Por qué es importante el control del tamaño de grano del abrasivo?
9. ¿Cómo se determina el tamaño de grano de un abrasivo?
10. ¿Cómo están formadas las partículas de abrasivo en la muela?
11. ¿Qué es lo que determina la dureza o blandura de una muela?
12. Nombrar cinco aglomerantes comúnmente usados.
13. ¿Cuál es el aglomerante usado con más frecuencia? Dar cinco razones.
14. ¿Cuáles son las ventajas del aglomerante de silicato?
15. ¿Para qué objeto son utilizadas generalmente las muelas con aglomerante de silicato?

16. ¿Para qué objeto se usan las muelas con aglomerante de caucho?
17. ¿De qué forma afecta a la operación de rectificado la estructura de la muela?
18. ¿Cómo se especifican los grados de dureza de las muelas?
19. ¿Cuál es la diferencia entre los métodos Norton y Carborundum de especificar las durezas?
20. ¿Cuáles son los cinco grupos en que se dividen los grados de dureza?
21. ¿Cuáles son los seis factores que intervienen en la elección de una muela para un trabajo dado?
22. Indicar cuatro métodos para evitar la vibración.
23. ¿Cuál es la diferencia entre vidriado y embotado?
24. ¿Cuál es la diferencia entre repasado y rectificación de una muela?
25. ¿Por qué es necesario mantener la cara de la muela limpia y exacta en cuanto a forma?
26. Para el trabajo general de taller, ¿cuál es el abrasivo más usado y por qué?
27. ¿En qué condiciones pueden producir vibración el grado y la estructura de la muela?
28. Una muela correctamente montada y repasada será capaz de cuatro cosas; nombrarlas.
29. Indicar la gama de velocidades de muela en pies (y en metros) tangenciales por minuto.
30. Nombrar dos métodos para cambiar la velocidad del husillo.
31. ¿Cómo puede determinarse la velocidad tangencial de una muela de 150 mm de diámetro si la velocidad del husillo es 5000 rpm?
32. ¿Cuál es la causa de las marcas de trepidación en la superficie de una pieza que ha sido rectificada?
33. Si la superficie de una pieza tiene un aspecto irregular después del rectificado, ¿qué medidas de corrección deben tomarse?
34. ¿Qué es lo que causa la condición de vidriado de una muela?
35. ¿Cómo puede corregirse el embotamiento de una muela?
36. ¿Qué se entiende por repasado de una muela?

Recubrimientos abrasivos

37. Identificar las tres partes de que consta un utensilio con abrasivo de recubrimiento.
38. Nombrar seis materiales abrasivos.
39. ¿Cómo se miden y clasifican por tamaños los materiales abrasivos?
40. ¿Para qué se usa la tela abrasiva en el taller mecánico?
41. Indicar los 8 grados de tela esmeril que pueden utilizarse en el trabajado de los metales.
42. Nombrar tres tipos de máquinas de rectificar que hacen uso de correas abrasivas.
43. ¿Cómo reciben el suministro de fuerza las rectificadoras de disco portátiles?
44. ¿Por qué se usan refrigerantes con los abrasivos de recubrimiento?
45. Nombrar cuatro fluidos empleados para ayudar la acción de rectificado de un abrasivo de recubrimiento.

Mecanizado abrasivo

46. Indicar tres aplicaciones de la muela antes de la implantación del mecanizado abrasivo.
47. Nombrar cinco tipos diferentes de máquinas de rectificar.
48. ¿Qué cantidad de material se deja corrientemente para la operación de rectificado de acabado?
49. Nombrar la compañía que acredita la iniciación de las investigaciones referentes a la aplicación práctica del mecanizado abrasivo.
50. Indicar cuatro máquinas herramienta básicas cuyo trabajo puede ahora realizarse mediante los métodos de mecanizado abrasivo.
51. El mecanizado abrasivo presenta muchas ventajas sobre los métodos convencionales de mecanizado. Nombar cuatro.
52. ¿Cuáles son los cambios en el diseño de la máquina que incrementarán el rendimiento del mecanizado abrasivo?
53. ¿Cuál es el tipo de rectificadora que se emplea para rectificar el diámetro exterior de un tubo de pared delgada?
54. Si la tolerancia admisible en un trabajo de rectificado es 0,0125 mm y la medida requerida es 38 mm, indicar las medidas máxima y mínima aceptables.
55. ¿Cómo pueden determinarse la velocidad y el avance correctos para una operación de mecanizado abrasivo?

15. RECTIFICADORAS Y OPERACIONES DE RECTIFICADO

El proceso de limar metal por medio de una muela, bien conocido con el nombre de rectificado, es actualmente considerado como una de las operaciones básicas de mecanizado. Comparado en antigüedad con el torneado, fresado, etc., el rectificado es de desarrollo relativamente reciente; no obstante, sus posibilidades completas todavía están por descubrir. El objeto de este capítulo es describir los fundamentos de la operación de rectificado. Sólo un conocimiento total de las máquinas básicas y de su funcionamiento, servirán de preparación al técnico para los perfeccionamientos del futuro.

Una rectificadora es una máquina que utiliza una muela para producir con precisión, económica y eficientemente, superficies cilíndricas, cónicas o planas. A fin de dejar la pieza según la forma, medida y acabado superficial requeridos, el material en exceso se quita ya sea avanzando la pieza contra la muela que gira, ya sea forzando la muela contra la pieza.

Hay una gran variedad de máquinas de rectificar, pero en este texto se tratará sólo de aquellas máquinas que se emplean en los talleres de utillaje y de matricería, y en los de piezas pequeñas, o sea, de las rectificadoras de superficies planas y cilíndricas, las rectificadoras sin puntos, las de interiores, las de fresas y herramientas, y las rectificadoras de roscas. Por lo general, se clasifican según las medidas de la mayor pieza que pueden mecanizar por completo, como 6" x 18" (150 x 450 mm), es decir, para piezas de 6" (150 mm) de diámetro x 18" (450 mm) de largo; o bien, se especifican por números, como la Brown & Sharpe número 2, la máquina de rectificar fresas y herramientas número 10N, o la rectificadora de superficies número 5.

RECTIFICADORAS DE SUPERFICIES PLANAS

La rectificación plana es la operación de producir y acabar superficies planas por medio de una máquina de rectificar que emplea una muela de abrasivo giratoria.

Las máquinas de rectificar superficies planas se dividen en dos grupos principales según la forma de la mesa y el modo en que ésta se mueve. Hay el *tipo de mesa alternativa,* en el cual la mesa es de forma rectangular y se mueve en uno y otro sentido debajo de la muela, y el *tipo de mesa giratoria,* en el que la mesa es de forma circular y gira debajo de la muela.

Tipos de mesa alternativa

1. Husillo horizontal, usando el diámetro exterior o periferia de la muela.
2. Husillo horizontal, usando el borde de una muela de copa (o de vaso).
3. Husillo vertical, usando el borde de una muela de copa.

Tipos de mesa giratoria

1. Husillo horizontal, usando el diámetro exterior o periferia de la muela.
2. Husillo vertical, usando el borde de una muela de copa.

Fundamentalmente, cualquiera de las máquinas arriba mencionadas comprende un husillo con

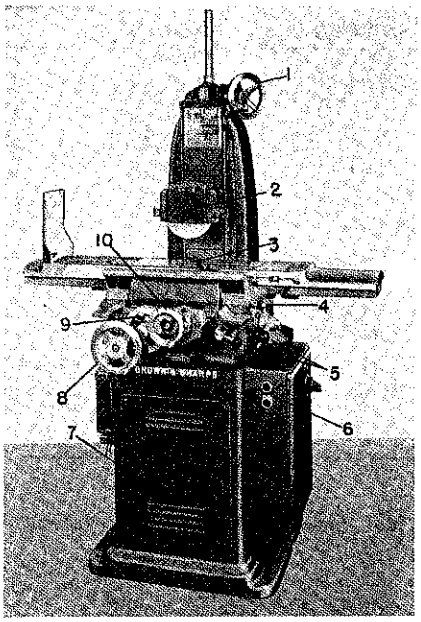


Fig. 15-1. Elementos de mando de una rectificadora de superficies con mesa plana horizontal (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

1. Volante graduado en medias milésimas de pulgada (o en centésimas de milímetro), que permite un ajuste vertical, fácil y preciso, del cabezal del husillo.
2. Cabezal de husillo (con cojinetes corrientes o del tipo antifricción) fácilmente intercambiable. La rígida protección de la muela tiene una tapa desmontable.
3. Mecanismo de inversión de la mesa maniobrado a mano mediante la palanca que se ve en el grabado, o automáticamente mediante una segunda palanca montada sobre el mismo eje; el movimiento se limita por medio de fijadores de mesa ajustables.
4. Fijadores ajustables que permiten parar los movimientos producidos mecánicamente en cualquier punto deseado y en cada dirección del avance transversal.
5. Palanca de arranque y palanca de limitación de carrera que pone en marcha y para los movimientos longitudinal y transversal producidos mecánicamente. Girando la palanca frontal hacia la derecha se pone en marcha el avance mecánico; depresionando la palanca de la derecha, se para el avance instantáneamente.
6. Botón del interruptor de arranque y de paro, y compartimento de mandos eléctricos convenientemente situado.
7. Amplio compartimento de base que posee un estante para montar el motor de accionamiento del husillo y de la mesa. En las máquinas provistas de motor independiente para el husillo, proporciona un buen espacio para guardar las herramientas y los accesorios.
8. Volante para el movimiento longitudinal de la mesa, convenientemente emplazado y de fácil maniobra. Puede ser efectivamente desembragado cuando se emplea el accionamiento mecánico.
9. Topes ajustables previstos para cualquier avance transversal desde 0,01" a 0,09" (0,25 a 2,25 mm), o avance cero, en cada extremo de la carrera de la mesa. El botón del centro desembraga el mecanismo de avance transversal para el accionamiento a mano.
10. Volante graduado que permite el ajuste rápido y preciso del movimiento transversal.

una muela montada en él, y una mesa o plato magnético para sujetar la pieza al objeto de someterla a la acción de la muela. Cada máquina presenta sus ventajas particulares, pero, teniendo en cuenta la finalidad de los trabajos que generalmente se efectúan en el taller de utilaje, se trata aquí sobre todo de la rectificadora de mesa plana con movimiento alternativo (fig. 15-1), la cual hace uso de la periferia de una muela de disco.

Rectificadora de superficies con mesa plana

Muelas para rectificadoras de mesa plana. En las rectificadoras de superficies con mesa plana horizontal se emplean muelas de diversas formas, siendo las más comunes las de disco, las calibradas y las delgadas de caucho para ranurar. Las dimensiones de las muelas pueden variar desde las muy pequeñas del tipo para rectificar interiores, que pueden utilizarse con un accesorio de marcha rápida, hasta las de 10" (250 mm) de diámetro por 1" (25 mm) de espesor. Las muelas más corrientemente usadas en las rectificadoras planas son las que se relacionan en la figura 15-2.

Montaje de las muelas. En el montaje de una muela en la rectificadora de superficies con mesa plana horizontal, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones desde el momento en que se recibe la muela hasta que la máquina está funcionando:

1. Golpear la muela para comprobar, según el sonido percibido, si está agrietada. Esto se hace suspendiéndola por el agujero y golpeándola suavemente con un objeto no metálico; si la muela no está agrietada, dará un sonido metálico, y si está agrietada, un sonido apagado.
2. Hay que asegurarse de que la muela tiene guarniciones de papel secante en ambos lados alrededor del agujero. (La mayoría de las muelas llegan de fábrica con arandelas de papel adheridas).

Material	Grano	Grado	Abrasivo*	Proceso
Aluminio	30 a 46	H o I	C	Cerámico
Bronce	36 o 46	H	C	Cerámico
Hierro fundido	30 o 36	I o J	C	Cerámico
Cobre	30 o 36	H o I	C	Cerámico
Acero dulce (incluyendo piezas de acero moldeado)	36 o 46	I, J, o K	A	Cerámico
Metal Monel	46	G	A	Cerámico
Aleación nitrurada (antes de nitrurar)	36 o 46	J	A	Cerámico
Aleación nitrurada (después de nitrurar)	60 a 100	H	A o C	Cerámico
Acero inoxidable (blando)	36	H	A	Cerámico
Acero de herramientas	36 o 46	H	A	Cerámico
Carburo de tungsteno (desbastado)	60 o 80	G o H	C	Cerámico
Carburo de tungsteno (acabado)	80 o 100	F o G	C	Cerámico

* C: carburo de silicio; A: óxido de aluminio.

Fig. 15-2. Muelas corrientemente usadas para el rectificado de superficies sobre mesa plana.

3. Inspeccionar las platinas o bridas para cerciorarse de que son del tipo de seguridad y del tamaño adecuado.
4. Colocar la muela en el husillo. La muela debe deslizarse sobre el husillo sin apriete ni demasiado huelgo, hasta alcanzar la platina de seguridad interior.
5. Colocar la platina de seguridad interior.
6. Poner la tuerca del husillo y roscarla fuertemente.
7. Poner las protecciones de la muela en su lugar y fijarlas.
8. Asegurarse de que la muela no toca en ningún punto de su envolvente, girándola a mano.
9. Poner la máquina en marcha y, mientras se presiona el botón de arranque, es necesario mantenerse retirado a un lado, dejando que funcione por lo menos durante un minuto antes de trabajar con ella.
10. Rectificar la muela sin intentar quitar todo el material que ocasiona la falta de redondez con una pasada; debe quitarse un poco cada vez.

La velocidad de la muela la da el constructor de la máquina en la placa fijada en ella. Si se quiere mantener la seguridad, no hay que aumentarla sin una indicación competente.

Desde el punto de vista de la seguridad, es muy esencial la verificación de la muela por el sonido para detectar las posibles grietas que pueden no ser vistas. Si la muela está agrietada, y se coloca en la máquina, la fuerza centrífuga, cuando la misma se ha puesto en marcha, producirá el estallido de aquélla dañando posiblemente al operario y a cuantos se hallen cerca de la máquina.

Las guarniciones de papel secante o de caucho deben colocarse entre las platinas de seguridad y la muela, a fin de distribuir por igual las presiones alrededor de esta última cuando la tuerca es apretada.

Platinas de seguridad. Las platinas o bridas de seguridad son platinas circulares que actúan sobre la muela entre el husillo y la tuerca. Deben tener por lo menos un diámetro igual a un tercio del de la muela y estar rebajadas por el interior de la pestaña a fin de que el contacto con la muela se establezca sólo por sus bordes. Esta superficie de contacto debe ser paralela a la cara sobre la cual se apoya la tuerca, para asegurar una presión uniforme de todo el contorno sobre la muela, tal como se aprecia en la figura 15-3.

Nunca hay que forzar la entrada de la muela en el husillo. Si no se introduce suavemente, hay que rasquetear el casquillo de plomo hasta que su diámetro sea de 0,003" a 0,005" (0,075 a 0,125 mm) mayor que el del husillo, lo que permite que las platinas sujeten bien la muela sin producir tensiones internas en la misma.

La tuerca se rosca en el husillo en sentido opuesto al de giro de la muela, a fin de que la re-

sistencia ofrecida por la pieza al giro de la muela tienda a apretar la tuerca.

Cuando la máquina se pone en marcha, especialmente después de haber montado una muela nueva o después de haber estado parada toda la noche, conviene apartarse a un lado al oprimir el botón de arranque y dejar que la máquina funcione en vacío por lo menos durante un minuto entero. Las muelas nuevas se prestan al desequilibrio debido a la humedad acumulada en un lado y, si el husillo de la muela tiene un juego excesivo en el extremo, es posible que se produzca la rotura de la misma. Por esta razón conviene estar apartado de la máquina.

Repasado de las muelas. En el caso de rectificado de una superficie sobre mesa plana, en que el trabajo se efectúa en seco, es muy necesario mantener la muela afilada y bien redonda si se quiere que la operación sea realizada eficientemente. El área de contacto entre muela y pieza es mucho mayor que en el rectificado cilíndrico, lo que significa que un número mucho más elevado de granos abrasivos, o muchos más filos cortantes, actúan sobre la pieza al mismo tiempo. De esta forma, el calor generado en virtud de los filos añadidos puede mantenerse a un mínimo gracias a la conservación de la muela en buen estado de limpieza y de afilado.

Una muela embotada o sucia es causa de que la pieza se "queme" o de que la acción de corte sea muy dura, lo que significa un mayor esfuerzo en la muela y en las partes de la máquina y, en consecuencia, un sobrecalentamiento de éstas y un funcionamiento ineficiente.

Para repasar una muela, sólo hay que quitar el material indispensable de la cara de la misma para que quede afilada. No debe actuarse con el avance de la muela, sino que es el diamante el que debe actuar. Las muelas son herramientas costosas y esto debe ser tomado en la debida consideración. Algunos fabricantes de muelas sostienen que alrededor de los dos tercios de las mismas se desperdician por causa de rectificados, repasados o manejos impropios.

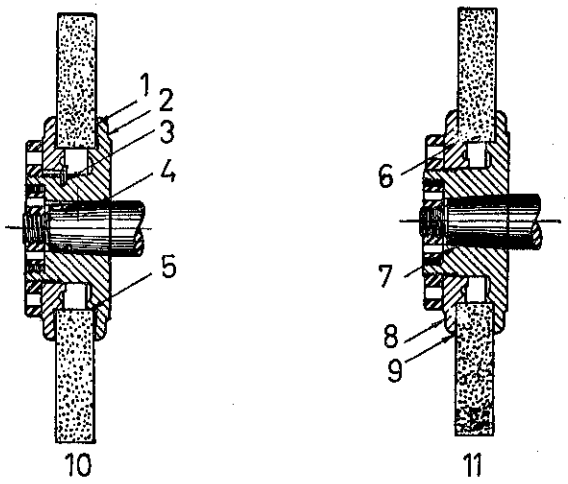


Fig. 15-3. Platinas de seguridad para muelas.

1. Arandela de caucho.
2. Platina cónica interiormente; el apriete se efectúa sólo en el canto exterior.
3. Pasador que evita el giro de la platina exterior y el aflojamiento de la tuerca.
4. El manguito de la muela sobre el que se apoya la platina interior, va acoplado al husillo mediante chaveta.
5. La muela encaja libremente en el respaldo de la pestaña de las platinas.
6. La muela ajusta con apriete sobre los respaldos de las platinas.
7. El manguito de la muela sobre el que se apoya la platina interior, ajusta con el husillo sin chaveta.
8. Los lados interiores de las platinas son paralelos y a escuadra.
9. Sin arandelas de caucho.
10. Bien.
11. Mal.

Sujeción de la pieza. La mayoría de las rectificadoras planas utilizan un plato magnético (fig. 15-4) para fijar la pieza en posición sobre la máquina, pero aquella puede estacarse también fijándola directamente a la mesa o sujetándola con un tornillo de mordazas fijado con pernos a la mesa. Asimismo, la fijación magnética puede emplearse combinada con bloques en V, escuadras de trazador, galgas de senos u otros elementos de sujeción especiales.

El plato magnético sujeta la pieza ejerciendo una fuerza de imantación sobre la misma. Los polos magnéticos del plato se sitúan muy cerca uno de otro para que sea posible la fijación de piezas muy pequeñas. Sin embargo, sucede a menudo que la pieza es demasiado pequeña para poderla sujetar; entonces se colocan encima del plato largas piezas de hierro o acero paralelamente al lado mayor del mismo, las cuales, por tener una altura menor que la pieza, actúan como un grueso y la retienen encima del plato. Debe recordarse

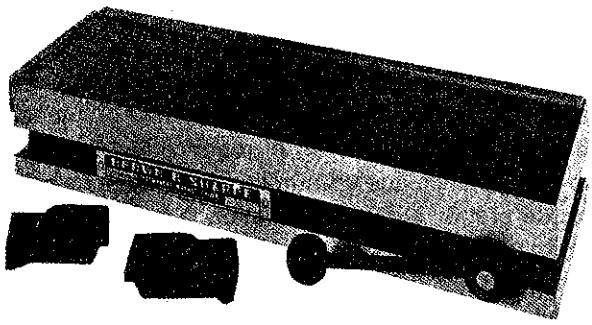


Fig. 15-4. Plato magnético permanente (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

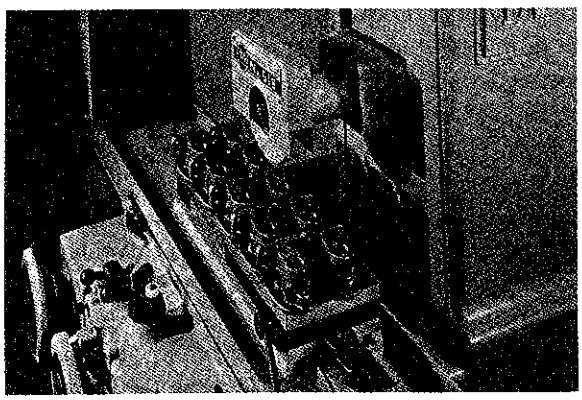


Fig. 15-5. Trabajo típico de producción en serie, el cual consiste en rectificar un grupo de piezas dentro de límites estrechos, utilizando un plato magnético permanente (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

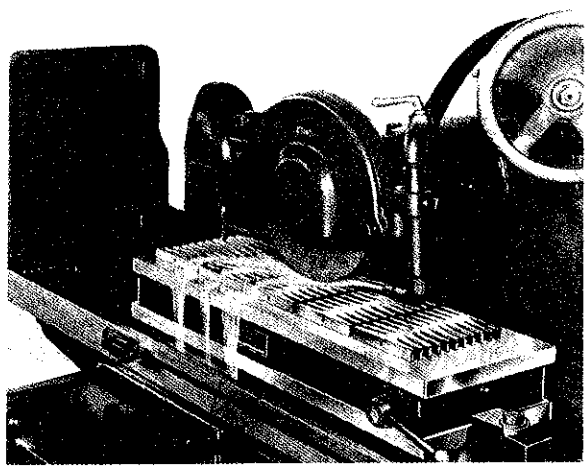


Fig. 15-6. El empleo de un refrigerante no afecta al plato magnético; en cambio, permite fuertes pasadas de rectificado con un acabado fino (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

que sólo los materiales magnéticos tales como el hierro y el acero se adherirán realmente al plato. Cuando se rectifican materiales tales como bronce, latón, fibra, o ciertas clases de acero inoxidable, las piezas deben mantenerse en posición sobre el plato magnético mediante barras de hierro o acero.

La precisión de la pieza en lo que se refiere, por ejemplo, a paralelismo y perpendicularidad, depende de la precisión de la cara de sujeción del plato magnético. Por esta razón, dicha superficie de sujeción debe mantenerse lisa y bien plana; tan pronto como presente golpes, rasguños o abolladuras, o si el plato ha sido desmontado por cualquier motivo, debe procederse a un nuevo rectificado de la cara citada estando el plato colocado en posición sobre la máquina. Esto hay que hacerlo sólo bajo las indicaciones del instructor o encargado.

A veces el plato va equipado con una regla posterior cuyo objeto es el de fijar la pieza paralelamente a la carrera de la mesa de la rectificadora. Esta regla debe desmontarse cuando hay que rectificar la cara del plato; por consiguiente, al volver a montarla también debe rectificarse en posición para proporcionarle otra vez la precisión requerida.

Son pocos los trabajos a efectuar en la rectificadora plana en los que no deba mantenerse el paralelismo en las piezas dentro de límites razonablemente estrechos (fig. 15-5). Las causas más frecuentes de dificultades en la obtención de tal paralelismo se hallan en la suciedad o mal estado de la superficie de trabajo del plato magnético, o en la falta de paralelismo entre la regla posterior y la carrera de la mesa. Si se experimentan dificultades en mantener paralelas las caras opuestas de piezas delgadas, pueden solucionarse invirtiendo la posición de las mismas en el plato, poniéndolas en el mismo lugar o lo más cerca posible de él, pero sin variar la situación de la muela.

En las piezas delgadas es especialmente difícil mantener el paralelismo porque se alabean con mucha facilidad. El empleo de una muela de corte libre y el practicar pasadas ligeras alternativamente en cada lado ayudan mucho a eliminar el alabeado y, por consiguiente, a conservar el paralelismo en la pieza dentro de límites razonables. Otro método consiste en colocar un suplemento

paralelo delgado debajo de cada extremo de la pieza y llevar a cabo una pasada ligera, o series de pasadas ligeras, alternativamente en cada lado. Cuando se adopta este método, la pieza debe estar fijada fuertemente para evitar su deslizamiento. Las figuras 15-6 y 15-7 ilustran el uso del plato magnético.

El bloque magnético en V (fig. 15-8) es ventajoso para sujetar piezas de hierro o acero, de sección transversal redonda o rectangular, y también piezas de forma irregular, las cuales pueden colocarse entre las caras en V estableciendo contacto con ellas. Este bloque es adecuado en la fabricación de herramientas y en la inspección, para operaciones manuales y trabajos ligeros a máquina, así como para el rectificado húmedo o seco. Cuando el disco de mando se gira hacia la derecha, la pieza queda sujeta firmemente en la V y, si el bloque descansa sobe una superficie magnéticamente conductora, también él queda firmemente sujeto a esta superficie, como en la figura 15-9. El bloque en V puede usarse sobre sus lados y extremo, así como sobre su base, pero no queda sujeto a una superficie magnéticamente conductora cuando se utiliza sobre sus lados. La fuerza de sujeción de un bloque en V puede regularse girando el disco de mando sólo en parte, de modo que la pieza puede moverse o situarse en la V sin eliminar por completo la sujeción del bloque a la superficie conductora sobre la cual está colocado.

Los gruesos paralelos magnéticos (fig. 15-10) sujetan piezas con superficies salientes que no permiten la sujeción fácil encima del plato magnético; en la figura 15-11 se muestra un ejemplo de sujeción con gruesos de esta clase, los cuales están constituidos por pletinas de acero separadas por láminas de bronce intercaladas. El flujo magnético pasa desde el plato magnético a través de las pletinas y de la pieza, quedando ésta firmemente fijada a los gruesos y éstos a la superficie de dicho plato. Los lados opuestos de los gruesos magnéticos están rectificados paralelos y los lados adyacentes en ángulo recto. Estos gruesos pueden usarse sobre sus cuatro lados, pero no sobre sus extremos.

Marcas testigo. En muchas ocasiones, la superficie de una pieza sólo necesita ser rectificada para "limpiar". Esto significa que debe rectificarse

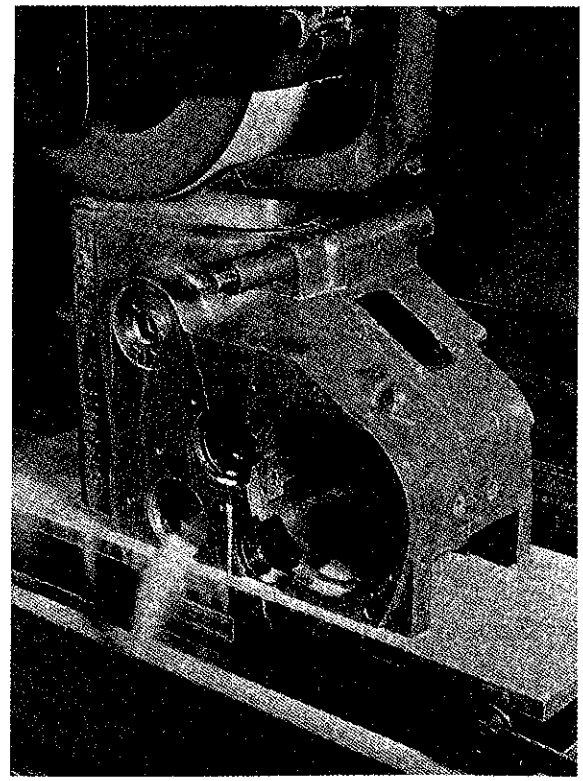


Fig. 15-7. Las piezas grandes se sujetan firmemente en el plato magnético (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

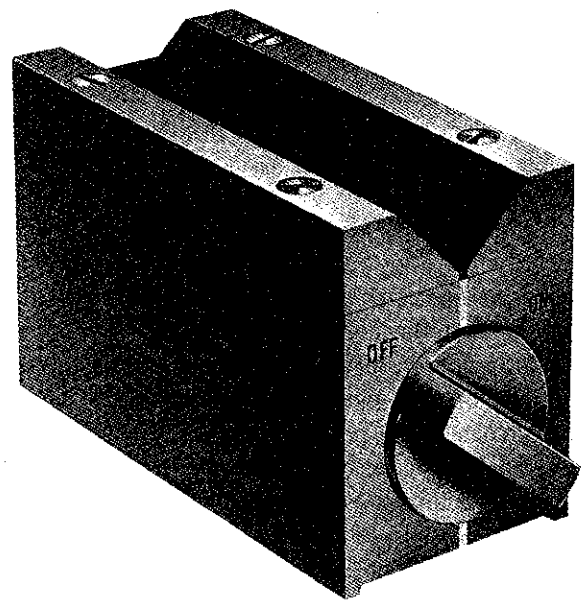


Fig. 15-8. Bloque magnético en V (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

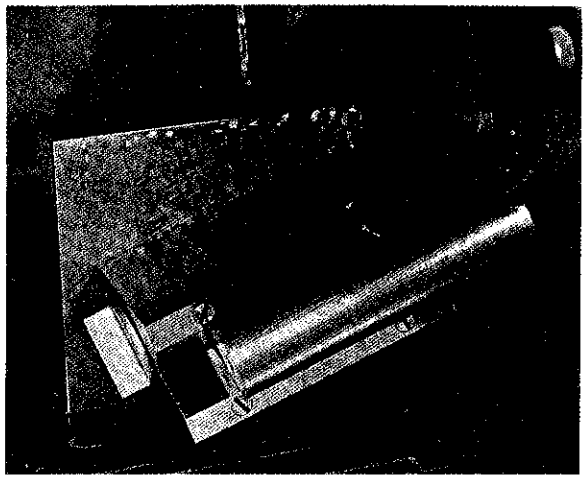


Fig. 15-9. Bloque magnético en V firmemente adherido a una escuadra, la cual es sujetada por un plato magnético (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

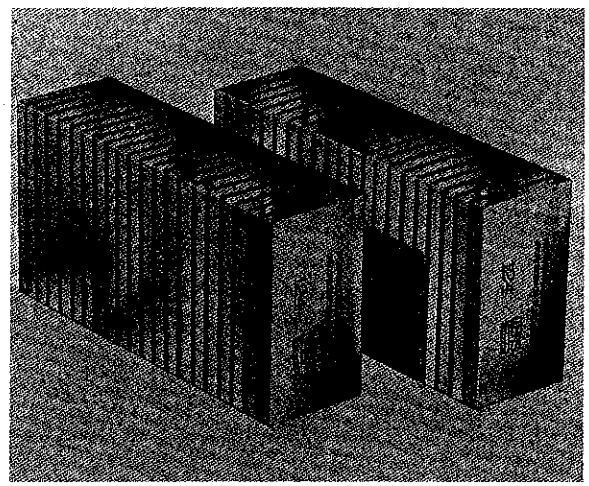


Fig. 15-10. Gruesos paralelos magnéticos (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

de forma que, cuando el trabajo está terminado, sólo pueda todavía verse una porción muy pequeña de la superficie original, es dedir, sólo pueda apreciarse en la pieza lo que se conoce con la denominación de *marcas testigo.* El objeto de dejar estas marcas es demostrar que únicamente se ha quitado una pequeña cantidad de material de la pieza. En algunos trabajos esto significa que la muela debe actuar primero sólo en varios puntos de la pieza, y luego, debe pasar por toda la superficie para cerciorarse de que no se ha arrancado demasiado material; si esta superficie es bastante regular y tiene un buen acabado, dicha comprobación puede efectuarse recubriéndola con sulfato de cobre antes del rectificado.

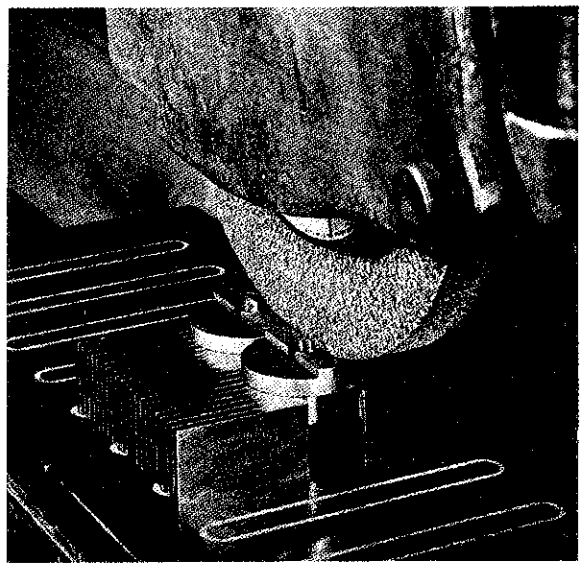


Fig. 15-11. Las piezas descentradas se sujetan firmemente para el rectificado, mediante gruesos paralelos magnéticos (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

Empleo de la escuadra. Las escuadras a 90° (fig. 15-12) se usan en la rectificadora plana para sostener la pieza mientras dos caras adyacentes de la misma son rectificadas formando ángulo recto una con otra.

Evidentemente, la precisión del trabajo dependerá de la precisión de la escuadra. Si las dos caras adyacentes de la misma están rectificadas exactamente a 90°, y si sus cantos son paralelos y forman ángulo recto con las caras adyacentes, es posible rectificar dos lados de la pieza a 90° con un tercer lado, con lo que se ahorra tiempo de preparación.

Existen mármoles de inclinación ajustable (fig. 15-13), los cuales son fabricados con precisión, permitiendo el rectificado de piezas con ángulos diversos; uno de los extremos de estos mármoles tiene un sector graduado en grados. Algunos de los mármoles de inclinación ajustable, conocidos con el nombre de *mármol de senos,* están previstos para que su ajuste pueda efectuarse con un micrómetro o con calas, siendo muy adecuados para rectificar ángulos con exactitud.

Rectificado de piezas a escuadra. Para rectificar una pieza a escuadra después de haber rec-

tificado paralelas dos caras de la misma, se coloca encima del plato magnético con la cara a rectificar debajo. Luego se adosa un grueso paralelo delgado o una regla a lo largo de la pieza y, encima de este grueso o regla, se sitúa invertida la escuadra de 90° con una de sus caras en contacto con la cara vertical acabada de la pieza (fig. 15-14). Se estacan pieza y escuadra juntas en esta posición, de modo que, al dar vuelta al conjunto sobre el plato magnético (fig. 15-15), la cara a rectificar de de la pieza quede expuesta a la acción de la muela. Hay que asegurarse de que la brida de sujeción se halla suficientemente alejada de la cara a rectificar, y que el extremo de su tornillo queda situado dentro del ángulo de la escuadra, a fin de reducir el voladizo y no interferir con la operación de rectificado.

Rectificado de superficies angulares. Estas superficies pueden rectificarse fácilmente en la rectificadora plana repasando la muela de modo que su perfil tenga el ángulo requerido, utilizando una regla de senos (fig. 15-16), un bloque de senos (fig. 15-17) o un mármol de inclinación ajustable para situar la pieza de acuerdo con el ángulo en cuestión, o empleando un plato magnético ajustable.

La muela sólo debe repasarse a un ángulo dado como último recurso, pues ello disminuye su duración. Si forzosamente hay que efectuar este repasado, debe tenerse la seguridad de que la operación se realiza correctamente, esto es, de modo que se produzca el ángulo requerido en la pieza y no el complemento de este ángulo. Para repasar la muela según un ángulo dado, puede usarse tanto un grueso angular normal como una regla de senos para guiar el soporte deslizante del diamante (fig. 15-18). Una vez el grueso angular o la regla de senos situados en posición, el soporte del diamante se coloca de forma que la punta de éste se encuentre exactamente en el plano vertical del eje del husillo de la muela.

La muela puede también repasarse utilizando un accesorio especial para el repasado angular (fig. 15-19). La parte superior se hace girar hasta formar el ángulo requerido y se sujeta en esta posición; para ello se utilizan las graduaciones marcadas alrededor de la base. La herramienta de diamante se coloca junto a la muela haciendo avanzar a mano la mesa, y el carro del accesorio

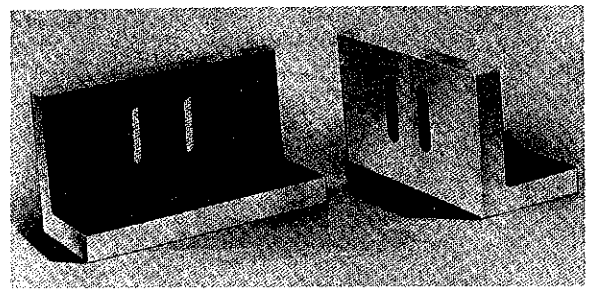


Fig. 15-12. Escuadras para rectificadora (Taft-Peirce Mfg. Co.)

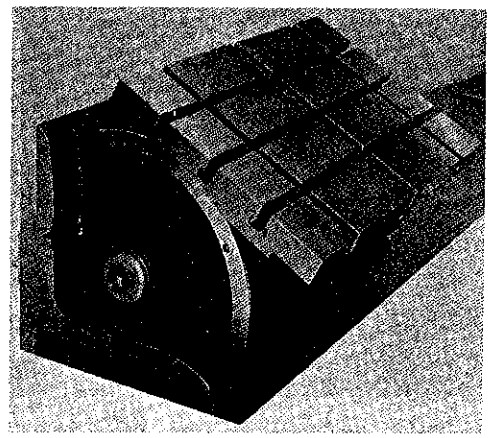


Fig. 15-13. Mármol de inclinación ajustable (Taft-Peirce Mfg. Co.)

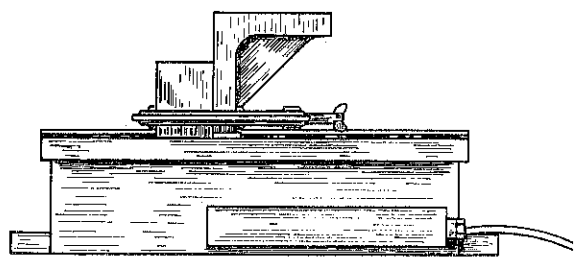


Fig. 15-14. Escuadra descansando sobre un grueso paralelo y estacada a la pieza.

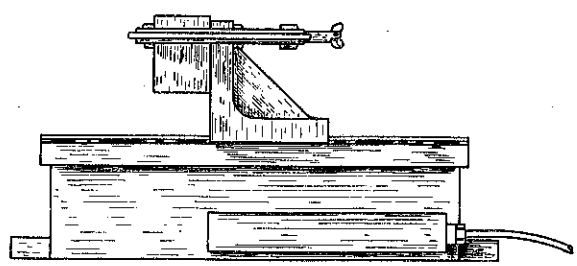


Fig. 15-15. La superficie a rectificar se encuentra por encima de la escuadra cuando se invierte el conjunto pieza-escuadra.

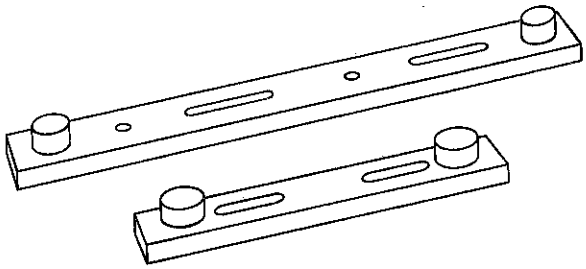


Fig. 15-16. Reglas de senos.

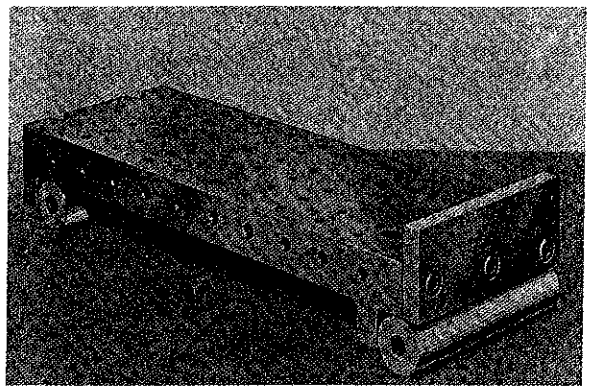


Fig. 15-17. Bloque de senos (Taft-Peirce Mfg. Co.)

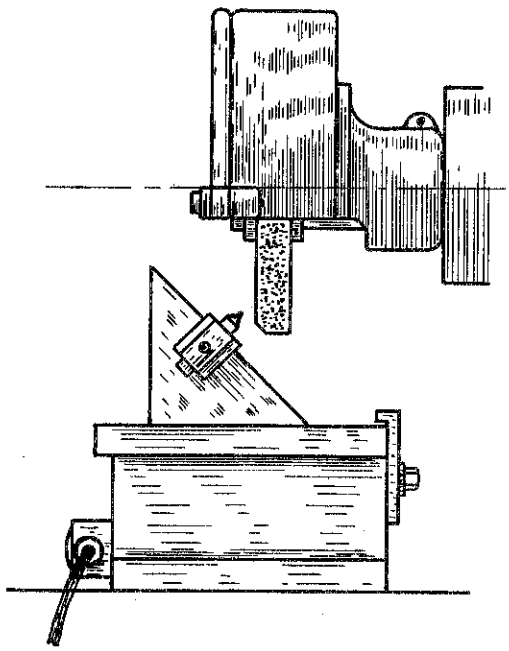


Fig. 15-18. Repasado de muela según un ángulo haciendo deslizar una herramienta de diamante a lo largo del canto de un plato angular.

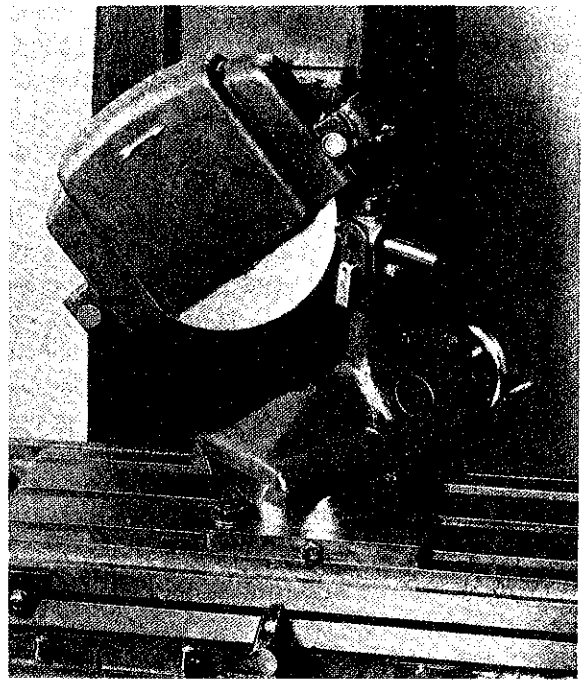


Fig. 15-19. Accesorio para repasar muelas situado en la posición apropiada para perfilar una muela según un ángulo requerido (Bronw & Sharpe Mfg. Co.)

es maniobrado por medio del volante a fin de desplazar el diamante hacia atrás y hacia delante a través de la cara de la muela.

Cuando la pieza debe fijarse según un ángulo, la práctica común consiste en usar un grueso o bloque angular normal y uno de senos (fig. 15-20) junto con una escuadra. Con algunas reglas de senos, todo lo que debe hacerse se reduce a poner varias calas una encima de otra o a regular un nivel hasta tener 5 ó 10 veces el seno del ángulo, lo que depende de la longitud de la regla de senos; luego se coloca la pieza sobre esta regla, haciendo contacto con el mármol angular de 90°, y se sujeta en esta posición. Otras reglas de senos requieren la adición del radio de las varillas, o añadir el espesor de la base de la regla a 5 ó 10 veces el seno del ángulo.

Las ves o bloques en V se emplean para apoyar piezas cilíndricas mientras se rectifican en ellas planos, ranuras, radios, etc. Las ves utilizadas para este objeto han de tener las caras adyacentes bien perpendiculares, los lados y los extremos paralelos y la V en el centro exacto del bloque.

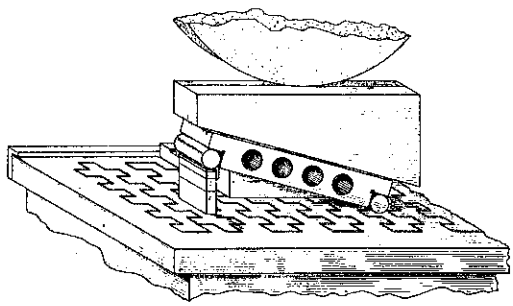


Fig. 15-20. La pieza se mantiene a nivel encima de un bloque de senos, el cual es elevado hasta la altura requerida por medio de una combinación de calas.

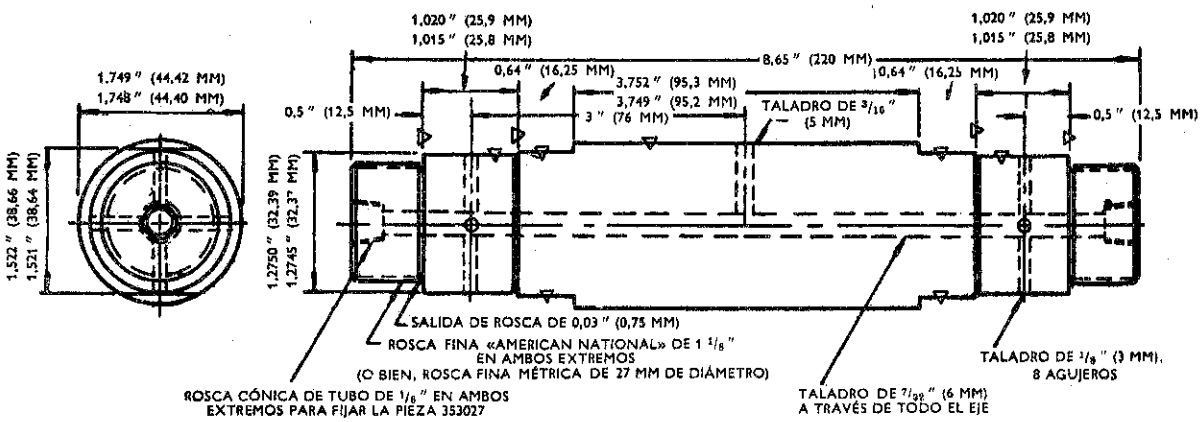
Esquema de trabajo

El esquema de trabajo siguiente constituye un análisis típico del procedimiento para rectificar dos planos opuestos y centrados respecto al diámetro exterior de un eje.

Tipo de pieza	Eje según croquis (fig. 15-21)
Tipo de máquina	Rectificadora de mesa plana horizontal
Tipo de acero	SAE 1095 (acero al carbono con 0,90-1,03% de C, 0,30-0,50% de Mn, 0,04 máx. % de P y 0,05 máx. % de S)
Tratamiento térmico	Templar hasta dureza Rockwell 52-64
Clase de muela	60-K
Operaciones requeridas	Rectificar planos a medida y centrados respecto al diámetro exterior
Herramientas requeridas	Bloque en V de 4" (100 mm), calibre de alturas de 10" (250 mm), micrómetro de 1-2" (25-50 mm), comparador tipo "Ideal"

Procedimiento

1. Comprobar si hay suficiente material para rectificar los planos.
2. Colocar la pieza en el bloque en V empleando un calibre de alturas de 10" (250 mm) y un comparador "Ideal" para cerciorarse de que los planos en bruto del eje son paralelos a los lados del bloque en V.
3. Valiéndose de un calibre de alturas y de un comparador, comprobar si está centrada la superficie cilíndrica del eje que sobresale del bloque en V. Esto se realiza haciendo girar el bloque sobre su lado y tomando una lectura con el indicador; luego, haciendo girar dicho bloque sobre el lado opuesto, se observa si la lectura que da el comparador es la misma que antes.
4. Comprobar si están centrados los planos sin rectificar, observando cual es el lado más



Pieza 56-Eje
Acero tipo SAE 1095
Barra de 2" (50 mm) ø; peso 7,92 libras (3,59 kg)
Templar-Rockwell 52-64
Rectificar

Fig. 15-21. Croquis de un eje.

elevado y si tienen el exceso necesario para rectificar.

5. Colocar la pieza en el plato con su lado inferior hacia arriba, y apuntar la muela para limpiar este lado del plano, dejando marcas testigo.
6. Invertir el bloque en V para dejar arriba el lado sin rectificar del eje, y efectuar la misma pasada en esta cara.
7. Comprobar la medida de la pieza, anotando el exceso que presenta.
8. Avanzar la muela hacia abajo de modo que este avance sea igual a la mitad del exceso de material y rectificar ambas caras, invirtiendo el bloque en V como en la fase 6; de este modo la pieza debe quedar a la medida requerida.
9. Comprobar si los planos están a medida y si están centrados; luego entregar la pieza al verificador.

Rectificado de muescas y ranuras. Ciertas clases de trabajo de rectificadora plana exigen una considerable experiencia y mucha paciencia por parte del operario. Entre estas clases de trabajo, los más comunes son el rectificado de muescas y ranuras, y el rectificado de radios, especialmente cuando deben mantenerse dentro de límites precisos con relación a otra superficie.

Probablemente el factor más importante es la elección de la muela adecuada. Cuando la ranura es suficientemente ancha, debe usarse para el rectificado en desbaste una muela calibrada de aglomerante de dureza media y de tamaño de grano comprendido entre 46 y 60. Si no puede disponerse de una muela calibrada, se empleará una de disco de las mismas características, pero los lados deben ser rebajados para evitar que se formen biseles en la parte superior de la muesca o ranura (fig. 15-22).

La ranura "desbocada" es una ranura en la que sus extremos van siendo gradualmente más anchos que el centro. En la rectificadora de superficies esta condición es generalmente debida al juego en el extremo del husillo o a la presión sobre la muela; la pieza, al ser rectificada, hace que dicho juego y, en consecuencia, la muela, se desplacen en una dirección, y entonces, cuando la muela se separa de la ranura, la disminución de presión de la pieza permite al husillo ocupar la posición de giro normal. Esto puede solventarse llevando a cabo la mayor parte del rectificado en la sección central de la ranura o muesca y sólo ocasionalmente tener la muela en funcionamiento fuera de los extremos.

Para rectificar en canto vivo el fondo de la ranura, debe usarse una muela vitrificada de 80-O ó 120-P, una vez rectificada a medida dicha ranura.

El rectificado de un perfil puede efectuarse en la rectificadora plana dando a la muela, mediante un repasado, el perfil deseado. En el caso de redondeados convexos o cóncavos, un soporte de diamante especial, conocido con la denominación de *aparato de redondear muelas,* proporciona un método eficiente, a la vez que preciso, para dar a una muela el radio requerido (fig. 15-23). La base del aparato lleva una placa oscilante sobre la cual se monta un carro que puede moverse longitudinalmente mediante un volante. Un montante vertical, que forma parte íntegra del carro, sostiene la herramienta de diamante y el calibre de ajuste de

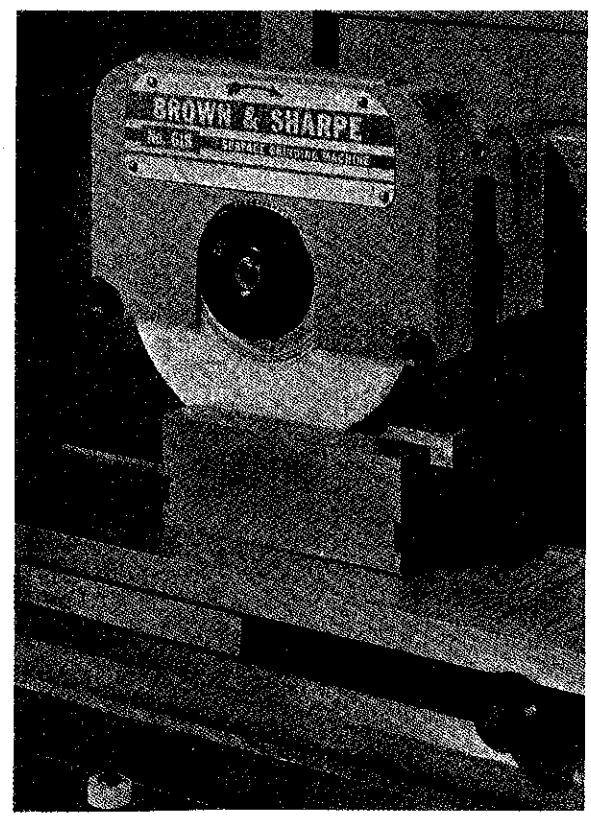


Fig. 15-22. Rectificado de una ranura. La pieza está alineada con la regla posterior del plato magnético (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

la misma, pudiendo fijarse el diamante paralelo o perpendicular al carro y enclavarse en posición mediante un tornillo de sujeción.

Para formar perfiles cóncavos o convexos, la punta del diamante se sitúa correctamente por medio del calibre de ajuste de la herramienta (girado 180° hacia arriba desde la posición indicada), y el carro se ajusta longitudinalmente al radio deseado, el cual viene indicado en una escala que lleva el propio carro y que está graduada en 1/64" hasta 1" (o en medios milímetros hasta 25 mm) a cada lado del cero. El carro se sitúa en posición fijándolo con un tornillo de sujeción, y el diamante se pasa a través de la muela haciendo oscilar el aparato sobre su base hasta producir el perfil deseado. Para compensar el desgaste en el carro se dispone de una cuña y de tornillos de ajuste.

Precaución. La mesa de la rectificadora plana horizontal se mueve transversalmente con mucha facilidad, pudiendo empujarla hacia adelante y hacia atrás con sólo arrimarse accidentalmente contra ella. Esto constituye una cualidad deseable de la mesa en lo que concierne al acabado superficial, pero es peligroso cuando se saca la pieza del plato magnético. Muchos operarios han sufrido serias heridas en las manos porque, después de mover la mesa hacia la derecha de la muela, cogen la pieza y tiran de ella en la dirección de aquella. Procediendo así, la mano o el brazo del operario pueden entrar en contacto fácilmente con la muela que gira, lo que es causa de que se produzcan quemaduras o cortes graves. Para evitar este accidente, hay que parar la muela, desplazar la mesa hacia la derecha de la misma, dar vuelta al plato magnético, y luego sacar la pieza del mismo tirando de ella en dirección perpendicular a la carrera longitudinal de la mesa.

Rectificafora de mesa horizontal giratoria

La rectificadora de mesa horizontal giratoria (fig. 15-24), conocida también con el nombre de *rectificadora de aros,* comprende un husillo horizontal de muela, que tiene un movimiento alternativo similar al del carro de una limadora, y una mesa magnética giratoria que se apoya sobre columnas dispuestas en el frente de la máquina. La mesa de trabajo puede subir o bajar y puede inclinarse para llevar a cabo rectificados convexos o cóncavos. La máquina va equipada con un tanque de suministro de refrigerante y una bomba para el rectificado húmedo, y, dado que usa la periferia de la muela, es capaz de producir un buen acabado. Este tipo de máquina se emplea para producir superficies planas, cóncavas o convexas, lo que la hace fácilmente adaptable tanto para trabajos de utillaje como para los de producción en serie.

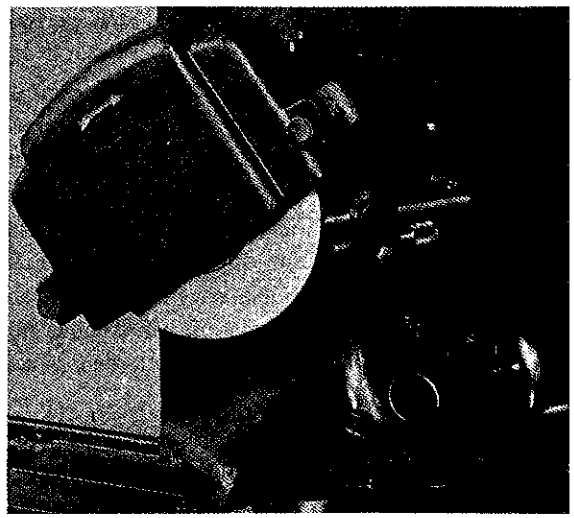


Fig. 15-23. Aparato de redondear muelas colocado en posición para formar un radio en el canto de una muela (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

En la figura 15-25 puede verse otro tipo de rectificadora de mesa horizontal giratoria.

Rectificadora de mesa giratoria y husillo vertical

La rectificadora de mesa giratoria y husillo vertical (fig. 15-26) está provista de una muela cilíndrica montada en un husillo vertical, con una columna también vertical que le sirve de soporte, porporcionando al mismo tiempo el medio de subir y bajar la muela. La mesa de trabajo comprende un plato magnético giratorio, el cual puede deslizarse sobre unas guías al objeto de acercar la pieza a la muela o de alejarla de ella. Cuando la pieza y la muela están en contacto, el plato magnético gira en el sentido de las agujas del reloj, pero la mesa está enclavada en posición sobre las guías de la máquina, la cual no da un acabado superficial tan bueno como la rectificadora de husillo horizontal; a pesar de ello, se utiliza tanto en

el taller de utillaje como en la producción de piezas.

Al emplear la rectificadora de husillo vertical, la pieza se coloca en el plato magnético de forma que la carga se distribuya por igual, tal como se indica en la figura 15-27. Luego se mueve la mesa para llevar el centro del plato debajo del canto exterior de la muela donde se fija en posición. El cabezal de la muela se va bajando después muy gradualmente hasta que las chispas ponen de manifiesto el contacto entre muela y pieza; a continuación se pone en marcha el avance mecánico.

Si una de las piezas se ha rectificado previamente a medida en un punto y se ha recubierto con sulfato de cobre, colocándola luego sobre el plato puede utilizarse como galga de medida. La muela puede después avanzarse hacia la pieza hasta que aparecen ligeras chispas en la superficie recubierta con sulfato de cobre, lo que indica que las otras piezas están a medida. Cuando se ha alcanzado la medida correcta, se para el avance,

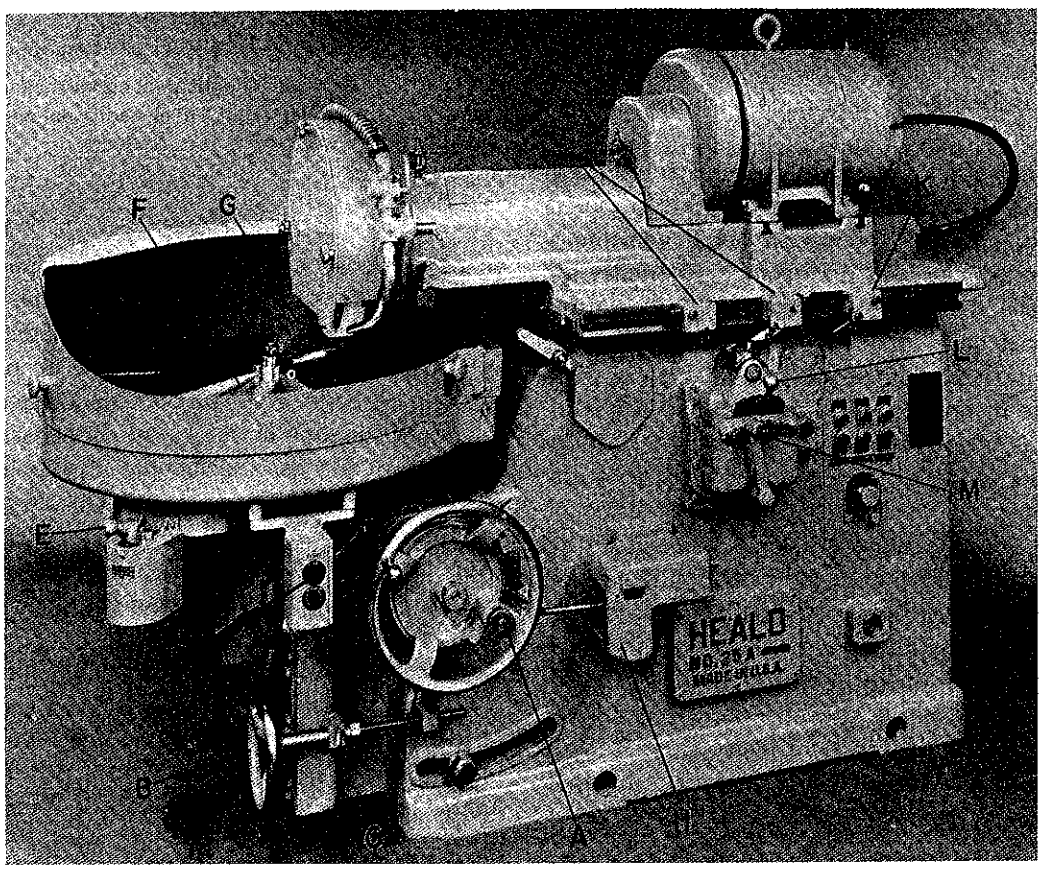


Fig. 15-24. Rectificadora de mesa plana, horizontal y giratoria, con cabezal de movimiento alternativo (Heald Machine Co.)

A. Botón para el ajuste fino de la pieza a la muela.
B. Volante de mano para ajustar el plato magnético en el rectificado de superficies cóncavas y convexas.
C. Volante para subir y bajar el plato magnético.
D. Botones de arranque y de paro del giro del plato magnético.
E. Interruptor de conexión y desconexión del plato magnético.
F. Plato magnético para la sujeción de las piezas.
G. Muela.
H. Palanca para ajustar la velocidad del carro de la muela.
J. Topes de ajuste de la longitud de la carrera del carro de la muela.
K. Tope para retroceso rápido del carro de la muela.
L. Palanca de inversión del movimiento del carro de la muela.
M. Palanca para ajustar la velocidad del carro de la muela y de la muela.

se eleva el cabezal de la muela, se desplaza la mesa y se saca la pieza.

A continuación se relacionan los factores más esenciales que influyen en el funcionamiento eficiente de una rectificadora de mesa giratoria y husillo vertical:

1. La elección de la muela de grano y grado apropiados para la pieza.
2. La elección de los avances de la muela y de las velocidades del plato más adecuados para mantener la muela en buenas condiciones de corte y lo más afilada posible.
3. La colocación y fijación apropiadas de las piezas sobre el plato.
4. Las condiciones de la cara de trabajo del plato.
5. Las condiciones de las caras de trabajo de las piezas a rectificar.
6. El empleo adecuado y juicioso del rectificador de muela, cuando se necesita.

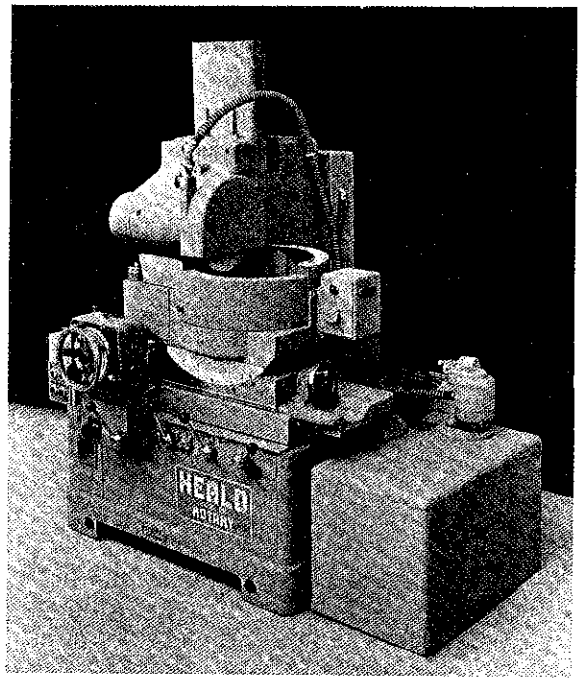


Fig. 15-25. Rectificadora de mesa giratoria y husillo horizontal (Heald Machine Co.)

Tipos de muelas para el rectificado de superficies verticales

Hay varios tipos de muelas de refrentar utilizadas para rectificar superficies verticales. Los que se usan más comúnmente son los referentes a muelas cilíndricas, de sectores y de segmentos. A continuación se detallan las ventajas e inconvenientes de cada uno de estos tipos:

La muela cilíndrica (fig. 15-28) es el tipo más popular y generalmente el más satisfactorio para el rectificado con husillo vertical, ya que puede mantenerse perfectamente cilíndrica con un repasado escaso o sin repasado. El desgaste será sólo el suficiente para conservar la forma y no más. El tamaño del grano se elegirá de modo que quede juego para las virutas, dependiendo de la naturaleza del material y del área total de la superficie a rectificar, y de cómo hay que obtener el acabado deseado. El contacto con la pieza es continuo, operando siempre con el máximo de superficie abrasiva posible. La muela cilíndrica debe utilizarse cuando los acabados han de ser finos y donde se requiere una extrema precisión de planicidad. Debido a su superficie de contacto discontinua, la muela de segmentos, y menos acusadamente, la de sectores, causan a menudo el rayado de un acabado fino y un redondeado de los cantos de las superficies que se rectifican. Un operario entrenado invierte menos tiempo en cambiar una muela cilíndrica que en instalar un nuevo juego de segmentos; y, en oposición al ajuste de segmentos, en el caso de la muela cilíndrica sólo hay que cortar y sacar una abrazadera de alambre.

La muela de segmentos (fig. 15-29) es popular para muchos operarios. Consiste en varios segmentos abrasivos firmemente sujetos en un plato de segmentos. Hay varios tipos de estos platos y, por lo general, cada tipo requiere segmentos de forma especial. Se fabrican platos de segmentos para muelas de los siguientes diámetros: 11, 18, 20, 27, 32, 36 y 42 pulgadas (292, 470, 520, 698, 825, 927 y 1067 mm). El número de segmentos por juego para cada uno de estos platos es, respectivamente, 4, 6, 8, 8, 8, 10 y 10. La seguridad, el equilibrado y la facilidad de sujeción son requisitos necesarios para tener una muela de segmentos satisfactoria. Los segmentos se sitúan de forma que el desgaste quede compensado, pero nunca deben sobresalir más de 2" (50 mm); se sujetan con tanta fuerza que sólo se requiere que entren aproximadamente 1" (unos 25 mm) en el plato para que queden firmes las 2" (50 mm) res-

tantes. Sin embargo, muchos operarios prefieren emplear bloques de respaldo para evitar toda posibilidad de que un segmento quede destrozado. Los espacios entre segmentos facilitan el huelgo para las virutas y el flujo del refrigerante, lo que hace a la muela de segmentos particularmente adecuada para rectificar superficies anchas y piezas fundidas desbastadas. No es adecuada para rectificar piezas pequeñas o superficies estrechas, especialmente cuando se requiere un aca-

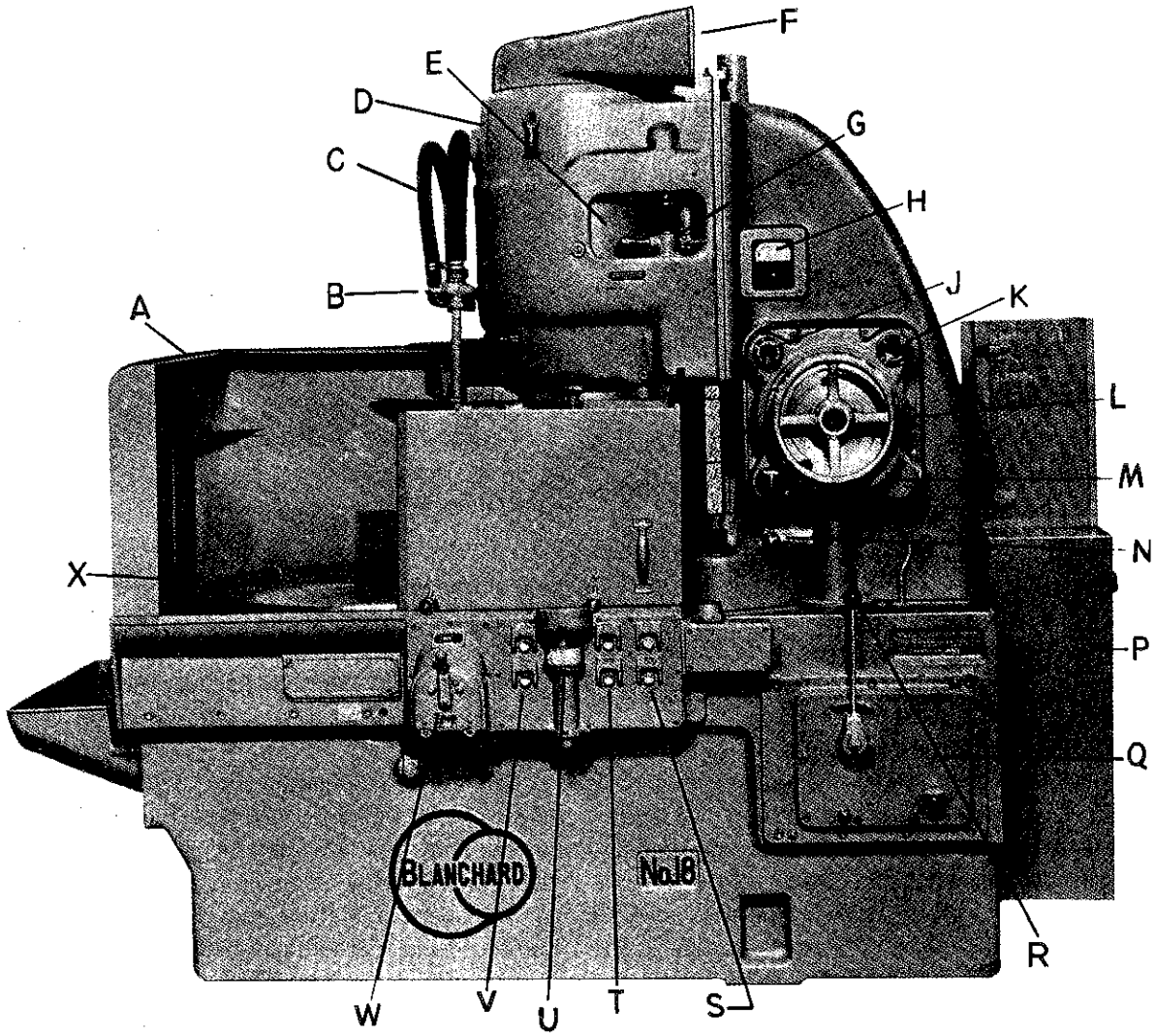


Fig. 15-26. Rectificadora de mesa giratoria y husillo vertical (Blanchard Machine Co.)

A. Protección de chapa
B. Grifos de agua
C. Motor de inducción, de 25 CV
D. Cabezal de muela
E. Salida de aire
F. Entrada de aire
G. Rectificador de muela
H. Amperímetro
J. Variador de avance
K. Indicador de flujo de aceite
L. Volante y disco de avance
M. Filtro de aceite
N. Palanca de elevación del cabezal
P. Caja de mandos
Q. Caja de velocidades del plato con bomba de aceite
R. Regulador de velocidad del plato
S. Mando de la bomba
T. Mando de la muela
U. Mando del movimiento transversal de la mesa
V. Mando del giro del plato
W. Interruptor del plato
X. Plato magnético de acero

bado fino y una precisión de planicidad. La superficie de rectificado interrumpida tiende a arrastrar las piezas pequeñas y a arrancarlas del plato.

La muela de sectores (fig. 15-30) es esencialmente una muela cilíndrica, de espesor de corona mayor, con ranuras en V moldeadas en la superficie exterior. El efecto de estas ranuras es dar aproximadamente la misma longitud lineal de abrasivo en cualquier circunferencia. Así, cada grano de abrasivo efectúa la misma cantidad de trabajo, y los granos no trabajan demasiado en un diámetro y poco en otro. La muela de sectores actúa en frío, está libre de vibraciones y es de grado uniforme. Como en el caso de la muela de segmentos, es particularmente adecuada para rectificar superficies anchas. Esta muela da a menudo el coste mínimo de muela por unidad de volumen de material arrancado; se recomienda para todo rectificado vertical, excepto cuando se requieren acabados muy finos.

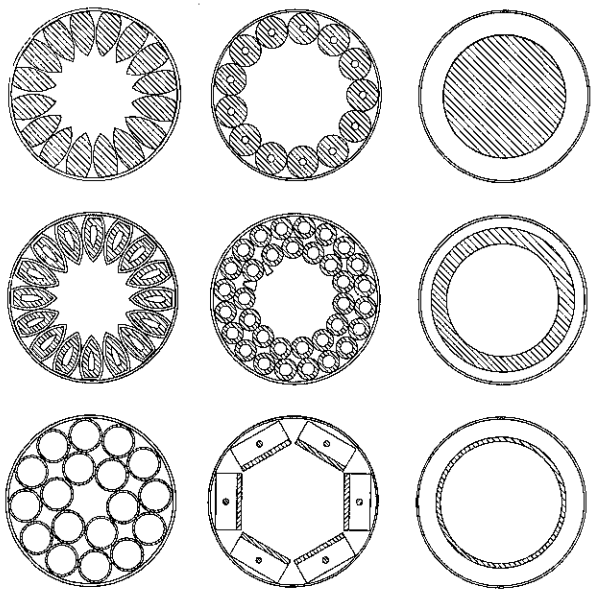


Fig. 15-27. Métodos de colocación de varios tipos de piezas en el plato magnético de una máquina de rectificar de husillo vertical (Blanchard Machine Co.)

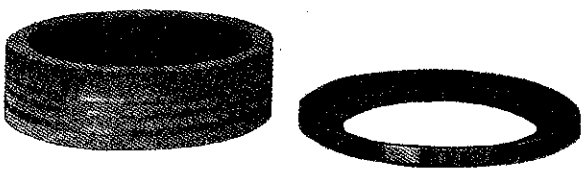


Fig. 15-28. Muela cilíndrica y aro de adaptación (Blanchard Machine Co.)

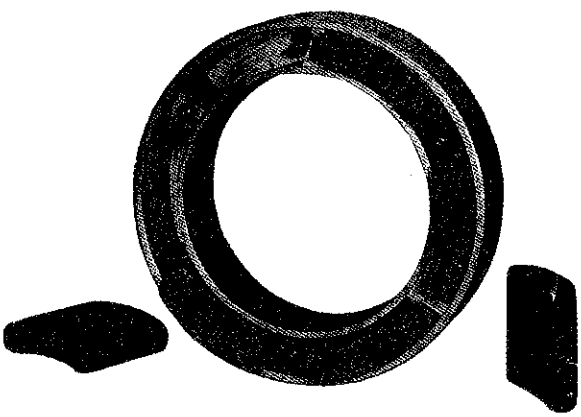


Fig. 15-29. Muela de segmentos (Blanchard Machine Co.)

Montaje de las muelas. Las rectificadoras giratorias de husillo vertical vienen equipadas con un cierto número de aros de hierro fundido, en los cuales se montan las muelas cilíndricas y de sectores para su sujeción al plato frontal. La muela se sujeta al aro con azufre, el cual, en estado fundido, se vierte en el espacio comprendido entre aro y muela; ambos deben estar limpios, y la muela cuidadosamente centrada en el aro. El exterior de éste puede engrasarse para facilitar la eliminación del azufre que pueda haberse derramado, pero hay que procurar que no penetre grasa en el interior del aro. Para evitar humos nocivos y la posibilidad de que se prenda fuego en el azufre,

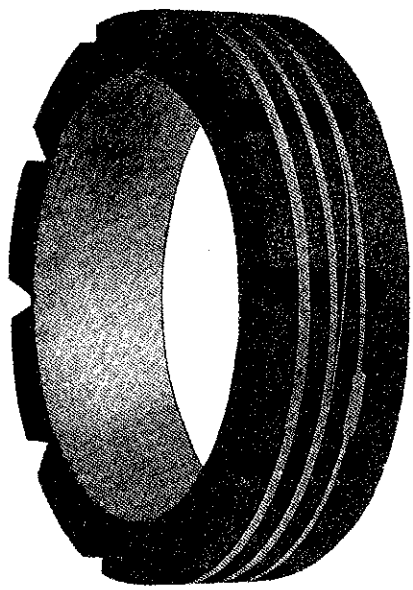


Fig. 15-30. Muela de sectores (Blanchard Machine Co.)

éste debe calentarse sólo hasta el punto de fusión, sin rebasarlo; el azufre, si se sobrecalienta, se hace demasiado denso para colar.

Las muelas pueden también montarse en la rectificadora mediante un robusto soporte de plato (fig. 15-31), el cual elimina el empleo de aros y de azufre para el montaje de muelas cilíndricas, y proporciona la ventaja de poder cambiar rápidamente la muela. El plato portamuela es especialmente útil cuando hay que rectificar piezas en serie, o cuando la variedad de piezas requiere frecuentes cambios de muela.

Manejo y almacenamiento de las muelas cilíndricas. La muela cilíndrica, debido a su sección relativamente delgada, es más frágil que la mayoría de los otros tipos de muelas. Por ello, debe tenerse cuidado al expedirlas, embalarlas y desembalarlas, al maniobrarlas y al almacenarlas, ya que, de otro modo, es muy posible su rotura. Las muelas no deben dejarse caer al suelo ni hacerse rodar sobre él; para su almacenaje hay que disponer de soportes en forma de caballetes, poniéndolas de preferencia verticalmente, es decir, con el eje horizontal. Un rotulado apropiado facilitará la localización de la muela deseada, sobre todo cuando en el almacén hay muelas de diferentes granos y grados. Las muelas no deben almacenarse en sótanos abiertos o húmedos, pues es preciso conservarlas secas, evitando los cambios extremos de temperatura.

Acabados

Con muelas de grano medio pueden obtenerse buenos acabados procediendo como sigue: Cuando se ha alcanzado aproximadamente la medida final, se continúa rectificando durante varias vueltas del plato sin avance de la muela hacia la pieza; esta operación se llama a veces *chisporroteo.* Luego se levanta la muela a mano, muy lentamente, de 0,001" a 0,002" (0,025 a 0,05 mm). Este procedimiento proporcionará un acabado de 15 a 20 micropulgadas (0,35 a 0,5 micrones) sobre acero templado cuando se use una muela de grano 24, o sobre acero dulce cuando se use una muela de grano 46.

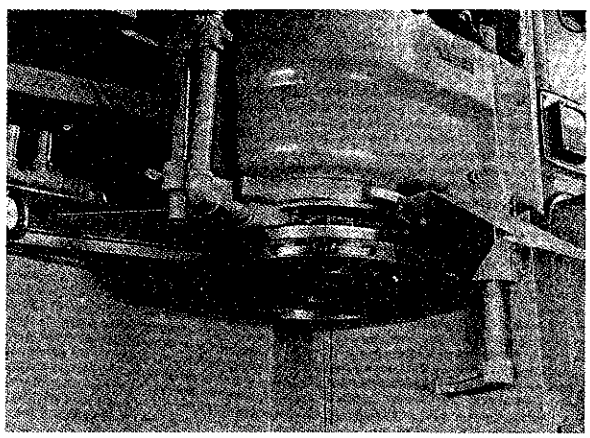


Fig. 15-31. Plato portamuela (Blanchard Machine Co.)

El mismo procedimiento debe seguirse cuando se usan muelas de grano fino para acabados finos. Es absolutamente necesario utilizar una muela de corte libre, puesto que las muelas de grano tan fino como las de grano 220 son muy densas, y una muela demasiado dura tiene tendencia a calentar la pieza y no producirá la precisión que es posible obtener con una muela de corte libre. Al usar esta muela, de grano 100 o más fina, puede emplearse en ciertas ocasiones, si es necesario, el repasador de muela regular, pero debe aplicarse una presión ligera para el rectificado. Los mejores resultados se consiguen con un repasador de carborundum, sujetándolo mientras se aplica contra la cara de la muela, la cual debe girar loca (motor desconectado). Los cantos exterior e interior de la muela deben redondearse con un radio de aproximadamente 1/16" (1,5 mm) para obtener el mejor acabado posible y eliminar grietas ocasionales.

Reglas de seguridad para las rectificadoras planas

1. Comprobar todas las muelas antes de montarlas en el husillo, por si presentaran grietas o defectos.
2. Cuando se pone en marcha una máquina con una muela nueva, desplazarse a un lado por precaución, hasta tener la seguridad de que la muela es sana.
3. Siempre que exista peligro o inseguridad por cualquier causa para la persona, en el montaje, en el desmontaje o en la verificación de la pieza sobre el plato, **parar** la máquina.
4. Al sacar la pieza del plato magnético, embragar la mesa separándola de la muela y después tirar de la pieza **apartándola** de la misma.

5. Las piezas pequeñas y delgadas, las de gran longitud, o las que presenten superficies de contacto muy reducidas, deben fijarse muy bien en el plato.
6. No emplear nunca una muela sin protección.
7. Llevar siempre puestas las gafas de seguridad cuando se trabaja en una rectificadora plana.
8. No enjugar el plato con un paño; usar un cepillo con petróleo.
9. Desconectar la máquina mientras se comprueba o se sitúa una pieza.
10. Usar arandelas rebajadas de seguridad al montar una muela.
11. Para salvaguardar la salud de los operarios se suministran máscaras aspiradoras. Comprobar que estén bien reguladas y que no se abuse de ellas.

Cuestionario de repaso

Para rectificadoras planas

1. ¿Qué se entiende por rectificado plano?
2. ¿Cuál es la diferencia entre los tipos alternativo y giratorio de rectificadoras planas?
3. Nombrar algunas compañías constructoras de rectificadoras planas.
4. Nombrar las partes principales de la rectificadora plana representada en la figura 15-1.
5. ¿Cuáles son los perfiles de muela comúnmente usados en la rectificadora plana?
6. ¿Cuáles son los tamaños de grano y grados más empleados en las muelas para rectificadoras planas?
7. ¿Cómo debe inspeccionarse una muela para saber si está agrietada?
8. ¿Cuál es el objeto de las guarniciones de papel secante en los lados de la muela?
9. ¿Qué se entiende por platinas de seguridad?
10. ¿Por qué es necesario apartarse a un lado cuando se pone en marcha una máquina después de haber estado parada toda la noche, o después de haber instalado una muela nueva?
11. ¿Por qué es necesario mantener las muelas afiladas y limpias?
12. ¿Cuál es el resultado del uso continuado de una muela desafilada o sucia?
13. Indicar cinco métodos corrientes de sujetar la pieza en la rectificadora plana.
14. Explica el método correcto de sujetar piezas pequeñas en la rectificadora plana.
15. ¿Cómo se fijan los materiales no magnéticos en el plato magnético?
16. ¿Cuál es el objeto de la regla posterior de apoyo en el plato magnético?
17. ¿Cuál es el objeto de la escuadra de 90°?
18. ¿En qué condiciones debe conservarse la escuadra para conseguir un trabajo de precisión?
19. ¿Cuántas superficies perpendiculares unas a otras pueden rectificarse al mismo tiempo empleando la escuadra de 90°?
20. Teniendo en cuenta las figuras 15-14 y 15-15, explicar cómo hay que fijar una pieza para obtener superficies perpendiculares utilizando una escuadra.
21. Indicar dos razones que justifican la falta de paralelismo en el rectificado plano.
22. Indicar un método eficiente para mantener el paralelismo en las piezas delgadas montadas sobre la rectificadora plana.
23. ¿Cómo se evita el alabeo de las piezas delgadas en la rectificadora plana?
24. ¿Qué se entiende por rectificar una pieza "justo para limpiar"?
25. Explicar lo que son las marcas testigo.
26. Explicar brevemente cómo hay que rectificar una pieza para dejar marcas testigo en ella.
27. ¿Cuando se utilizan los bloques en V para sujetar las piezas en la rectificadora plana?
28. Nombrar cuatro factores que influyen en la precisión de un bloque en V.
29. Explicar brevemente el procedimiento para rectificar dos planos opuestos y paralelos sobre un eje cilíndrico, de modo que queden centrados.
30. Indicar dos métodos para rectificar piezas angulares.
31. ¿Por qué *no* debe repasarse la muela según un ángulo, si no es absolutamente necesario?
32. Cuando se rectifica una muela según un ángulo, ¿qué circunstancia importante hay que recordar?
33. ¿Cómo se rectifica una muela según el ángulo deseado?
34. ¿Qué herramientas suelen usarse para situar una pieza según un ángulo?
35. ¿Qué es una regla de senos?
36. Explicar cómo se emplea una regla de senos para fijar una pieza según un ángulo.
37. ¿Cuáles son las dos operaciones de rectificado que requieren considerable experiencia y paciencia por parte del operario?
38. ¿Cuáles son la forma, el tamaño de grano y el aglomerante de una muela que debe usarse para rectificar ranuras?
39. ¿Cómo puede utilizarse una muela de disco ordinaria para el rectificado?
40. ¿Qué debe entenderse por ranura "desbocada"?
41. ¿Cómo es posible que se evite el desbocado de las ranuras?
42. ¿Cómo es posible mantener rincones agudos en el fondo de las ranuras?

43. ¿Cómo es posible redondear cantos en la rectificadora plana?
44. ¿Cuál es el objeto del aparato de redondear cantos de muela?
45. Explicar brevemente cómo se utiliza el aparato de redondear cantos de muela.
46. ¿Cuál es el factor importante que debe recordarse cuando se redondea o se practica un ángulo en una muela?
47. ¿Cuál es el método correcto de sacar la pieza del plato magnético de una rectificadora plana?
48. ¿Cuál es la máquina que suele recibir el nombre de rectificadora de aros?
49. ¿Cuál es el principio del funcionamiento de una rectificadora de aros?
50. ¿Cuáles son las operaciones que pueden efectuarse en la rectificadora de aros?
51. ¿Cuál es el principio del funcionamiento de la rectificadora giratoria de husillo vertical?
52. Describir la mesa de trabajo de la rectificadora giratoria de husillo vertical e indicar cómo funciona.
53. Una vez la pieza situada en el plato magnético, ¿cómo se pone en contacto con la muela?
54. ¿Cómo se efectúa el dimensionado de la pieza en la rectificadora giratoria de husillo vertical?
55. Indicar seis factores importantes que influyen en el funcionamiento eficaz de la rectificadora giratoria de husillo vertical.
56. ¿Cuáles son los tipos de muelas que se emplean en la rectificadora giratoria de husillo vertical?
57. ¿Cómo puede evitarse el vidriado de la muela en la rectificadora giratoria de husillo vertical?
58. ¿Cuál es la regla de seguridad número 6 para rectificadoras planas?
59. ¿Cuál es el objeto de las máscaras aspiradoras en las rectificadoras?
60. ¿Cuáles son los útiles de precisión que se utilizan corrientemente para verificar las piezas trabajadas en las rectificadoras planas?

RECTIFICADORAS DE SUPERFICIES CILINDRICAS

Vocabulario de taller: Rectificado exterior = rectificado del diámetro exterior
Rectificado interior = rectificado del diámetro interior

Rectificadoras cilíndricas exteriores

El rectificado exterior, según se considera corrientemente, es la acción de rectificar la superficie cilíndrica exterior de una pieza mientras gira sobre su eje, con el fin de reducirla a su medida, dejando un acabado fino. Sin embargo, las rectificadoras de exteriores también se emplean para producir levas exteriores, excéntricas y perfiles especiales en el diámetro exterior de una pieza. Son máquinas capaces de realizar muchas de las operaciones que se ejecutan en el torno, pero con más precisión. Su gran ventaja se basa en el hecho de que, después de haber sido sometida una pieza a tratamiento térmico (templada), puede obtenerse un buen acabado superficial y una gran precisión de medida; cuando estos dos factores son importantes, el aumento de coste que comporta el rectificado queda sobradamente compensado. Si es posible diseñar las piezas de forma que la cantidad de material a quitar se encuentre dentro de los límites del rectificado, esta operación es mucho menos costosa que el torneado.

Las rectificadoras de exteriores se dividen en tres grupos generales, los cuales son: rectificadoras cilíndricas corrientes, rectificadoras universales y rectificadoras especiales; entre estas últimas cabe citar las rectificadoras sin puntos y las rectificadoras de levas.

Rectificadora cilíndrica corriente. Esta rectificadora (fig. 15-32) se emplea para producir cilindros exteriores, conos, redondeamientos, entallas y soleras; puede también utilizarse para el rectificado de forma dando a la muela el perfil deseado.

En todas las rectificadoras cilíndricas hay tres movimientos, muy importantes, que son: 1) el movimiento de giro de la pieza sobre su eje; 2) el movimiento de la pieza alternativamente hacia uno y otro lado de la muela y enfrente de ésta; 3) el movimiento de avance de la muela hacia la pieza. Cualquier inconveniente que se presente en el rectificado cilíndrico, aparte de los motivados por el contenido o fabricación de la muela, puede atribuirse a uno de los tres movimientos mencionados.

El giro de la pieza sobre su eje es importante; si los puntos de centrado en la misma no son correctos, o si los puntos de la máquina son de baja calidad y resultan grandes, la pieza será irregular en cuanto a forma. El movimiento de ésta enfrente de la muela hacia uno y otro lado de la misma debe ser centrado y suave para asegurar un buen acabado y unas dimensiones precisas. El movimiento del husillo de la muela que hace girar a la

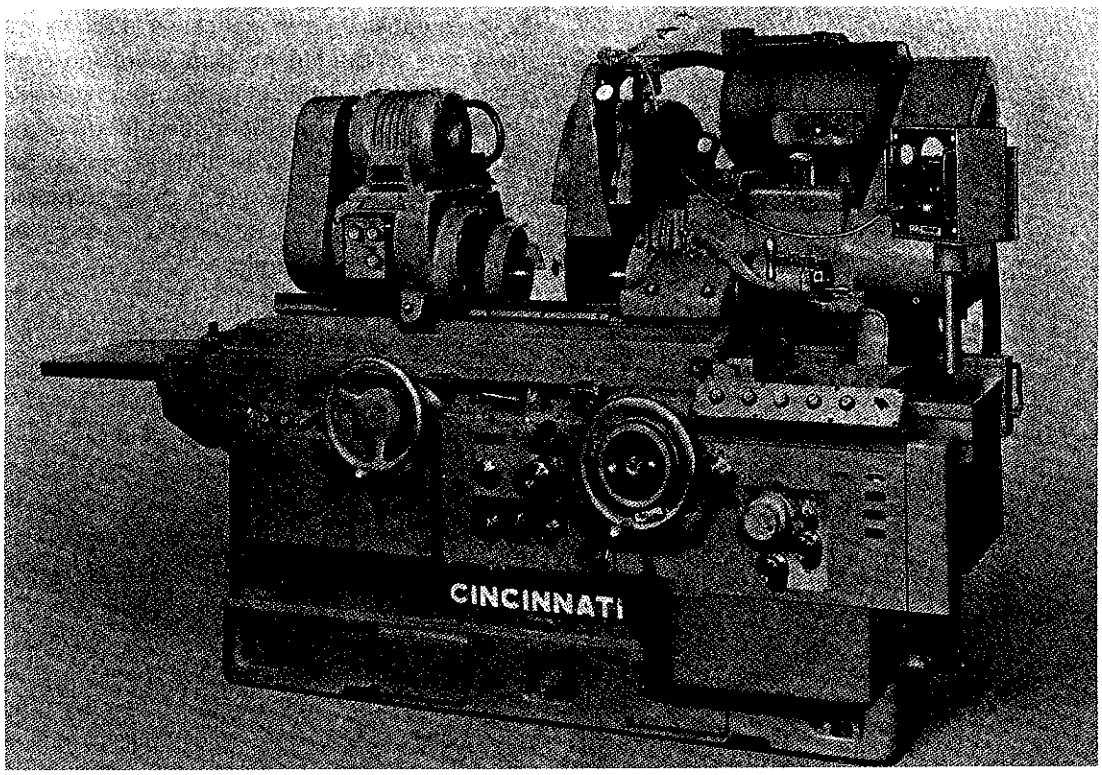


Fig. 15-32. Rectificadora cilíndrica corriente, hidráulica (Cincinnati Milling Machine Co.)

misma debe producirse concéntricamente y con suavidad al objeto de evitar la vibración y las marcas consiguientes en la pieza. El movimiento de avance de la muela hacia la pieza debe efectuarse sin juego ni impedimento, para asegurar la precisión en cuanto a profundidad de pasada.

En el rectificado exterior, la pieza suele girar sobre dos puntos muertos, uno en el contracabezal o cabezal móvil (fig. 15-33) y otro en el cabezal motor o fijo (fig. 15-34), dándosele el movimiento giratorio por medio de un plato de accionamiento, que gira sobre el punto del cabezal motor, accionado por un motor con transmisión por poleas y correa. El plato de accionamiento contiene un brazo ajustable a varias distancias desde el punto, y en el cual va fijada una clavija para transmitir el movimiento; esta clavija embraga en la horquilla de la brida de arrastre (fig. 15-35) que se une a la pieza, con lo que el movimiento de giro del plato es transmitido a ésta.

Además del movimiento de giro de la pieza, es siempre necesario, salvo en el caso de rectificado con corte de penetración, el movimiento de la misma transversalmente a la muela. La longitud del movimiento transversal de la mesa debe fijarse de forma que permita a la muela actuar hasta el extremo de la pieza, sobrepasándolo en aproximadamente un tercio del ancho de la cara de corte. Si no es posible que la muela rebase el extremo de la pieza, deberá dejarse en ésta un exceso en dicho punto a fin de que aquélla no

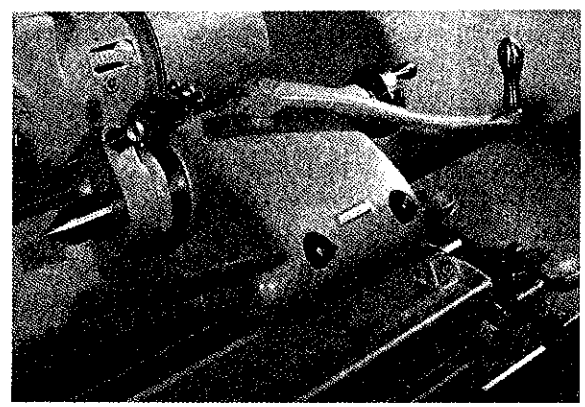


Fig. 15-33. Contracabezal de una rectificadora cilíndrica (Cincinnati Milling Machine Co.)

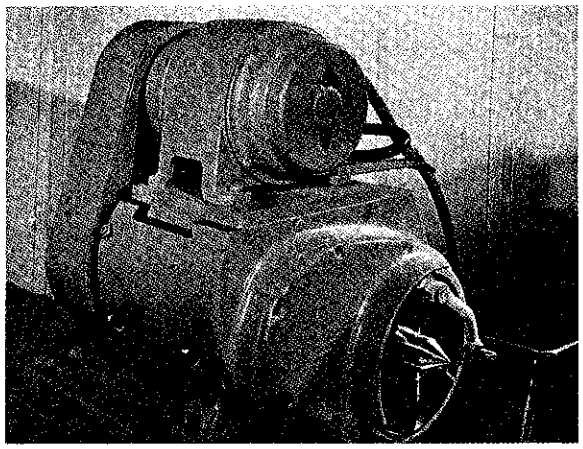


Fig. 15-34. Cabezal motor o de trabajo de una rectificadora cilíndrica (Cincinnati Milling Machine Co.)

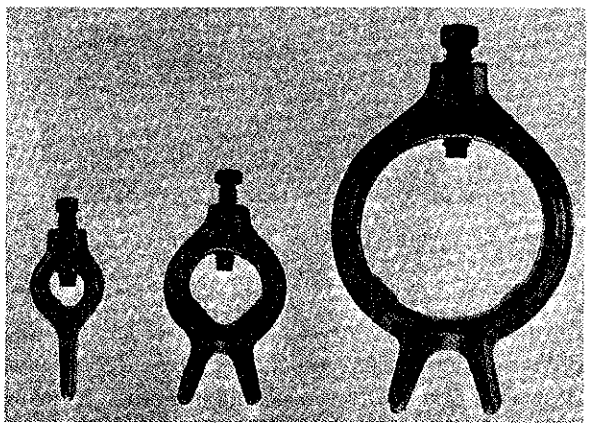


Fig. 15-35. Bridas de arrastre (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

tenga ocasión de finalizar el corte. Si es posible que la muela rebase completamente el extremo de la pieza, ésta deberá dejarse por debajo de la medida, porque la presión requerida entre muela y pieza disminuirá en dicho extremo; esto permitirá que la pieza se flexe hacia la muela, con lo que, al principio de la carrera transversal, el corte se produce por debajo de la medida.

Al final de cada carrera transversal, la mesa se para momentáneamente para permitir que la muela tenga ocasión de rectificar la pieza a medida y situarse por sí misma sobre el nuevo corte, y para evitar el movimiento vibratorio que sería imposible de impedir con un retroceso inmediato de la mesa. Si este movimiento transversal no se lleva a cabo sin vibraciones y sin sacudidas de la mesa, la pieza presentará puntos altos y bajos debidos a la ligera pausa o permanencia de la muela sobre la pieza que tendrá lugar a cada vibración o sacudida. La velocidad del movimiento transversal depende del ancho de la cara cortante de la muela y del acabado requerido en la pieza; por lo general, dicha velocidad es tal, que la mesa se mueve dos tercios o tres cuartos del ancho de la muela por cada revolución de la pieza.

Lunetas. Las piezas largas y delgadas, además de estar apoyadas en los puntos, lo deben estar sobre lunetas. La figura 15-36 muestra una luneta de centrado, mientras que la figura 15-37 representa una luneta de respaldo o apoyo lateral.

Cuando se usan lunetas, como en las figuras 15-38 y 15-39, es muy importante mantener las mordazas bien ajustadas a la pieza, ya que, de otro modo, ésta podría quedar agarrada entre la mordaza inferior y la muela y desprenderse de la máquina, o podría romperse la muela.

Avances. La muela puede avanzar hacia la pieza automáticamente, o bien, a mano, siendo posible obtener avances tan pequeños como de 0,00005" (0,00125 mm). El avance a mano no es aconsejable, excepto cuando se trata de acercar la muela a la pieza o de separarla de ella, o cuando se llevan a cabo cortes muy finos. El avance automático permite profundidades de pasada de 0,00025" a 0,004" (0,006 a 0,1 mm) para cada carrera transversal de la mesa, ahorra tiem-

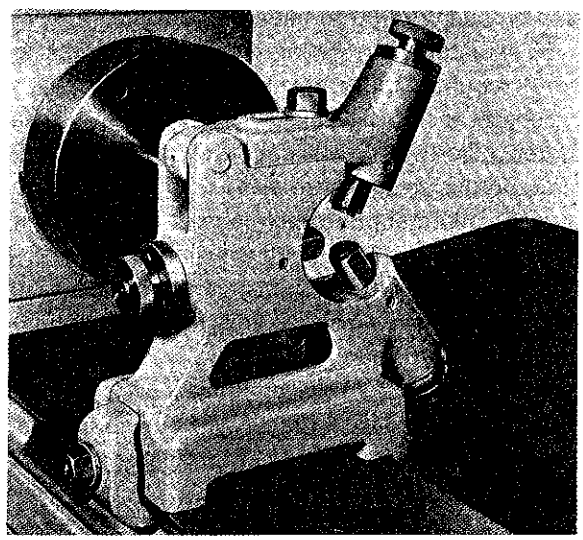


Fig. 15-36. Luneta de centrado (Cincinnati Milling Machine Co.)

po, disminuye el desgaste y las averías de la máquina porque las pasadas son más uniformes, y proporciona una vida más larga a la muela. En general, las pasadas de desbaste pueden ser de 0,001" a 0,004" (0,025 a 0,1 mm) por cada carrera transversal, dependiendo de la rigidez de la máquina y de la fijación de la pieza, y de la cantidad de material a arrancar. Es práctica común, cuando la pieza no debe templarse, dejar un exceso de 0,006" a 0,010" (0,15 a 0,25 mm) para el rectificado, pero en piezas grandes, largas o delgadas, o propensas a la flexión, el exceso citado debe ser de 0,020" a 0,030" (0,5 a 0,75 mm). Para el rectificado de desbaste de una pieza, debe ser pequeña la velocidad de la misma, rápido el movimiento transversal y fuerte el avance. Para el rectificado de acabado, la velocidad de la pieza debe ser elevada, el movimiento transversal lento, y el avance, ligero.

Los grados y tamaños de grano más comunes de las muelas de esmeril empleadas para el rectificado exterior son: 46-J, 46-K, 60-K, 60-L, 80-O y 120-P.

Velocidades de trabajo. A la pregunta, ¿A qué velocidad debe girar la pieza? no puede contestarse con una regla fija. Las piezas pueden ser a no ser del mismo metal, pueden o no tener el mismo tratamiento térmico, o el mismo diámetro, factores todos ellos que afectan a la velocidad. Si ésta es muy elevada, la muela tiende a desgastarse más rápidamente, mientras que si es demasiado baja, la pasada tiende a ser más fuerte, con lo que la muela padece de embotamiento y de vidriado. Si la muela se desgasta con demasiada rapidez, es preciso repasarla y rectificarla más a menudo, y se invierte más tiempo en ejecutar un trabajo dado. Los aceros extremadamente duros pueden requerir una velocidad tangencial de rectificado de 30 pies por minuto (9 m/min), mientras que los aceros muy dulces pueden exigir hasta 100 pies (33 m) por minuto para el acabado. Las velocidades tangenciales corrientes para la pieza son de 36 a 50 pies (9 a 15 m) por minuto. Si la muela se embota o vidría, produce un calentamiento excesivo de la pieza (la quema) debido al aumento de rozamiento que se origina al forzar la muela para que corte. Si la velocidad de la pieza es correcta y la muela todavía tiene tendencia a vidriarse, significa que el aglomerante es demasiado duro,

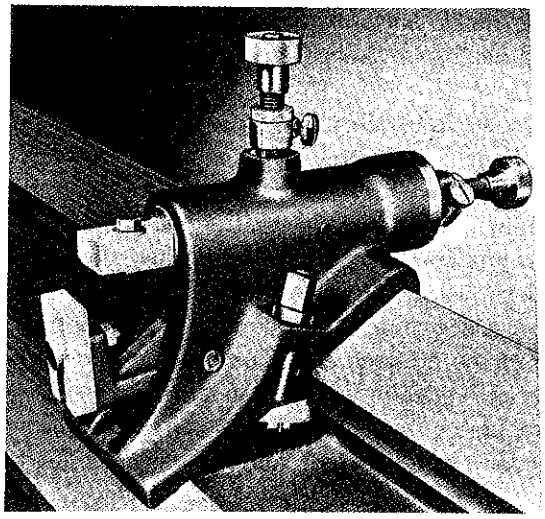


Fig. 15-37. Luneta de respaldo (Cincinnati Milling Machine Co.)

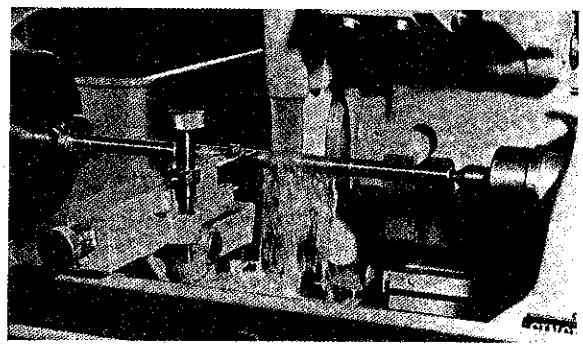


Fig. 15-38. Luneta de centrado colocada en el punto medio de la pieza para proporcionar apoyo en la sección más débil (Cincinnati Milling Machine Co.)

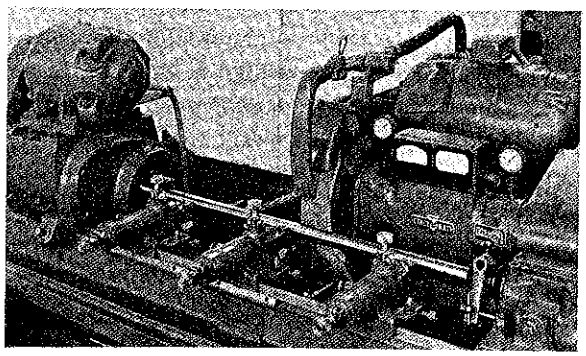


Fig. 15-39. Empleo de tres lunetas de respaldo para apoyo de un eje delgado mientras se rectifica (Cincinnati Milling Machine Co.)

lo que puede solventarse sutituyéndola por otra muela del mismo grano pero de aglomerante más blando.

Errores de funcionamiento. Cuando en la superficie de la pieza aparecen hendiduras, irregularidades o signos de calentamiento excesivo (quemaduras), cualquiera de las siguientes condiciones o una combinación de las mismas puede ser la causa: velocidad inadecuada de la pieza, muela demasiado dura, o muela vidriada o embotada. Esto último produce el "quemado" de la pieza y la agrieta, aunque exista un buen flujo de lubricante; por consiguiente, los mejores resultados se obtienen manteniendo la muela repasada y limpia en todo tiempo.

Quizás el mayor obstáculo que el operario tiene que afrontar en el rectificado de un cilindro es que la pieza resulte cónica. Las condiciones que contribuyen a que se desarrolle tal defecto son: puntos de centrado defectuosos en la máquina y en la pieza; montaje inapropiado de la pieza; desajuste de la mesa de trabajo; contracabezal desalineado con el cabezal motor; lunetas desalineadas respecto a la pieza, o presión excesiva de aquellas sobre ésta.

Para corregir esta conicidad, en primer lugar hay que asegurarse de que los agujeros de centrado en la pieza son limpios y correctamente situados, y de suficiente profundidad y holgura para proporcionar a los puntos de la máquina un buen apoyo; después hay que inspeccionar los puntos en lo que respecta al cono de ajuste, el cual debe permitir un perfecto acoplamiento, y comprobar que estén limpios y sin deformaciones. Al montar la pieza, hay que asegurarse de que los puntos de la máquina están bien acoplados, y obsérvese si la mesa tiene un juego lateral excesivo, corrigiéndolo en caso necesario. Si ninguno de los factores mencionados es el causante de la conicidad, la corrección puede efectuarse ajustando el tornillo grafilado de regulación existente en el extremo de la mesa correspondiente al contracabezal; debe darse vuelta a este tornillo para separar de la muela el extremo pequeño de la pieza. Pueden ser necesarios varios ajustes para obtener la pieza enteramente cilíndrica y exenta de conicidad.

Rectificado por corte de penetración. Se trata de un rectificado cilíndrico donde la longitud de la pieza es menor que el ancho de la cara de la muela, de modo que ésta puede avanzarse en línea recta en la pieza y rectificar completamente el cilindro sin emplear el movimiento transversal de la mesa. Cuando es necesario rectificar piezas cilíndricas que presentan resaltes o son de varios diámetros escalonados, se utiliza el rectificado penetrante para mantener a escuadra el cilindro con el resalte. Debe recordarse que un canto a escuadra no tiene que ser necesariamente un canto vivo. La figura 15-40 muestra un ejemplo de rectificado de penetración.

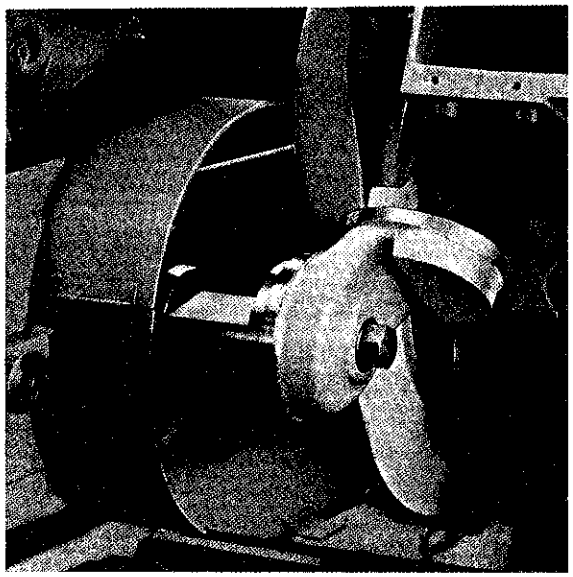


Fig. 15-40. Rectificado de penetración (Cincinnati Milling Machine Co.)

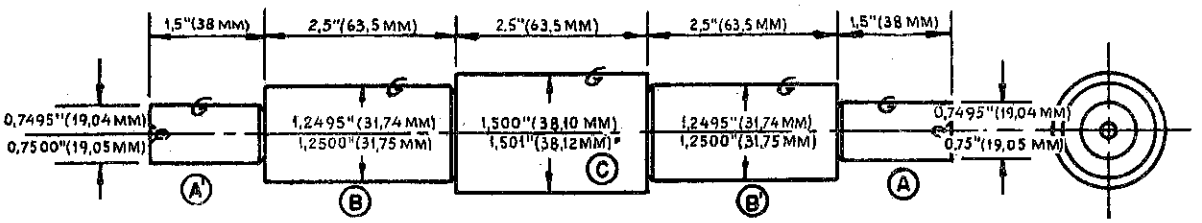
Fases importantes en el rectificado exterior. Las fases importantes que rigen en el rectificado exterior de una pieza son las siguientes:

1. Comprobar la pieza en cuanto a dimensiones con el fin de tener la seguridad de que se ha dejado el exceso necesario para rectificar y, al mismo tiempo, al objeto de ver si presenta alguna conicidad.
2. Inspeccionar los centros de la pieza en lo que se refiere a limpieza y exactitud. Elegir los puntos de la máquina de diámetro adecuado para alojarse correctamente en los centros de la pieza. El punto del contracabezal debe tener las dimensiones apropiadas para permitir que la muela tenga salida en el extremo de la pieza; un punto de este

tipo se llama punto de una mitad, o punto de tres cuartos.

3. Sujetar la brida de arrastre al extremo de la pieza asegurándose de que no cause deterioro en partes tales como roscas, chaveteros, etc.; después, lubricar los puntos de la máquina.
4. Ajustar el movimiento transversal de la mesa a la longitud de la pieza, teniendo en cuenta el espacio que ocupa la brida de arrastre y la distancia que debe recorrer la muela al rebasar el extremo de la pieza.
5. Si es necesario, montar lunetas y ajustar sus zapatas a la pieza.
6. Repasar la muela de modo que el diamante pase por la cara de la misma bastante rápidamente, a fin de obtener una muela de corte rápido. Ajustar la velocidad de la pieza a la velocidad tangencial correcta en pies (o en metros) por minuto.
7. Avanzar a mano la muela hacia la pieza y practicar una pasada ligera, observando si aquélla empieza a cortar aproximadamente en el punto más alto de la pieza, de acuerdo con la comprobación efectuada en la fase 1.
8. Verificar la pieza en cuanto a medidas y conicidad, y efectuar los ajustes necesarios en la mesa para asegurarse de que la pieza será bien cilíndrica.
9. Rectificar la pieza a la medida de desbaste. Si hay que rectificar varias piezas, fijar el tope en el trinquete de avance y proceder como antes, desbastando el resto de las piezas.
10. Una vez desbastadas las piezas de este modo, colocar la brida de arrastre en el extremo rectificado en desbaste de la pieza y rectificar el extremo no acabado. Si este extremo es más corto que el ancho de la cara de la muela, puede efectuarse un rectificado penetrante. Hay que tener la seguridad de que la muela se conserva limpia y con perfil correcto, lo que se consigue repasándola a menudo.
11. Para terminar el rectificado, ajustar la máquina para una velocidad elevada de la pieza y un movimiento transversal lento de la mesa, y repasar la muela con lentas pasadas del diamante por la cara cortante de la misma.
12. Fijar la pieza a rectificar de acabado y practicar una ligera pasada de ensayo. Comprobar la medida y efectuar cualquier corrección necesaria para eliminar la conicidad, y, si se emplean lunetas, mantenerlas ajustadas a la pieza.
13. Una vez rectificada la primera pieza a la medida de acabado, reajustar el tope en el trinquete de avance de forma que siempre se produzca la medida requerida, y luego ajustar las zapatas de las lunetas para el diámetro de acabado.

Las recomendaciones citadas se refieren al rectificado de una pieza cilíndrica recta. Si la pieza a rectificar tiene resaltes, chaveteros o ranuras, deben considerarse algunas desviaciones de aquéllas. Si la pieza a rectificar tiene un chavetero abierto por cada extremo, o canales longitudinales, y deben usarse lunetas, hay que rellenar



Pieza 1-Eje
Acero tipo SAE 5132
Barra de 1 3/4"(45mm) ø; peso 7,5 libras (3,5kg.)
Templar-Rockwell 33-35
Rectificar

Fig. 15-41. Croquis de un eje.

aquél o aquéllas con una parte de la chaveta u otro material adecuado para evitar que las zapatas de la luneta se introduzcan en las ranuras y agarren la pieza.

A veces es conveniente terminar de acabado el rectificado de una pieza en una sola operación. Para conseguirlo, se puede soldar un pequeño trozo de ángulo de hierro u otro saliente similar al extremo de la pieza para que actúe como dispositivo de arrastre, pero en forma tal que no interfiera el movimiento de la muela cuando rebasa la longitud de la pieza ni establezca contacto con el punto. Una vez completado el rectificado, puede quitarse el elemento de arrastre citado.

Piezas de varios diámetros. Si la pieza debe rectificarse hasta un resalte o cambio de diámetro, es aconsejable situar la muela junto al resalte antes de empezar el rectificado y luego, por rectificado de penetración, rectificar la superficie hasta el diámetro requerido. Este método dejará la parte a diámetro de acabado con un rincón en el resalte bastante vivo y a escuadra. Una vez rectificada la pieza a medida en el resalte, el resto puede rectificarse con el movimiento transversal de la mesa.

Esquema de trabajo

El siguiente esquema de trabajo constituye un análisis típico del procedimiento a seguir en el rectificado exterior:

Tipo de pieza	Eje según croquis (fig. 15-41)
Tipo de máquina	Rectificadora de exteriores
Tipo de acero	SAE 5132 (acero al cromo con 0,75-1,00% de Cr)
Tratamiento térmico	Templar a Rockwell 33-35
Clase de muela	60-L
Operaciones requeridas	Rectificados en desbaste y de acabado, según croquis

Procedimiento

1. Comprobar si en todos los diámetros hay suficiente exceso para rectificar.
2. Comprobar si los agujeros de centrado están libres de virutas y de suciedad.
3. Repasar la muela para el rectificado en desbaste.
4. Montar en la pieza una brida de arrastre de tamaño adecuado.
5. Situar el contracabezal de acuerdo con la longitud correcta de la pieza.
6. Montar la pieza en la máquina y ajustar correctamente la clavija de accionamiento a la brida de arrastre.
7. Avanzar la muela hasta el diámetro *A* y efectuar una pasada para limpiar, observando si la muela establece siempre contacto con la pieza.
8. Comprobar el diámetro *A* en cuanto a cilindricidad, realizar los ajustes de mesa necesarios, efectuar una pasada de ensayo y comprobar de nuevo si la pieza es bien cilíndrica.
9. Con la muela cortando cilíndrico, rectificar de penetración el diámetro *A* en el resalte y efectuar el rectificado de desbaste dejando de 0,003" a 0,005" (0,075 a 0,125 mm) de exceso para el acabado. Repetir esta operación para los diámetros *A'*, *B*, *B'*, y *C*, en el orden especificado, y luego verificar la pieza.
10. Repasar la muela para el acabado y, con la máquina cortando cilíndrico, efectuar el rectificado de acabado en *A*, *A'*, *B*, *B'* y *C*, en el orden indicado.
11. Verificar la pieza en todas sus dimensiones.

Métodos de calibrado. Las piezas cilíndricas cuyas dimensiones deben obtenerse dentro de límites estrechos requieren el uso de calibres con un grado de precisión más fino que los micrómetros ordinarios. Con este objeto se emplea un comparador supersensible del que existen varios modelos, siendo uno de ellos el representado en la figura 15-42. El indicador es graduado en divisiones de 0,00005" (0,00125 mm), lo que permite detectar muy fácilmente variaciones de medida muy pequeñas. Un método común de comprobar una pieza consiste en colocar en el plato una combinación de calas igual a la dimensión requerida del comparador y ajustar el indicador en el cero; luego se sacan las calas y se pone la pieza debajo del indicador dándole un movimiento deslizante o de rodadura, según su forma. Cualquier variación entre la medida de las calas y la dimensión de la pieza se aprecia en el disco del indicador.

Piezas cónicas. Las piezas cónicas precisas pueden obtenerse en la rectificadora cilíndrica

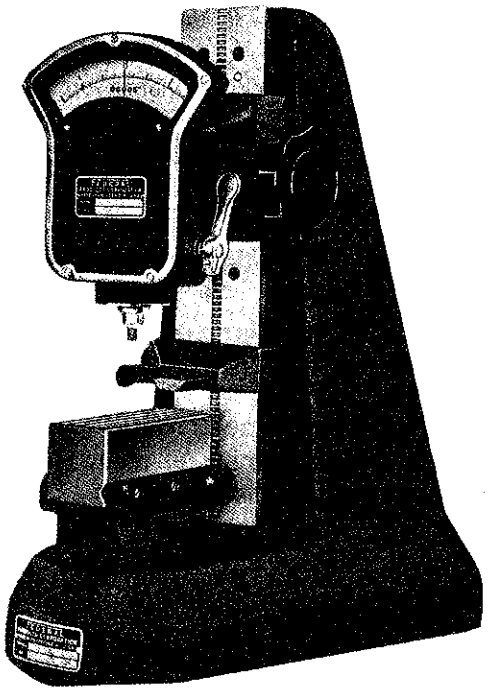


Fig. 15-42. Comparador ultrasensible (Federal Products Corp.)

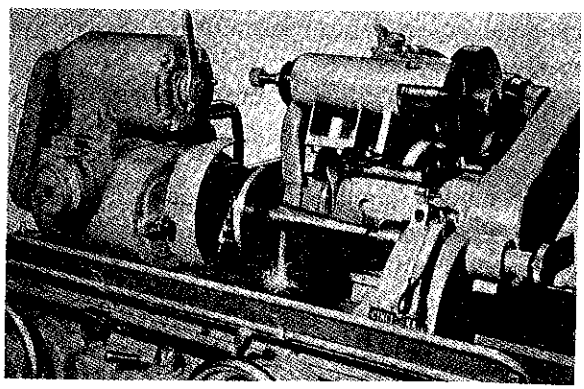


Fig. 15-43. Rectificado de un cono (Cincinnati Milling Machine Co.)

mediante uno de estos dos métodos: girando la mesa de trabajo, o inclinando el contracabezal. Para pequeñas conicidades, la mesa puede ponerse en posición por medio de un dispositivo de giro y graduaciones en la misma, como en la figura 15-43, pero, dado que este trabajo sólo puede efectuarse con una precisión aproximada, es necesario, para comprobar el cono, el uso de un calibre cónico de anillo normal, un calibre cónico hembra o una regla de senos. El rectificado de

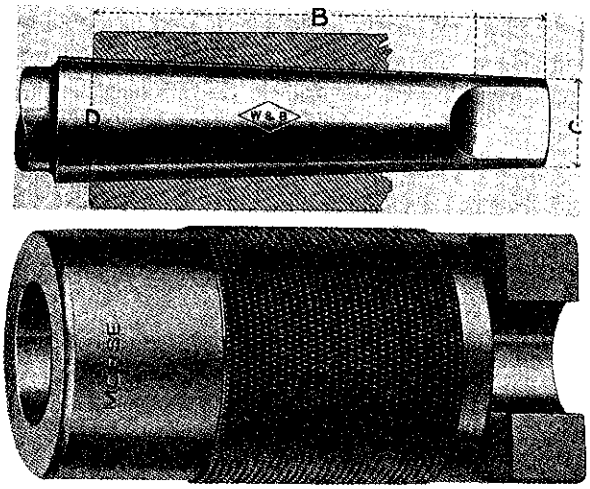


Fig. 15-44. Mango cónico y calibre cónico de anillo (Morse Twist Drill & Machine Co. y Whitman & Barnes).

conos se parece mucho al rectificado de cilindros, constituyendo la excepción el hecho de que la mesa giratoria o el soporte deslizante de la mesa se sitúen para producir el ángulo de cono correcto. Por lo general, las graduaciones de la escala marcan grados y corresponden a la mitad del ángulo total del cono, mientras que la conicidad por pie, la conicidad 1: *x* o la conicidad en tanto por ciento se refieren al ángulo total del cono.

Si se emplea un calibre cónico de anillo (fig. 15-44) para comprobar la precisión del cono, en la pieza cónica deben marcarse con azul de Prusia tres franjas longitudinales, separadas unos 120°, y luego introducirla con cuidado en el calibre, dándole al propio tiempo un movimiento de hélice. Si la superficie que se comprueba no ajusta perfectamente con la interior del calibre de anillo, las irregularidades borran el azul de Prusia quedando partes metálicas brillantes que indican los puntos elevados de aquélla. Si el calibre toca solamente en una o dos líneas, indica que la pieza no es bien redonda.

Los conos empinados (conos de gran ángulo) pueden producirse girando el cabezal de trabajo o repasando la muela según un ángulo. Si la muela tiene que repararse a un ángulo dado, es absolutamente necesario situar el diamante a la altura exacta del eje de la muela, no sólo para asegurar que resulte el ángulo correcto en la muela, sino también para obtener una cara plana de la misma en vez de una cara cóncava o convexa.

El punto de centrado de 60° de una máquina se rectifica colocándolo en el husillo motor del cabezal y girando éste un ángulo de 30° leído en las graduaciones que posee la base del mismo. Es evidente que estas graduaciones no pueden considerarse como dignas de confianza en los trabajos de extrema precisión; después del rectificado preliminar, la pieza debe comprobarse con una galga, como la del tipo plano representada en la figura 15-45, o con un calibre de puntos (fig. 15-46); entonces pueden llevarse a cabo en la máquina los ajustes necesarios para asegurar resultados precisos.

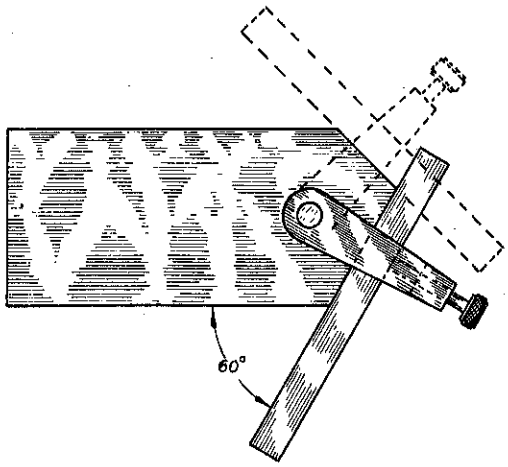


Fig. 15-45. Galga plana de puntos.

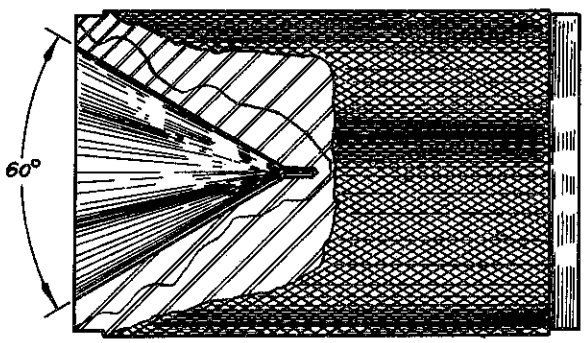


Fig. 15-46. Calibre de puntos.

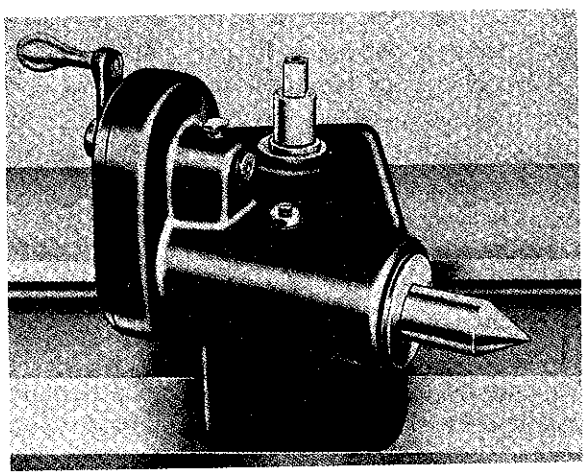


Fig. 15-47. Cabezal especial para rectificar puntos (Cincinnati Grinders, Inc.)

Otro método para rectificar puntos consiste en emplear un accesorio especial (fig. 15-47), el cual permite sujetar el punto de acuerdo con el ángulo apropiado; para hacer girar el punto contra la muela, se emplea una manivela unida a un juego de engranajes.

La operación real de rectificar puntos de máquina debe efectuarse con cuidado porque existe el peligro de "quemar" la punta en virtud del cambio de velocidad de trabajo que implica un cono empinado. Este inconveniente puede solventarse trabajando con una velocidad reducida de la pieza, un avance pequeño, un buen chorro de refrigerante y empezando el corte por la punta para continuar rápidamente hacia atrás en dirección al mango.

Repasado de muelas. En todas las rectificadoras de exteriores se ha previsto algún dispositivo para repasar la muela. El contracabezal va equipado con un soporte adecuado, dispuesto de modo que sea ajustable y pueda situarse en el eje del husillo de la muela. En la figura 15-48 se muestra un tipo de soporte de diamante para repasar muelas corrientemente suministrado con la máquina.

Otro tipo de repasador de muelas lo es un aparato que sirve para rectificar radios en las mismas (fig. 15-49), el cual se fija a la mesa de la rectificadora con un perno en T. Un soporte giratorio situado en la parte superior del aparato sirve para sujetar la herramienta de diamante, la cual puede ajustarse a la medida del radio requerido. El repasado se realiza haciendo girar dicho soporte hacia atrás y hacia delante contra la muela en rotación.

Algunas máquinas van equipadas con un repasador de muelas de ajuste micrométrico, el cual consiste en un tornillo hueco, en cuya cabeza hay un disco graduado para leer milésimas de pulgada (o centésimas de milímetro), que pasa a través de

un agujero roscado situado en el eje del punto del contracabezal. El diamante se inserta en el tornillo hueco y se sujeta en posición mediante un tornillo de fijación. Este dispositivo resulta muy eficiente, sobre todo cuando hay que repasar varias piezas del mismo tamaño. Para emplearlo, una vez la primera pieza se ha dejado a medida, se dirige la punta del diamante sobre la muela de forma que la distancia desde el eje del punto del contracabezal a la punta del diamante sea igual al radio de la pieza. El tornillo micrométrico se pone luego en posición asegurando el calibrado correcto de la muela.

Reglas de seguridad. Es importante, cuando se trabaja con una rectificadora de exteriores, dejar que funcione en vacío durante unos pocos minutos después de la primera puesta en marcha, a fin de que pueda calentarse; en el transcurso de este tiempo, conviene que el refrigerante fluya sobre la muela para equilibrarla, porque, habiendo estado parada toda la noche, el fluido se habrá escurrido hacia la parte baja de aquélla, desequilibrándola. Hay que cerciorarse de que los topes, disparos del avance y palancas se han comprobado al objeto de que la muela no gire sin necesidad en la máquina y se causen deterioros. Debe tenerse la seguridad de que la clavija de accionamiento entre el plato y la brida de arrastre está firmemente enclavada en posición y bien ajustada. Mantener un buen chorro de refrigerante sobre el punto de contacto entre muela y pieza, ya que ayuda a disipar el calor, tiende a proporcionar a la pieza un mejor acabado y conserva limpia la muela. Apartar las manos de la muela que gira y de la pieza. Si algo funciona mal, parar la máquina accionando el interruptor principal, y llamar al instructor o encargado.

Rectificadoras universales

Además de las rectificadoras de exteriores de que se acaba de tratar, hay otro tipo de rectificadora que rápidamente se ha impuesto por su utilidad, que es la rectificadora universal de herramientas (fig. 15-50). Esta máquina puede, dentro de su capacidad, efectuar el trabajo de muchas otras rectificadoras, siempre que se disponga de los accesorios necesarios. Se trata de una rectificadora verdaderamente universal, ya que la unidad muela-husillo es ajustable tanto horizontal como verticalmente, y puede oscilar sobre un plano horizontal hasta 110° a cada lado del cero. El cabezal posee punto muerto y husillo giratorio de accionamiento; es ajustable a lo largo de la mesa y puede girar sobre su base en un ángulo de 100° a ambos lados del cero. La mesa puede avanzar transversalmente a mano o mecánicamente y tiene un retroceso automático ajustable; puede girar 90° en una y otra dirección. Debido a su adaptabilidad, algunos talleres sólo usan rectificadoras universales, mientras que otros las emplean para trabajos que pueden interferir con el funcionamiento continuo de máquinas especializadas. En

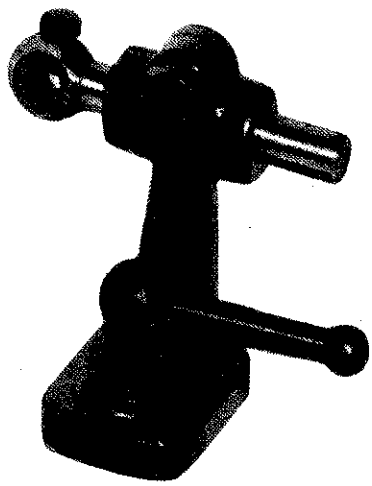


Fig. 15-48. Soporte de diamante para repasar muelas (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

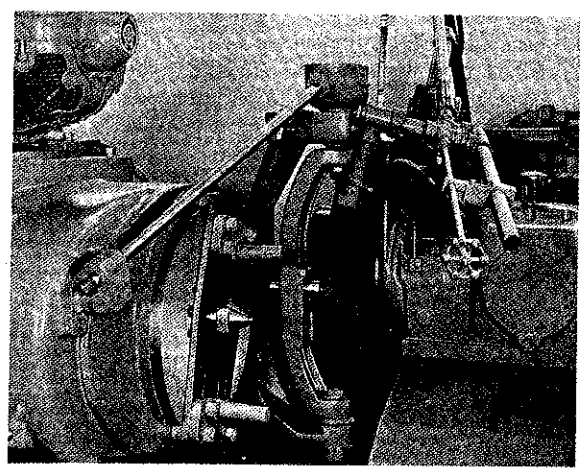


Fig. 15-49. Aparato para repasar radios en las muelas (Cincinnati Milling Machine Co.)

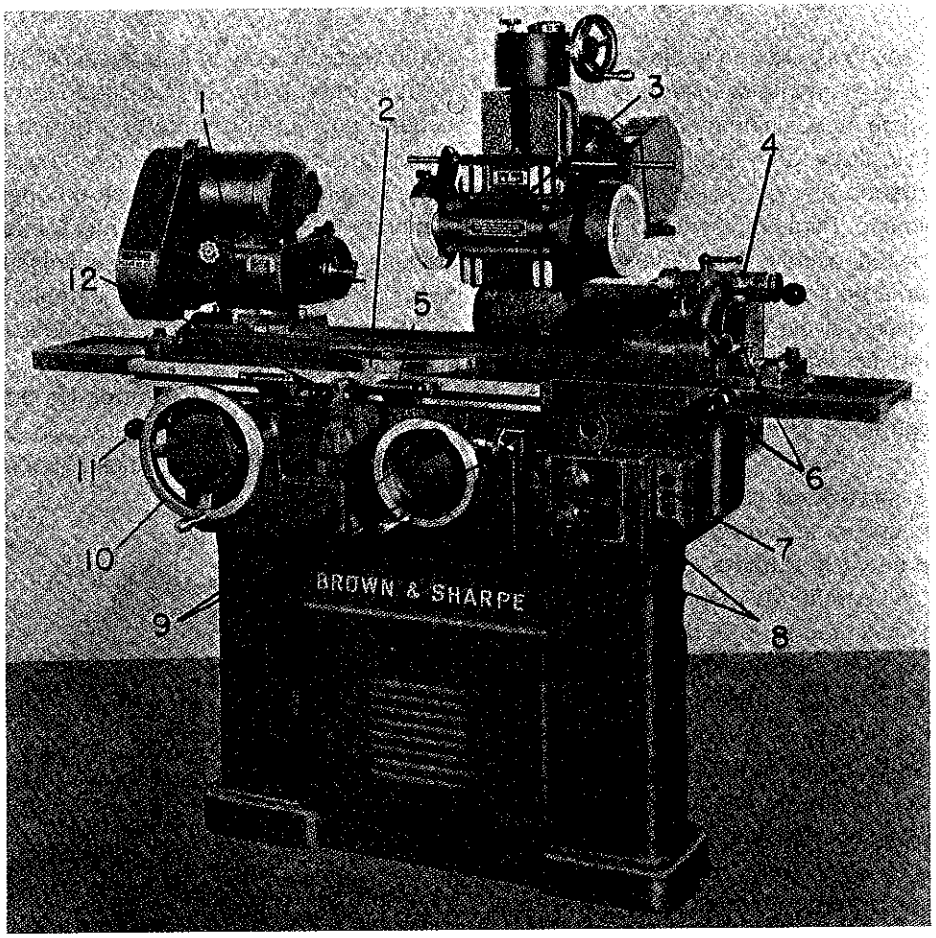


Fig. 15-50. Rectificadora universal de herramientas (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

1. El cabezal motor tiene punto muerto y husillo de accionamiento. Gira sobre una base graduada. El botón frontal afloja la tensión de la correa y deja libre el husillo para posicionar la pieza.
2. La mesa puede girar sobre gorrón hasta 90° a cada lado del cero. La escala doble, graduada en grados, indica la posición desde el cero.
3. El husillo de muela de doble extremo va apoyado en un carro robusto. Tiene ajuste vertical de 8 3/8" (213 mm). Puede obtenerse lo mismo con cojinetes corrientes que con cojinetes antifricción.
4. El contracabezal se enclava en posición mediante una palanca. El husillo es accionado con una palanca de resorte (presión ajustable). Se dispone de un husillo de enclavamiento a mano.
5. Las bridas para la inversión del movimiento de la mesa se sitúan rápidamente a lo largo de una ranura en T y mediante cremallera. Se pueden ajustar mediante un tornillo de rosca fina.
6. El trinquete de resorte y el botón permiten el ajuste fino de la oscilación de la mesa. El trinquete embraga con el botón.
7. El botón de arranque-paro principal está convenientemente situado. Pone en marcha y para los motores del husillo de la muela y de la mesa y da corriente a la línea del interruptor del motor del cabezal.
8. Las palancas proporcionan seis cambios de velocidad en la carrera de la mesa, divididos en dos series: 7 3/4", 13" y 24" (197, 330 y 610 mm) por minuto, y 32", 54" y 100" (813, 1362 y 2540 mm) por minuto.
9. El avance transversal fino es operado mediante un pequeño volante graduado para leer 0,0001" (0,0025 mm) en el diámetro de la pieza; con un botón se embraga al volante de avance transversal.
10. Volante para mover la mesa a mano. Una palanca de tres posiciones (invisible en el grabado) convenientemente colocada al lado del volante, permite la elección rápida de dos velocidades de movimiento a mano o el desembragado del volante. El botón frontal del volante puede moverse para dar juego entre la corona y el cubo del mismo, lo que facilita la maniobra cuando se desea sólo mover la mesa ligeramente.
11. La palanca puede situarse en las posiciones de arranque y de paro del motor del cabezal, y en las de paro y arranque del motor del cabezal y de accionamiento de la mesa. Desembraga el volante de mesa cuando está en la posición de mover mecánicamente la mesa.
12. Palanca de inversión del movimiento de la mesa; es operada a mano o con bridas de tope. Lleva tope para el rectificado de resaltes.

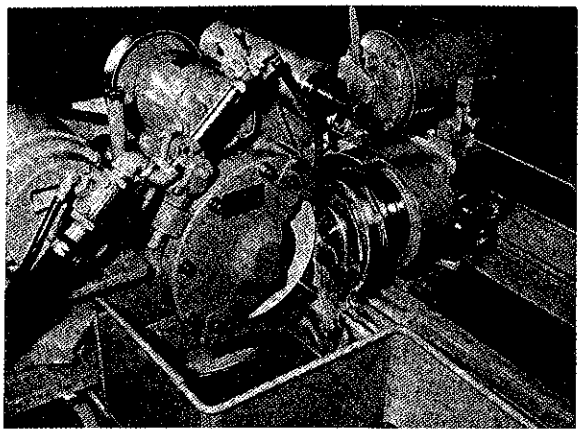


Fig. 15-51. Rectificado frontal de una pieza fijada en un plato magnético (Cincinnati Milling Machine Co.)

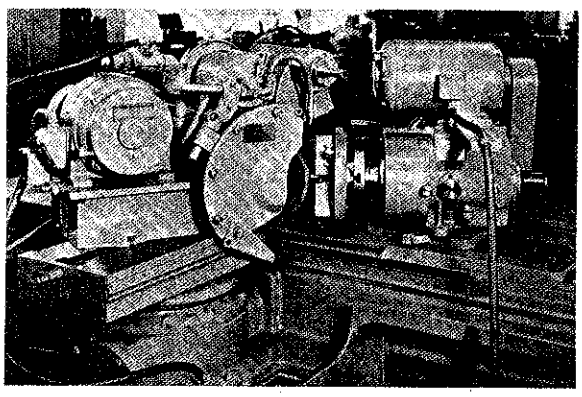


Fig. 15-52. Rectificado de una pieza sujetada a un dispositivo de fijación (Cincinnati Milling Machine Co.)

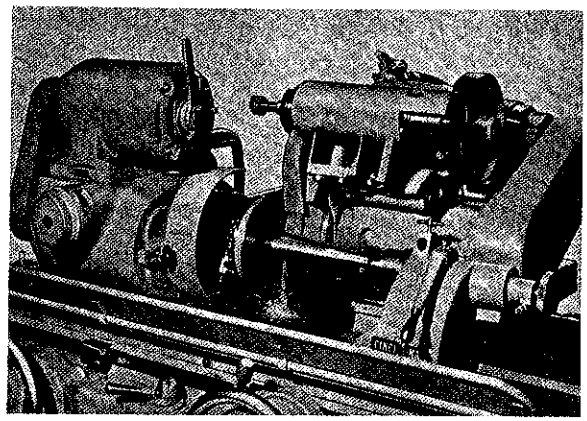


Fig. 15-53. Rectificado de un calibre cónico.

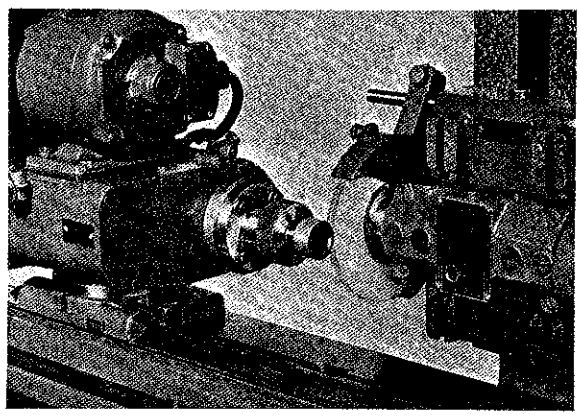


Fig. 15-54. Rectificado del extremo de una pieza larga desprovista de agujeros de centrado, por lo que va montada sobre mandril (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

las figuras 15-51 a 15-54 se muestran algunas operaciones realizadas en la rectificadora universal.

Rectificadoras sin puntos

La rectificadora sin puntos (fig. 15-55) es una máquina especializada que se diseñó para la producción rápida de piezas cilíndricas, cónicas o de determinado perfil exterior; en la figura 15-56 se muestran ejemplos de estas piezas.

En el rectificado sin puntos, se emplean dos muelas: una, la muela cortante o rectificadora, se usa para arrancar el exceso de material; la otra, la muela de regulación, se utiliza para regular la velocidad de giro de la pieza y el avance. La pieza se monta sobre un carro deslizante.

Esta máquina presenta una ventaja que la dis-

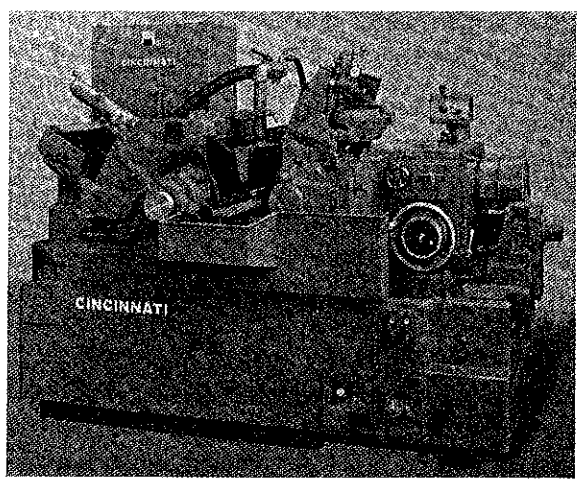


Fig. 15-55. Rectificadora sin puntos (Cincinnati Milling Machine Co.)

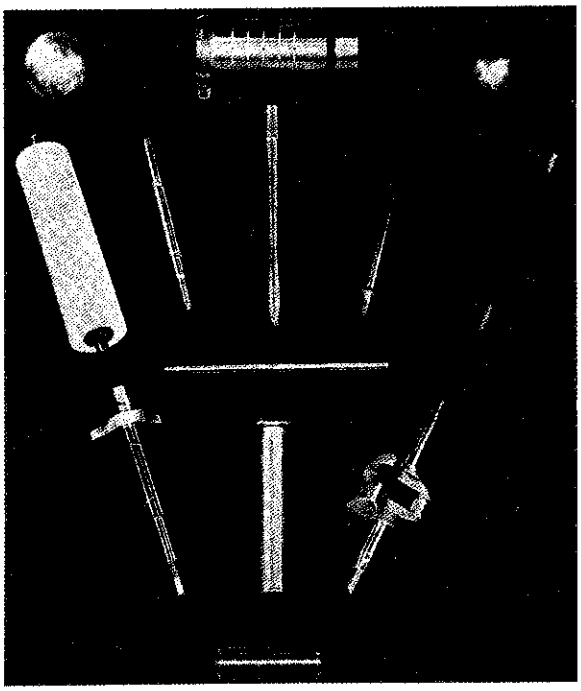


Fig. 15-56. Ejemplos de piezas que pueden rectificarse en una rectificadora sin puntos.

tingue de las otras rectificadoras, y es que la pieza no necesita tener agujeros de centrado, lo que ahorra el tiempo que requiere efectuar esta operación en el torno. Debido a que la pieza no debe montarse sobre puntos, y dado que la operación de rectificado es casi continua, se ahorra asimismo el tiempo necesario para ponerla y sacarla. Con este tipo de rectificadora es posible efectuar pasadas más fuertes que con los métodos ordinarios, y puede ser menor el exceso de material dejado para el rectificado por el operario de torno, sirviendo ello para ahorrar todavía más tiempo y para alargar la vida de la muela. El funcionamiento de la máquina no requiere los servicios de un operario experto y, como son pocas las partes en movimiento, los gastos de conservación son muy reducidos y la capacidad de producción muy elevada.

Generalmente se cree, debido a que la rectificadora sin puntos para exteriores fue diseñada para el rectificado de un gran número de piezas del mismo tamaño, que esta máquina no se presta a su utilización en el taller de utillaje, pero, hoy día, se sabe que es mucho el tiempo y el dinero que pueden ahorrarse cuando se trata de un lote de pocas piezas, porque la preparación de la máquina es muy sencilla.

La operación real de rectificado depende en su mayor parte de la presión ejercida por la muela sobre la pieza y de la posición de ésta respecto a los centros de las muelas (fig. 15-57). En funcionamiento, la presión ejercida por la muela rectificadora sobre la pieza empuja a ésta contra el tope de apoyo y la muela de regulación, la cual gira en el mismo sentido que la muela rectificadora y tiene un movimiento horizontal. La muela reguladora gira a una velocidad de 12 a 300 rpm y, al mismo tiempo hace avanzar la pieza a lo largo de la máquina. El diámetro de redondez de la pieza depende de la altura en que la misma se halla respecto a los ejes de las muelas y del ángulo de inclinación del soporte de apoyo de dicha pieza.

Métodos de avance. Son dos los métodos comunes usados para el avance de la pieza en la máquina: el avance longitudinal y el avance de penetración. El método de avance longitudinal se emplea para piezas cilíndricas rectas, en cuyo caso la pieza entra por un lado de la máquina y sale por el otro lado. El soporte de apoyo de la pieza para el rectificado con avance longitudinal (fig. 15-58) tiene guías ajustables en cada extremo para conducción de la pieza entre las muelas; estas guías deben estar cuidadosamente alineadas una con otra y con la cara de la muela de regulación. La altura de la hoja de apoyo debe también ajustarse de acuerdo con el diámetro de la pieza.

El rectificado con avance de penetración se emplea para piezas que, por tener un resalte o

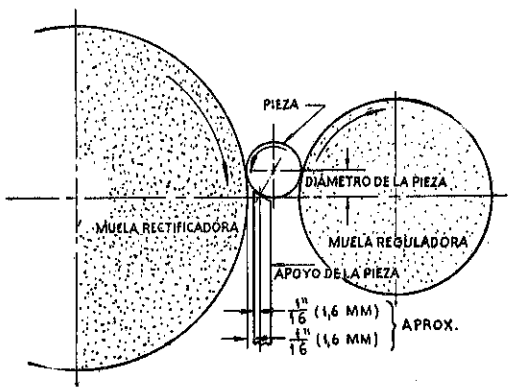


Fig. 15-57. Esquema mostrando el sentido de giro de las muelas rectificadora y de regulación, y de la pieza.

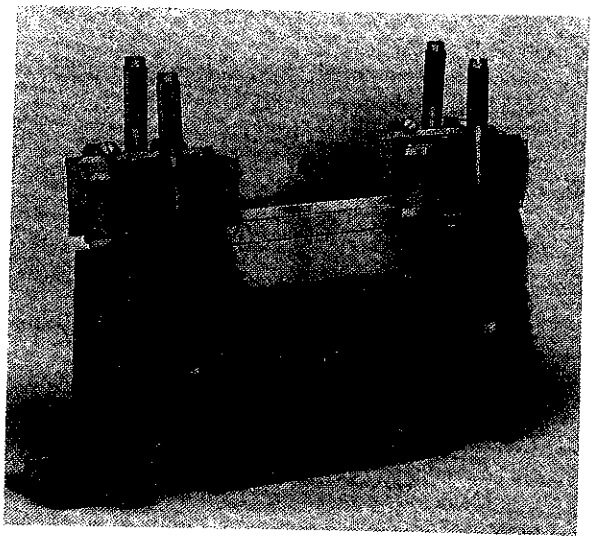


Fig. 15-58. Soporte de apoyo y guía de pieza para rectificar con avance longitudinal en una rectificadora sin puntos (Cincinnati Milling Machine Co.)

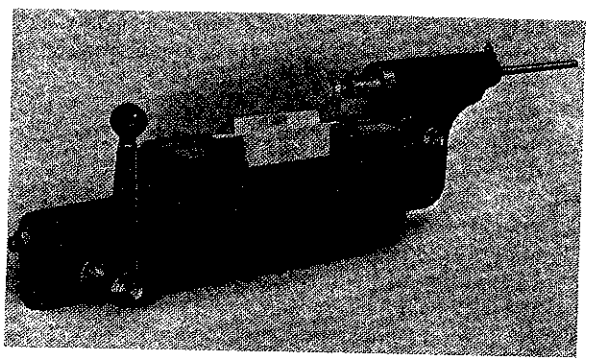


Fig. 15-59. Soporte de apoyo de pieza con eyector para rectificar con avance de penetración en una rectificadora sin puntos (Cincinnati Milling Machine Co.)

cualquier otra obstrucción sobre las mismas, sólo pueden entrar en la máquina una a una, siendo necesario sacarlas una vez rectificadas. Para esta operación el soporte de apoyo no tiene guías, pero tiene un tope ajustable en el extremo más alejado (fig. 15-59). La palanca acciona un pistón extractor en el tope para sacar la pieza.

La cantidad de material que hay que eliminar por rectificado determina si la pieza ha de pasar una o varias veces a través de las muelas. Si se requiere un acabado medio, puede rebajarse hasta 0,008" (0,2 mm) en una pasada. Si se desea un acabado realmente fino, es mejor no rebajar más de 0,003" (0,075 mm) en la pasada final.

Reglas de seguridad para rectificadoras de exteriores.

1. En ninguna circunstancia hay que intentar operar con una rectificadora de exteriores si la muela no está adecuadamente protegida. Llevar siempre lentes de seguridad.
2. Cuando sea necesario cambiar una muela grande para el rectificado exterior, pregúntese al instructor sobre los métodos adecuados de montaje y de comprobación.
3. Antes de poner en marcha el cabezal de la pieza, siempre hay que comprobar si ésta está entre puntos.
4. Si debe comprobarse la medida de la pieza mientras está entre puntos, hay que asegurarse de que exista suficiente holgura entre las manos y la muela.
5. Los dispositivos de accionamiento mal ajustados, las bridas de arrastre con juego, los agujeros de centrado en la pieza defectuosos, etc., constituyen un peligro constante en el rectificado exterior, ya que causan la torcedura de la pieza. Hay que ajustar correcta y firmemente los dispositivos de accionamiento, fijar fuertemente la brida de arrastre, e inspeccionar los agujeros de centrado de cada pieza antes de rectificar.
6. Hay que tener mucho cuidado al quitar la pieza de un cabezal de sujeción. Primero hay que retirar la mesa hasta el tope de seguridad para tener así amplio espacio para la mano entre muela y pieza.
7. Si la pieza es pesada, cerrar el interruptor de la máquina cuando se coloca aquélla entre puntos.
8. Si es posible, evitar el repasado de los lados de una muela grande, pero, si ello es necesario para el trabajo, recabar la ayuda del instructor para que indique el método correcto de repasar la muela y cómo pueden llevarse a cabo las pasadas preservando los cantos de la misma.
9. No poner las manos sobre piezas en revolución que tengan hendiduras, tales como chaveteros, ranuras y estrías.
10. Tener cuidado al maniobrar herramientas afiladas, tales como brocas, escariadores y fresas, ya que pueden producir severas lesiones.

Cuestionario de repaso

Para rectificadoras cilíndricas

1. ¿Cuáles son los términos comunes en el taller para el rectificado cilíndrico?
2. ¿Cuál es el objeto del rectificado exterior?
3. ¿Qué clase de trabajos pueden producirse en la rectificadora de exteriores?
4. ¿Cómo puede compararse el trabajo efectuado en la rectificadora de exteriores con el efectuado en el torno?
5. ¿Cuáles son los tres grupos importantes en que se dividen las rectificadoras de exteriores?
6. ¿Cuáles son las principales compañías que fabrican rectificadoras de exteriores?
7. Nombrar las partes importantes de una rectificadora de exteriores normal.
8. ¿Cuáles son las operaciones que pueden efectuarse en una rectificadora cilíndrica corriente?
9. ¿Cuáles son los movimientos importantes en cualquier rectificadora cilíndrica?
10. ¿Por qué son importantes cada uno de estos movimientos?
11. Explicar cómo se acciona la pieza en la rectificadora cilíndrica cuando está apoyada entre puntos.
12. Por lo general, ¿cuál debe ser la longitud de la carrera transversal de la mesa?
13. ¿Por qué es importante permitir que la muela rebase el extremo de la pieza?
14. ¿Qué le sucede a la pieza si la muela rebasa completamente su extremo?
15. ¿De qué depende la velocidad del movimiento transversal de la mesa?
16. ¿De qué orden debe ser la rápidez del movimiento transversal de la mesa?
17. ¿Cómo se apoyan las piezas largas y delgadas cuando son accionadas entre puntos?
18. ¿Qué precauciones deben tomarse cuando se usan lunetas?
19. ¿Qué es lo que hay que tener en cuenta al avanzar la muela hacia la pieza?
20. ¿Qué profundidades de pasada pueden tomarse con el avance automático?
21. ¿Por qué es aconsejable emplear el avance automático en vez del avance a mano?
22. ¿Cuál es la profundidad de una pasada de desbaste empleando el avance automático?
23. ¿Cuáles son la velocidad y el avance adecuados para rectificar en desbaste una pieza? ¿Y para rectificarla en acabado?
24. Indicar los grados de aglomerante, el tamaño de grano y la clase de abrasivo corrientemente usados para las muelas de rectificar exteriores.
25. ¿Por qué no es posible establecer una regla para determinar la velocidad de la pieza?
26. ¿Cuáles son las velocidades de pieza comúnmente aplicadas?
27. ¿Cuáles son las condiciones que pueden causar roturas, desperfectos o "quemaduras" en la superficie de la pieza?
28. ¿Cuáles son las condiciones que pueden producir conicidad en la pieza?
29. ¿Cómo puede evitarse que una pieza resulte cónica?
30. ¿Qué se entiende por rectificado de penetración?
31. ¿Cuando, en particular, debe aplicarse el rectificado de penetración?
32. ¿Por qué debe comprobarse la dimensión de la pieza antes de colocarla en posición?
33. ¿Cómo se llaman los puntos de contracabezal que tienen practicado un rebaje?
34. ¿Qué precaución debe tomarse al sujetar la brida de arrastre a la pieza?
35. ¿Cómo debe usarse el diamante para que la muela ejecute un corte rápido?
36. Cuando la muela se avanza por vez primera hacia la pieza, ¿cómo debe apreciarse el contacto entre ambas?
37. ¿Por qué debe comprobarse la pieza después de practicada la primera pasada?
38. ¿Cómo debe usarse el diamante para preparar la muela para el rectificado de acabado?
39. Si la pieza tiene chaveteros o ranuras, ¿cómo debe prepararse en el caso de que haya que emplear lunetas?
40. ¿Cómo es posible rectificar un cilindro completamente de una sola vez sin usar una brida de arrastre?
41. Si la pieza tiene varios resaltes, ¿cual es la forma adecuada de rectificarla? ¿Por qué?
42. ¿Por qué no pueden utilizarse los micrómetros para calibrar piezas que requieren un alto grado de precisión?
43. ¿Qué es un comparador amplificador?
44. Explicar cómo se usa el comparador amplificador.
45. ¿Hasta qué grado de precisión puede usarse el amplificador ordinario?
46. ¿Cómo es posible producir piezas cónicas en la rectificadora cilíndrica?
47. ¿Qué útiles son necesarios para producir conos de precisión?
48. ¿Cómo se especifica generalmente la conicidad de una pieza?
49. Explicar cómo se emplea el calibre cónico de anillo para producir un cono de precisión.
50. Cuando se producen conos empinados, ¿qué precaución debe tomarse al repasar la muela?
51. Explicar un método eficaz de rectificar puntos de máquina.
52. ¿Cómo puede comprobarse la precisión de un punto de máquina cuyo cono es de 60°?
53. Citar tres tipos de soporte de diamante empleados en las rectificadoras de exteriores.
54. ¿Qué ventaja presenta el soporte de diamante con micrómetro sobre los demás?
55. Indicar seis reglas de seguridad importantes para maniobrar rectificadoras cilíndricas de exteriores.

56. ¿Qué se entiende por una rectificadora de herramientas universal?
57. ¿Cuál es la ventaja de esta máquina?
58. ¿Cuáles son sus inconvenientes?
59. ¿Qué clases de trabajos pueden realizarse en la rectificadora sin puntos?
60. ¿Cuál es el principio de funcionamiento de una rectificadora de exteriores sin puntos?
61. ¿Qué ventajas presenta la rectificadora sin puntos sobre las rectificadoras de exteriores corriente y universal?
62. ¿Cuáles son los dos factores de que depende la operación real de rectificado en la máquina sin puntos?
63. ¿En qué sentido gira la muela de regulación respecto a la muela rectificadora?
64. ¿Cuáles son los dos factores de que depende la velocidad de giro de la pieza?
65. ¿Qué se entiende por avance longitudinal? ¿Y por avance de penetración?
66. ¿Qué se entiende por piezas de perfil especial?

RECTIFICADORAS DE INTERIORES

El rectificado interior es la operación de rectificar agujeros cilíndricos rectos, cónicos o de forma especial, a una medida precisa. El trabajo se realiza en la rectificadora de interiores corriente (fig. 15-60), en la rectificadora de interiores universal, o en otras máquinas especialmente diseñadas para este objeto.

Las máquinas de rectificar interiores se dividen en tres grupos según la manera de sujetar la pieza y la técnica de operación. Los dos tipos antes citados se incluyen en el grupo de rectificadoras en que la pieza gira y se fija en posición mediante un mandril, plato de mordazas, plato frontal o un dispositivo de fijación especial. En otro grupo de rectificadoras de interiores se hallan las del tipo sin puntos, en la cual un juego de rodillos sujetan la pieza y le proporcionan un movimiento giratorio. Un tercer grupo lo constituyen las rectificadoras de cilindros que sujetan la pieza en una posición fija, sin girar, encima de una mesa de movimiento alternativo, dependiendo de la magnitud de la carrera del husillo excéntrico de la muela la generación de la medida correcta del agujero a rectificar.

Rectificadoras del tipo de pieza giratoria

Las rectificadoras de pieza giratoria constituyen el tipo de rectificadoras de interiores comúnmente usado en los talleres de utillaje y matrices. La pieza se monta encima de la mesa, la cual, en algunos casos, se mueve hacia atrás y hacia delante, pero, en la mayoría de las máquinas, es el cabezal de muela el que se mueve de este modo, quedando la mesa fijada en posición. En el extremo del husillo del cabezal de pieza puede montarse un plato de mordazas, un plato frontal o un plato de accionamiento.

Dado que el trabajo de rectificar interiores en el taller de utillaje se realiza generalmente en seco, las máquinas dedicadas a ello deben construirse según especificaciones mucho más rigurosas que las otras rectificadoras, porque ofrece muchas dificultades la protección de las partes vitales contra el polvo abrasivo siempre presente, y porque las velocidades de la muela y de la pieza son mucho más elevadas que en los otros tipos de máquinas de rectificar. Por las mismas razones, las rectificadoras de interiores deben mantenerse bien lubricadas.

En estas rectificadoras, los ejes de la muela y de la pieza se encuentran en el mismo plano horizontal, pero, debido a que la muela es más pequeña que el agujero a rectificar, no están en el mismo plano vertical; por esta razón, la muela debe entrar en contacto con la pieza por el lado más cercano o más lejano del agujero, lo que depende de la construcción de la máquina. La figura 15-61 representa las posiciones relativas de muela y pieza en los rectificados exterior e interior.

Esquema de trabajo. El siguiente esquema constituye un análisis típico del procedimiento a seguir en el rectificado interior.

Tipo de pieza	Casquillo según croquis (fig. 15-62)
Tipo de máquina	Rectificadora de interiores
Tipo de acero	SAE 1095 (acero al carbono con 0,90-1,03% de C, 0,30-0,50% de Mn, 0,04 máx. % de P y 0,05 máx. % de S)
Tratamiento térmico	Templar hasta dureza Rockwell 52-64
Clase de muela	60-K
Operaciones requeridas	Rectificados de desbaste y de acabado del diámetro interior, según croquis
Método de sujeción	Plato de cuatro mordazas

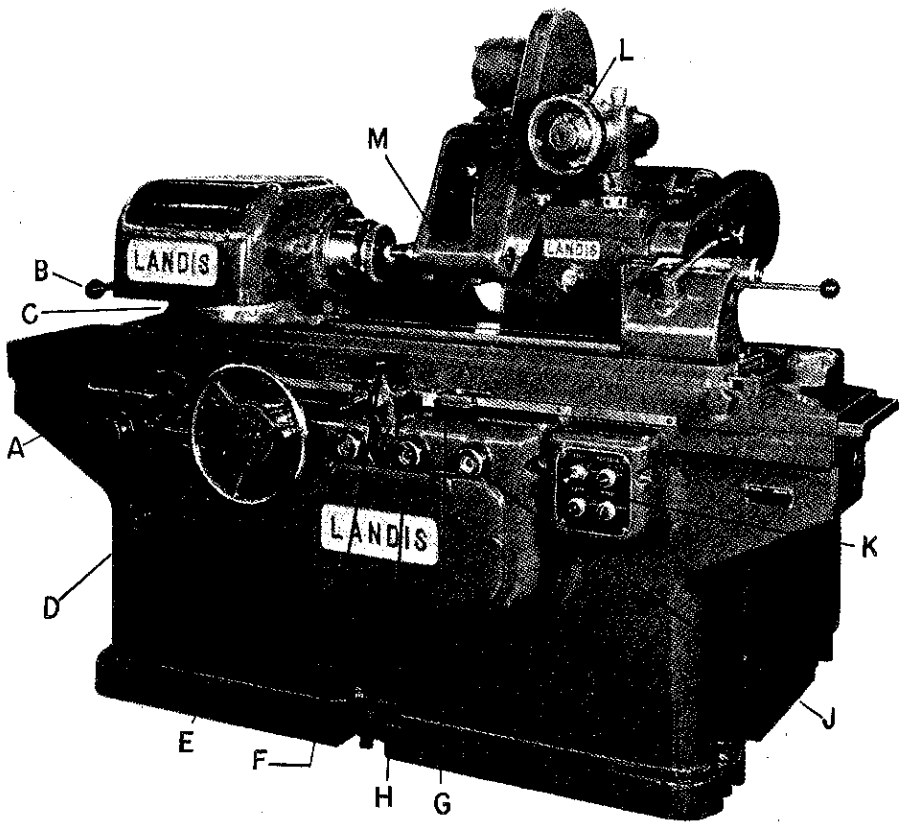


Fig. 15-60. Rectificadora de interiores universal, hidráulica (Landis Tool Co.)

A. Palanca de mando para la puesta en marcha y el paro.
B. Palanca de maniobra del mandril de sujeción de la pieza.
C. Base giratoria del cabezal de pieza.
D. Volante para el movimiento transversal a mano.
E. Válvula de regulación de la velocidad del movimiento transversal.
F. Palanca de inversión del movimiento transversal.
G. Topes de inversión del movimiento.
H. Regulador de detención al invertir el movimiento transversal.
J. Selector de avance automático.
K. Mandos eléctricos.
L. Mando del carro de avance de la muela hacia la pieza.
M. Cabezal de muela.

Procedimiento

1. Comprobar si en el diámetro interior hay suficiente exceso de material para rectificar.
2. Montar un plato de cuatro mordazas en el cabezal y ajustar la pieza en el mismo de modo que gire bien centrada.
3. Elegir el husillo y muela adecuados, montarlos en el cabezal de muela y repasar la muela. El husillo o barrena a usar es el más corto y resistente posible, de acuerdo con la longitud y el diámetro del agujero a rectificar.
4. Ajustar la máquina a la longitud de la carrera, y fijar la mesa para rectificar cilíndrico, esto es, sin conicidad alguna.
5. Efectuar una pasada de ensayo, arrancando la mínima cantidad posible de material.
6. Comprobar la cilindricidad del agujero y efectuar, si es necesario, los ajustes pertinentes en la mesa.

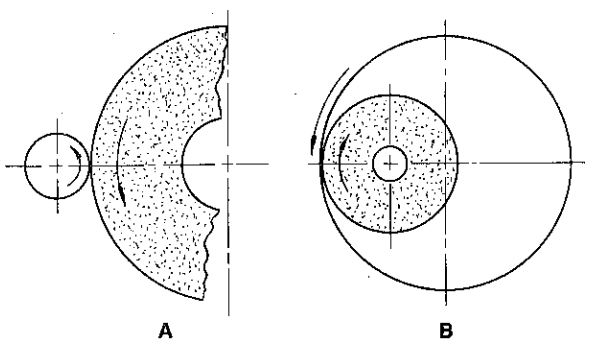
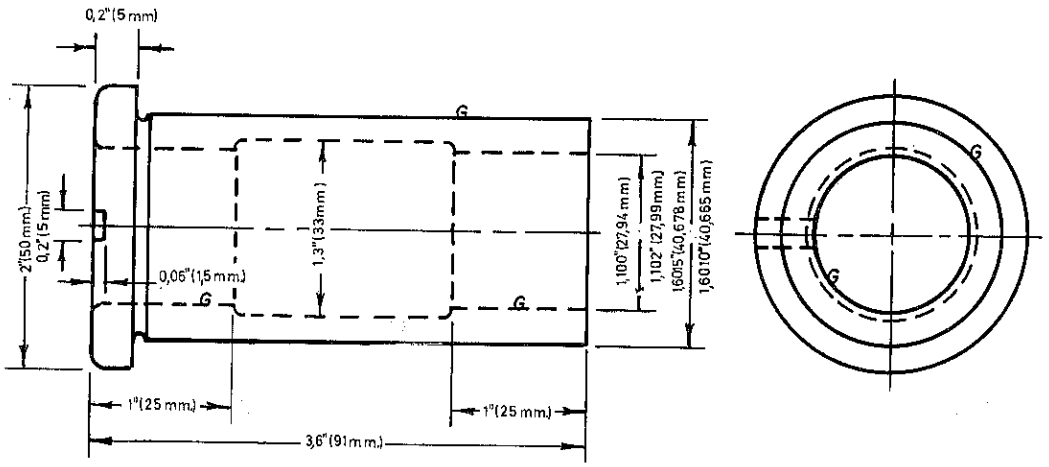


Fig. 15-61. Relación entre la muela y la superficie de la pieza: (A) rectificado exterior; (B) rectificado interior.



Pieza 7-Casquillo
Acero tipo SAE 1095
Barra 2 1/8"(54 mm)ø
Templar y rectificar

Fig. 15-62. Croquis de un casquillo.

7. Con la muela cortando cilíndrico, desbastar el agujero dejándolo con un exceso de 0,001" o 0,002" (0,025 o 0,05 mm) respecto a la medida de acabado.
8. Repasar la muela para la operación de acabado y efectuar esta operación dejando el agujero a medida.
9. Comprobar el agujero con el calibre de medida adecuada, observando si existe alguna conicidad u ovalamiento.
10. Entregar la primera pieza a la verificación.

Métodos de sujeción de la pieza. Una pieza puede sujetarse, en una posición requerida sobre el cabezal de pieza de una rectificadora de interiores, de muchas maneras diferentes, dependiendo del tamaño y forma de dicha pieza. El método más común consiste en sujetar la pieza en un plato de cuatro mordazas, como en la figura 15-63, que muestra el rectificado de un cono interior, y como en la figura 15-64, que muestra el rectificado interior de un aro dentado.

Otro método estriba en utilizar un plato magné-

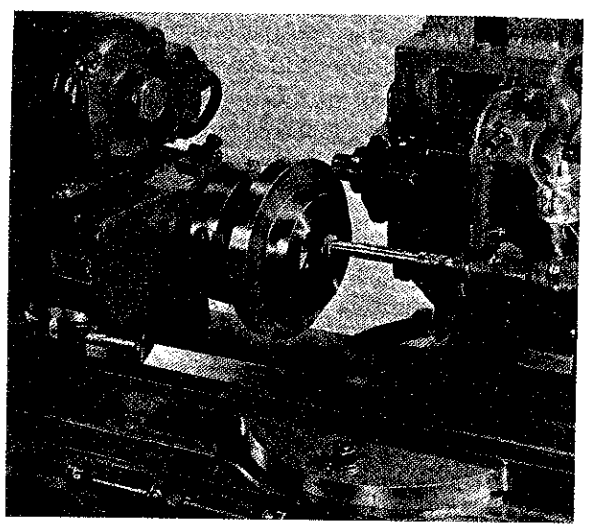


Fig. 15-63. Pieza sujetada al plato de cuatro mordazas mientras se rectifica un cono interior (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

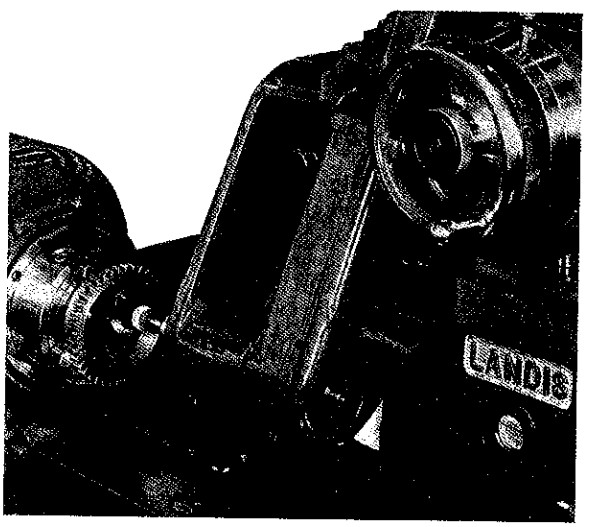


Fig. 15-64. Rectificado del diámetro interior de un aro dentado sujetado en un plato de cuatro mordazas (Landis Tool Co.)

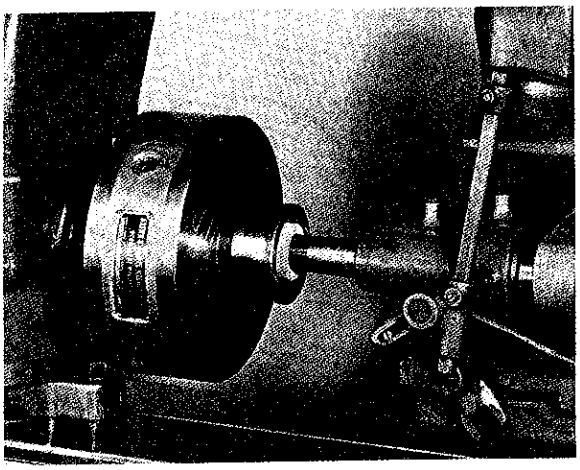


Fig. 15-65. Rectificado del interior de un casquillo sujetado a un plato magnético (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

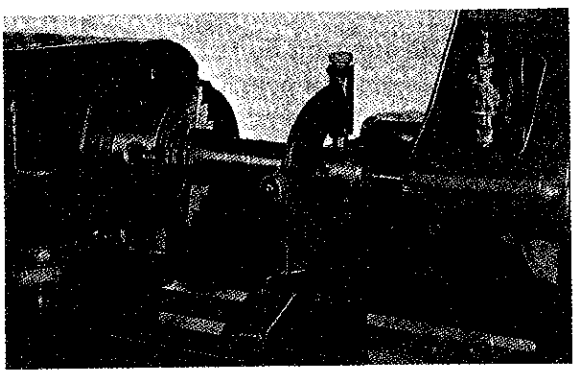


Fig. 15-66. El extremo de una pieza larga se apoya en una luneta de centrado (Landis Tool Co.)

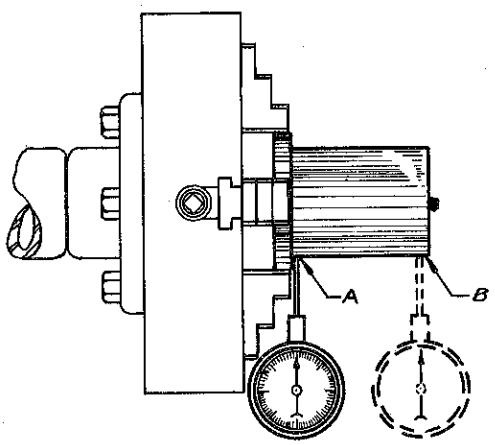


Fig. 15-67. La pieza debe ajustarse en el plato de modo que las lecturas de indicador en *A* y *B* sean las mismas.

tico. La figura 15-65 muestra un casquillo sujetado de esta manera. Las piezas pueden también fijarse a un plato frontal con bridas en U y pernos en T, del mismo modo con que se fija una pieza a la mesa de una fresadora o de una limadora; por lo general, la fijación se hace directamente sobre el plato frontal; sin embargo, a veces es necesario, cuando se rectifican piezas de forma poco común, fijarlas primero con bridas en C a una escuadra, la cual se sujeta luego al plato frontal. Del mismo modo, en ciertas ocasiones se emplean bloques en V para fijar la pieza en la posición requerida, siendo después dichos bloques sujetados al plato frontal.

Las piezas largas se sujetan a un plato por un extremo y se apoyan cerca del extremo opuesto en una luneta corriente, o, como en la figura 15-66, en una luneta de centrado. Si la pieza larga no puede colocarse convenientemente en el plato, puede apoyarse sobre un punto y sujetarse al plato de arrastre con cordones de cuero crudo por un extremo, apoyándola por el otro extremo en una luneta corriente o en una de centrado.

Cuando la pieza se coloca en el plato de cuatro mordazas, debe procurarse que la misma gire bien centrada. La figura 15-67 representa una pieza fijada en el plato y los puntos donde debe aplicarse el indicador para cerciorarse de que gira bien centrada; primero se sitúa el comparador en el punto *A* y se ajustan las mordazas del plato de modo que se consiga el mínimo descentramiento en este punto, y luego, se desplaza el mismo comparador al punto *B* donde debe conseguirse, mediante suaves golpes de mazo, que la pieza quede alineada. Este procedimiento debe repetirse hasta que la pieza queda centrada dentro de los límites exigidos en ambos extremos.

Al sujetar casquillos de pared delgada en un plato, las mordazas deben apretarse sólo lo suficiente para agarrar la pieza; de otro modo, la presión ejercida por aquéllas aplastará el casquillo deformando el agujero. Por razones similares, cuando se sujeta una pieza al plato frontal, hay que asegurarse de que la misma queda bien sentada, y que la presión se distribuye uniformemente y es sólo la suficiente para garantizar una buena sujeción.

La figura 15-68 muestra un método correcto y otro incorrecto de sujeción de la pieza al plato.

Obsérvese que en el lado de la derecha la brida no es paralela al plato debido a que el grueso de apoyo es demasiado alto; que el perno se encuentra demasiado alejado de la pieza; que el grueso paralelo, que se coloca entre pieza y plato para proporcionar margen de salida a la muela, se ha situado demasiado cerca del centro, por lo que interferirá con la operación de rectificado. El perno, la brida, el grueso de apoyo y el grueso paralelo se hallan en posición correcta en el lado de la izquierda.

La falta de cilindricidad de la pieza puede ser debida a que ésta está mal apoyada, a un sobrecalentamiento de la misma, a holgura en el husillo del cabezal, a una sujeción inadecuada, etc.

Por lo general, el operario de una rectificadora de interiores se ve requerido para efectuar un rectificado interior cilíndrico, o bien, un rectificado interior cónico. El primero sólo puede realizarse si los cabezales de muela y de pieza están coordinados de modo que los ejes de giro de ambos se muevan en planos paralelos. Esta condición puede conseguirse, ya sea ajustando el cabezal de pieza sobre su base giratoria, ya sea ajustando la mesa de trabajo, de forma que el eje de la pieza sea paralelo a la dirección del movimiento alternativo de dicha mesa o del cabezal de muela.

Rectificado interior cónico. Los conos de ángulo bastante abierto se producen en las piezas girando el cabezal de pieza un ángulo igual a la mitad del del cono, de acuerdo con las graduaciones marcadas en la base circular del cabezal. Los conos poco pronunciados pueden producirse ajustando la mesa a la conicidad correcta. Evidentemente, estas graduaciones no son lo suficientemente precisas para trabajos de alto grado de exactitud; en consecuencia, se emplea un calibre tapón cónico de la conicidad correcta para comprobar la pieza después de haber efectuado en ella una pasada justo para limpiar. Sobre el calibre cónico se extiende una ligera capa de azul de Prusia, y luego, con un movimiento en hélice, se inserta en el agujero a comprobar. Si los dos conos no son idénticos, aparecerá sobre el calibre una línea o una superficie metálica brillante, lo que indicará si la conicidad es excesiva o insuficiente. Si el cabezal se ha girado demasiado, la superficie brillante aparecerá en el extremo pequeño del calibre; si el cabezal no se ha girado lo suficiente, la superficie brillante aparecerá en el extremo mayor del calibre.

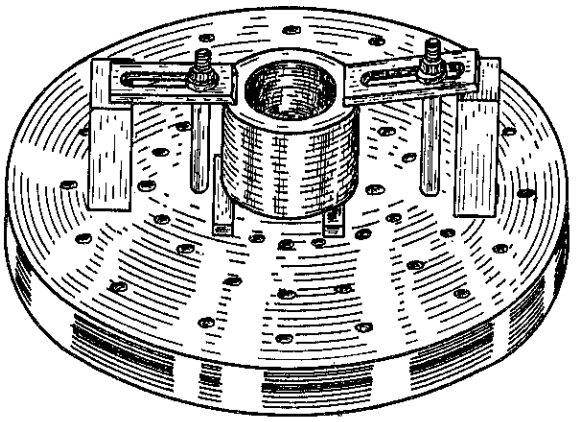


Fig. 15-68. Métodos correcto e incorrecto de sujeción de una pieza en el plato frontal.

Cuando se usan calibres tapón para comprobar las piezas, hay que tener cuidado de que el calibre no se "agarrote" en el agujero. Esto sucede si se introduce el calibre enseguida en el agujero recien rectificado; como con el calor de la operación la pieza se expande, al contraerse por enfriamiento con el calibre dentro, lo retiene fuertemente.

Cuando se rectifica un cierto número de piezas, puede evitarse el agarrotamiento manteniendo el calibre y la pieza aproximadamente a la misma temperatura. Se deja el calibre en el agujero de la última pieza rectificada hasta que hace falta para comprobar el agujero de la pieza siguiente. Esto conserva caliente el calibre y ayuda a evitar dicho inconveniente.

Tamaño de la muela. El diámetro de la muela para el rectificado interior se basa en la necesidad de disponer de una barrena lo más robusta posible para asegurar el soporte máximo que permite la dimensión del agujero a rectificar. Por lo general, el diámetro de la muela no debe exceder de los dos tercios del diámetro del agujero. Debe recordarse que, a medida que el tamaño de la muela aumenta, permaneciendo constante el diámetro del agujero, mayor resulta la superficie de contacto entre la muela y el agujero, lo que incrementa la temperatura de la pieza y la posibilidad de deformación del agujero.

Los constructores de máquinas para rectificar interiores especifican en las mismas los límites de la velocidad de la muela, los cuales permiten obtener velocidades de 4000 a 6500 pies por minuto (1220 a 1980 m/min); naturalmente, estas velocidades dependen del tamaño de la muela.

Para el repasado, lo mismo mecánico que a mano, de la muela, existen varias clases de diamante o de repasadores de carburo de tungsteno. A veces, las muelas se repasan con una pieza de carburo de silicio que se sujeta con la mano y se pasa por la periferia de la muela.

El exceso de material dejado en un agujero, que debe quitarse por rectificado para dejarlo a la medida requerida, depende del diámetro y de la longitud del mismo; por lo general, oscila entre 0,004" y 0,012" (0,1 y 0,3 mm). Un exceso mayor que el máximo indicado significa más tiempo para completar la operación de rectificado.

El "desbocado" de la pieza es una condición que implica un ensanchamiento en la boca del agujero, o un aumento progresivo en el diámetro hacia los extremos del mismo, quedando en éstos mayor que el diámetro requerido. Este defecto se origina al permitir que la muela rebase los extremos del agujero, al utilizar una muela demasiado dura o demasiado corta, o al aplicar una presión excesiva a la muela. La primera causa de desbocado puede eliminarse fijando la longitud de la carrera de modo que sólo de un cuarto a una mitad de la cara de la muela quede al descubierto al final del recorrido de la misma.

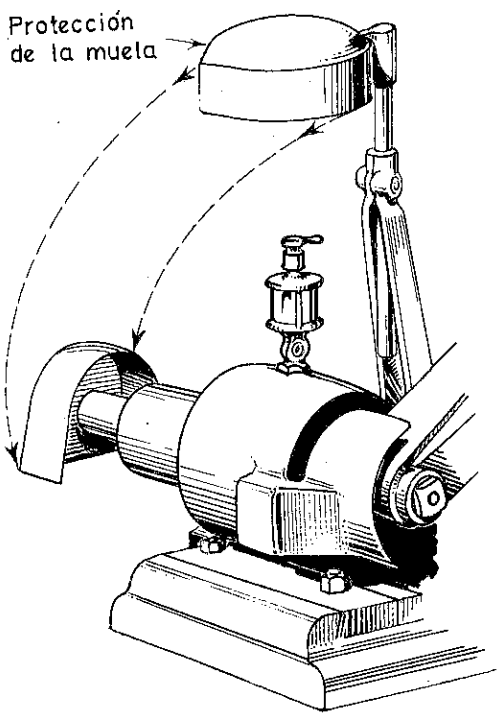


Fig. 15-69. Protección de muela para rectificadora de interiores; esta protección bascula hacia abajo para resguardar al operario, pero no interfiere con los elementos de fijación. Puede ajustarse a todos los tamaños de cabezales de muela.

La pieza debe comprobarse en cuanto a medida y cilindricidad después de haber efectuado una pasada justo a limpiar, pero hay que tener la seguridad de que se han desplazado suficientemente la muela y la pieza para permitir que la protección de aquélla (fig. 15-69) pueda bascular hacia abajo a fin de cubrirla; de otro modo serias lesiones y quemaduras pueden ser ocasionadas por la muela al girar.

Los agujeros ciegos pueden rectificarse en la rectificadora de interiores siempre que en el fondo de los mismos se haya practicado una entalla de suficiente ancho para que la muela tenga un poco de salida al llegar a dicho fondo.

Rectificadora de interiores sin puntos

La rectificadora de interiores sin puntos (fig. 15-70) está especialmente diseñada para grandes lotes de piezas de las mismas medida y clase. Es completamente automática y garantiza la obtención de un agujero concéntrico con el diámetro exterior de la pieza. Es capaz de producir agujeros cilíndricos o cónicos, ciegos o pasantes, agujeros interrumpidos y agujeros con resaltes.

En este tipo de máquina, la pieza es accionada, y su velocidad regulada, mediante un rodillo de regulación que obliga a la pieza a girar en el mismo sentido que la muela. Para sostener la pieza, existe un segundo rodillo montado debajo de la misma, el cual puede ajustarse para varias distancias desde el eje de la pieza. Un tercer rodillo, llamado rodillo de presión, mantiene la pieza en contacto con los otros dos, y se mueve hacia dentro y hacia fuera para cargar y descargar la máquina. El cabezal de pieza se mueve hacia atrás y hacia delante, mientras el cabezal de muela queda fijado longitudinalmente; esto da una mayor rigidez a la muela, manteniendo la vibración al mínimo.

Rectificadora de cilindros

La rectificadora de cilindros (fig. 15-71), conocida corrientemente con el nombre de *rectificadora planetaria,* fue diseñada ex profeso para efectuar el rectificado interior de piezas que son demasiado embarazosas para girar sobre un cabezal. Se utiliza ventajosamente en talleres ferroviarios o en cualquier taller de maquinaria pesada.

Esta máquina tiene una mesa dotada de movimiento alternativo, a la cual se estaca la pieza en una posición fija. La muela va montada en un husillo que, mientras gira, recorre una trayectoria circular ajustable cuya medida determina el diámetro del agujero.

Muelas para el rectificado de interiores

Todas las rectificadoras de interiores aquí consideradas emplean muelas cerámicas de 1/4" a 2 1/2" (6 a 62 mm) de diámetro y de 3/8" a 2" (10 a 50 mm) de ancho de cara. Los grados y ta-

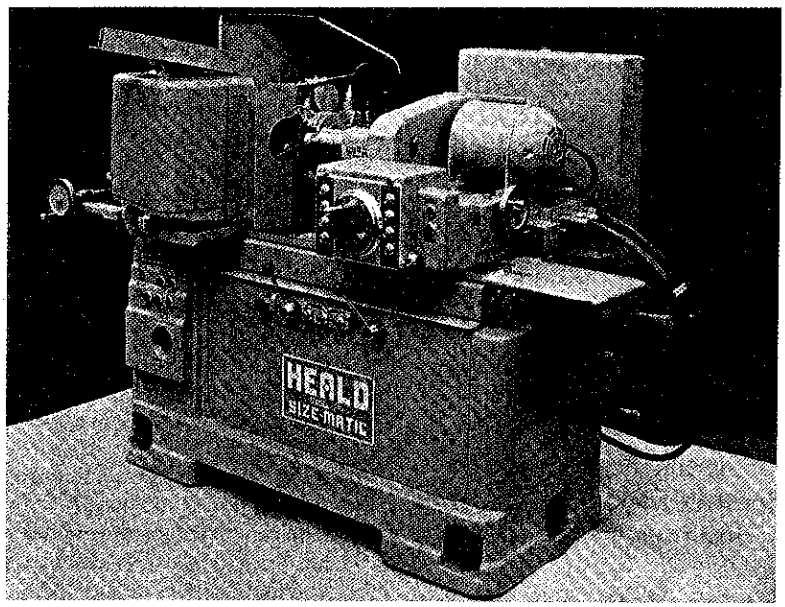


Fig. 15-70. Rectificadora de interiores sin puntos (Heald Machine Co.)

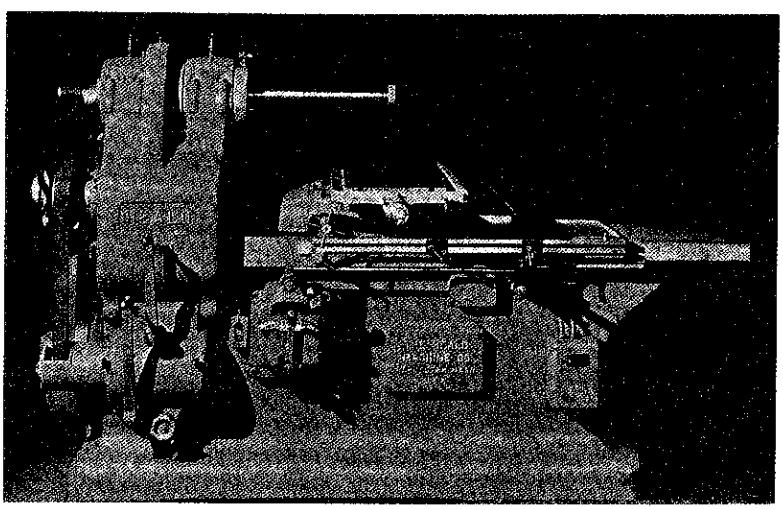


Fig. 15-71. Rectificadora de cilindros (Heald Machine Co.)

maños de grano más comunes de las muelas de óxido de aluminio usadas para el rectificado de interiores son: 46-I, 60-I, 46-J, 60-J, 60-L y 120-P.

Reglas de seguridad para el rectificado de interiores

1. Las muelas para el rectificado de interiores van provistas de protecciones de seguridad que las cubren mientras se comprueba la pieza. Ver si estas protecciones están en buenas condiciones para funcionar en todo momento. No utilizar la rectificadora si no es así.
2. Montar todas las muelas para rectificar interiores con arandelas de papel o de latón; para las muelas pequeñas es preferible el latón.
3. Ver si la máquina está desconectada cuando se tenga que fijar una pieza, o mientras se llevan a cabo cualesquiera cambios necesarios en las protecciones, topes u otros accesorios.
4. La rotura de la muela ocurre a veces durante las operaciones de refrentado. Mantener la muela bien repasada y afilada y usar lentes de protección cuando se efectúa un trabajo de esta naturaleza.
5. No utilizar muelas de más de 2 1/2" (62 mm) de diámetro en el rectificado de interiores sin una autorización especial del encargado.
6. No tratar de limpiar el agujero mientras el cabezal de pieza está en movimiento. Esto es una práctica nefasta que produce serias lesiones en los dedos y manos.
7. Comprobar que todas las piezas grandes están estacadas de forma adecuada y segura; usar gatos normales de acepilladora y bridas de rectificadora. Las piezas descentradas deben equilibrarse.
8. Cuando se usan muelas delgadas de caucho o muelas extraduras en una rectificadora de interiores, llevar gafas de seguridad y aplicar una protección extraordinaria contra la rotura de la muela.
9. Cualquier clase de pieza que sea demasiado larga para permitir el uso adecuado de la protección de seguridad de la muela mientras se comprueba la pieza, es una fuente de peligros. Desconectar la máquina al comprobar piezas de esta naturaleza.

Cuestionario de repaso

Para rectificadoras de interiores

1. ¿Qué se entiende por rectificado de interiores?
2. ¿En qué clase de máquinas se efectúa el rectificado de interiores?
3. Nombrar algunas compañías que construyen máquinas de rectificar interiores.
4. ¿Cuáles son los tres grupos en que se dividen las rectificadoras de interiores?
5. ¿Qué tipo de rectificadora de interiores se emplea corrientemente en el taller de utilaje?
6. ¿Cómo se sujetan normalmente las piezas en las rectificadoras de interiores del tipo de pieza giratoria?
7. Nombrar las partes de la rectificadora de interiores que son esenciales para operar con la misma.
8. ¿Por qué la rectificadora de interiores debe construirse según especificaciones más precisas que la mayoría de las otras máquinas?
9. ¿Por qué los cojinetes del husillo de la rectificadora de interiores deben mantenerse especialmente bien lubricados?
10. En la operación de rectificado, ¿cuál es la relación entre la muela y la pieza?
11. Explicar, exactamente, cómo hay que sujetar una pieza en un plato de cuatro mordazas montado en una rectificadora de interiores.
12. Indicar seis métodos para sujetar la pieza en la rectificadora de interiores, además del plato de cuatro mordazas y de los mandriles.
13. ¿Qué precaución debe tomarse al sujetar en el plato de mordazas un casquillo de pared delgada?
14. Explicar, exactamente, el método correcto de estacar una pieza en el plato frontal de una rectificadora de interiores.
15. ¿Cuáles son las causas más frecuentes de falta de cilindricidad de la pieza en la rectificadora de interiores?
16. ¿Cuáles son las dos operaciones que el operario de una rectificadora de interiores debe efectuar con más frecuencia?
17. ¿Qué condiciones deben prevalecer para la producción de cilindros interiores?
18. ¿Cómo pueden alcanzarse estas condiciones?
19. ¿Cómo se produce un cono de gran ángulo en una rectificadora de interiores?
20. ¿Cómo se produce un cono de ángulo pequeño en una rectificadora de interiores?
21. Explicar como se obtienen conicidades precisas en la rectificadora de interiores.

22. Explicar el uso de un calibre tapón cónico en la producción de un cono de precisión.
23. ¿Qué se entiende por "agarrotamiento" cuando se comprueba un agujero con un calibre tapón?
24. ¿Cómo puede evitarse el agarrotamiento?
25. ¿De qué dos factores depende la elección del diámetro de muela para el rectificado de un interior?
26. ¿Cuáles son los límites de velocidad en pies por minuto (o en m/min) para las muelas en el rectificado de interiores?
27. ¿Qué se entiende por "desbocado"?
28. ¿Cuál es la causa más frecuente del desbocado?
29. ¿Cómo puede evitarse el desbocado?
30. Cuando se comprueba la pieza en una rectificadora de interiores, ¿cómo se protege el operario contra la muela que gira?
31. ¿Qué condición es necesaria para la producción de agujeros ciegos en una rectificadora de interiores?
32. ¿Cuál es el objeto de la rectificadora de interiores sin puntos?
33. ¿Cómo se sujeta la pieza en la rectificadora de interiores sin puntos?
34. ¿Para qué clases de piezas es adecuada la rectificadora de interiores sin puntos?
35. ¿Con qué nombre se designa corrientemente la rectificadora de cilindros?
36. ¿Cuál es el objeto de la rectificadora de cilindros?
37. ¿Para qué ramas de la industria es especialmente adecuada la rectificadora de cilindros?
38. ¿Cómo se sujeta la pieza en la rectificadora de cilindros?
39. ¿Cómo se ajusta la rectificadora de cilindros para producir el agujero de medida correcta?
40. ¿De qué clase de aglomerante se fabrican las muelas para el rectificado de interiores?
41. ¿Cuáles son los grados de aglomerante y los tamaños de abrasivo que se emplean comúnmente en muelas para el rectificado de interiores?
42. ¿Cómo se protege el operario de una rectificadora de interiores en el taller de utillaje contra la muela que gira?
43. ¿Qué precaución debe tomarse al montar una muela para el rectificado de interiores?
44. ¿Cuáles son las dos ocasiones en que el operario debe particularmente llevar puestos los lentes de seguridad al operar con la rectificadora de interiores?

AFILADORAS DE HERRAMIENTAS

La eficiencia de la mayoría de las máquinas que arrancan viruta depende en gran manera de las condiciones en que se encuentra la herramienta de corte. Los ángulos de incidencia y de desprendimiento correctos en las herramientas de corte son importantes y deben afilarse cuidadosamente. La separación de la viruta desde la pieza, la salida de aquélla, la fragmentación de la misma, la calidad de la superficie acabada y la vida del filo cortante, dependen del afilado correcto de la herramienta. Los paros frecuentes por causa de un mal afilado incrementan el coste de producción de la pieza y deben ser evitados.

Las herramientas de un solo filo para torno, acepilladora y limadora se rectifican en una afiladora de banco (fig. 15-72), la cual, por lo general, comprende un motor eléctrico, montado sobre una base apropiada, cuyo rotor se prolonga por cada lado. En cada extremo del eje se monta una muela, siendo una de ellas del tipo basto de corte libre que se utiliza para desbastar; la otra es una muela de grano fino que se emplea para dar una superficie uniforme y suave a la punta de la herramienta o broca que se afilan.

Las afiladoras de pedestal (fig. 15-73) se emplean para trabajos duros. En los modelos de muela única, ésta se monta cerca del centro del eje, el cual se apoya sobre dos cojinetes. Este eje es accionado por una correa conectada a un motor montado en la base del pedestal. Los cojinetes y el pedestal forman una sola pieza de fundición. El motor también acciona una bomba centrífuga que suministra un chorro constante de refrigerante a la muela y a la herramienta que se está afilando.

Las afiladoras de banco utilizadas para herramientas de metal duro son de construcción robus-

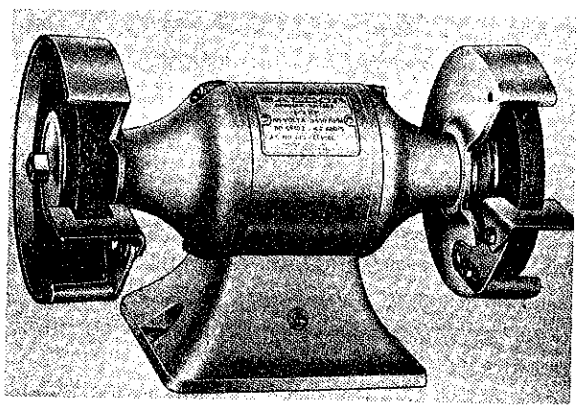


Fig. 15-72. Afiladora de banco para toda clase de trabajos duros (Baldor Electric Co.)

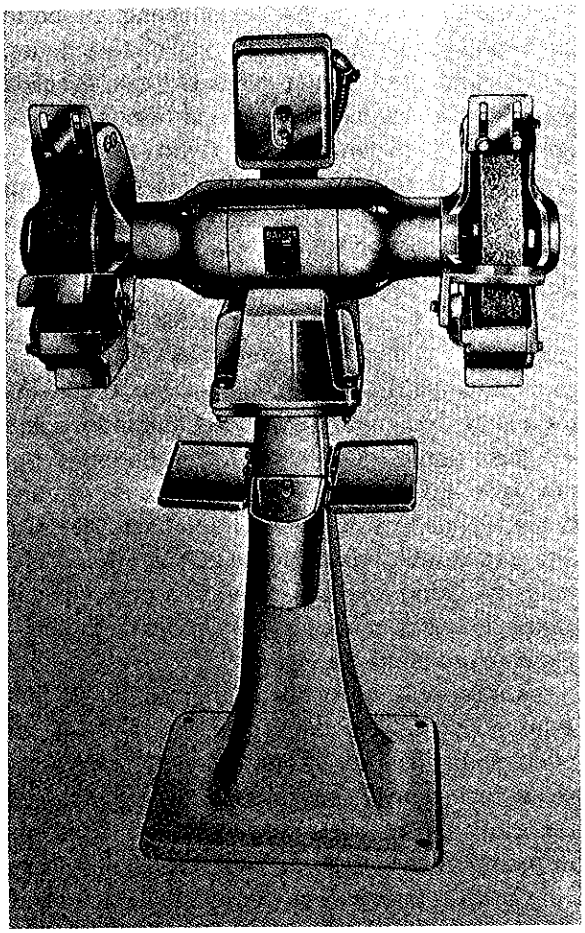


Fig. 15-73. Afiladora de pedestal para trabajo duro (Baldor Electric Co.)

ta y poseen un soporte (o plataforma) de herramienta más preciso, el cual puede convenientemente ajustarse y fijarse según un ángulo especificado. Esto hace posible el afilado de las herramientas de carburo con un desgaste mínimo de las muelas de diamante empleadas para este objeto.

Todas las afiladoras de banco y de pedestal deben ir equipadas con protecciones ajustables para los ojos, fabricadas con vidrio de seguridad y provistas de luz eléctrica. El operario debe llevar siempre puestas las gafas de protección y considerar que la pantalla protectora citada constituye una precaución adicional.

En ciertas ocasiones, se saca una de las muelas de la afiladora de banco y se sustituye por una rueda pulidora, la cual mejora el aspecto de la pieza al conferirle un alto grado de pulido. La rueda pulidora se fabrica con discos de tela unidos entre sí, empleándose un compuesto pulidor, ligeramente abrasivo, para recubrir la superficie de trabajo de la rueda. Cuando se pule de este modo, debe tenerse la precaución de mantener la pieza un poco por encima del eje de la rueda, de modo que no se la empuje hacia ésta; siguiendo esta recomendación, se puede evitar la posibilidad de un serio accidente.

Rectificadoras de fresas

Una rectificadora de fresas es una máquina que sujeta la fresa mientras una muela abrasiva giratoria es aplicada a los filos con el fin de afilarlos. Estas máquinas varían en diseño desde las simples que tienen un objetivo limitado, hasta las máquinas universales complejas que pueden adaptarse a cualquier requerimiento de rectificado de fresas.

La figura 15-74 representa una rectificadora universal de fresas que tiene un valor particular para el rectificado y reafilado de toda clase de fresas que pueden sujetarse en platos o mandriles extensibles. El cabezal de pieza, a la izquierda, puede moverse de izquierda a derecha (longitudinalmente), y girarse en un arco de hasta 235°. El cabezal de muela, a la derecha, puede moverse hacia arriba y hacia abajo, de izquierda a derecha, o hacia atrás y hacia delante.

En la figura 15-75 se muestra otro tipo de rectificadora de fresas. Esta máquina está diseñada para sujetar la pieza en un plato o mandril, y también entre puntos. El cabezal de pieza puede desplazarse hasta la posición requerida encima de la mesa, y girar de un lado a otro. El cabezal de muela puede moverse hacia arriba y hacia abajo, hacia atrás y hacia delante, o girar en un arco de hasta 220°.

La rectificadora de fresas universal es capaz de rectificar fresas de varias formas utilizando accesorios especiales y muelas de perfil especial. Por lo general, en las rectificadoras de fresas se usan las muelas de copa, de disco o de plato (fig. 15-76).

Al elegir una muela para el rectificado de fresas en general, se procura que sea blanda, de corte libre y que permita efectuar pasadas muy ligeras para que no se elimine el temple de las aristas de los dientes. Corrientemente, las muelas de tama-

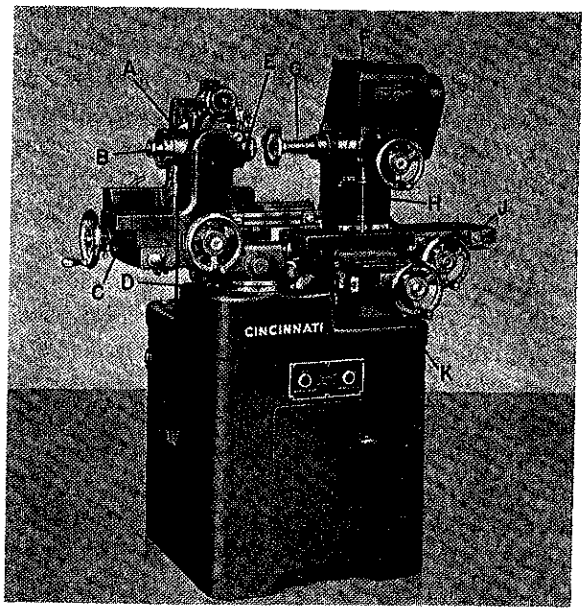


Fig. 15-74. Rectificadora universal de fresas y herramientas (Cincinnati Milling Machine Co.)
A. Cabezal de pieza
B. Husillo del cabezal de pieza
C. Carro de desplazamiento longitudinal
D. Mesa giratoria
E. Mecanismo de división
F. Cabezal de muela
G. Husillo del cabezal de muela
H. Carro de desplazamiento vertical
J. Carro de desplazamiento longitudinal
K. Carro de desplazamiento transversal

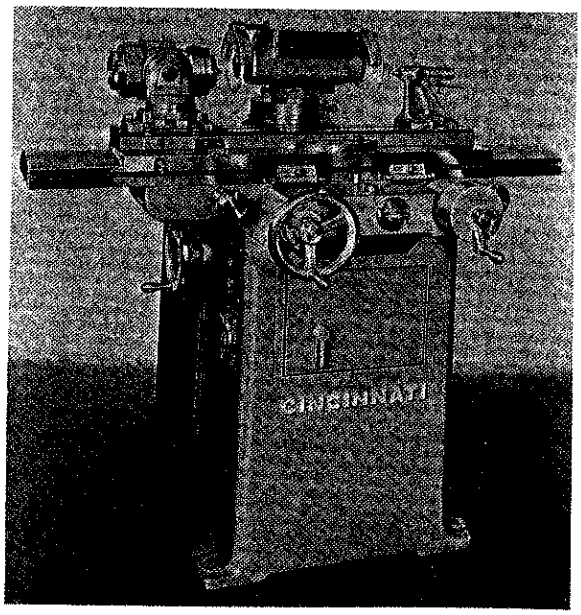


Fig. 15-75. Rectificadora de fresas y herramientas (Cincinnati Milling Machine Co.)

ño de grano entre 30 y 60 y de aglomerante J o K, son las que mejor se adaptan para las fresas de acero rápido. La forma de la muela depende de la forma de la fresa que hay que afilar.

Afilado de fresas. *Fresas cilíndricas corrientes.* Para afilar los dientes de una fresa de este tipo, la misma se monta generalmente sobre un mandril de torno y se apoya entre puntos, tal como se aprecia en la figura 15-77, o bien, se monta en un árbol con brida especial y se sujeta a un dispositivo de fijación giratorio universal (fig. 15-78). Una vez la fresa montada en la máquina, sobre la mesa o cabezal de trabajo se monta un apoyo de diente, ajustándolo al diente que debe afilarse en primer lugar.

Los apoyos o topes de diente son de dos clases: planos y de gancho (fig. 15-79). Consisten en una pieza de acero de resortes de aproximadamente

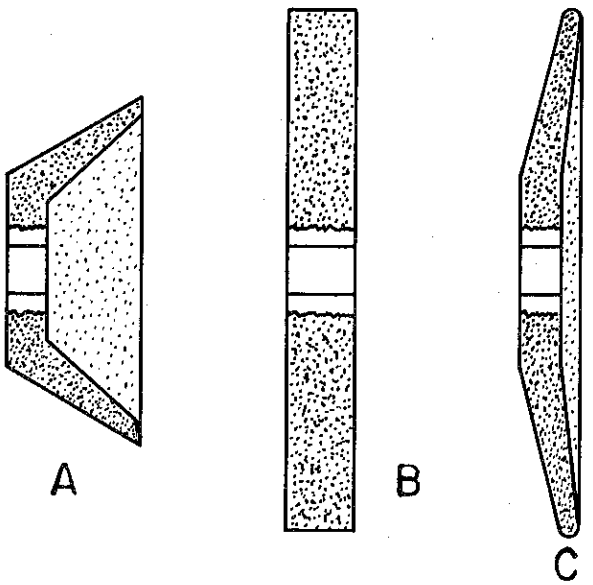


Fig. 15-76. Muelas para rectificar fresas: (A) de copa; (B) de disco; (C) de plato.

0,030" (0,75 mm) de espesor, 1/2" a 1 1/2" (12 a 38 mm) de ancho y desde 1" a 3" (25 a 75 mm) de longitud, soldada o remachada a otra pieza de redondo de 3/8" (10 mm) de acero laminado en frío. Se sujetan por medio de una tenaza forjada (fig. 15-80), que se fija con tornillos lo mismo so-

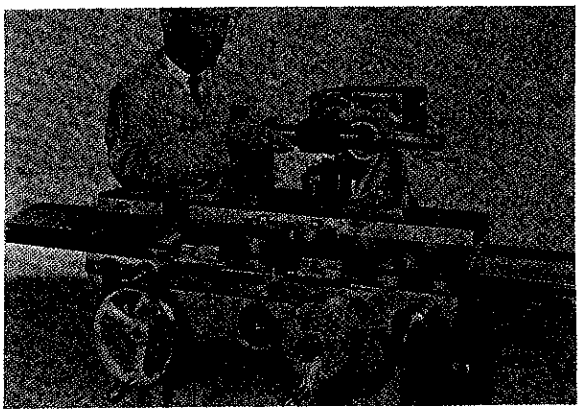


Fig. 15-77. Afilado de una fresa cilíndrica corriente (Cincinnati Milling Machine Co.)

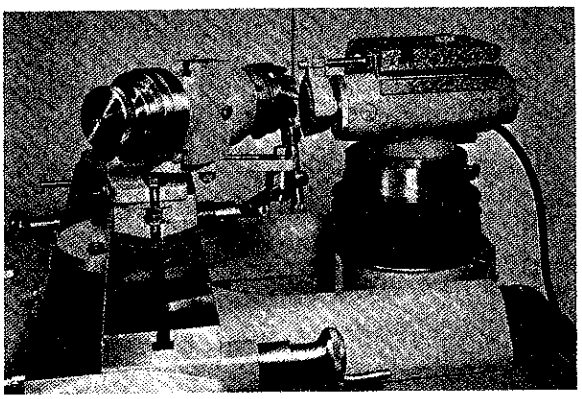


Fig. 15-78. Cabezal universal o dispositivo de fijación giratorio y accesorios (Cincinnati Milling Machine Co.)

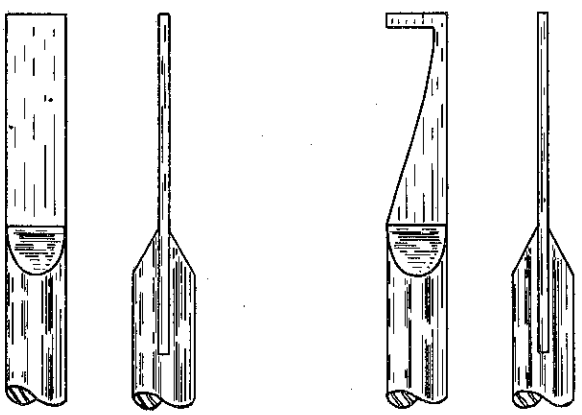


Fig. 15-79. Apoyos de diente: (A) plano; (B) de gancho.

bre la mesa de trabajo que en el cabezal de muela. La mesa y el apoyo de diente se ajustan de modo que la muela siga el perfil original del dorso del diente y dé el juego adecuado. La fresa se hace avanzar luego hacia la muela giratoria hasta que las chispas indican que se ha producido el contacto entre una y otra; después se mueve la mesa hacia atrás y hacia adelante transversalmente a la fresa hasta que la muela ha finalizado la operación de corte. A continuación, se gira la fresa 180° hacia atrás en oposición a la tensión del resorte del apoyo del diente y, sin variar la profundidad de pasada, se efectúa un corte de ensayo sobre el diente diametralmente opuesto para comprobar si hay o no conicidad. Si ésta no se aprecia, se hace girar la fresa hacia atrás y se sitúa para afilar el diente siguiente. Este proceso se repite hasta que todos los dientes han sido afilados y rectificados concéntricamente.

Fresas de tres caras. Los dientes periféricos de una fresa de tres caras se afilan del mismo modo que los de una fresa cilíndrica de dientes rectos corriente. Para afilar los dientes laterales, la fresa generalmente se monta sobre un árbol portafresas extensible y se coloca en el soporte giratorio universal (fig. 15-81). Este se ajusta luego de modo que los dientes laterales se rectifiquen con aproximadamente 1° fuera de paralelismo con el lado de la fresa y tengan un ángulo de huelgo lateral de 3° y 5°. La práctica general consiste en dar a los dientes de las fresas de desbastar un huelgo de 5°, y a los de las fresas de acabar, de 3°. Es importante, en todo rectificado de fresas, afilar todos los dientes a la misma altura, para que cada uno de ellos ejerza su acción de corte; por esta razón, una vez afilados todos los dientes, se efectúa una pasada ligera sobre cada uno de ellos a fin de asegurar la uniformidad de altura.

Fresas de planear. Estas fresas, que tienen una longitud considerable respecto a su diámetro, se afilan del mismo modo que las fresas cilíndricas corrientes, si sus dientes son rectos.

Fresas cilíndricas helicoidales. Estas fresas se rectifican y se montan de igual manera que las otras, pero el apoyo de diente debe montarse en una posición fija con relación a la muela. Por lo general, el apoyo de diente se monta en el cabezal de muela, tal como se aprecia en la figura 15-82. Esto se hace para que la fresa venga obli-

gada a deslizar encima del apoyo de diente y a girar de un modo tal que el diente que se está rectificando tenga la misma forma helicoidal que cuando fue originalmente fresado. Cuando la fresa y el apoyo de diente se han montado adecuadamente y está todo preparado para iniciar el rectificado, el diente debe presionarse ligeramente contra el apoyo y mantenerlo así mientras la mesa se mueve longitudinalmente. Si no se opera de esta manera, el diente dejará su apoyo y se deteriorará la fresa.

Fresas de forma. Las fresas de este tipo se afilan rectificando radialmente la cara de los dientes, esto es, rectificando la cara de los dientes con una muela de plato de modo que dicha cara se obtenga de acuerdo con el radio de la fresa.

Para rectificar una fresa de forma, la máquina se prepara poniendo los puntos alineados con la cara de la muela; si no se hace así, la fresa no tendrá la forma correcta.

La fresa, montada en un mandril, se coloca entre puntos, situando la cara del diente junto a la muela. Luego, el apoyo de diente se pone en contacto con el dorso del diente. Se mueve la mesa longitudinalmente, se separa la muela de la pieza, se pone en marcha la muela y se efectúa una pasada de ensayo. Para ajustar la pieza a la muela mientras se rectifica, se hace girar la fresa desplazando el apoyo de diente hacia la muela. Esta práctica conserva radiales las caras de los dientes y mantiene su forma correcta.

Son varios los métodos aplicados para controlar la separación adecuada entre dientes. En la figura 15-83, un perfil patrón, que tiene el mismo número de dientes que la fresa de módulo a rectificar, se ha fijado firmemente en el extremo del mandril; después se coloca el apoyo de diente cada vez debajo del diente de la pieza de perfil patrón.

Fresas angulares. Para afilar una fresa angular, se monta ésta sobre un árbol portafresas extensible y se coloca en un soporte giratorio (fig. 15-84). Este se hace girar luego hasta el ángulo de huelgo deseado y el apoyo de diente se sitúa sobre el eje exacto de la fresa. La muela se ajusta a la fresa subiendo o bajando la mesa de forma que aquélla rectifique el diente apoyado y procurando que el diente que se encuentra inmediatamente encima del que se rectifica deje paso a la muela, tal como

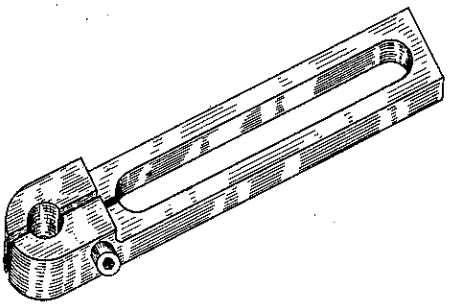


Fig. 15-80. Tenaza de sujeción para apoyos de diente.

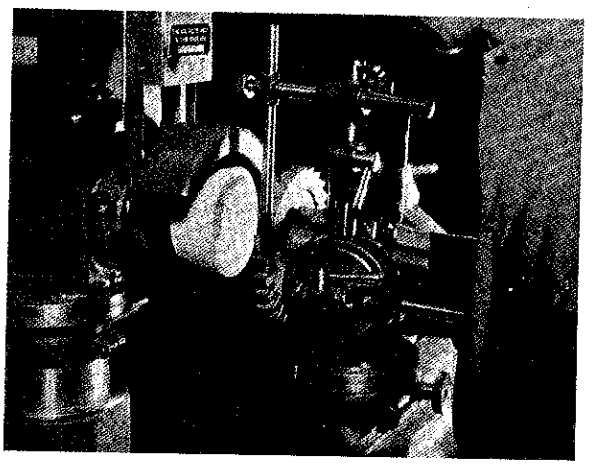


Fig. 15-81. Rectificado de los dientes laterales de una fresa de tres caras (Norton Co.)

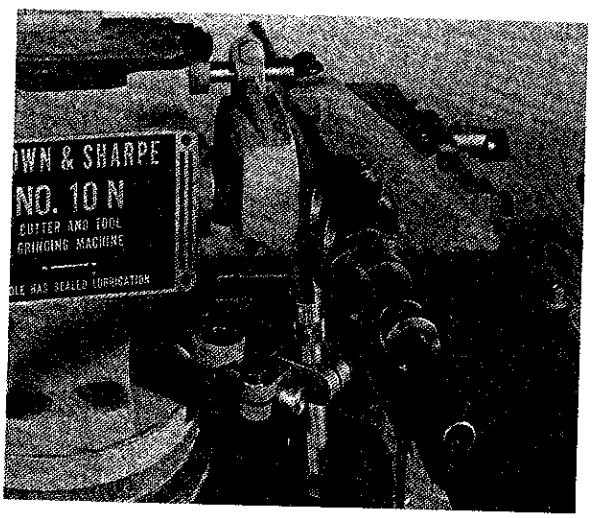


Fig. 15-82. Apoyo de diente montado en el cabezal de muela al rectificar una fresa de diente helicoidal (Brown & Sharpe Mfg. Co.)

Reglas de seguridad para rectificadoras de fresas

Las siguientes reglas de seguridad deben ser observadas en todo momento:

1. Llevar siempre puestas las gafas de seguridad en todo trabajo de rectificado de fresas.
2. Bajo ninguna circunstancia debe ponerse en marcha la máquina si la muela no está adecuadamente protegida. Hay que usar una protección del tamaño apropiado y ajustarla lo más cerca posible de la muela, de modo que sólo la mínima porción de ésta necesaria para el trabajo quede sin proteger.
3. Al montar muelas en las rectificadoras de fresas, usar casquillos de muela normales y arandelas de seguridad. En las muelas grandes, usar arandelas de papel.
4. Cuando las muelas se repasan a mano, tener la precaución de dejar holgura para las manos entre la muela y la mesa u otras partes de la máquina.
5. Las operaciones de repasado a mano deben efectuarse con una presión ligera, especialmente cuando se repasan muelas delgadas. Un deslizamiento de la mano o una muela rota pueden causar severas lesiones.
6. Cualquier cambio de protecciones, bridas, puntos, gruesos, apoyos de diente, u otras piezas de la máquina, no debe realizarse mientras la máquina está funcionando.
7. Cuando se rectifican útiles de refrentar, brocas para agujeros de centrado, etc. en un collar de arrastre, usar una protección automática especial, o parar la máquina para sacar la pieza.
8. En el destalonado de brocas, escariadores espirales, etc., comprobar que el apoyo de diente esté bien ajustado con relación a la muela y a la pieza, a fin de evitar el deslizamiento y el consiguiente rasgado de esta última. Preguntar al instructor acerca de este ajuste.
9. Debe ponerse cuidado en el manejo de las herramientas afiladas, tales como escariadores, brocas, fresas y brocas para agujeros de centrado, ya que pueden producir serias lesiones al deslizarse entre las manos.
10. No deben usarse paños para sujetar herramientas pequeñas tales como útiles de refrentar, brocas de dos diámetros y herramientas similares que se calientan al rectificarlas. Pedir instrucciones al profesor respecto a cómo hay que cuidar de estas piezas.
11. Las máscaras aspiradoras se entregan a los operarios para salvaguardar su salud. Comprobar que estén bien ajustadas y que se hallen en buen uso.

Cuestionario de repaso

Para rectificadoras de fresas

1. ¿Qué es una rectificadora de fresas?
2. Nombrar tres constructores de máquinas universales de rectificar fresas.
3. ¿Qué clases de fresas pueden afilarse en la máquina universal de rectificar fresas?
4. ¿Qué clases de muelas son adecuadas para el rectificado de fresas en general?
5. ¿Qué es un apoyo de diente y por qué se usa en el rectificado de fresas?
6. ¿Cómo se sujetan las fresas cilíndricas corrientes para el afilado?
7. Una vez correctamente montados la pieza y el apoyo de diente, ¿cómo se afila el diente?
8. Nombrar tres formas de muela empleadas para el rectificado de fresas.
9. ¿Cómo se afilan los dientes de una fresa de tres caras?
10. ¿Cómo se afilan las fresas de planear que tienen dientes helicoidales?
11. ¿Qué precaución debe tomarse al afilar los dientes de las fresas helicoidales?
12. ¿Cómo se rectifican los dientes de las fresas de forma?
13. ¿Por qué las fresas de forma se rectifican radialmente sobre la cara?
14. ¿Cuál es la forma de muela empleada para el rectificado de fresas de forma?
15. ¿Cómo se rectifican generalmente las fresas de mango?
16. ¿Por qué es importante evitar el "quemado" del filo en el rectificado de fresas?
17. ¿Qué és lo que causa el "quemado" del filo en el rectificado de fresas?
18. Nombrar los dos tipos de apoyo de diente más comúnmente usados.

Rectificadoras de roscas

El rectificado de roscas con precisión es hoy día ampliamente aplicado en la industria. Muchos fabricantes de piezas roscadas con precisión confían actualmente en el rectificado de roscas para obtener la extrema pulcritud que exigen las normas que va editando la industria moderna. Para cumplir con este objetivo se han diseñado máquinas especiales.

Rectificadoras de roscas exteriores. En la figura 15-90 se representa una rectificadora de roscas exteriores en general. En este tipo de máquina, las roscas pueden rectificarse sobre piezas de hasta 6" (152 mm) de diámetro y 18" (457 mm) de longitud, apoyadas entre puntos. Según se aprecia en la figura 15-91, pueden rectificarse muchos tipos diferentes de roscas, incluyendo el perfil American National de 60°, las roscas métricas, las roscas Acme de 29° y las trapeciales de 30°, las roscas en diente de sierra, Whitworth, y las de perfiles especiales. Es posible rectificar roscas a derecha y a izquierda; cilíndricas, cónicas o con resaltes; de un solo filete o múltiples, y con pasos desde 0,3 a 25 mm (desde 80 a 1 filete por pulgada).

Rectificadoras de roscas interiores. La figura 15-92 representa una rectificadora de roscas

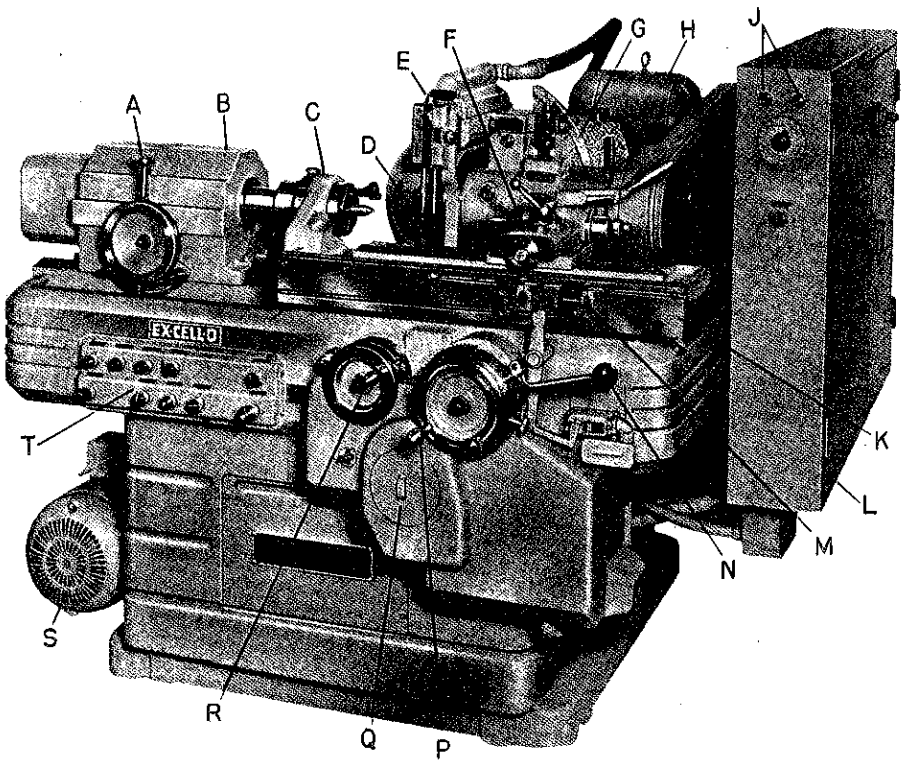


Fig. 15-90. Rectificadora de roscas exteriores (Ex-Cell-O Corp.)

A. Palanca de conexión del avance
B. Envolvente del mecanismo de accionamiento de la pieza y del tornillo de avance
C. Cabezal de pieza
D. Muela
E. Válvula de refrigerante
F. Contracabezal
G. Graduación del ángulo de hélice
H. Motor del husillo de la muela
J. Señales luminosas indicadoras del repasado de la muela
K. Carro de deslizamiento mecánico de la mesa
L. Compartimento eléctrico
M. Topes de regulación de la mesa
N. Palanca de arranque del ciclo automático
P. Volante de ajuste de la medida
Q. Abertura para ajustar la profundidad de la pasada inicial de rectificado
R. Ajuste del carro de repasado manual
S. Motor de accionamiento de la pieza
T. Panel de mandos

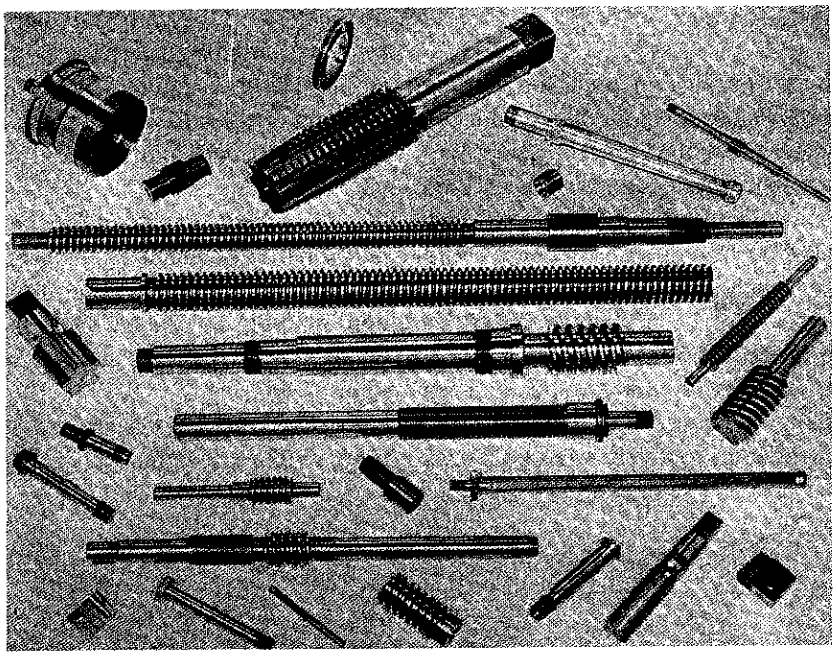


Fig. 15-91. Ejemplos de trabajos realizados con la rectificadora de roscas exteriores (Ex-Cell-O Corp.)

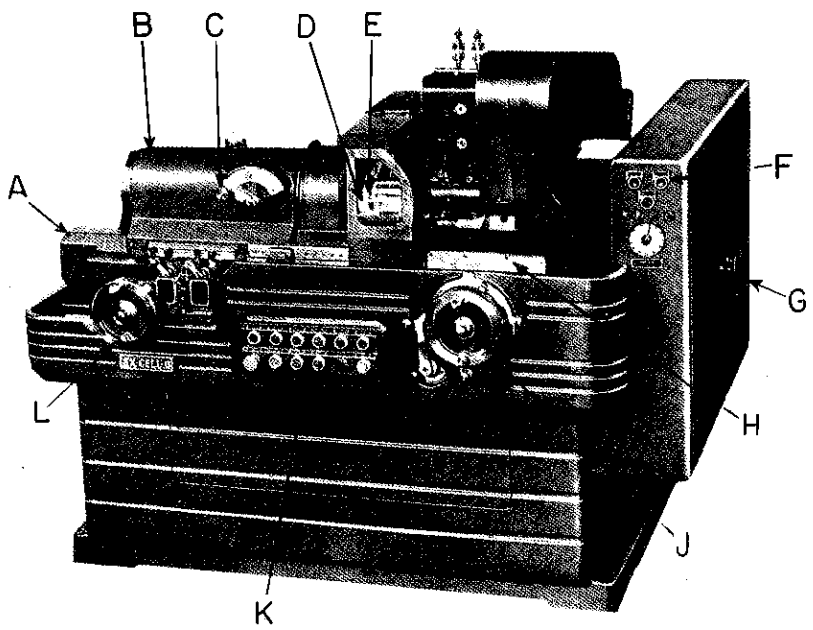


Fig. 15-92. Rectificadora de roscas interiores (Ex-Cell-O Corp.)

A. Envolvente del mecanismo de accionamiento de la pieza y del tornillo de avance
B. Cabezal de pieza, deslizante
C. Mando para roscas a derecha o a izquierda y del divisor múltiple
D. Pieza
E. Muela
F. Luces de control e indicadoras
G. Compartimento eléctrico
H. Carro de muela
J. Conjunto del volante para la regulación de la medida
K. Panel de mandos del operario
L. Conexión del avance y regulador de compensación del retroceso automático

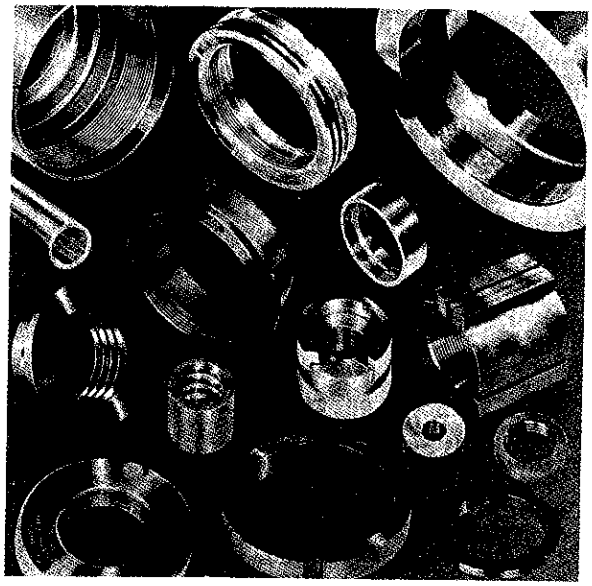


Fig. 15-93. Ejemplos de trabajos realizados con la rectificadora de roscas interiores (Ex-Cell-O Corp.)

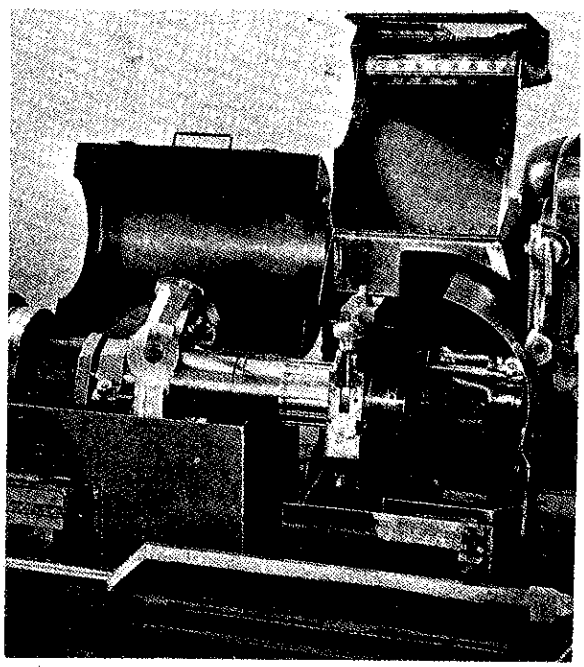


Fig. 15-94. Un adaptador especial en el husillo de la pieza permite la fijación de ésta (árbol de hélice) de forma que la gran parte saliente pueda girar sin ningún impedimento mientras se rectifican los filetes interiores (Ex-Cell-O Corp.)

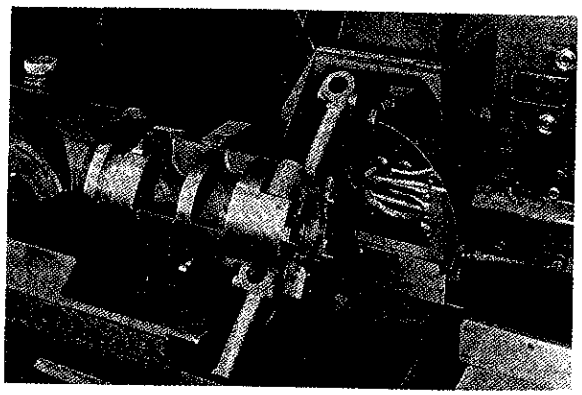


Fig. 15-95. La parte irregular del cañón es sujetada mediante un mandril especial en la rectificadora de roscas interiores (Ex-Cell-O Corp.)

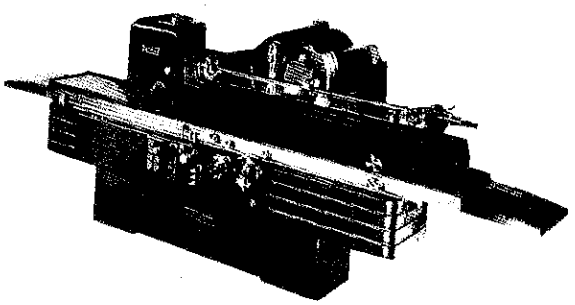


Fig. 15-96. Rectificadora de roscas exteriores adecuada para piezas muy largas (Ex-Cell-O Corp.)

interiores. Este tipo de máquina está diseñada y construida para rectificar piezas roscadas interiormente, en producción en serie, obteniéndolas con un alto grado de acabado y dentro de límites estrechos. Cuando se rectifican roscas finas en una barra cilíndrica, o roscas corrientes que previamente han sido desbastadas y luego sometidas a tratamiento térmico, puede mantenerse una tolerancia de $\pm$ 0,0002" ($\pm$ 0,005 mm) en el diámetro de flancos. Pueden rectificarse roscas desde 1" a 9 1/2" (25 a 241 mm) de diámetro y de hasta 5" (127 mm) de longitud. En la figura 15-93 se muestran algunos ejemplos de los trabajos corrientemente ejecutados en la rectificadora de rocas interiores. En las figuras 15-94 y 15-95 se ven algunos dispositivos de adaptación que sirven para sujetar piezas fuera de lo normal y embarazosas.

La figura 15-96 representa una rectificadora de roscas de precisión para piezas extra largas. Esta máquina rectifica una rosca exterior de 50" (1270 mm) de longitud sobre barra de hasta 68" (1727 mm) de largo, apoyada entre puntos. Es po-

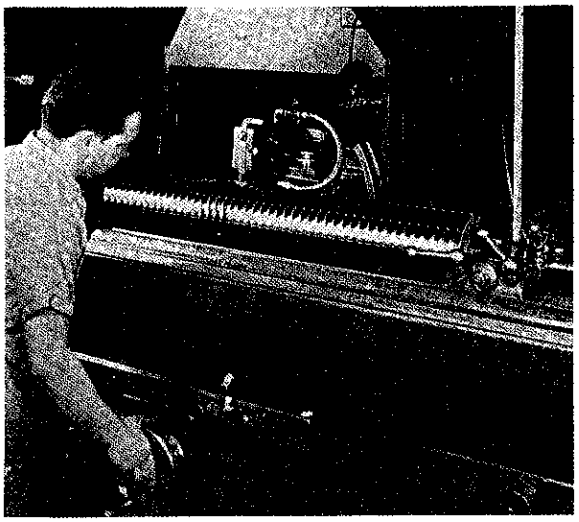


Fig. 15-97. Rectificado de un tornillo de avance con rosca de perfil semicircular, de 7 5/8" (193,6 mm) de diámetro y 45" (1143 mm) de largo, en una rectificadora de roscas exteriores (Ex-Cell-O Corp.)

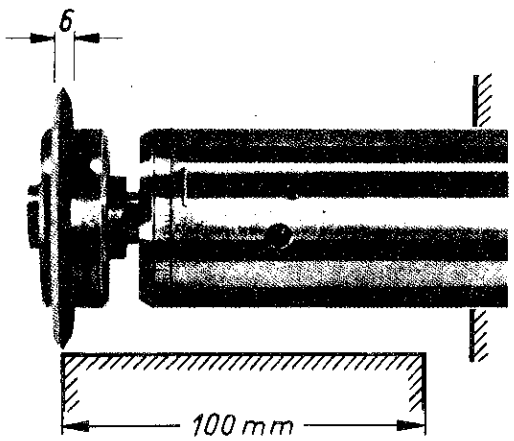


Fig. 15-98. Muela de perfil único para rectificar roscas (Kurt Orban Co., Inc.)

sible rectificar roscas más largas dando vuelta a la pieza, o sea, invirtiendo la posición de sus extemos; el avance puede conectarse precisamente donde hace falta y efectuarse el fileteado en las secciones que lo requieren. Empleando una prolongación de la mesa, pueden acomodarse entre puntos piezas de hasta 115" (2920 mm) de longitud. Las roscas de hasta 8" (203 mm) de diámetro pueden rectificarse cuando la muela tiene un diámetro total de 18" (450 mm), como en la figura 15-97. Con una muela de 14" (350 mm) de diámetro, pueden rectificarse roscas de hasta 12" (305 mm) de diámetro.

La rosca que se ve en la figura 15-97 se está rectificando con una muela estrecha de perfil adaptado al requerido para la rosca; esta muela se conoce con la denominación de muela de faja única (fig. 15-98). En la figura 15-99 se muestra un ejemplo de rectificado de una rosca interior con dicho tipo de muela.

Muelas para rectificar roscas. Las muelas de rectificar roscas pueden también tener varias fajas, esto es, ser de perfil múltiple. Cuando se repasa una muela de una sola faja, se emplea principalmente un repasador de diamante, mientras que el repasado de una muela de perfil múltiple se efectúa exclusivamente con rodillos compresores giratorios (fig. 15-100). Durante la operación

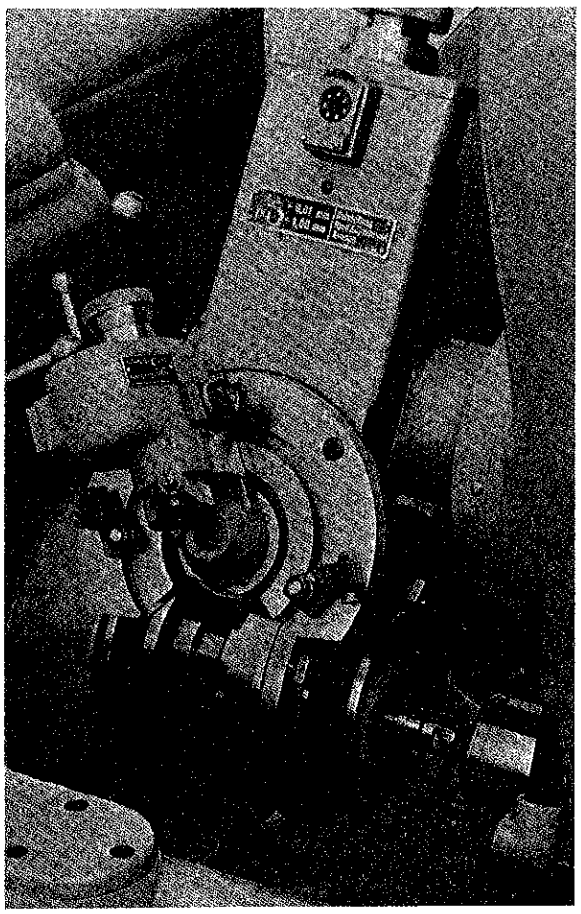


Fig. 15-99. Rectificado de una rosca interior con una muela de perfil único (Kurt Orban Co., Inc.)

de repasado, el rodillo, que se monta en un carro para permitir el giro con juego axial, se presiona contra la muela por medio de un husillo roscado y es accionado por la propia muela. La figura 15-101 muestra el accesorio para repasar muelas con rodillos, el cual se coloca detrás de la muela. En la figura 15-102 se ve una muela de perfil múltiple rectificando un macho de roscar.

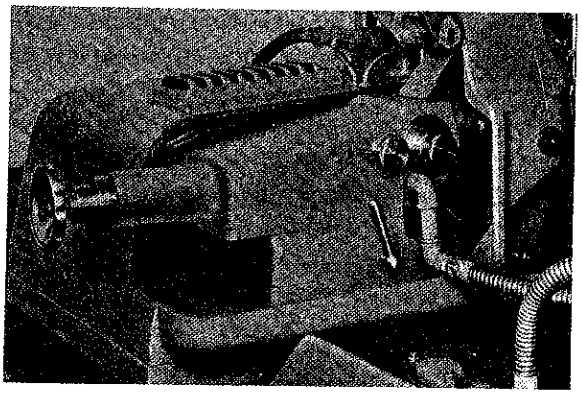


Fig. 15-101. Accesorio para sujetar los rodillos compresores de repasar muelas en una rectificadora de roscas (Kurt Orban Co., Inc.)

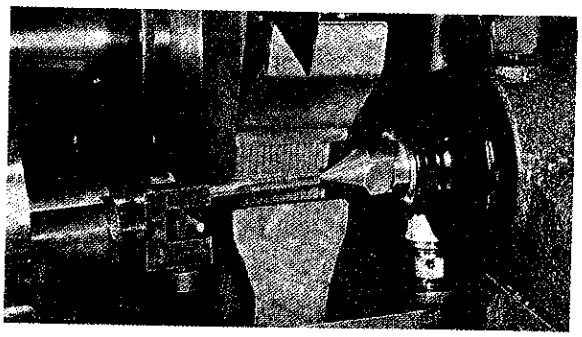


Fig. 15-102. Rectificado de un macho de roscar con una muela de perfil múltiple (Ex-Cell-O Corp.)

Recomendaciones referentes al rectificado

Muchos constructores de máquinas de rectificar y fabricantes de muelas han dado algunas buenas sugerencias relativas al funcionamiento seguro y económico del equipo de rectificado. Se recomienda que los aprendices y otros usuarios de las rectificadoras presten mucha atención a estas sugerencias. La adopción general de las mismas llevará muy lejos hacia la eliminación de accidentes en los operarios y el uso indebido de estas máquinas.

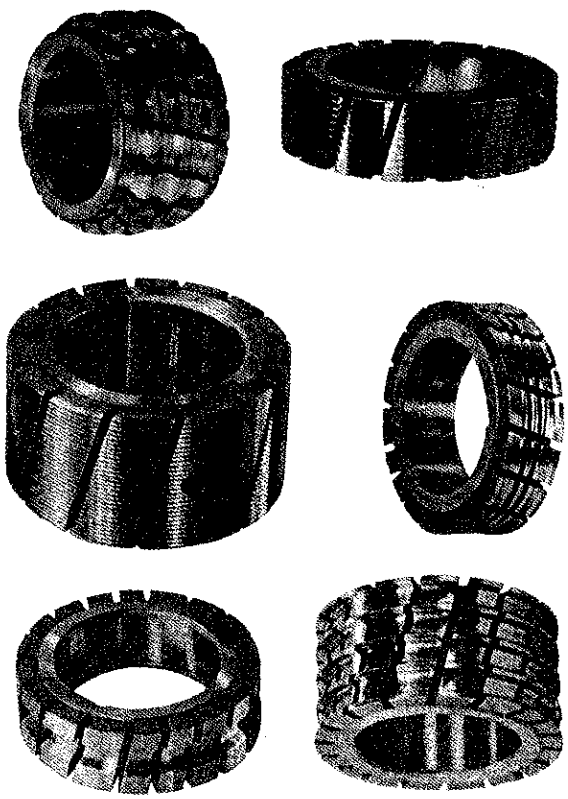


Fig. 15-100. Rodillos compresores para repasar muelas de perfil múltiple (Kurt Orban Co., Inc.)

1. Manejar cuidadosamente todas las muelas.
2. Comprobar golpeando suavemente y percibiendo el sonido correspondiente si la muela tiene grietas, antes de ponerla en la máquina, especialmente en el caso de muelas para rectificadoras cilíndricas y planas.
3. Asegurarse de que se han utilizado guarniciones de papel secante o de caucho poniéndolas entre la muela y las platinas de la misma.
4. Cuando pueden elegirse varias máquinas, utilícese la más rígida.
5. La muela debe ajustar libremente en el husillo con un juego de 0,003" a 0,005" (0,075 a 0,125 mm).
6. Emplear platinas rebajadas o de seguridad que tengan por lo menos un diámetro igual a un tercio del de la muela.

7. La tuerca del husillo debe apretarse suficientemente para sujetar la muela de un modo adecuado.
8. Mantener todas las protecciones de la muela bien fijadas y en su lugar.
9. Después de instalar una muela en una rectificadora cilíndrica o plana debe hacérsela girar a mano para asegurarse de que no se interpone con las protecciones y envolvente.
10. Mantener el husillo y los cojinetes bien engrasados para evitar un sobrecalentamiento del husillo y un posible agrietamiento de la muela.
11. Cuando se empieza a trabajar por la mañana, presionar el botón de arranque y, al mimo tiempo, apartarse a un lado, dejando funcionar la máquina durante un minuto por lo menos antes de poner en contacto la muela con la pieza.
12. Cuando se rectifican piezas largas y delgadas en las rectificadoras cilíndricas, emplear lunetas para apoyar la pieza, manteniendo las zapatas bien ajustadas a la misma. Asegurarse de que la clavija de accionamiento para la brida de arrastre está firmemente acoplada al brazo del plato.
13. Cuando se desmontan las muelas de la máquina, hay que manejarlas con cuidado y almacenarlas en un sitio seco.
14. Al poner en contacto la muela con la pieza, evitar una presión excesiva; ésta es muy perniciosa para la muela, los soportes de la pieza y los cojinetes del husillo.
15. En cualquier máquina de rectificar es necesario que la pieza tenga un buen soporte y que el operario aparte sus manos de la muela y de la pieza en revolución.
16. Cuando se coloca una pieza en el plato magnético de las rectificadoras planas, la mesa debe estar suficientemente alejada de la muela para que el operario pueda situar dicha pieza sin peligro de lastimarse las manos si con ellas toca la muela que gira.
17. Dado que la mesa de una rectificadora plana horizontal se mueve a lo largo de sus guías con mucha facilidad, la pieza debe sacarse del plato magnético deslizándola en una dirección perpendicular al movimiento transversal de la mesa.
18. En cualquier operación de rectificado en seco deben llevarse puestos los lentes de seguridad de forma que queden bien ajustados al rostro, ya que las partículas desprendidas pueden herir los ojos.
19. Con el rectificado en seco se dispone de pantallas aspiradoras en beneficio del operario; deben mantenerse en su lugar y libres de obstrucciones.
20. Los platos magnéticos son piezas costosas del equipo. Hay que conservarlos limpios y libres de abrasivo y de virutas. No dejar la máquina, aunque sea por poco tiempo con el plato magnético conectado.

16. TRATAMIENTO TERMICO Y ENSAYO DE MATERIALES

El tratamiento térmico es un concepto que se aplica en la industria para describir un proceso mediante el cual pueden cambiarse las propiedades físicas de un metal sometiéndolo a la acción de calor. En algunos casos el procedimiento es muy sencillo, pero en otros es bastante complicado y requiere conocimientos científicos y equipo especial. Al referirnos a este tema en este libro, sólo dedicaremos nuestra atención a un solo metal: el acero.

Hay dos razones principales para someter un acero a tratamiento térmico: una es endurecerlo (templarlo), y la otra es ablandarlo (recocerlo).

Antes de proceder a la descripción de cualquier proceso de tratamiento térmico, es conveniente tener un buen conocimiento del material que ha de recibirlo. Para algunos, el acero es simplemente un metal duro; sin embargo, para los técnicos y los industriales, la palabra *acero* significa, no sólo una clase de material, sino un gran número de clases que pueden todas clasificarse como acero, pero que difieren unas de otras en su composición química y en sus propiedades físicas.

1. ¿Qué es el acero?

El acero es una aleación de hierro y carbono; además, hay pequeños porcentajes de otros elementos, incluyendo el silicio, el fósforo, el azufre y el manganeso.

2. ¿Cómo pueden clasificarse los aceros?

A grandes rasgos, los aceros pueden clasificarse en aceros al carbono y aceros aleados. Un acero al carbono es aquel cuyas propiedades particulares son debidas principalmente a la presencia de ciertos porcentajes de carbono sin cantidades sustanciales de otros elementos de aleación. Los aceros al carbono pueden clasificarse en tres grupos: de bajo contenido de carbono, de contenido medio de carbono y de alto contenido de carbono. Un acero aleado es aquel en el que se ha añadido algún elemento además del carbono, a fin de mejorar o cambiar las propiedades físicas.

3. ¿Qué importancia tiene el elemento carbono en un acero al carbono?

El carbono es el elemento que hace posible el temple de un acero al carbono.

4. ¿Cuánto carbono debe estar presente en el acero para poderlo templar apreciablemente?

El acero debe contener por lo menos un 0,20% de carbono para poderlo templar suficientemente para uso comercial.

5. ¿Qué es un acero bajo en carbono?

Un acero bajo en carbono es un acero que no contiene el carbono suficiente para adquirir temple cuando se calienta hasta una temperatura elevada y se enfría rápidamente en aceite, agua o salmuera. El contenido de carbono en el acero bajo en carbono puede variar desde el 0,05% al 0,20%. Algunos de los aceros bajos en carbono son aceros de máquinas y aceros laminados en frío, los cuales se identifican como acero SAE 1015 (equivalente al acero UNE F-111). Los artículos típicos que se fabrican con acero bajo en carbono son: tornillos, tuercas, bridas, arandelas,

anillos de presión, platinas y otras piezas similares cuyas superficies no están sujetas a un continuo desgaste. Cuando se requiere una superficie de desgaste dura y un núcleo blando, el acero bajo en carbono puede ser sometido a un temple de cementación mediante un proceso especial.

6. ¿Qué es un acero medio en carbono?

Un acero medio en carbono es el que contiene desde un 0,20% a un 0,60% de carbono. Estos aceros se emplean para fabricar una amplia variedad de piezas, incluyendo tuercas, pernos, elementos de fijación, guías, pasadores, cigüeñales, árboles, etc. Se usan también extensamente en la fabricación en serie. Por tratamiento térmico de los aceros medios en carbono puede obtenerse un grado medio de dureza (Rockwell 38-46).

7. ¿Qué son los aceros altos en carbono?

Los aceros altos en carbono son aquellos que normalmente contienen desde alrededor del 0,60% al 1,30% de carbono. El acero de herramientas (SAE 1095 ó UNE F-515) es un acero de alto contenido de carbono, el cual puede ser sometido a tratamiento térmico, templado y revenido. El grado de dureza es elevado, ya que se halla entre 52 y 64 Rockwell. Muchas de las herramientas y piezas de trabajo de las máquinas, clavijas de guía, botones de apoyo, pasadores de fijación, matrices, punzones, calibres, casquillos, puntos de centro, etc. (a las que se les exige una alta resistencia al desgaste) se fabrican de acero de herramientas al carbono.

8. ¿Qué son los aceros aleados?

Los aceros aleados son aquellos que contienen, además de carbono y hierro, elementos de aleación tales como cromo, vanadio, níquel, molibdeno, tungsteno o manganeso. Estos elementos de aleación confieren algunas características particulares no poseídas por el acero ordinario. Los elementos de aleación pueden aplicarse combinados, a fin de constituir un acero que satisfaga requerimientos específicos. Tales elementos se introducen en los aceros por muchas razones, entre las que cabe citar: asegurar una mayor dureza, una mayor tenacidad o una mayor resistencia; dar al acero la facultad de conservar sus dimensiones y forma durante el temple, y de retener su dureza a temperaturas elevadas.

El cromo se añade al acero para incrementar la profundidad hasta la cual puede ser templado. La cantidad aplicada oscila entre el 0,40 y el 1,5%; en los aceros inoxidables el contenido de cromo es mucho mayor, del 12 al 25%.

El vanadio se añade al acero en pequeñas cantidades, del 0,12 al 0,20%; disminuye las tensiones internas, incluso cuando el acero está sometido a temperaturas elevadas.

El níquel incrementa la tenacidad y la resistencia del acero, pero no aumenta su capacidad para ser templado. La cantidad añadida varía desde 0,30 a 3,75%, aunque para el acero inoxidable esta cantidad llega a alcanzar el 20%.

El molibdeno aumenta considerablemente la profundidad de dureza y confiere tenacidad al acero; también contribuye a que permanezca duro a temperaturas elevadas. Se añade en pequeñas cantidades, desde el 0,10 al 2,00%.

El tungsteno se utiliza en el acero de herramientas para obtener una aleación de grano fino que tiende a conservar afilada la arista cortante de las herramientas. La cantidad aplicada es del 0,50 al 1,50%, pero, para acero rápido, se añade del 6 al 18% de tungsteno. El acero rápido se emplea para cuchillas de alto grado de dureza, fresas, brocas, escariadores, herramientas de brochar, y muchos otros útiles que necesitan mantenerse afilados bajo condiciones que estropearían el filo de herramientas fabricadas con acero de herramientas ordinario.

El manganeso se halla presente en casi todos los aceros. Contrarresta los efectos perniciosos del azufre, conociéndose bien sus propiedades desoxidantes y desulfurantes; para este propósito, la cantidad de manganeso en el acero raramente excede del 1%. El acero al manganeso contiene del 12 al 14% de manganeso y 1% de carbono. Es un metal que es difícil de mecanizar porque cuanto más se trabaja, mayor dureza adquiere.

9. Indicar algunas de las operaciones involucradas en el tratamiento térmico del acero.

Normalizado, recocido, temple, revenido o eliminación de tensiones, cianurado, cementado y nitrurado, son algunas de las operaciones de tratamiento de los aceros.

10. ¿Qué es el proceso de normalizado de un acero?

El normalizado es un calentamiento uniforme del acero por encima de las temperaturas usuales de temple, seguido de un enfriamiento natural en el aire. Estre tratamiento se emplea para devolver al acero sus condiciones normales, después del forjado o de un tratamiento térmico inadecuado.

11. ¿Qué es el proceso de recocido?

El recocido se lleva a cabo calentando el acero lentamente por encima de la temperatura de temple usual, manteniendo esta temperatura durante 1/2 a 2 horas, y luego enfriando lentamente, de preferencia en un horno. Esta operación sirve para ablandar una pieza que resulta demasiado dura para mecanizar o que puede requerir el mecanizado después de haber sido templada. El recocido también se realiza para eliminar las tensiones internas de una pieza de acero, que puedan haberse originado al mecanizarla prolongadamente.

12. ¿Qué es el proceso de temple?

Es la operación de enfriar rápidamente una pieza calentada, sumergiéndola en agua, salmuera o aceite.

13. ¿Qué es el proceso de revenido?

El revenido, conocido también como eliminación de tensiones (reducción del temple o dureza del acero), es un proceso por el cual se sacrifica un cierto grado de dureza con el fin de reducir la fragilidad e incrementar la tenacidad de una herramienta de acero. El revenido puede efectuarse de distintas maneras. Un proceso consiste en recalentar la herramienta a una temperatura baja que oscila entre 300 y 1300°F (150 y 700°C), enfriándola luego. Cuanto más baja es la temperatura de revenido, más dura queda la pieza; cuanto más elevada es dicha temperatura, más blanda resulta la pieza.

14. ¿Cuáles son los diferentes métodos empleados para efectuar el revenido de un acero?

El método aplicado para efectuar el revenido de un acero depende de la clase del acero a tratar, de sus medidas, su forma, y de la aplicación que debe dársele.

15. ¿Qué métodos se emplean para revenir el acero?

Existen muchos métodos, algunos de ellos altamente especializados. Entre los más comunes, cabe citar:

1. Salmuera o baño de sales. Temperatura de 300 a 1200°F (150 a 650°C), según el tipo de sal empleado. Hay diferentes sales para diferentes finalidades; el baño debe ser limpio y exento de grasa.
2. Baño de aceite. Temperatura desde 300 hasta 400°F (150 a 200°C), aunque, con aceites especiales pueden alcanzarse temperaturas más elevadas. El aceite de lubricación no es adecuado para el revenido. Los mejores resultados se obtienen cuando el aceite circula y pasa a través de un agente refrigerador.
3. Baño de plomo. Temperatura de 700 a 1200°F (370 a 650°C). La aleación particular a revenir determinará la temperatura más efectiva del baño.
4. Baño de agua. El agua debe estar limpia y exenta de grasa o jabón. La forma de la pieza y el tipo de aleación determinarán la temperatura más efectiva del agua.
5. Horno de mufla. Una pieza puede ser revenida en un horno de mufla siempre que sea posible regular adecuadamente el chorro de aire.

16. ¿Cómo puede templarse y revenirse una herramienta con un solo caldeo?

El extremo cortante de la herramienta se calienta hasta aproximadamente 1 1/2" (unos 38 mm) a partir del filo; luego, éste es enfriado rápidamente en una extensión de 1/2" a 3/4" (12,5 a 20 mm). La herramienta debe ser movida hacia arriba y hacia abajo, y formando grandes circunferencias, mientras se halla en contacto con el agua fría; después se saca del baño de temple reteniendo todavía el calor la parte que no fue sumergida. El operario que efectúa el tratamiento vigila la variación de colores en el filo y, cuando el color que representa la dureza deseada se hace visible en él, procede inmediatamente al temple de la herramienta. Este método se usa a menudo en el taller

para templar y revenir las herramientas de corte (por ejemplo, cortafríos, cuchillas de forma especial, punzones, etc.)

17. ¿Cómo puede juzgarse sobre la dureza de un acero valiéndose del color?

El color del acero mientras se enfría representa la temperatura y el grado de dureza.

Colores de revenido	Temperatura	Herramientas
Amarillo pálido	**375 a 400°F (190 a 205°C)**	**Punzones Rasquetas Puntos de centro**
Paja claro	**430°F (220°C)**	**Martillos Cuchillas para máquinas**
Paja medio	**460°F (240°C)**	**Matrices Brocas Destornilladores**
Paja oscuro	**490°F (255°C)**	**Cinceles Punzones de centrar**
Púrpura claro	**520°F (270°C)**	**Hachas Agujas**

18. ¿Puede revenirse más de una herramienta a la vez?

La producción moderna exige que las piezas de máquinas y las herramientas sean templadas en lotes. Cuando se efectúa el revenido de más de una herramienta, es más práctico recalentar las piezas o herramientas dentro de un baño de aceite o nitrato, en un horno de cuba controlado con pirómetro como el representado en la figura 16-1.

Este tipo de horno es adecuado especialmente para operaciones de tratamiento térmico que requieren un medio líquido de caldeo. El recalentamiento para fines de revenido puede también realizarse en un horno del tipo de caja calentado eléctricamente (fig. 16-2), el cual va revestido de refractario para resistir una temperatura de 1250°F (675°C). El horno se caldea por medio de una circulación forzada de grandes volúmenes de aire adecuadamente calentado, el cual, de un modo constante, va pasando en circuito cerrado por la cámara de pieza bajo presión. La figura 16-3 muestra los estantes ajustables e intercambiables, así como las paredes de aislamiento, de este tipo de horno.

Las herramientas de acero rápido son revenidas recalentándolas a temperaturas mucho más elevadas que las especificadas para el acero de herramientas ordinario; estas temperaturas varían desde 1000 a 1200°F (540 a 650°C).

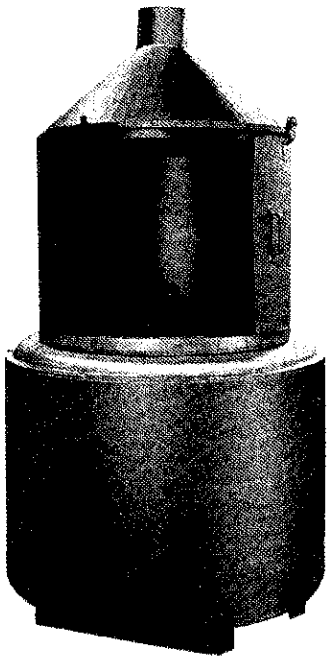


Fig. 16-1. Horno de cuba que utiliza el gas como combustible (Lindberg Engineering Co.)



Fig. 16-2. Horno de revenido para taller de utillaje (Lindberg Engineering Co.)

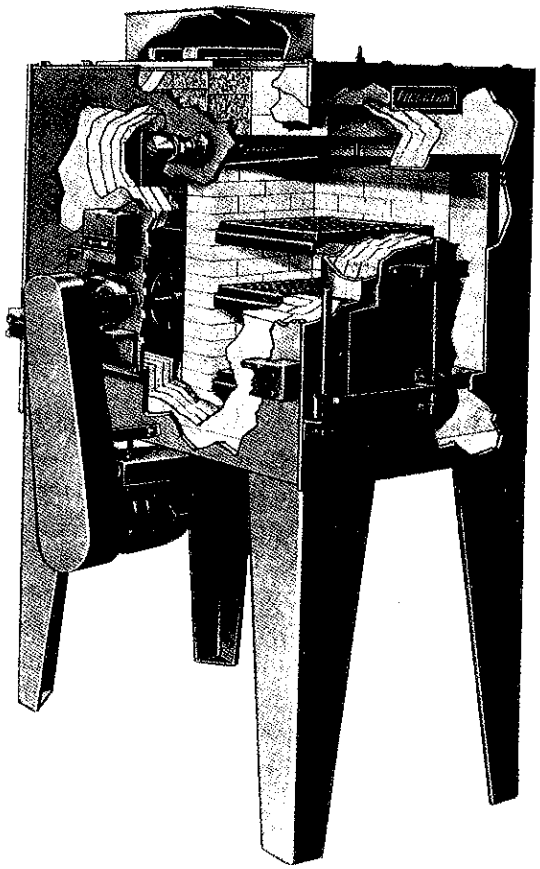


Fig. 16-3. Corte del horno de revenido para taller de utillaje mostrando las paredes de aislamiento y los estantes intercambiables (Lindberg Engineering Co.)

19. ¿Qué es el proceso de cianurado de un acero?

Los aceros bajos en carbono no se endurecen cuando se calientan por encima de sus puntos críticos y se enfrían rápidamente. Sin embargo, la superficie del acero puede endurecerse por cianurado, operación que se efectúa sumergiendo la pieza de acero en un baño de cianuro sódico fundido y manteniéndola sumergida por espacio de 5 a 30 minutos, según el tamaño de la misma y la profundidad de penetración deseada; luego se templa en agua, salmuera o aceite, formándose una capa superficial muy dura de 0,010" a 0,015" (0,25 a 0,38 mm) de espesor. Este proceso se llama también *temple de cementación.*

20. ¿Se acostumbra a rectificar una pieza de acero bajo en carbono que ha sido templada de cementación por cianurado?

No. La capa endurecida del acero tiene como máximo alrededor de 0,4 mm de espesor y este espesor es corrientemente arrancado durante la operación de rectificado.

21. ¿Qué es el proceso de cementación de un acero?

La cementación es otro método de producir una capa dura en una pieza de acero. Esta se introduce en una caja metálica que contiene una mezcla de huesos, cuero, carbón vegetal y otros materiales cementantes o de carburación. Se cierra herméticamente la caja con arcilla y se coloca en un horno donde se mantiene a la temperatura de 1700°F (927°C) durante algunas horas. La profundidad de penetración del carbono en el acero depende del tiempo de permanencia de la pieza en el horno. Una vez el acero sacado del horno y enfriado a la temperatura ambiente, puede normalizarse recalentándolo hasta de 1560 a 1650°F (850 a 900°C) y enfriándolo en aire. Luego puede templarse introduciéndolo en un horno o cuba de plomo (fig. 16-4), calentándolo a la temperatura requerida y enfriándolo rápidamente del mismo modo que los otros aceros al carbono, pero sólo la parte que absorbió carbono adquirirá dureza;

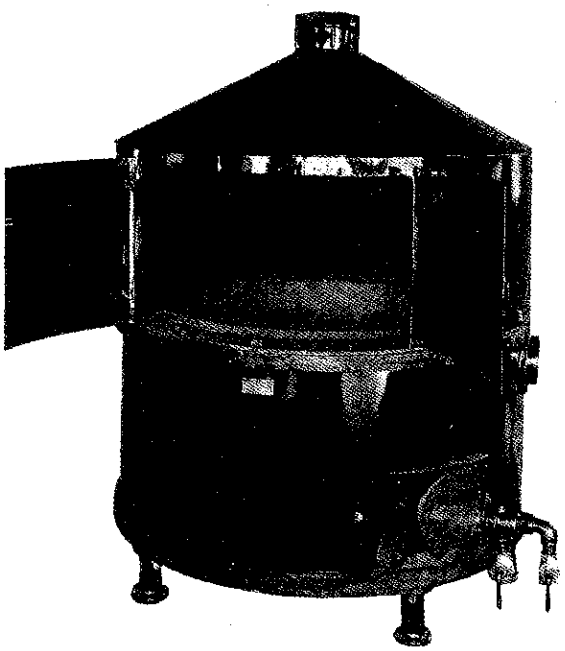


Fig. 16-4. Cuba de plomo (Bellevue Industrial Furnace Co.)

la parte interior, que no absorbió carbono, permanecerá blanda.

22. ¿Para qué tipo de piezas de acero se recomienda la cementación?

El acero cementado se recomienda para piezas que requieren una superficie dura y un núcleo tenaz. La capa dura puede obtenerse con la profundidad suficiente para que el rectificado sea posible sin arrancar la totalidad de la superficie endurecida. Un ejemplo de ello se tiene en el muñón de un motor de automóvil; debe tener una superficie dura para resistir el desgaste y un núcleo tenaz para absorber las sacudidas que su uso comporta. Muchas piezas construidas en el taller de utilaje requieren esta forma de tratamiento térmico.

La cementación puede aplicarse también a piezas especiales que exigen un endurecimiento parcial, como es el caso de la tuerca de la figura 16-5, en la que debe ser dura la superficie correspondiente al diámetro exterior, debiendo mantenerse blanda la parte de los filetes. La sucesión de operaciones es como sigue: Se acaba el diámetro exterior y el espesor de la tuerca a la medida requerida, dejando a cada lado una platina de diámetro 1/8" (3 mm) mayor que el exterior de la rosca y de 1/8" (3 mm) de grueso. Se mandrina el agujero para la rosca dejándolo a un diámetro 1/4" (6 mm) menor que el menor diámetro de la misma. Se fresan las ranuras. Se cementa la tuerca. Una vez cementada, se mandrina el agujero a un diámetro 1/16" (1,5 mm) menor que el requerido y se refrentan las platinas. Se efectúa el tratamiento térmico hasta obtener la dureza necesaria. Enseguida se talla la rosca. Puesto que el carbono no ha penetrado en la parte del acero donde deben tallarse los filetes, el tratamiento térmico no la ha endurecido.

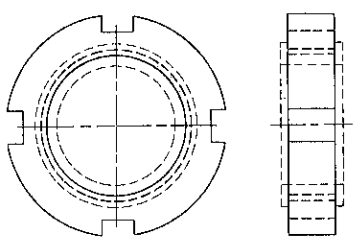


Fig. 16-5. Tuerca preparada para la cementación.

23. ¿Qué es el proceso de nitruración?

La nitruración es un método para producir una superficie extremadamente dura en una pieza de acero. El proceso consiste en exponer el acero a la acción del gas amoniaco caliente durante algunas horas. El amoniaco se descompone en nitrógeno e hidrógeno debido al calor, y el nitrógeno reacciona con el acero para formar una capa nitrurada alrededor del mismo.

24. ¿Cuáles son las operaciones involucradas en el temple del acero?

El temple abarca las operaciones de calentar y enfriar. El caldeo significa elevar la temperatura del acero hasta el punto deseado por encima de la zona crítica, a fin de obtener en el metal la estructura de grano en el estado adecuado para templar. El enfriamiento, o temple propiamente dicho, se lleva a cabo introduciendo el acero en algún medio como agua, salmuera, solución cáustica o aceite, al objeto de preservar la estructura obtenida al calentar. El medio de enfriamiento rápido debe tener una temperatura uniforme.

25. ¿Qué se entiende por punto crítico cuando se caldea el acero?

El punto crítico, o temperatura crítica, es la temperatura a la cual tienen lugar algunos cambios definidos en las propiedades físicas del acero. Este punto es importante porque, al tratar térmicamente una pieza de acero, debe calentarse hasta una temperatura que rebase precisamente su punto crítico particular. El punto crítico varía de acuerdo con el tipo de acero a tratar; por ejemplo, el acero de herramientas y el acero rápido deben calentarse hasta 1400°F (760°C) pero sin rebasar los 1450°F (790°C), mientras que el acero de matrices se calienta hasta una temperatura comprendida entre 1550 y 1600°F (845 y 870°C).

26. ¿Cómo se regula la temperatura exacta de un horno?

El calor de un horno puede regularse o controlarse mediante un pirómetro. La figura 16-6 muestra un tipo de pirómetro utilizado en un horno eléctrico. Hasta no hace muchos años, el operario que efectuaba el tratamiento térmico del acero acostumbraba a vigilar el color de la pieza en el horno para determinar la temperatura; con este

procedimiento intervenía bastante el azar, y la Oficina de Normas de los Estados Unidos demostró taxativamente que, a temperaturas de 2000°F (1100°C), los antiguos operarios que confiaban en sus ojos se equivocaban en hasta 200°F (80°C) al juzgar respecto la temperatura del horno. En la actualidad, los instrumentos científicos tales como el pirómetro son de uso común para el control adecuado y preciso de la temperatura del horno.

27. ¿Cuáles son los tipos principales de hornos utilizados en el tratamiento térmico de los metales?

Los hornos más comúnmente usados son los de gas, de aceite y eléctricos. En estos hornos, el calor puede controlarse fácilmente, lo que es un factor importante. Algunos aceros se caldean en hornos abiertos, mientras que otros se calientan en hornos de cuba. Si la cuba contiene plomo fundido, se llama *pote de plomo,* pero si contiene cianuro fundido, se llama *pote de cianuro.* El horno de cuba puede emplearse también para estañar, para fundir metales de bajo punto de fusión y para otros menesteres referentes al caldeo. Las herramientas tales como matrices y punzones, los resortes y otras piezas pequeñas pueden templarse uniformemente en este tipo de horno sin peligro de oxidación del acero. El pote de plomo se adapta especialmente para trabajos donde sólo una porción de la herramienta debe endurecerse; entonces sólo se sumerge la parte de la herramienta que debe templarse. El horno de cuba es rápido, conveniente y satisfactorio.

El horno de tratamiento térmico automático (fig. 16-7) se calienta mediante tubos calefactores radiantes y está diseñado tanto para elementos quemadores de gas como para elementos de calefacción eléctricos. Este horno funciona a temperaturas de hasta 2000°F (1100°C) y es completamente automático a través de todo el proceso, desde el caldeo de las piezas hasta el enfriamiento rápido o temple en aceite; va cerrado herméticamente para permitir el control atmosférico absoluto durante el ciclo entero caldeo-temple, asegurando la obtención de una pieza brillante y libre de escama en todos los tipos de procesos de tratamiento térmico tales como temple, cementación, nitruración y normalizado. La pieza se carga directamente en la zona de caldeo, y después de calentarse durante el tiempo adecuado, la cubeta con la pieza es trasladada automáticamente a la zona de temple donde tiene lugar el enfriamiento atmosférico, o bien, es introducida en un baño de aceite para el temple, según se haya prefijado en el cuadro de control del ciclo. Tan pronto como las piezas han pasado a una u otra zona de temple, puede cargarse de nuevo la zona de caldeo.

En la figura 16-8 se representa un horno para el revenido brillante del acero. Durante todo el ciclo de operación, este horno recibe una atmósfera protectora. Después de permanecer durante un tiempo suficiente a la temperatura requerida, la

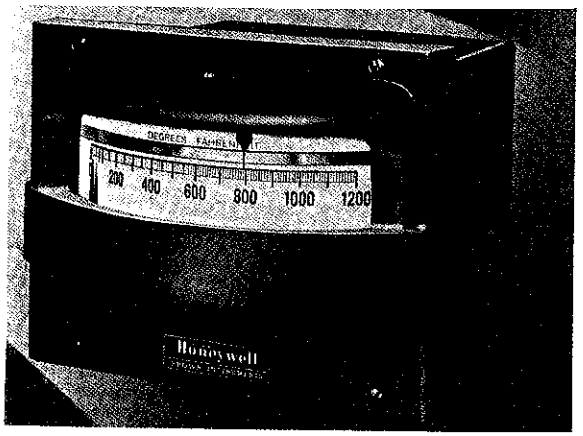


Fig. 16-6. Pirómetro (Minneapolis-Honeywell Regulator Co.)

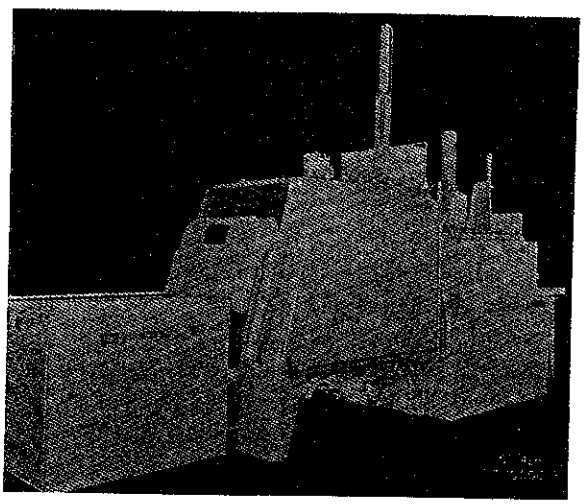


Fig. 16-7. Horno de tratamiento térmico automático (Ipsen Industries, Inc.)

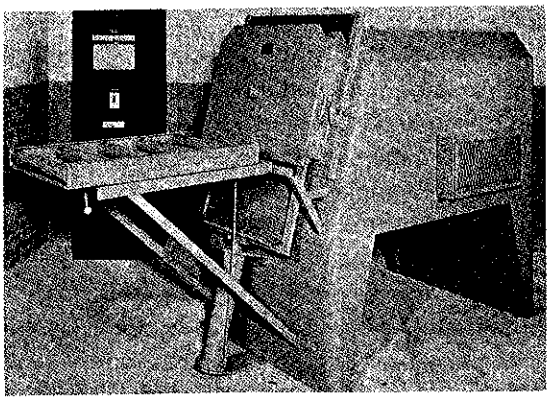


Fig. 16-8. Horno para el revenido y decapado brillante del acero, con cuadro de mandos (Ipsen Industries, Inc.)

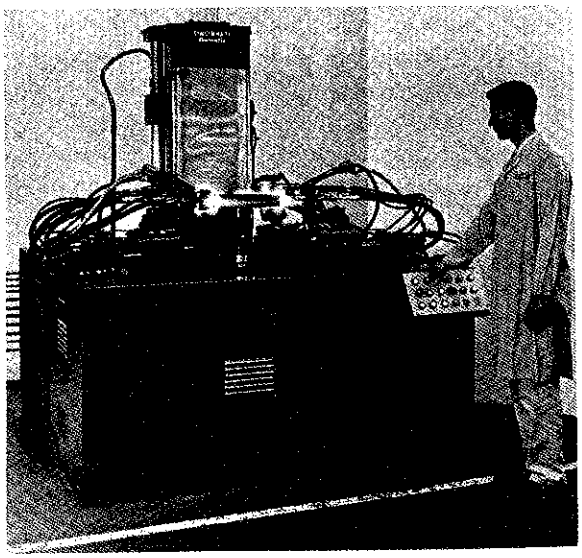


Fig. 16-9. Máquina especial de temple a la llama templando una rueda dentada de eje de levas de un telar, la cual tiene 17 3/8" (441 mm) de diámetro y 2" (50,8 mm) de cara. Los dientes se endurecen hasta un poco más abajo del diámetro primitivo. El material es hierro gris de alta aleación (Cincinnati Milling Machine Co.)

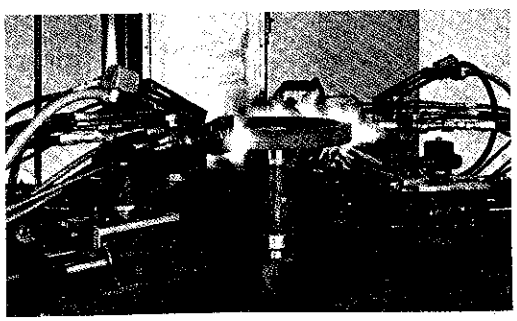


Fig. 16-10. Toberas múltiples dirigiendo chorros de calor sobre la rueda dentada (Cincinnati Milling Machine Co.)

carga es enfriada en el horno hasta alcanzar los 400°F (200°C), aproximadamente; entonces, la pieza brillante y exenta de escama se deja enfriar lo suficiente para poder sacarla del horno sin peligro de oxidación. Este tipo de horno también produce una capa controlada de óxido, la cual es a menudo deseable para reducir la corrosión o el desgaste, y para proporcionar un atractivo aspecto azul-negro o azul-gris.

28. ¿Por qué se mantiene una capa de carbón vegetal encima del plomo en el pote de plomo?

El carbón vegetal se mantiene encima del plomo fundido en el pote de plomo para quemar el oxígeno del aire, o sea, para evitar la oxidación y conservar limpia la pieza. Esto evita la falta de dureza de la capa o superficie exterior y ayuda a eliminar la escama del acero.

29. ¿Es posible templar una parte de una pieza sin endurecer la totalidad de la misma?

Sí. Un procedimiento consiste en cubrir una parte de la pieza con arcilla, la cual aísla el material cubierto del calor total del horno. Otro método, cuando la forma de la pieza lo permite, estriba en calentarla en un pote de plomo o de cianuro, sumergiendo sólo la parte que se desea endurecer. Un tercer sistema consiste en calentar la parte a endurecer con la llama del soplete oxiacetilénico, la cual puede dirigirse sobre la parte deseada sin que el resto se caliente lo suficiente para afectarla.

El proceso de templar el acero de esta última forma se conoce con el nombre de *temple a la llama;* en los últimos años se ha desarrollado muy extensamente, hasta el punto de que se han diseñado máquinas especiales para llevarlo a cabo. La figura 16-9 muestra una máquina construida exprofeso para el temple a la llama de ruedas dentadas; en un cabezal de llama se han agrupado varias toberas a cada lado de la máquina, las cuales dirigen chorros de calor sobre la pieza (fig. 16-10). Las temperaturas de caldeo y de temple se mantienen y controlan mediante un equipo electrónico con una precisión de $\pm$ 3°C. Otro tipo de máquina de temple a la llama es el representado en la figura 16-11; esta máquina se emplea para templar las guías de los tornos, aplicándose una llama separada con toberas múltiples para cada

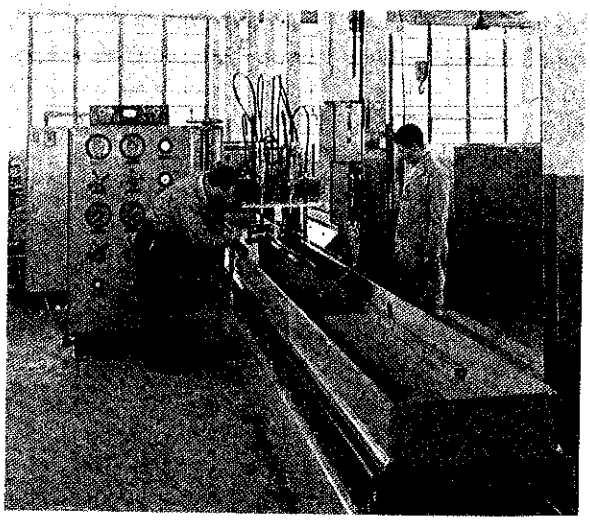


Fig. 16-11. Máquina especial de temple a la llama que mantiene las guías de bancada de hierro fundido de un torno dentro de límites de 0,004" por pie (aprox. 0,3 mm por metro). Los cabezales de llama, con temple mediante agua pulverizada, permanecen estacionarios mientras la pieza se desplaza (Cincinnati Milling Machine Co.)

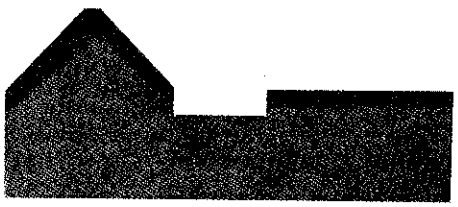


Fig. 16-12. Sección transversal de las guías de un torno después de ser templadas a la llama. Obérvese la diferencia en la estructura del grano de la zona endurecida (Cincinnati Milling Machine Co.)

lado de la bancada del torno. La figura 16-12 muestra una sección transversal de las guías de un torno que han sido tratadas por el proceso de temple a la llama.

30. ¿Cuáles son las principales ventajas del temple a la llama?

1. Debido a que el calentamiento es rápido, el caldeo a la llama es conveniente cuando se requiere endurecer sólo hasta una profundidad limitada en el material, conservando el resto su tenacidad y ductilidad originales.
2. El temple a la llama hace posible y práctico el endurecimiento parcial o total de una pieza que es demasiado larga u ofrece inconvenientes para colocarla en el horno.
3. El tiempo requerido para calentar es menor con el temple a la llama que con el horno, y no es necesario esperar hasta que el horno esté disponible.

En la figura 16-13 se muestra una vista de detalle de la máquina de templar guías de bancada de torno donde se ven los cabezales de llama gemelos, los cuales permanecen fijos sobre la bancada. Esta es guiada por unos carriles y se desplaza a lo largo de ellos debajo de los cabezales de llama y de agua; los cabezales de agua forman parte integral de los de llama, y pulverizan el agua de enfriamiento rápido de las guías calientes, con lo que se templan tan rápidamente como se caldean. La profundidad de la superficie endurecida es regulada por la velocidad de la mesa que transporta la bancada de torno mientras pasa por los cabezales de llama.

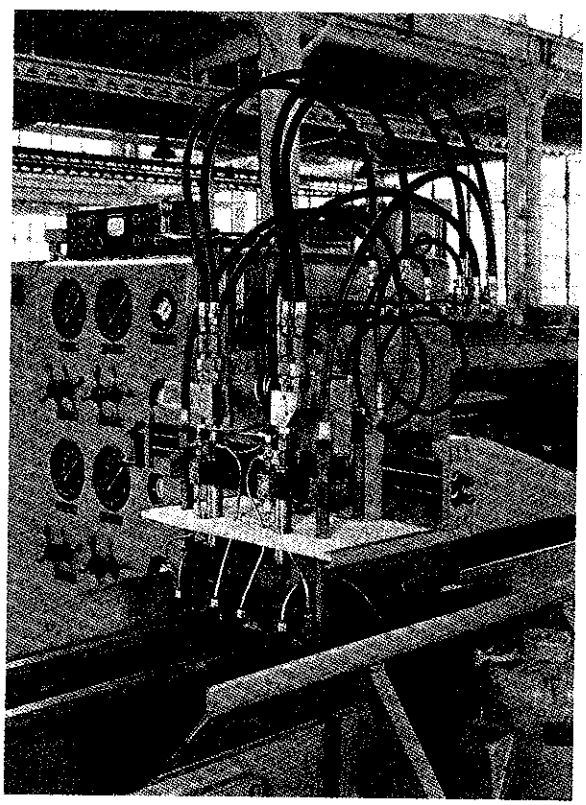


Fig. 16-13. Detalle de la máquina de temple de las guías de bancada de los tornos (Cincinnati Milling Machine Co.)

31. ¿Cómo se designan los diferentes tipos de acero?

En los Estados Unidos, las normas para la identificación de los aceros al carbono y aleados han sido editadas por dos autoridades reconocidas: la SAE (Sociedad de Ingenieros de Automoción) y la AISI (Instituto Americano del Hierro y del Acero). Ambos sistemas son similares; la SAE utiliza números para identificar los tipos de acero y su composición, comprendiendo cada número cuatro y, a veces, cinco dígitos. La primera cifra de la izquierda indica el grupo general; la segunda indica el porcentaje aproximado del principal elemento de aleación (que no sea el carbono), y las dos o tres últimas cifras dan la cantidad aproximada de carbono, en puntos, equivaliendo un punto a un 0,01%. Los grupos generales representados por el primer dígito son:

1. Acero al carbono
2. Acero al níquel
3. Acero al cromo-níquel
4. Acero al molibdeno
5. Acero al cromo
6. Acero al cromo-vanadio
7. Acero al tungsteno
8. Acero al silicio

He aquí algunos ejemplos de este sistema de numeración: El acero tipo SAE 1020 es un acero al carbono que contiene 0,20% de C; el acero tipo SAE 2317 es un acero aleado al níquel que contiene el 3% de níquel y el 0,17 % de C; el acero tipo SAE 5130 es un acero aleado al cromo que contiene el 1% de cromo y el 0,30% de C.

En España, las normas UNE distinguen los aceros al carbono comunes de los aceros al carbono finos. Los aceros comunes pertenecen a la serie 6 y se clasifican en los tres grupos siguientes:

Grupo 1	Aceros comunes Bessemer
Grupo 2	Aceros comunes Siemens
Grupo 3 (o 4)	Aceros comunes para usos particulares

Para designar estos aceros se utiliza la letra F seguida de un número de tres cifras; la primera cifra indica la serie, la segunda el grupo y la tercera el tipo de acero dentro de cada grupo. El tipo de acero viene determinado por el porcentaje de carbono que contiene; se especifican 7 tipos numerados del 1 al 7 para los grupos 1 y 2, de modo que el número 1 tiene 0,1% de C, el número 2 tiene 0,2% de C, y así sucesivamente. Para el grupo 3, los tipos son ocho (1 a 8), y para el grupo 4, hay dos tipos (el 1 y el 2), pero en este caso no existe relación exacta entre el numero de tipo y el contenido de carbono, sino que aquél más bien distingue el uso o estado particular del acero; por ejemplo, el acero F-637 es un acero al carbono para muelles cuyo contenido de C puede oscilar entre el 0,45 y el 0,55%, y el acero F-642 es un acero austenítico al manganeso cuyo contenido de C es 0,80-1,20% con un 12-14% de Mn.

Por lo que respeta a los aceros finos, se especifican tres series: Serie 1, aceros de construcción general; Serie 2, aceros para usus especiales; Serie 3, aceros resistentes a la oxidación y a la corrosión. La Serie 1 comprende los grupos siguientes: 1, aceros finos al carbono; 2, aceros aleados de gran resistencia; 3, aceros aleados de gran resistencia; 4, aceros aleados de gran elasticidad; 5 y 6, aceros de cementación; 7, aceros de nitruración. La Serie 2 comprende los grupos: 1, aceros de fácil mecanización; 2, aceros de fácil soldadura; 3, aceros de propiedades magnéticas; 4, aceros de dilatación térmica específica; 5, aceros resistentes a la fluencia. Y la Serie 3, comprende los grupos: 1, aceros inoxidables; 2 y 3, aceros resistentes al calor.

En estos aceros finos, las series definen agrupaciones con vistas a su aplicación; los grupos definen más estrechamente las propiedades de utilización. Cada uno de los grupos consta de los tipos que especifican cada acero. Por tanto, la clasificación general de los aceros finos implica el uso de la letra F seguida también de un número de tres cifras para indicar serie, grupo y tipo; por ejemplo, el acero número 2 de construcción general, de cementación, se designa Acero F-152. Los aceros finos al carbono comprenden cinco tipos, que son: F-111, acero extrasuave; F-112, acero suave, F-113, acero semisuave; F-114, acero semiduro; F-115, acero duro.

Los aceros aleados de gran resistencia comprenden diez tipos, desde el F-121 al F-129 y, además, el F-131. Los aceros de fácil mecanización comprenden dos tipos, el F-211 y el F-212; los de buena soldabilidad, cuatro tipos, que son los F-221 a F-224; los de propiedades magnéticas,

cuatro tipos, de F-231 a F-234; los de dilatación térmica específica, dos tipos, que son los F-241 y F-242; de aceros resistentes a la fluencia sólo se especifica el tipo F-251; y los aceros resistentes al calor comprenden los tres tipos F-321, F-322 y F-331.

En lo que atañe a aceros inoxidables, la norma UNE especifica los tipos siguientes: F-311, aceros inoxidables extrasuaves; F-312, aceros inoxidables al cromo; F-313, aceros inoxidables al cromo-níquel; F-314, aceros inoxidables al cromo-níquel (18-8), y F-315, aceros inoxidables al cromo-manganeso.

Los aceros para herramientas corresponden a la Serie 5 y se clasifican en los tres grupos siguientes: 1, aceros al carbono para herramientas; 2, 3 y 4, aceros aleados para herramientas; 5, aceros rápidos. El grupo 1 comprende siete tipos, del F-511 al F-517; el grupo 2, nueve tipos, del F-521 al F-529; el grupo 3, cinco tipos, del F-531 al F-535; para el grupo 4 no se especifica tipo alguno; y para el grupo 5, hay cuatro tipos, del F-551 al F-554, siendo los dos últimos extrarrápidos.

32. ¿Utilizan todos los fabricantes el sistema normal de identificación de los diferentes grados de acero?

No. En muchos países existen compañías que han desarrollado sistemas propios a base de letras o números.

33. ¿Cómo se designan los aceros según el sistema americano AISI?

La AISI utiliza una letra precediendo al número. Esta letra indica el proceso según el cual se fabrica el acero. El número se lee del mismo modo que en el sistema SAE. Los aceros fabricados según procesos diferentes pueden tener diferencias ligeras, pero importantes, en sus propiedades. Las letras del sistema AISI tienen el siguiente significado:

A. Aceros aleados obtenidos en hogar abierto.
B. Acero al carbono Bessemer.
C. Acero al carbono obtenido en hogar abierto básico.
D. Acero al carbono obtenido en hogar abierto ácido.
E. Acero obtenido en horno eléctrico.

Por ejemplo, AISI C1095 designa un acero al carbono obtenido en hogar abierto básico, que tiene aproximadamente un 0,95% de carbono.

34. ¿Qué es el código de colores para el pintado de los aceros?

Los extremos de las barras de acero se pintan a veces en varios colores y combinaciones de colores como medio de identificación de los diferentes grados del acero. Las barras de acero al carbono se pintan con un color sólido para identificar el contenido de carbono. Por ejemplo, el acero SAE 1010 (equivalente al UNE F-621) se pinta de amarillo; el SAE 1020 (equivalente al UNE F-622), de azul oscuro; y el SAE 1040 (equivalente al UNE F-624), de rojo oscuro.

Las barras de acero aleado se pintan con un color sólido, pero tienen también una franja de otro color para identificar el contenido de carbono, ya que el color sólido identifica la aleación. Por ejemplo, el acero SAE 2320 (que es un acero al níquel similar al UNE F-121) se pinta de rojo sólido para denotar que contiene níquel, con una franja azul que identifica el porcentaje de carbono; el SAE 2340 (que es un acero al níquel de gran resistencia) se pinta de rojo con una franja blanca. Los aceros al cromo-níquel se pintan de blanco; los aceros al molibdeno, de verde; y los aceros al cromo-vanadio, de azul oscuro.

A pesar de lo que acaba de indicarse, conviene tener en cuenta que el código de colores para identificar las barras de acero suelen variar de un país a otro, e incluso, dentro de un mismo país, pueden existir normas particulares confeccionadas por los distintos fabricantes, y también por los propios consumidores.

35. ¿Qué es el método de las chispas para identificar las diferentes clases de acero?

Los aceros que no se han marcado pueden identificarse, dentro de ciertos límites, por el tipo de chispas que producen cuando se mantienen en contacto contra una muela que gira; este método recibe el nombre de *prueba por las chispas de esmerilado.* Cuando se comprueba una pieza de acero de este modo, debe aplicarse sólo la presión suficiente para preservar un contacto firme entre la pieza y la muela; para ésta, la velocidad satisfactoria es de unos 8000 pies (2440 m) tangencia-

les por minuto. El tipo de chispas que da una pieza de acero templado es prácticamente el mismo que da una pieza del mismo grado de acero que no ha sido templada. Las chispas se ven con mayor facilidad con luz de día difusa.

En general, la presencia de varios elementos en el acero tiene los siguientes efectos en las chispas: el carbono produce chispas en forma de rayos con núcleos radiantes hacia los extremos; el manganeso tiende a producir chispas brillantes y propaga el desprendimiento de las mismas alrededor de la periferia de la muela; el cromo oscurece el color de las chispas, suprime los haces y núcleos, y da ramificaciones con rayas finas; el níquel suprime ligeramente los haces y da arborescencias; el tungsteno suprime los haces y núcleos, y produce rayos finos de color rojo; el molibdeno produce ramificaciones en los extremos de los rayos. La figura 16-14 ilustra el significado de los términos usados en las pruebas por las chispas de esmerilado.

En los grabados de la figura 16-15 se ha esquematizado la forma de las chispas que salen de algunos de los aceros más comúnmente usados; estos esquemas son de utilidad muy generalizada, pero pueden utilizarse para puntualizar ciertas características. Por ejemplo, la diferencia en el contenido de carbono del acero viene indicada por la diferencia en el número de chispas, tal como puede verse en los tres primeros esquemas. Si se someten a la prueba de las chispas una pieza de acero de máquinas y otra de acero rápido, puede apreciarse fácilmente la diferencia entre ellas. Sin embargo, la facultad de identificar adecuadamente todos los aceros sólo puede adquirirse por la práctica y la experiencia. La prueba de las chispas no analiza una pieza de acero, sino que simplemente sirve de guía para su identificación.

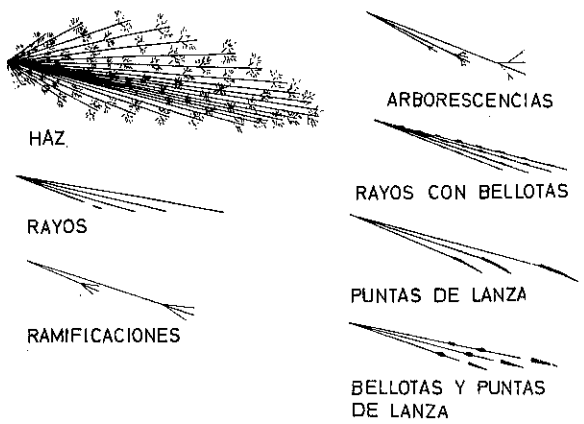


Fig. 16-14. Significado de los términos empleados en la prueba por las chispas de esmerilado (Linde Air Products Co.)

36. ¿Por qué se efectúa el ensayo de dureza de los aceros?

Los aceros se someten a ensayo para obtener pruebas relativas a si son o no adecuados para trabajos específicos. Son muchas las características que deben ensayarse, tales como tracción, resistencia, compresión, flexión, cortadura, impacto y dureza.

Un ensayo de dureza puede indicar si un metal es adecuado para un trabajo específico, así como poner de relieve su resistencia al desgaste y a la abrasión. También revelará el efecto del tratamiento térmico al cual ha sido sometido el metal.

La dureza del acero puede determinarse con la prueba de la lima, y también aplicando los ensayos científicos más dignos de confianza, los cuales se sirven de las máquinas de ensayo de dureza Brinell, Rockwell o Shore escleroscópica; asimismo se utiliza la prueba de dureza Vickers.

37. ¿Qué es una prueba de dureza con la lima?

La prueba de la lima es un método de determinación de la dureza de una pieza a base de intentar efectuar cortes en ella con el canto de una lima. La dureza se conoce por la profundidad de la raya o del corte que la lima produce. Este es el método más antiguo y más sencillo de comprobar la dureza; a pesar de que no proporciona resultados muy definidos —una lima nueva corta mejor que una lima vieja—, permite apreciar bastante bien durezas que se extienden desde el grado casi blando al grado que corresponde a la dureza del vidrio; su principal inconveniente estriba en que no es posible mantener un registro preciso de los resultados.

38. ¿Qué es el sistema Brinell de ensayo de la dureza de un acero?

En el ensayo Brinell, la dureza del material ensayado viene indicada por un número determinado por la resistencia que el material ofrece a la penetración de una bola de acero sometida a presión;

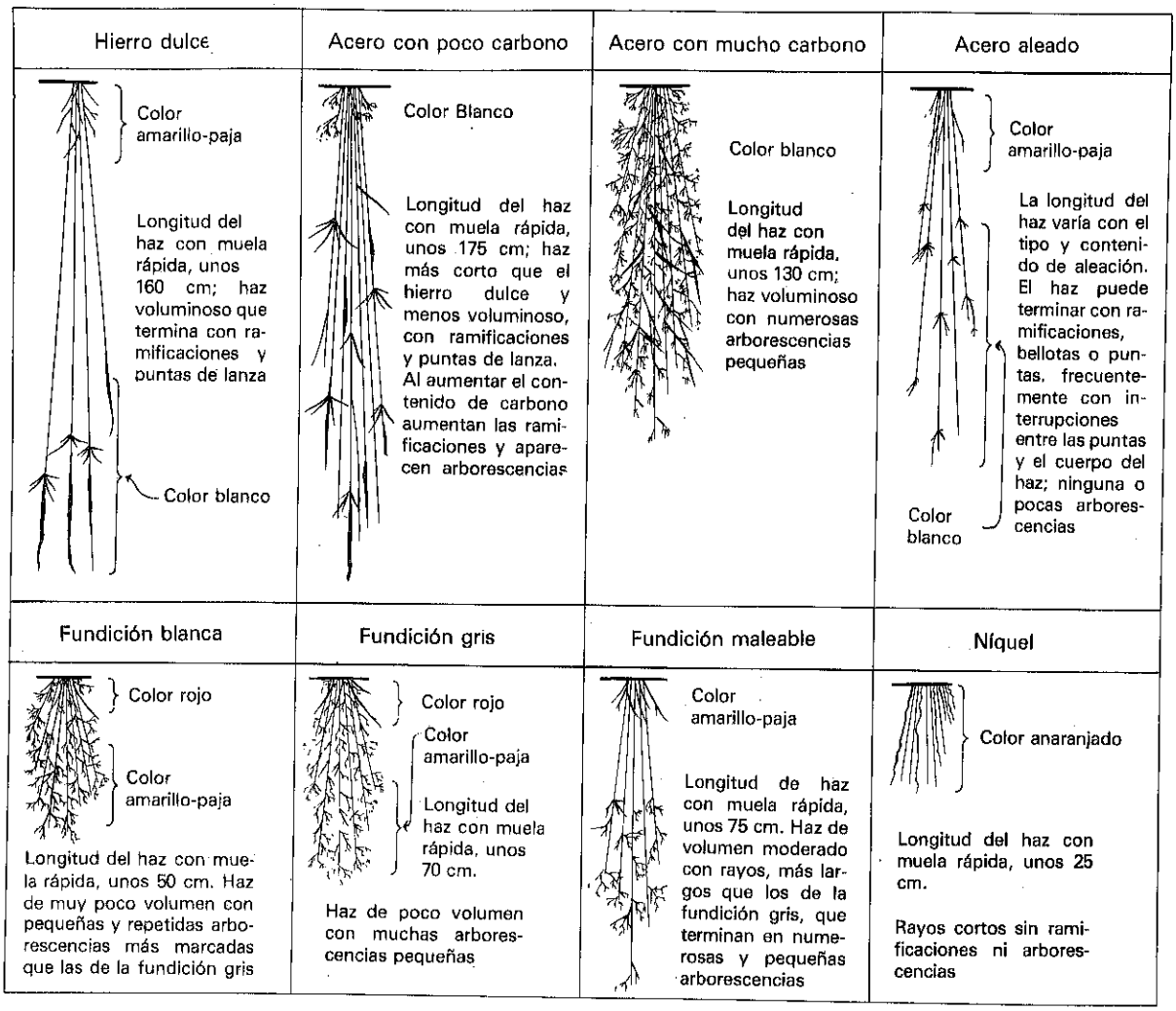


Fig. 16-15. Identificación de las chispas que producen varios tipos de metal (Linde Air Products Co.)

el diámetro normal de la bola es $10 \pm 0{,}01$ mm. Para verificar la dureza del material, se aplica una carga conocida sobre la probeta, a través de una bola de acero templado o de carburo de tungsteno de diámetro conocido, durante un tiempo dado. Se mide el diámetro de la huella o impronta que queda permanentemente marcada en la probeta, y se convierte a un número de dureza Brinell mediante el uso de unas tablas normales.

Hay tres tipos en uso de máquinas para el ensayo de la dureza Brinell: la hidráulica, la de carga con palanca de peso muerto, y la neumática (fig. 16-16).

Para asegurar la medición exacta del diámetro de la huella, se emplea generalmente un microscopio diseñado para este objeto. El espesor del material que se ensaya no debe ser menor que diez veces la profundidad de la impronta. La prueba Brinell es de mayor utilidad en el ensayo de piezas grandes con dureza baja o media.

39. ¿Qué es el sistema Rockwell de ensayo de la dureza de un acero?

En el ensayo de dureza Rockwell se comprime, sobre la superficie a probar, un cono de 120° de diamante si se trata de metales duros, o una bola de acero de 1/6" de diámetro, si se trata de metales blandos o dulces; la impresión se hace mediante la acción de un peso muerto a través de una serie de palancas, midiéndose la profundidad

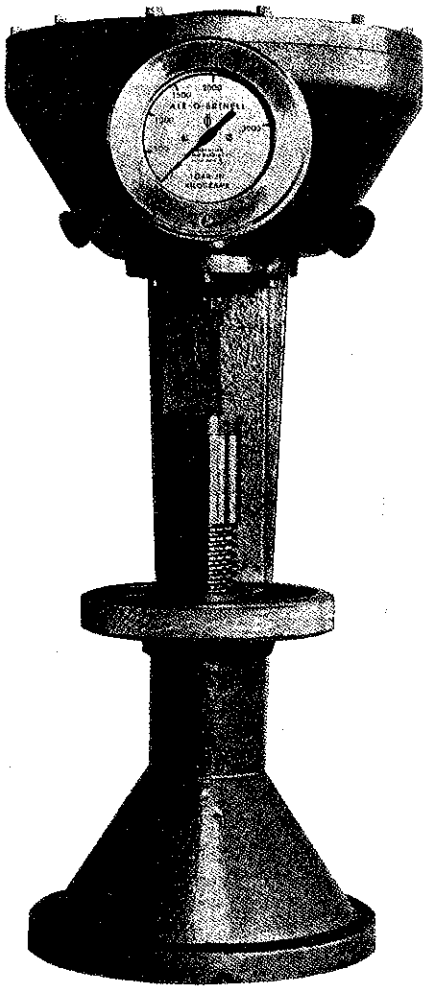


Fig. 16-16. Máquina neumática para ensayos de dureza Brinell; el funcionamiento de esta máquina tiene, por completo, efecto bajo la acción del aire a presión (Tinius Olsen Testing Machine Co.)

de penetración. Cuanto más blanda sea la pieza, más profunda será la huella bajo una carga dada. El promedio de profundidad de penetración en el acero más dulce es sólo de 0,008" (0,02 mm), aproximadamente. La dureza viene indicada en una esfera graduada según las escalas de dureza Rockwell B y C. Cuanto más dura es la pieza, más alto es el número de dureza Rockwell. Por ejemplo, un acero, para ser mecanizable, no debe dar una lectura de más de 35 en la escala Rockwell C, mientras que una fresa de acero rápido templado debe dar una lectura de 63 a 65. Cuando se ensayan aceros duros, debe utilizarse la punta de diamante y leerse el número de dureza en la escala C; para metales no férricos, debe emplearse la bola de acero y leerse el número de dureza en la escala B. La figura 16-17 muestra una máquina para ensayos de dureza Rockwell, dándose en las figuras 16-18 a 16-21 las ilustraciones para utilizarla. La figura 16-22 muestra diversos accesorios que se emplean con dicha máquina.

40. La máquina para ensayos de dureza Rockwell, ¿es adecuada para comprobar la dureza de toda clase de piezas?

Hay varios modelos de máquinas para ensayos de dureza Rockwell, siendo cada uno de ellos apropiado para un trabajo específico. La figura 16-17 representa la máquina normal para determinar la dureza Rockwell, la cual desde 1921 se utiliza para medir la dureza de los metales y aleaciones, duros o blandos, cualquiera que sea su forma.

La figura 16-20 representa la máquina para ensayos de dureza superficial, introducida en 1930 para comprobar chapa delgada de acero y piezas nitruradas o cementadas; utiliza cargas ligeras y un sistema más sensible para medir la profundidad de huellas poco marcadas.

La figura 16-23 muestra la máquina Tukon para ensayos de microdureza, introducida en 1941 para

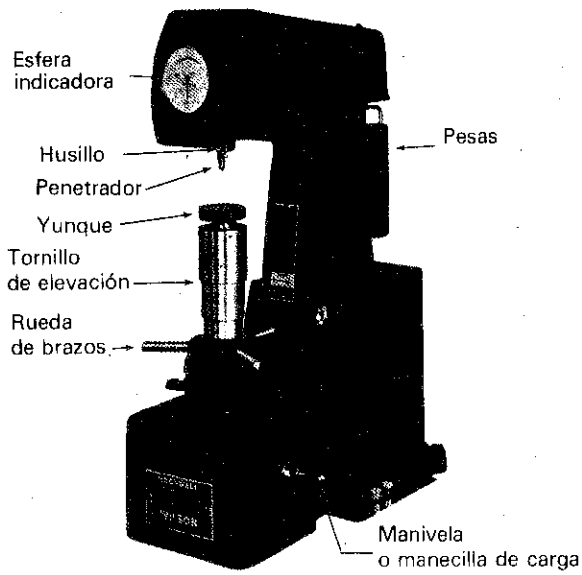


Fig. 16-17. Máquina para ensayos de dureza Rockwell (Wilson Mechanical Instrument Division, American Chain and Cable Co., Inc.)

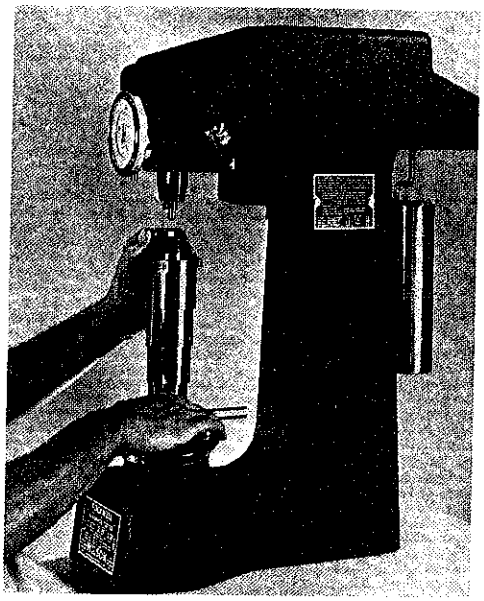


Fig. 16-18. Fase 1: Se coloca la pieza a ensayar sobre el yunque o mesa de la máquina.

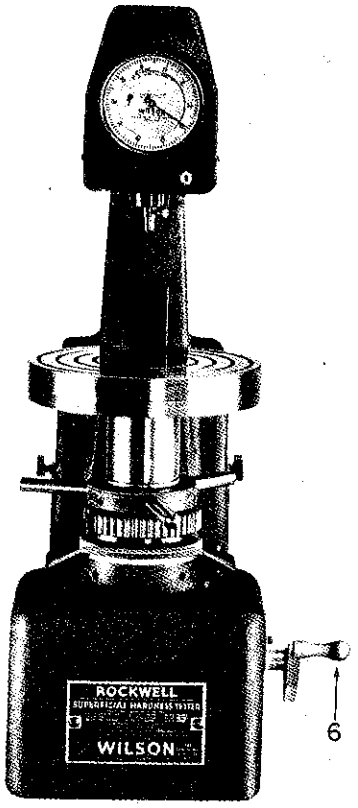


Fig. 16-20. Fase 3: Se suelta la carga mayor tirando hacia delante de la manivela 6; luego esta carga se eleva, pero se deja todavía aplicada la carga menor.

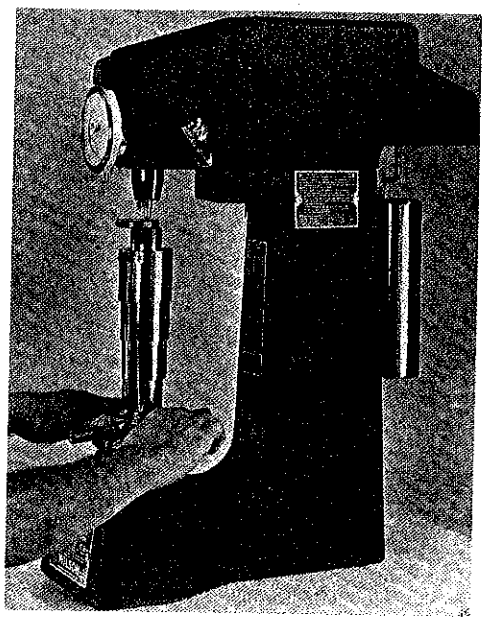


Fig. 16-19. Fase 2: Girando la rueda de brazos poco a poco, se eleva la pieza hasta que establece contacto con la punta de penetración; se sigue girando hasta que la aguja pequeña de la esfera se halla muy cerca de la vertical, ligeramente a la derecha del punto que la señala. Se sube la pieza hasta que la aguja larga se halla aproximamente arriba, a la derecha. Una vez aplicada la carga menor, 100 kg, se ajusta la esfera a cero.

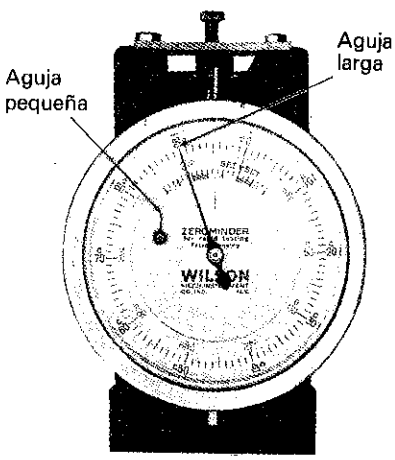


Fig. 16-21. Fase 4: Se lee el número de dureza en la esfera.

comprobar las plaquitas de las herramientas de corte, resortes de reloj y pivotes de instrumentos. Es posible efectuar la medición rápida de la huella por lectura directa en micrones con un microscopio.



Fig. 16-22. Equipo de accesorios para la máquina de ensayos de dureza Rockwell (Wilson Mechanical Instrument Division, American Chain and Cable Co., Inc.)

A. Soporte para cilindros; comprende dos rodillos templados, gemelos y paralelos, adecuados para apoyar redondos de 1/4" a 3" (6 a 75 mm) de diámetro.
B. Yunque plano; tiene una superficie plana apta para ensayar piezas de base plana y de gran sección.
C. Yunque en V poco profunda; sirve para ensayar redondos de 1/4" (6 mm) de diámetro y menores.
D. Yunque con quicionera; sirve para piezas pequeñas, piezas delgadas o piezas cuya base no es bien plana.
E. Yunque de bola; apto para ensayar hojas de sierra, buriles, cuchillos y destornilladores.
F. Yunque con punta de diamante; adecuado para ensayar y apoyar chapa delgada de metal blando.
G. Yunque de rodillos; sirve para piezas cilíndricas de 2" a 8" (50 a 200 mm) de diámetro.
H. Bloque de prueba para verificar la precisión de la máquina.
I. Mesa de apoyo; sirve para ensayar piezas grandes. Su diámetro es de 8" (203,2 mm) y se ajusta al tornillo de elevación.

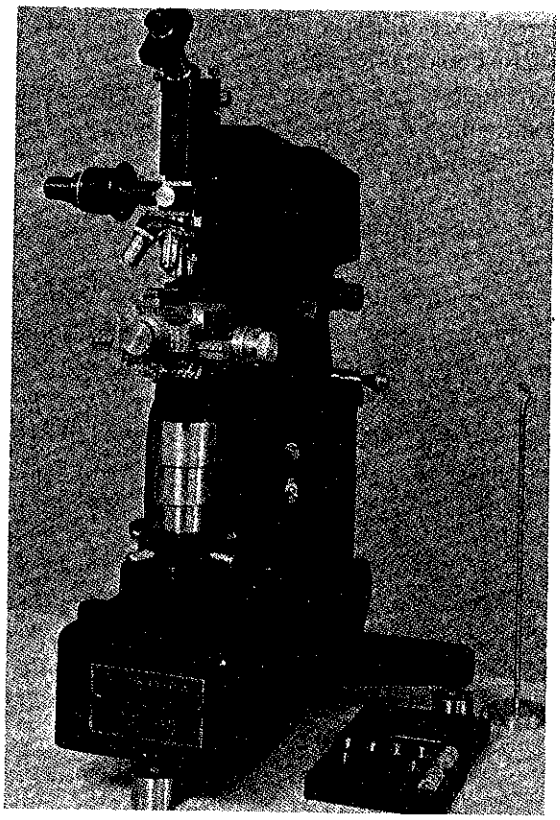


Fig. 16-23. Máquina Tukon para ensayos de dureza Rockwell; se emplea cuando se trata de microdurezas (Wilson Mechanical Instrument Division, American Chain and Cable Co., Inc.)

La figura 16-21 muestra la esfera del dispositivo de puesta a cero para ensayos rápidos; este dispositivo permite ahorrar tiempo a base de aplicar un corto método de obtención de la lectura final en la esfera. Este método no se usa cuando la precisión es importante.

41. ¿Qué es el sistema escleroscópico Shore para ensayos de dureza de los metales?

En la prueba escleroscópica de dureza Shore, la pieza a ensayar se coloca en el soporte de fijación de la máquina, y se hace girar el volante grande existente en el lado izquierdo del mismo para poner el manguito de guía del instrumento firmemente en contacto con la pieza de prueba. Mientras se mantiene la presión en el volante, el martillo de diamante, que se halla situado en el extremo superior del tubo de vidrio, se deja caer desde su posición elevada comprimiendo la ampolla de caucho. La altura hasta la cual el martillo rebota en su primer golpe indica la dureza de la probeta. Luego se sube el martillo para preparar el ensayo siguiente, comprimiendo y descomprimiendo otra vez la ampolla. El operador debe dirigir su vista hacia el punto situado varias divisiones por debajo de la zona general del primer rebote y efectuar dos o tres ensayos más; más que la parte inferior

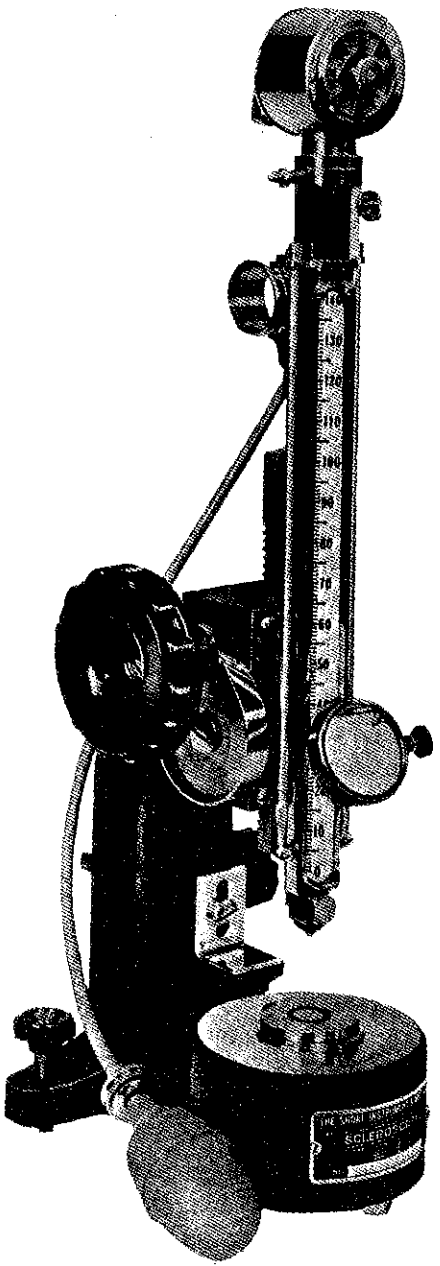


Fig. 16-24. Escleroscopio de escala vertical para ensayos de dureza Shore, montado en un soporte de fijación (Shore Instrument & Mfg. Co.)

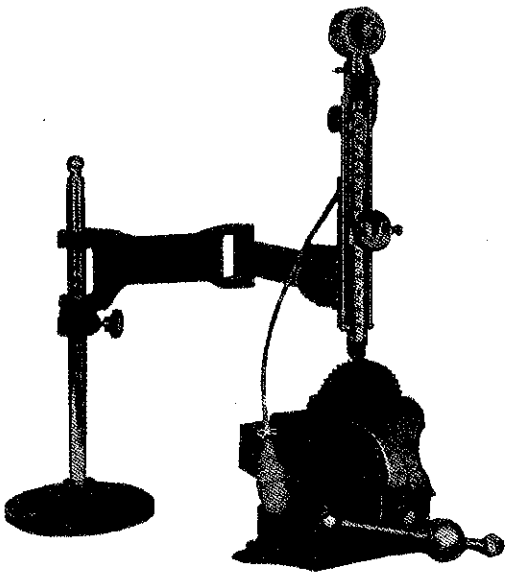


Fig. 16-25. Escleroscopio de escala vertical montado en un brazo oscilante con soporte (Shore Instrument & Mfg. Co.)

del martillo, debe observarse su parte superior. El promedio de varios ensayos es la dureza correcta de la pieza. Los ensayos no deben efectuarse más de una vez sobre el mismo punto, ya que el impacto del martillo de diamante calienta tal punto, lo que motiva que las sucesivas pruebas sobre el mismo sean mayores. En la figura 16-24 se representa un escleroscopio de lectura directa.

Al comprobar piezas pequeñas, de una altura de hasta 3'' (75 mm), el instrumento se monta, según se ve en la figura, sobre el soporte de fijación. También puede montarse en un brazo giratorio con su soporte (fig. 16-25), para comprobar piezas grandes y abultadas. Los objetos muy pesados y las estructuras que no pueden moverse convenientemente, pueden ensayarse sujetando el escleroscopio con la mano libre.

En la figura 16-26 se representa un escleroscopio provisto de indicador de esfera. Este instrumento funciona según el mismo principio general que los otros, pero, mediante un dispositivo ingenioso de bola y cono hueco, el grado de dureza queda registrado en la esfera, cuya aguja permanece inmóvil hasta que se da vuelta al volante para otra prueba. Puede utilizarse sujetándolo con la mano libre o montado en un brazo giratorio con soporte, del mismo modo que el escleroscopio corriente.

En la tabla de la figura 16-27 se da una comparación entre los números de dureza Brinell, Rockwell y Shore.

42. ¿Qué es el sistema Vickers para pruebas de dureza?

En el ensayo de dureza Vickers, para todos los materiales, cualquiera que sea su dureza, se emplea como cuerpo de prueba una pirámide de diamante de 136° de ángulo de abertura, la cual se comprime con una carga dada sobre el material que se ensaya. La dureza es la relación entre la carga de prueba y la superficie de la huella, la cual se determina por la medición de sus dos diagonales. La dureza Vickers coincide con la Brinell hasta el número 250. La prueba de dureza Vickers permite, aumentando la finura de la superficie, disminuir la carga hasta valores muy reducidos y se puede, con instrumentos adecuados, compro-

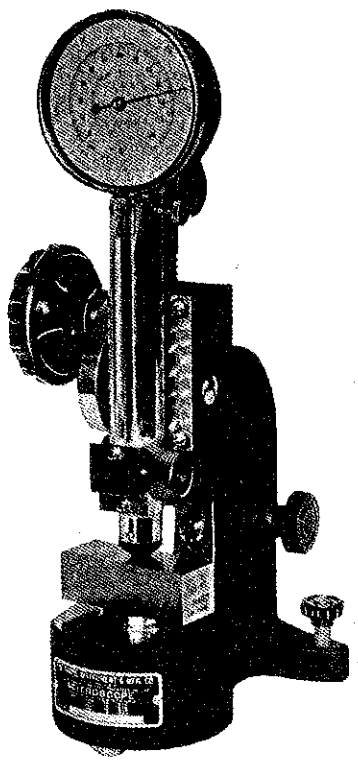


Fig. 16-26. Escleroscopio de esfera para ensayos de dureza Shore, montado en un soporte de fijación (Shore Instrument & Mfg. Co.)

bar la dureza de capas muy delgadas y componentes de la estructura del material.

43. ¿Cómo pueden evitarse las roturas en el tratamiento térmico de un artículo con aristas agudas o de uno que tenga adyacentes secciones gruesas y delgadas?

En tales casos, las roturas pueden evitarse aplicando arcilla refractaria a las partes delgadas, a fin de que el caldeo sea uniforme.

44. ¿Cuánto tiempo debe dejarse en el horno una pieza de acero cuando se calienta?

El acero debe calentarse el tiempo suficiente para asegurar un caldeo bueno y uniforme en todas las partes de la pieza. La regla práctica consiste en mantener o "normalizar" la pieza en el horno durante una hora por cada pulgada cuadrada (por cada 6,5 cm^2) de superficie de la sección transversal.

45. ¿Cómo puede evitarse el alabeo de una pieza al templarla y de qué forma puede salvarse una pieza que se haya alabeado en el proceso de tratamiento térmico?

El alabeo de una pieza larga y delgada puede evitarse sujetándola verticalmente por encima del baño de temple y sumergiéndola en él sin inclinarla.

Desde luego, una pieza alabeada puede enderezerse bajo presión sometiéndola a la acción de una prensa de enderezar después de caldeada con un soplete oxiacetilénico. La pieza se sujeta entre puntos y se mueve hacia atrás o hacia delante para situar la parte deformada debajo de la unidad de presión; después de cada ajuste, se comprueba la precisión de la pieza mediante un calibre con indicador de esfera.

46. Durante el proceso de tratamiento térmico, se forma a menudo escama en la superficie del metal y la suciedad puede calcinarse en ella; esto debe quitarse antes de que la pieza sea entregada al inspector o de que pase al departamento de rectificado. ¿Cuáles son los principales procedimientos de limpieza de las piezas tratadas térmicamente?

Las bruzas de alambre y las rasquetas son de utilidad cuando las piezas han de limpiarse sólo de vez en cuando, pero con el chorro de arena puede efectuarse un trabajo más eficiente. La figura 16-28 muestra el chorreado con arena de unas

BRINELL		ROCKWELL		SHORE
Diám. de la huella en mm con carga de 3000 kg. y bola de 10 mm	Número de dureza	Escala C, 150 kg, cono de 120°	Escala B, 100 kg, bola de 1/16"	
Muy duro				
2.20	780	68		96
2.25	745	67		94
2.30	712	65		92
2.35	682	63		89
2.40	653	62		86
2.45	627	60		84
Duro				
2.50	601	58		81
2.55	578	56		78
2.60	555	55		76
2.65	534	53		73
2.70	514	51		71
2.75	495	50		68
2.80	477	48		66
2.85	461	47		64
2.90	444	46		62
2.95	429	44		60
3.00	415	43		58
3.05	401	42		56
Medio duro				
3.10	388	41		54
3.15	375	39		52
3.20	363	38		51
3.25	352	37		49
3.30	341	36		48
3.35	331	35		46
3.40	321	34		45
Tenaz pero de posible mecanización				
3.45	311	32		43
3.50	302	31		42
3.55	293	30		41
3.60	285	29		40
3.65	277	28		38
3.70	269	27		37
3.75	262	26		36
3.80	255	25		35
3.85	248	24	100	34
3.90	241	23	99	33
Blando				
4.00	229	21	98	32
4.10	217	18	96	30
4.20	207	16	95	29
4.30	197	14	93	28
4.40	187	12	91	27
4.50	179	10	89	25
4.60	170	8	87	24
4.70	163	6	85	23
4.80	156	4	83	23
4.90	149	2	81	22

Fig. 16-27. Tabla de conversión de durezas (aproximada).



Fig. 16-28. Operario chorreando piezas de aviación en el local de chorro de aire (The Wheelabrator Corporation)



Fig. 16-29. Máquina de chorro húmedo (The Wheelabrator Corp.)

piezas de avión, antes de su mecanizado e instalación ulteriores. El chorreado con arena se lleva a cabo en un local especialmente dispuesto para ello. El operario debe ir eficazmente protegido con guantes del tipo de manopla y una capucha con suministro de aire.

Otro tipo de limpiador de metales lo constituye el soplador de chorro húmedo (fig. 16-29). Esta máquina utiliza un abrasivo líquido que el operario dirige hacia la superficie a limpiar. La figura 16-30 muestra el interior del chorro húmedo con el operario apuntando el soplador de chorreado hacia la pieza.

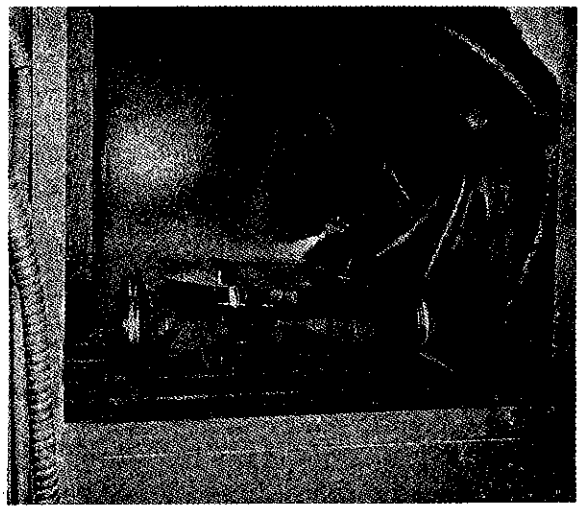


Fig. 16-30. Interior de una máquina de chorro húmedo (The Wheelabrator Corp.)

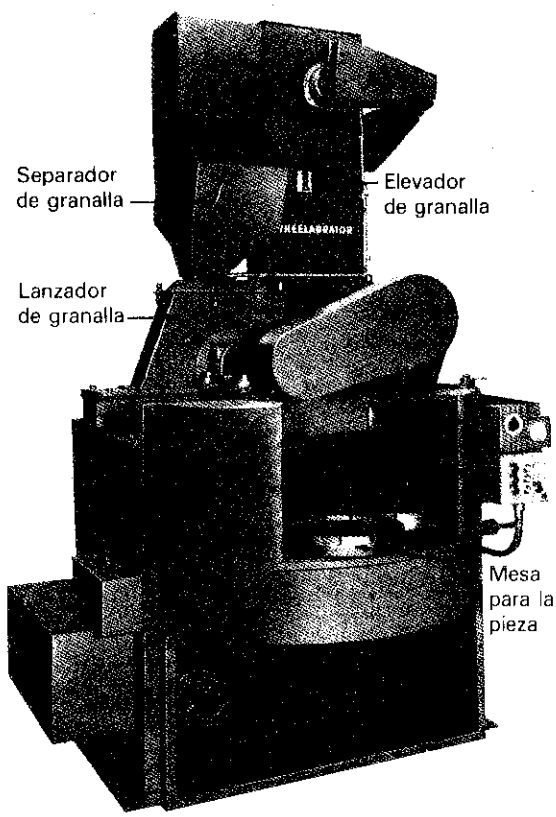


Fig. 16-31. Máquina limpiadora por chorro, del tipo de mesa, y sus partes componentes (The Wheelabrator Corp.)

Los metales pueden limpiarse también con una máquina que no utiliza aire ni líquido, como la del tipo de mesa representada en la figura 16-31, en la cual unos abrasivos en forma de perdigones o

granalla de varios grados, son lanzados violentamente sobre la pieza. El impulsor centrífugo, que puede verse en la figura 16-32, es capaz de lanzar

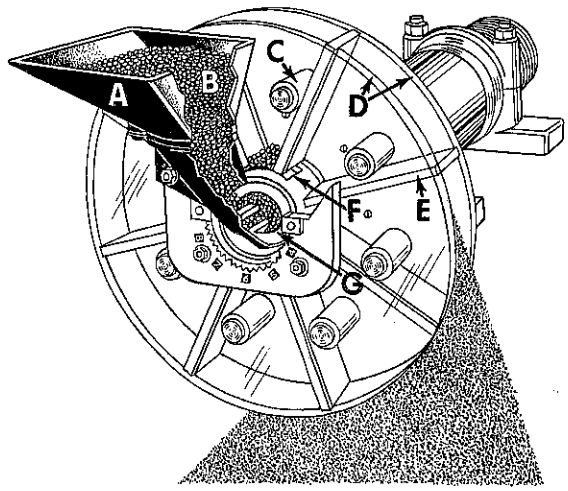


Fig. 16-32. Impulsor centrífugo para chorro de granalla: (A) Tolva de abrasivo. (B) Perdigones o granalla. (C) Separadores entre placas laterales. (D) Placas laterales. (E) Hojas intercambiables. (F) Jaula de regulación. (G) Impulsor; conduce el abrasivo a la abertura que tiene la jaula de regulación, desde donde es descargado a los compartimentos entre hojas de la rueda (The Wheelabrator Corp.)

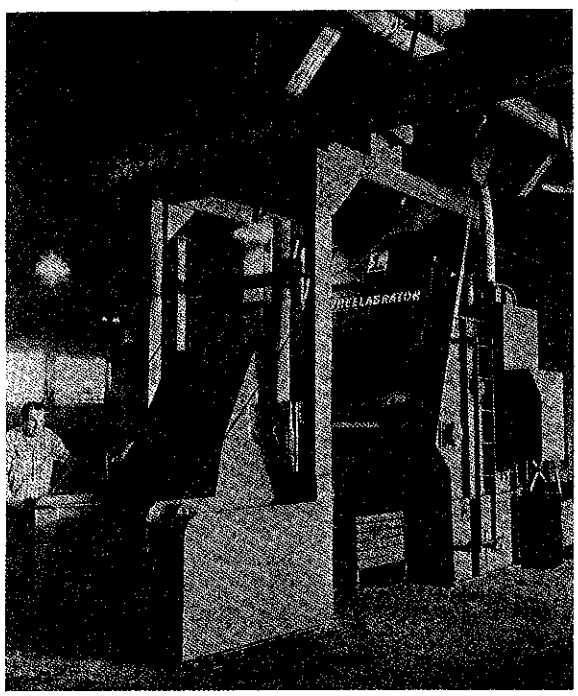


Fig. 16-33. Máquina limpiadora del tipo de tambor desarenando una pieza de fundición gris (The Wheelabrator Corp.)

300 libras (136 kg) de abrasivo por minuto. Este tipo de limpiador es considerado como el más eficaz en talleres donde hay que limpiar diariamente una gran cantidad de piezas.

El impulsor centrífugo puede también usarse en una máquina de tambor (fig. 16-33), la cual es preferida para la limpieza rápida de piezas fundidas y similares que pueden resistir la rodadura dentro de un tambor. La vista de detalle representada en la figura 16-34 indica cómo el abrasivo es conducido contra las piezas a limpiar, y cómo se eleva el abrasivo para usarlo otra vez.

Las piezas metálicas se limpian también con bruzas de alambres montadas en una máquina afiladora para uso general (fig. 16-35) o sujetadas en una taladradora eléctrica. En la figura 16-36 se muestran varias bruzas de esta clase.

47. ¿Cuáles son las reglas de seguridad más importantes que deben observarse en el departamento de tratamientos térmicos?

1. Hay que llevar puestas las gafas de seguri-

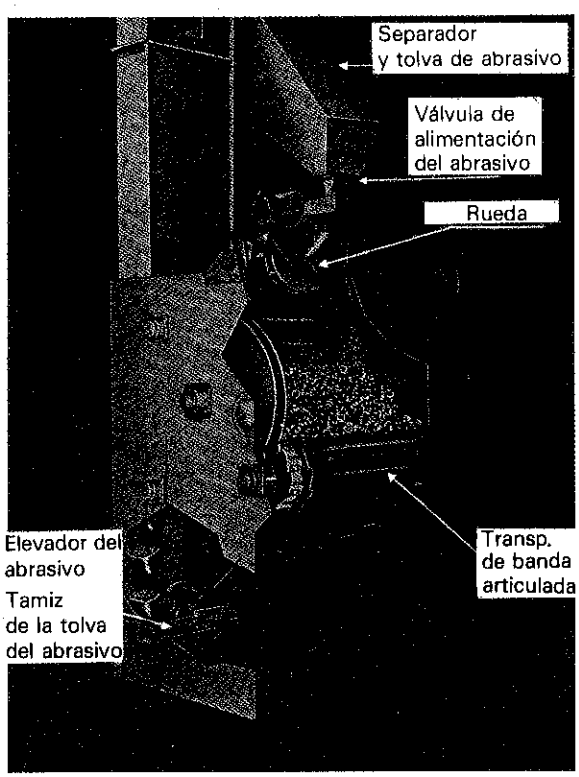


Fig. 16-34. Corte del tambor de una máquina de chorreado con granalla, mostrando cómo funciona (The Wheelabrator Corp.)

dad cuando se trabaja con baños de plomo, cianuro o nitrato.

2. El cianuro es un veneno mortal. No hay que dejar nada a su alrededor. Conservarlo encerrado bajo llave. No respirar sus humos. El área debe estar ventilado y provista de un buen aspirador.
3. No hay que poner nada húmedo o mojado en un baño de caldeo, pues puede producirse una explosión.
4. Las tenazas calientes no deben dejarse donde alguien pueda quemarse con ellas.
5. No coger nunca una pieza con las manos desnudas si no se tiene la seguridad de que no está caliente.
6. Hay que llevar guantes de manopla cuando se chorrea con arena o en húmedo.

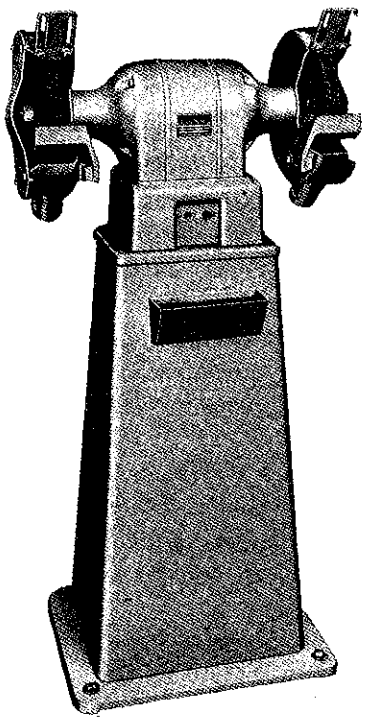


Fig. 16-35. Máquina afiladora para uso general (Black & Decker Mfg. Co.)

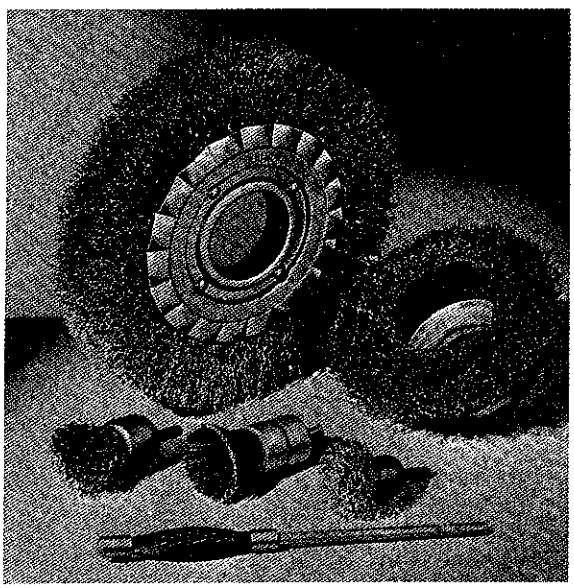


Fig. 16-36. Bruzas de alambre para usarse montadas en una afiladora o en una taladradora eléctrica (Black & Decker Mfg. Co.)

A continuación, se relacionan algunas muestras de tratamientos térmicos típicos para varios aceros:

Recocido comercial

1. Calentar hasta 1500-1550°F (815-845°C).
2. Enfriar en mica.
3. Para eliminar la escama, empacar en carbón de leña.

Normalizado comercial

1. Calentar hasta 1425°F (775°C).
2. Enfriar en aire.

Cianurado del acero bajo en carbono

1. Calentar en cianuro hasta 1500-1560°F (815-850°C). Normalizar durante 10 minutos.
2. Templar en salmuera; las piezas pequeñas, en aceite.
3. Comprobar la dureza con una lima.

Apto para una superficie dura no sujeta a un desgaste continuo.

No rectificar.

Apropiado para bridas, soportes de calibres, gruesos de apoyo, guías de almacén, tornillos, tuercas y arandelas.

Cementado del acero bajo en carbono

1. Cementar a 1700°F (925°C).
2. Enfriar en la caja de cementación.
3. Recalentar a 1650°F (900°C).
4. Enfriar en aire.
5. Recalentar a 1425°F (775°C).
6. Templar en salmuera.
7. Estabilizar en aceite a 350-375°F (175-190°C).
8. Se requiere una dureza Rockwell C 62-64.

Debido a que el núcleo queda blando, este método debe utilizarse para piezas cuyo enderezado ofrece dificultades. Es un tratamiento térmico que también puede usarse para el temple selectivo cuando es necesario mecanizar después de endurecer; en este caso:

A. Dejar material.
B. Cementar.
C. Quitar el exceso de material.
D. Templar.
E. Mecanizar.

Acero de resortes SAE 1075

1. Calentar hasta 1450°F (788°C).
2. Templar en aceite.
3. Revenir a 750°F (400°C).
4. Se requiere una dureza Rockwell 41-44.

Se emplea para toda clase de resortes de acero.

Acero de herramientas SAE 1095

1. Calentar hasta 1400-1450°F (760-790°C).
2. Templar en salmuera.
3. Estabilizar en aceite a 350-375°F (175-190°C).
4. Si se especifica, revenir.
5. Dureza requerida: Rockwell 52-64.

Adecuado para árboles portafresas, aros de bolas, casquillos, levas, mordazas de plato de sujeción, calibres, gruesos, bloques en V, etc.

Se usa cuando se requiere la máxima dureza.

Para piezas pequeñas, debe templarse en aceite si puede obtenerse el grado de dureza requerido.

Acero de matrices SAE 3150

1. Calentar hasta 1620°F (880°C).
2. Enfriar en aire (corriente de ventilador).
3. Revenir a 1050-1075°F (565-580°C).
4. Se requiere una dureza Rockwell 42-46.

Adecuado para matrices de inserción en martinetes y matrices para trabajar en caliente.

Acero SAE 5132

1. Mecanizar en desbaste.
2. Calentar hasta 1560°F (850°C).
3. Templar en salmuera o solución cáustica.
4. Revenir a 950-1050°F (510-565°C).
5. Enfriar en aire.
6. Mecanizar de acabado.
7. Se requiere una dureza Rockwell 30-34.

Adecuado cuando la precisión combinada con la tenacidad son más importantes que la dureza.

Apropiado para ejes de armaduras, barrenas largas para mandrinar, ruedas dentadas grandes y piezas varias de maquinaria pesada.

Acero rápido SAE 6470

1. Precalentar a 1450-1500°F (790-815°C).
2. Sobrecalentar a 2225-2240°F (1220-1230°C).
3. Templar en aceite.
4. Revenir dos veces en el horno a 1050°F (565°C), invirtiendo 3 horas en cada revenido.
5. Se requiere una dureza Rockwell 63-65.
6. Si es necesario, volver a revenir en nitrato a 700-800°F (370-425°C) durante 3 ó 4 horas, a fin de reducir la fragilidad.

Adecuado para herramientas de brochar, brocas para puntos de centrar, herramientas de tronzar, herramientas de forma, fresas, escariadores, brocas especiales, brocas de dos diámetros, cuchillas, etc.

Acero al cromo-níquel UNE F-122

1. Temple 810-830°C al aire.
2. Revenido a 670°C máx., enfriamiento en agua.

3. Dureza requerida: 310-395 Brinell. Si se templa en aceite y el revenido es a 150-200°C, la dureza debe ser 44-46 Rockwell C.

El temple en aceite se lleva a cabo cuando se trata de espesores grandes. Mucha sensibilidad a la fragilidad de revenido.

Adecuado para engranajes, coronas de reductores, cigüeñales, bielas, etc.

Acero de cementación UNE F-155

1. Cementar a 890-940°C.
2. Templar primero en aceite a 870-900°C; después, también en aceite, templar a 790-820°C.
3. Revenir a 200°C máx.
4. Dureza requerida: 190-220 Brinell para redondos de 75 mm de diámetro.

Adecuado para piezas de automovilismo y de maquinaria.

Acero inoxidable UNE F-313

1. Templar en aceite a 1000°C.
2. Revenir a 600-620°C; enfriamiento en agua.
3. Dureza requerida: 260-290 Brinell.

Acusada resistencia a la corrosión; resistencia al agua de mar. Fácil mecanización; alta resistencia a la tracción.

Adecuado para ejes de bombas y para piezas cargadas sometidas a la corrosión o a altas temperaturas.

Acero de herramientas indeformable UNE F-521

1. Temple en aceite a 925-975°C.
2. Revenido a 200-300°C, al aire.
3. Dureza normal de utilización, 60-64 Rockwell C.

Adecuado para matrices cortantes de formas complicadas, escariadores, machos de roscar, cuchillas circulares, calibres, útiles para embutir, etc.

Acero extrarrápido UNE F-554

1. Temple en aceite a 1320°C.
2. Revenido a 580°C, al aire.
3. Dureza normal de utilización, 62-64 Rockwell C.

Adecuado para útiles de máximo rendimiento para materiales muy duros, con velocidades de corte y secciones de viruta elevadas. Poco apto para herramientas finas y delicadas.

17. ACABADO SUPERFICIAL Y SU MEDICION

El grado de lisura de una superficie mecanizada es cosa que concierne siempre al mecánico, al técnico y al ingeniero. Y siempre se ha considerado seriamente la lisura superficial cuando se trata de superficies mecanizadas que entran en contacto una con otra, como, por ejemplo, en el caso de un eje y su cojinete.

Antes de que se desarrollasen los medios de medir con precisión la rugosidad superficial, las superficies mecanizadas que tenían que establecer contacto una con otra no podían funcionar con una total eficiencia sin antes igualarlas para quitar sus irregularidades. Cuando se observa con el microscopio, una superficie aparentemente lisa muestra una serie de surcos con sus picos y valles, y cuando dos de estas superficies han de funcionar juntas (eje y cojinete), deben ajustarse con una tolerancia estrecha. Después de un corto periodo de tiempo en funcionamiento, se desgastan los picos de cada superficie, con lo que resulta una holgura excesiva; entonces se hace necesario parar la máquina y llevar a cabo ajustes en los cojinetes, a fin de compensar el desgaste citado en el cojinete y en el eje. Es por esta razón que la mayoría de los cojinetes solían construirse en dos mitades al objeto de poder poner suplementos entre ellas para quitarlos una vez transcurrido el periodo de desgaste.

Los perfeccionamientos en las operaciones de mecanizado permitieron alcanzar superficies acabadas más lisas, pero ello no eliminó el problema. La industria del automóvil estableció extensos programas de investigación con el fin de descubrir métodos de mecanizado mediante los cuales fuese posible obtener un acabado superficial con la máxima lisura. Se desarrollaron técnicas de mecanizado para reducir el tiempo de rodaje del motor nuevo del automóvil. Un automóvil nuevo podía ir sólo a velocidades lentas en las primeras 500 millas (800 km), a fin de que el agujero de los cilindros del motor tuviera tiempo de desgastarse lo suficiente para tener un acabado liso. El motor y los cojinetes necesitan ya sea un repaso, ya sea su sustitución, después de haber recorrido un cierto número de kilómetros, debido a su pérdida de rendimiento. El único método disponible entonces para determinar la calidad de una superficie acabada consistía en rascar con la uña del pulgar a través de la parte mecanizada y observar la resistencia que ofrecían a la uña los surcos dejados por la herramienta al mecanizar. Este fue el método usado por el operario y por el técnico; a pesar de no regatearse los grandes esfuerzos para mejorar la precisión en la medición, nada se efectuó en el campo de la medición de la rugosidad de una superficie.

Al objeto de encontrar un sistema por el cual pudieran mejorarse sus productos, la "SKF Ball Bearing Company" contrató los servicios de E.J. Abbott para que estudiara un medio de medir la rugosidad superficial. En 1936, Abbott perfeccionó un instrumento capaz de medir con precisión las irregularidades de una superficie mecanizada, al que llamó perfilómetro; este aparato fue pronto utilizado por todos quienes estaban interesados en la medición de superficies. La facultad de poder medir con precisión la superficie resultante de las diversas operaciones de mecanizado ocasionó continuas mejoras en los métodos y técnicas de obtención de superficies casi exentas de

irregularidades. A partir de entonces, se han desarrollado otros instrumentos para medir la rugosidad superficial; entre ellos, se encuentra el analizador de superficies mediante escobilla.

1. ¿Qué se entiende por acabado superficial?

Cada proceso de mecanizado deja su evidencia sobre la superficie mecanizada; esta evidencia resulta en la forma de irregularidades finamente espaciadas dejadas por la herramienta de corte. Cada clase de herramienta de corte deja su modelo individual propio, el cual puede identificar fácilmente el técnico con experiencia. Este modelo o perfil es lo que se conoce como acabado superficial o rugosidad superficial. Toda superficie mecanizada se compone de pequeñísimos picos y valles o crestas y fondos. Siempre que la superficie es el resultado de una operación de torneado, fresado, acepillado, rectificado, esmerilado o pulido, su acabado puede determinarse mediante una profunda investigación de las características de su estructura superficial; ciertas características de la superficie de una pieza pueden ser causa de que ésta sea inadecuada para algunas clases de trabajos.

2. ¿Qué es lo que causa las irregularidades en la superficie de una pieza mecanizada?

Las irregularidades superficiales están relacionadas con la eficiencia de la operación de mecanizado; y es bien sabido que esta eficiencia depende, en gran medida, del afilado correcto de la herramienta de corte, de sus ángulos de incidencia, de desprendimiento y de huelgo. Las irregularidades superficiales también son causadas al ser obligadas las virutas a separarse de la pieza por la acción de penetración de la herramienta. La forma de la pieza puede asimismo ejercer su efecto, ya que la vibración de la misma y de la herramienta de corte producen marcas en la superficie acabada. Incluso el desgaste o los errores de fabricación de las guías de la máquina pueden observarse después de mecanizar de acabado una pieza. Un trabajo de rectificado eficiente depende en gran manera de la elección de la muela correcta para el metal a rectificar, y del repasado apropiado de la muela. La calidad del acabado superficial depende de los factores de elección y repasado adecuados de la muela.

3. ¿Cuáles son los factores que contribuyen a la calidad de un acabado superficial?

Entre los factores más importantes que contribuyen a la calidad de un acabado superficial, cabe citar:

1. La agudeza del filo cortante de la herramienta.
2. La uniformidad de este filo.
3. La lisura de las superficies de las herramientas que entran en contacto con la pieza o la viruta durante las operaciones de mecanizado.
4. El avance dado por la máquina a la herramienta mientras atraviesa la pieza.
5. Las condiciones de las guías de la máquina que conducen la herramienta a lo largo de su trayectoria.

4. ¿Cuáles son las características de rugosidad superficial que se miden para obtener una evaluación de la superficie?

Son varias las características de una superficie que contribuyen a la evaluación de su calidad. Estas características han sido definidas por la "American Standards Association", así como en la norma UNE 1037; dado que las superficies son de carácter complejo, las normas suelen referirse sólo a la altura, el ancho y el sentido de las irregularidades superficiales.

5. ¿Cuáles son las características superficiales más importantes?

En la figura 17-1 se indica el significado de las características más usuales. Las condiciones normales de sus términos y valores "estan relacionados con las superficies producidas por medios tales como mecanizado, abrasión, extrusión, fundición, moldeo, forjado, laminado, revestimiento, galvanizado, chorreado, bruñido, etc.".

Estructura de la superficie. Desviaciones repetitivas o fortuitas de la superficie nominal, las cuales forman la característica de la superficie; la estructura de la superficie incluye la rugosidad, la ondulación, el sesgo y los fallos.

Superficie. La superficie de un objeto es el límite que separa este objeto de otro objeto o sustancia, o del espacio.

Superficie nominal. Es el contorno superficial deseado cuya forma y extensión se indica y

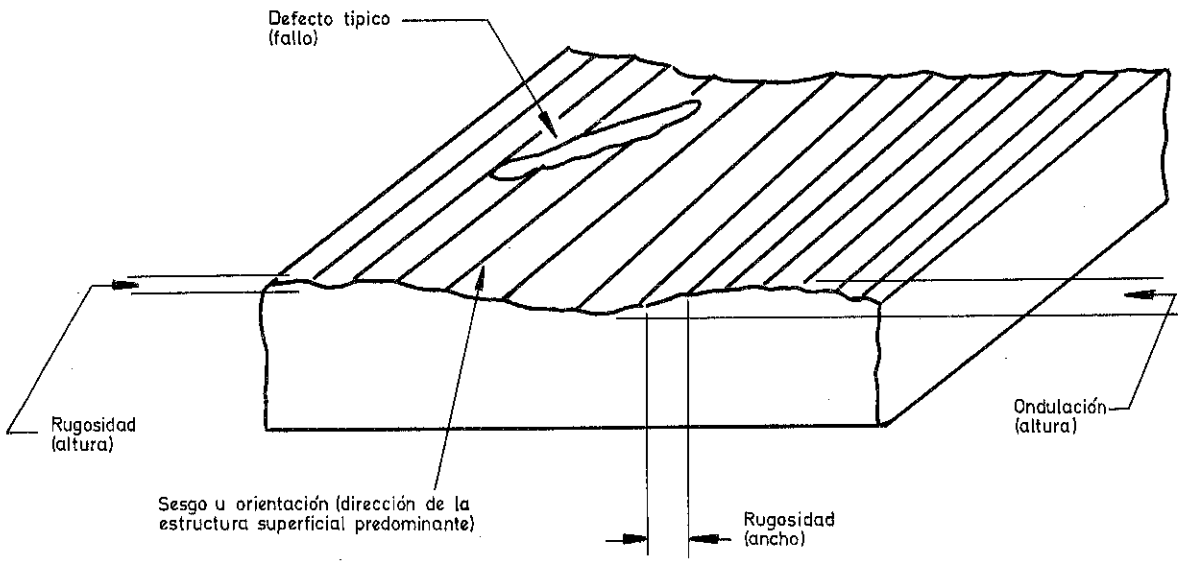


Fig. 17-1. Características del acabado superficial.

dimensiona generalmente en un dibujo o prescripción descriptiva.

Superficie medida o *superficie real.* Es una representación de la superficie obtenida con instrumentos u otros medios.

Perfil. Es el contorno de una superficie visto según un plano perpendicular a la misma, a menos que se especifique otro ángulo visual.

Perfil nominal. Es el perfil previsto sin tener en cuenta la estructura superficial.

Perfil medido o perfil real. Es una represención de perfil obtenido con instrumentos u otros medios.

Línea media o línea central. Es una línea respecto a la cual se mide la rugosidad; es paralela a la dirección general del perfil dentro de los límites del paso de la rugosidad, de modo que las sumas de las áreas contenidas entre la línea central y aquellas partes del perfil que se hallan a cada lado de la misma, son iguales.

Micropulgada. Una micropulgada es una millonésima de pulgada (0,000001''). Para especificaciones escritas o referencias a los requerimietos de rugosidad superficial, las micropulgadas pueden abreviarse indicando MU in.

Micra o micrón. Una micra es una milésima de milímetro (0,001 mm). Abreviadamente, las micras se indican con la letra griega μ .

Rugosidad. La rugosidad se refiere a las finas irregularidades que presenta la estructura superficial, incluyendo, por lo general, aquellas irregularidades inherentes a la acción del proceso de producción. Se considera que éstas comprenden las marcas del avance transversal y otras que se hallan dentro de los límites del paso de la rugosidad.

Altura de la rugosidad. Para los fines perseguidos por las normas, la altura de la rugosidad viene determinada por la media aritmética de las desviaciones, expresadas en micropulgadas (o en micras), medidas normalmente a la línea central.

Ancho de la rugosidad. Es la distancia, paralela a la superficie nominal, entre crestas o fondos sucesivos que constituyen el perfil predominante de la rugosidad; se valora en pulgadas (o en mm).

Paso de la rugosidad. Es el máximo espacio entre irregularidades superficiales repetitivas, el cual sirve para medir la altura media de la rugosidad; se valora en pulgadas (o en mm). El paso de la rugosidad debe ser siempre mayor que el ancho de la misma, a fin de obtener la valoración de la altura total de dicha rugosidad.

Ondulación. La ondulación es el componente de la estructura superficial generalmente más

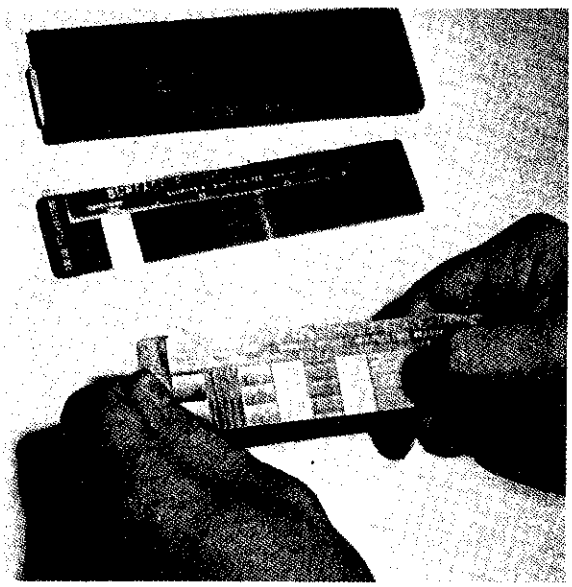


Fig. 17-2. Escala de comparación por tacto.

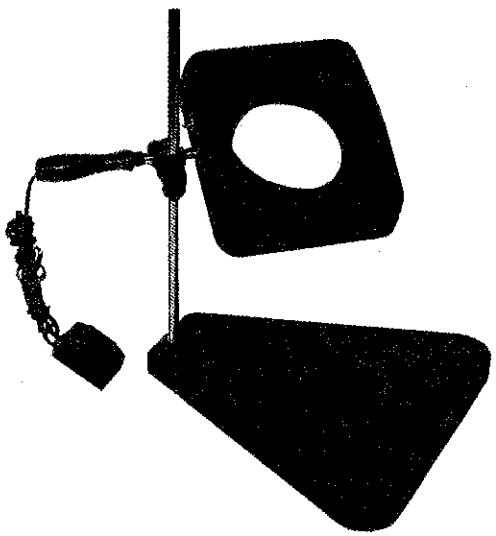


Fig. 17-3. Amplificador iluminado para la inspección de superficies (Scherr-Tumico, Inc.)

espaciado, de modo que suele ser de mayor amplitud que el paso de la rugosidad. La ondulación puede resultar de factores tales como flexiones de la máquina o de la pieza, vibración, trepidaciones, tratamiento térmico o esfuerzos de alabeado. La rugosidad puede considerarse como superpuesta en una superficie "ondulada".

Altura de la ondulación. Es la distancia desde un pico a un valle valorada en pulgadas (o en mm).

Ancho de la ondulación. Es la distancia entre picos o valles sucesivos de la ondulación; también se valora en pulgadas (o en mm) y, cuando se especifique, los valores serán los máximos.

Sesgo. Es la dirección del perfil predominante de la superficie; ordinariamente viene determinado por el método de producción usado.

Fallos. Son irregularidades que ocurren en un lugar o a intervalos relativamente infrecuentes o ampliamente variables en una superficie. Los fallos incluyen defectos tales como grietas, sopladuras, marcas, resaltes, rayas, etc. Si no se especifica otra cosa, los efectos de los fallos no deben incluirse en la medición de la altura de la rugosidad.

6. ¿Cómo se mide el grado de rugosidad superficial?

Existen ocasiones en que la comparación visual a simple vista revela si una superficie es más rugosa que otra. Este método es posible sólo en casos de marcada diferencia que no puede ser mal interpretada por la reacción individual. Los métodos más a menudo usados para evaluar la rugosidad superficial son los siguientes:

1. Inspección por comparación mediante el tacto. Se recorre con el pulgar o con la uña del dedo la superficie de la pieza y se toma nota mentalmente de la resistencia encontrada y de la profundidad de las irregularidades. Después se pasa el pulgar o la uña por una serie de escalas de rugosidad patrón, las cuales son numeradas de acuerdo con su medición en micropulgadas (o en micras), tal como se aprecia en la figura 17-2. El acabado de mecanizado debe compararse satisfactoriamente con el patrón correcto. Esta forma de comprobación se presta a ser empleada principalmente por el mecánico.
2. Inspección por comparación visual. Esta inspección puede efectuarse con la ayuda de dispositivos de amplificación iluminados (fig. 17-3).
3. El microscopio de interferencia (fig. 17-4) uti-

liza el microscopio conjuntamente con una placa de plano óptico y una luz monocromática. La altura de la irregularidad superficial se observa en luz reflejada entre el objetivo del microscopio y la superficie de la pieza. Las rayas de interferencia indican la intersección de las partes anteriores de la onda reflejada entre la pieza y la superficie frontal del objetivo del microscopio. La distancia entre rayas representa 11 micropulgadas (0,28 μ). El empleo del microscopio de interferencia para la medición del acabado superficial constituye un procedimiento de laboratorio raramente aplicado en el taller.

4. El instrumento más comúnmente usado para hallar el grado de rugosidad superficial es el perfilómetro (fig. 17-5). Este es uno de los instrumentos que utiliza el estilete trazador y realmente mide las diferencias en la profundidad de las irregularidades superficiales. El perfilómetro es un instrumento mecánico-electrónico que puede usarse tanto en el taller como en el laboratorio.

7. ¿Cómo funciona el perfilómetro?

Las dos partes principales del perfilómetro son el trazador y el amplificador de medición. Los trazadores son estiletes que se fabrican de varios tipos para adaptarse a la medición de perfiles diversos. El estilete tiene un radio muy pequeño en su punta y, mientras se mueve a través de la superficie que se mide, sigue el contorno de las irregularidades dejadas por la máquina-herramienta. De esta forma, el estilete va subiendo y bajando a medida que se desplaza, convirtiéndose tales movimientos en pequeñas fluctuaciones de voltaje; éste alimenta el amplificador donde es amplificado para actuar sobre el medidor de micropulgadas (o de micras) situado en el panel frontal. Así pueden observarse las variaciones en la altura media de la rugosidad. Cuando la maniobra a mano no es posible o práctica, el movimiento mecánico del trazador con su estilete se consigue por medio del dispositivo accionado a motor que se ve en la figura 17-5.

8. ¿Cuál es el tamaño del estilete que mide la rugosidad de una superficie?

El radio del estilete usado en los instrumentos

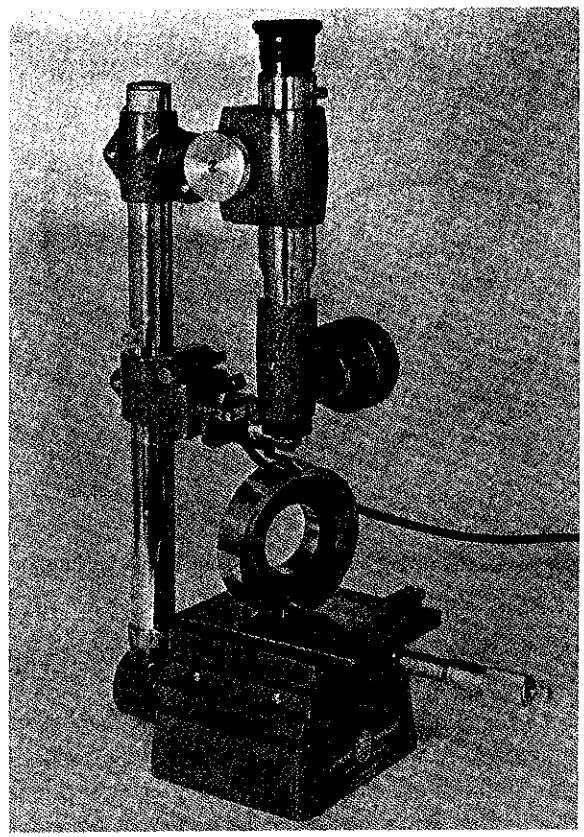


Fig. 17-4. Microscopio de interferencia para verificar el acabado superficial (Engis Equipment Company)

de medición de la rugosidad superficial es, de acuerdo con las normas, de 0,0005" $\pm$ 0,00015" (0,0125 mm $\pm$ 0,00375 mm).

9. ¿Cómo se mide la profundidad o altura total entre fondo y cresta de una rugosidad superficial cuando la punta del estilete no puede alcanzar toda la profundidad?

A medida que el estilete se desplaza a lo largo de la superficie de la pieza, el perfilómetro sitúa, automáticamente, una línea central a través del perfil de la rugosidad de dicha superficie, invierte la porción de perfil que se halla debajo de la citada línea, hace memoria del último lote de cien irregularidades por las que pasó el trazador, calcula la altura media de estas irregularidades, y muestra este valor medio en el medidor o indicador del amplificador. De esta manera, el perfilómetro indica las variaciones en la altura media de la rugosidad que ocurren en la mayoría de las superficies.

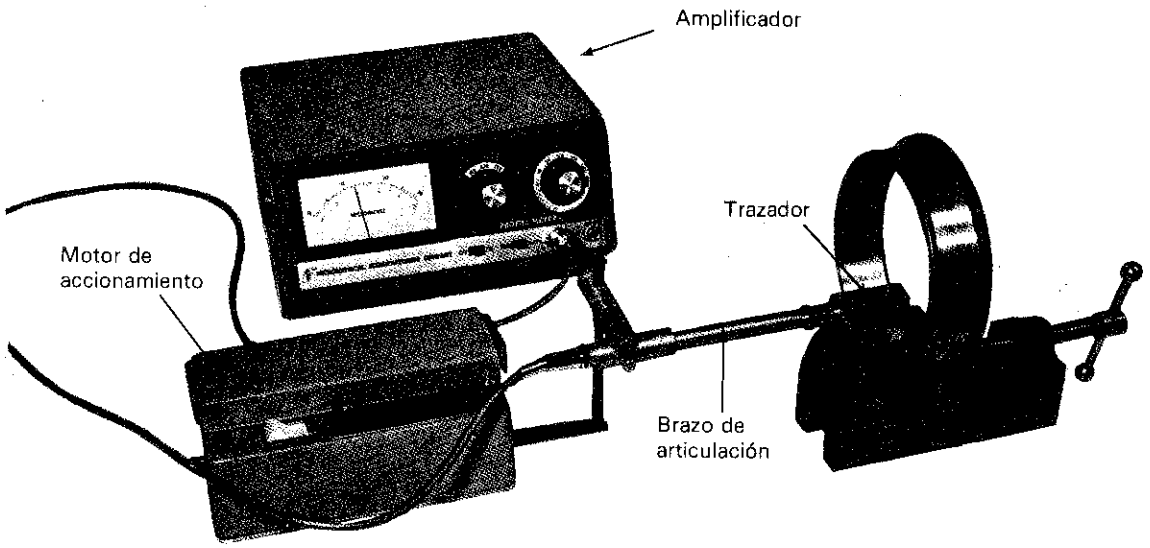
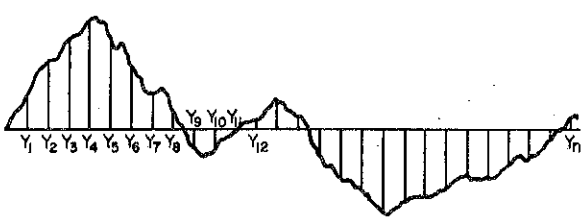


Fig. 17-5. Medición de la rugosidad superficial del interior de un aro con el perfilómetro (Micrometrical Manufacturing Co.)

10. ¿Cómo se transforman en una medición las lecturas de la curva del perfilómetro?

La figura 17-6 representa el perfil ampliado de la rugosidad de una corta porción de una superficie. Se establece una línea central desde la cual puede medirse la altura media de la curva. El área que se halla encima de dicha línea es igual al área que se halla debajo de la misma. Las rectas verticales igualmente espaciadas Y_1, Y_2, Y_3, etc., dibujadas en la figura 17-6, indican las desviaciones de la superficie a partir de la línea central (que representa la superficie nominal). A fin de determinar el promedio, las partes debajo de la línea se tratan exactamente del mismo modo que las partes encima de la línea. La medición de la altura de la rugosidad superficial se determina por la desviación media a partir de la línea central.

11. ¿Qué métodos se emplean para hallar la desviación media a partir de la línea central?



Fgi. 17-6. Porción representativa de un perfil superficial (Micrometrical Manufacturing Co.)

Los dos métodos aplicados para obtener la desviación media, son:

1. La altura media aritmética.
2. La altura media geométrica rms (de "root-mean-square").

A continuación se da la formula de la altura media aritmética del perfil superficial representado en la figura 17-6:

$$\frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 \ldots Y_n}{n}$$

donde *n* es el número total de mediciones verticales.

La altura media geométrica (rms) resulta aproximadamente un 11% más elevada que la altura media aritmética; esta diferencia es de poca importancia en la mayoría de los casos. La fórmula para la altura media rms del perfil representado en la figura 17-6, es la siguiente:

$$\sqrt{\frac{Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2 + Y_4^2 + \cdots Y_n^2}{n}}$$

donde *n* es el número total de mediciones verticales.

El valor rms se usaba más corrientemente cuando el método de medición de la rugosidad superficial por medio del trazador con estilete se hallaba en sus inicios; en la actualidad, la media aritmética se considera el valor normal en todo el mundo.



Fig. 17-7. Panel de control del amplificador del perfilómetro (Micrometrical Manufacturing Co.)

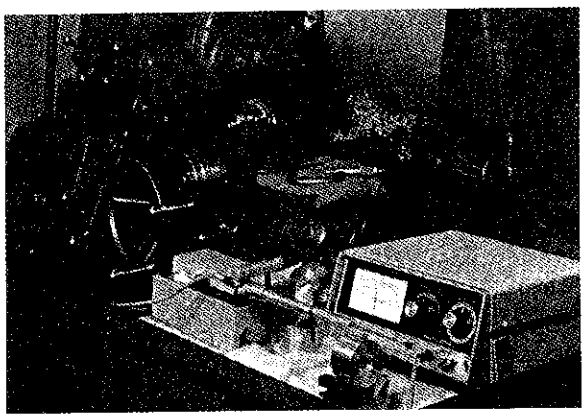


Fig. 17-8. Medición del acabado superficial durante la producción (Micrometrical Manufacturing Co.)

12. La altura media aritmética y la altura media geométrica, ¿pueden ambas medirse con el mismo instrumento?

Con sólo mover un interruptor (fig. 17-7), el perfilómetro puede medir la rugosidad en forma de media aritmética o de media geométrica rms.

13. ¿Cómo es posible medir el acabado superficial en la máquina cuando la pieza se está mecanizando?

La maniobra de los instrumentos diseñados para efectuar esta medición no requiere conocimientos técnicos ni entrenamiento alguno especial; un mecánico puede aprenderla en pocos minutos. El instrumento puede emplazarse sobre un banco o armario junto a la máquina, y la pieza puede comprobarse en el banco (fig. 17-8), o llevarse a mano el trazador hasta ponerlo sobre la pieza mientras ésta se halla en la máquina (fig. 17-9). La pieza también puede comprobarse en unidades de inspección de sobremesa (fig. 17-10).

14. ¿Por qué se comprueba la calidad del acabado superficial de las piezas durante la producción?

El mecánico está siempre interesado por la calidad del acabado que la herramienta de corte produce en la superficie de la pieza que se mecaniza. La lisura y la regularidad de la superficie acabada indicarán:

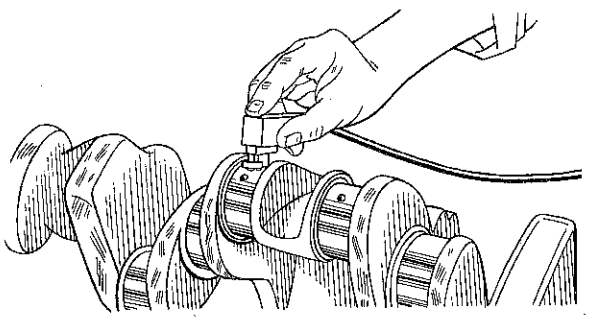


Fig. 17-9. Comprobación del acabado superficial sobre la máquina (Micrometrical Manufacturing Co.)

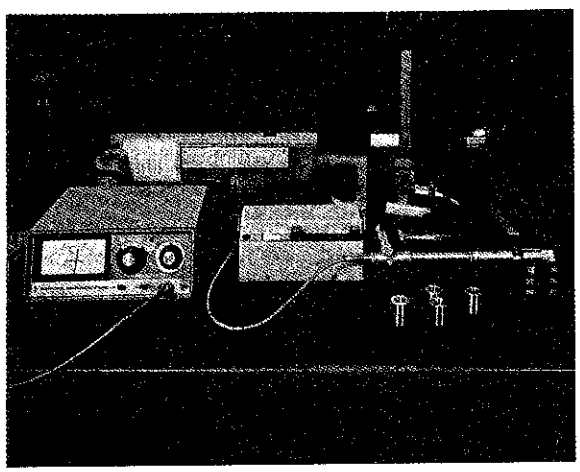


Fig. 17-10. Inspección del acabado superficial con un instrumento de sobremesa (Micrometrical Manufacturing Co.)

1. La eficiencia de la herramienta de corte y si ésta ha sido correctamente afilada.
2. La proximidad del deterioro del filo de la herramienta (o el embotado, desafilado, etc. de la muela).
3. La variación de medida a causa de un cambio en la rugosidad superficial.
4. La necesidad de un mecanizado adicional o la improcedencia del mismo.

Valiéndose por sí mismo de un método de comprobación de la rugosidad superficial rápido y de confianza, el mecánico ahorra tiempo y esfuerzo.

15. El perfilómetro, ¿es el único instrumento empleado para comprobar el acabado de una superficie?

Existen varios instrumentos para verificar la calidad de un acabado superficial. El analizador de superficies mediante escobilla (fig. 17-11) es bien conocido como instrumento práctico de taller diseñado para la medición precisa de la rugosidad de un acabado superficial. Al igual que el perfilómetro, este instrumento analizador mide las irregularidades del acabado superficial y las registra en micropulgadas (o micras). Esto se realiza por medio de un estilete trazador que registra los ascensos y descensos de los picos y valles que forman la superficie acabada; estas variaciones son ampliadas y vienen indicadas en un medidor eléctrico, el cual es calibrado para que puedan leerse micropulgadas (o micras). El analizador de superficies puede calibrarse para leer directamente medias aritméticas o medias geométricas, y puede equiparse con varios accesorios de aplicación en áreas especializadas.

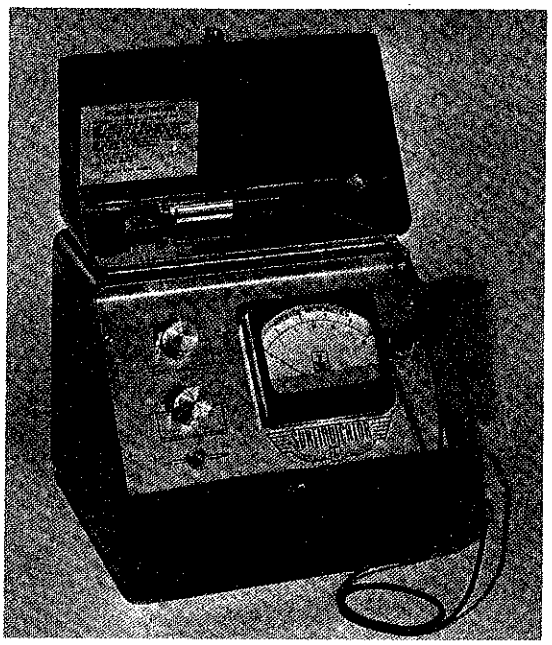


Fig. 17-11. Analizador de superficies con escobilla (Brush Electronics Company)

16. La calidad de una superficie acabada, ¿puede observarse y medirse mediante instrumentos ópticos?

Una superficie mecanizada puede observarse por medio de un microscopio, pero, dado que la rugosidad superficial debe medirse en millonésimas de pulgada (o en milésimas de milímetro), se requiere una técnica microscópica especial para tal medición. El microscopio para acabados superficiales (fig. 17-12) hace uso de las rayas o franjas de interferencia, las cuales permiten la medición del acabado superficial utilizando la longitud de onda de la luz. El microscopio amplifica de 125 a 170 veces la superficie que se

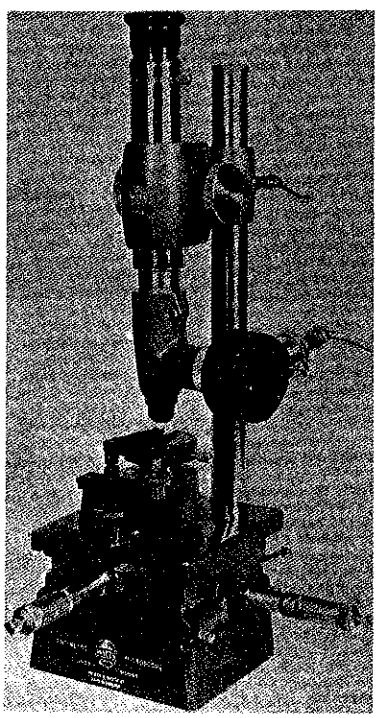


Fig. 17-12. Microscopio para acabados superficiales (Engis Equipment Company)

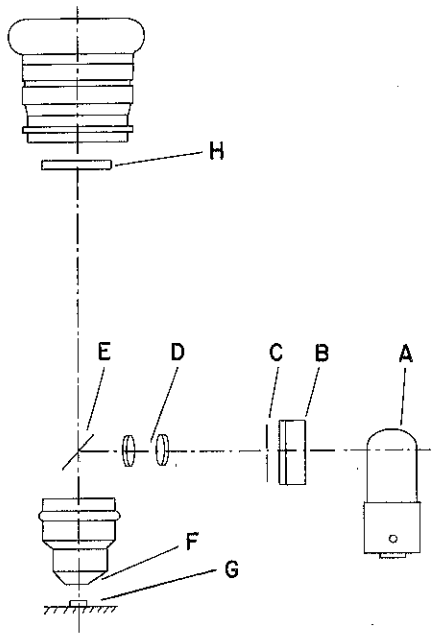


Fig. 17-13. Diagrama del sistema óptico de un microscopio para el examen de superficies acabadas (Ferrand Optical Co., Inc.)

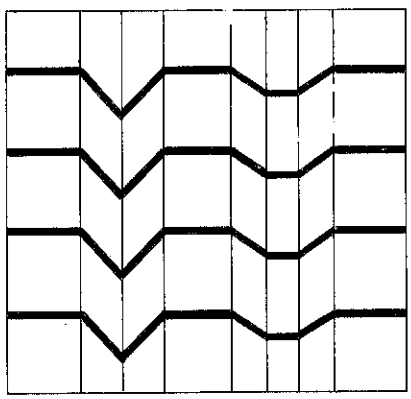


Fig. 17-14. Vista diagramática de las franjas según se ven con el microscopio (Hilger & Watts, Ltd.)

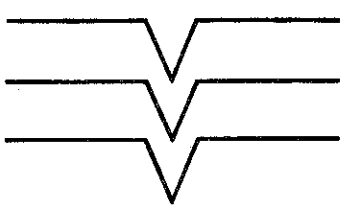


Fig. 17-15. Modelo de franjas producidas por una raya en la superficie; caso de una franja en altura (Ferrand Optical Co., Inc.)

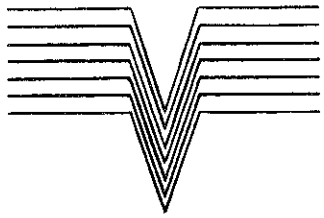


Fig. 17-16. Modelo de franjas producidas por una raya en la superficie; caso de seis franjas en altura (Farrand Optical Co., Inc.)

examina, variando la amplificación, dentro de dichos límites, según los diseños del fabricante. La iluminación es suministrada por lámpara de mercurio *A* (fig. 17-13), de alta intensidad, la cual es alojada en un pequeño tubo dispuesto en un brazo que sobresale a un lado del cuerpo principal del microscopio; esta lámpara va conectada a un interruptor de capacidad, el cual es enchufado directamente a la red de suministro principal, ya sea a 210-240 V ya sea 110-130 V. La luz pasa a través de un filtro de color verde *B* e ilumina un diafragma irisado *C,* el cual es enfocado por medio de un sistema de lentes *D*; después se refleja en el espejo semirreflejante *E,* dirigiéndose al plano focal posterior del objetivo *F* diseñado especialmente para trabajar con luz paralela. Debajo del objetivo hay una placa de comparador *G*, la cual es un plano óptico recubierto de una película de óxido semireflectante endurecido; dicha placa está en contacto con la superficie de la pieza e inclinada según un ángulo muy pequeño a fin de que quede un espacio de aire en forma de cuña entre el plano óptico y la pieza, la cual actúa también como reflector. Entre las dos superficies que forman la cuña de aire tienen lugar múltiples reflexiones. La pieza, junto con las franjas superpuestas así producidas, se observan a través del ocular *H*.

17. ¿Cómo se interpretan en la medición las franjas producidas por la reflexión de la luz?

La figura 17-14 presenta una vista de las franjas según se ven en el microscopio. Las hendiduras en forma de V denotan una raya en la superficie de la pieza. Si la irregularidad en el modelo de franjas es de altura exactamente igual a una franja, como en la figura 17-15, la raya tiene una profundidad de diez millonésimas de pulgada (0,025 micras) y se ve con una ampliación microscópica

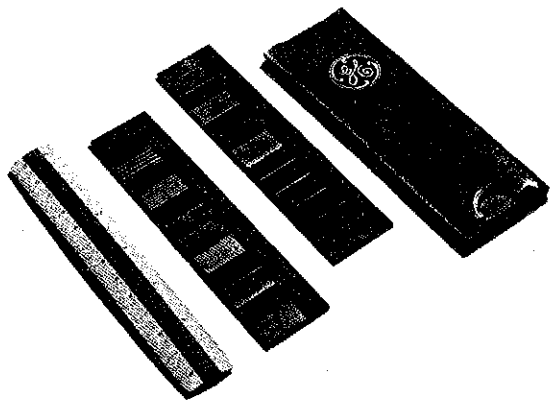


Fig. 17-17. Escalas de rugosidad. El grabado muestra un estuche y 2 escalas cuyo tamaño se compara con el de una regla de 150 mm (General Electric Co.)

de 125X. Si la irregularidad se ve de modo que hay 6 franjas en altura (fig. 17-16), la profundidad de la raya es de 6 x 10 = 60 micropulgadas (0,15 micras). El grado de ampliación afecta a la altura de la franja.

Al objeto de obtener un registro del interferograma, puede fijarse al microscopio una cámara de 35 mm; el grabado fotográfico puede ser utilizado por el mecánico como medida de comparación o, una vez ampliado, para efectuar mediciones más precisas.

18. ¿Cuál es el método más simple para estimar la rugosidad de una superficie?

El método más sencillo de conceptuar la rugosidad de una superficie ha sido siempre la prueba con la uña del dedo. La uña humana es muy sensible y detecta el resultado de un corte defectuoso, así como los picos y valles que contribuyen a la rugosidad de la superficie acabada. A fin de proporcionar al mecánico alguna clase de superficie de referencia con la cual pueda comparar su trabajo, se han creado las escalas de rugosidad (fig. 17-17). Utilizando el tacto y la vista para comparar la superficie de la pieza con la parte correspondiente de la escala, el mecánico puede determinar si aquélla está de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones del trabajo. Las escalas se fabrican duplicando las normas de superficies mecanizadas en aspecto, perfil y valor de la rugosidad. Son de acero plano y de tamaño de bolsillo. Para identificar el grado correcto de rugosidad superficial, cada modelo lleva grabado un número que representa la desviación media aritmética desde la superficie media, en micropulgadas o en micras; por ejemplo, 8 indica 8 micropulgadas de rugosidad. Con un juego de escalas curvas se simplifica la medición de superficies cilíndricas, tanto exteriores como interiores (fig. 17-18). En la figura 17-19 se muestra un perfeccionamiento ulterior de este método de medición de la rugosidad superficial; cada modelo de la escala de referencia va marcado con un número que representa la rugosidad superficial en micropulgadas (o en micras) y con una letra de código que indica el proceso de mecanizado; por ejemplo, 63M denota 63 micropulgadas, fresado. La escala de referencia puede usarse a simple vista o con el tacto, pero, constituyendo una ventaja adicional, el fabricante suministra un amplificador manual 10X con lámpara de iluminación incorporada. El equipo completo comprende 2 escalas en las cuales hay representadas 22 muestras de una variedad de acabados, el amplificador óptico 10X, y un estuche.

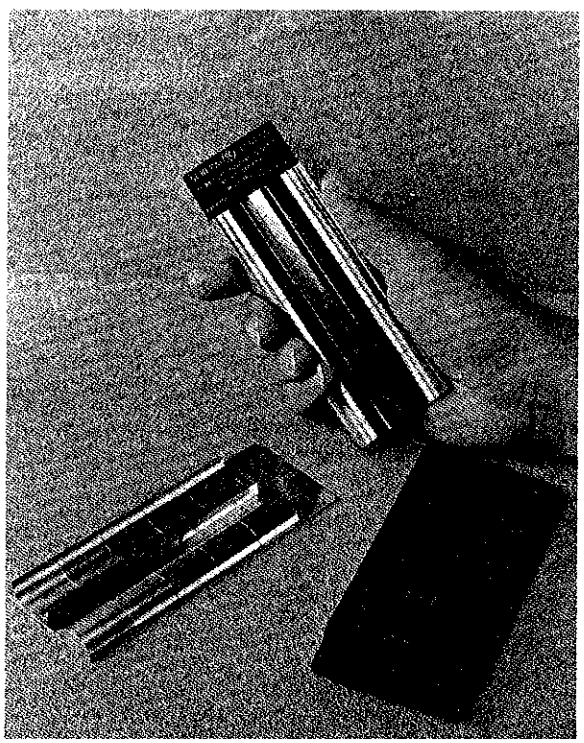


Fig. 17-18. Escalas de rugosidad cilíndricas (General Electric Co.)

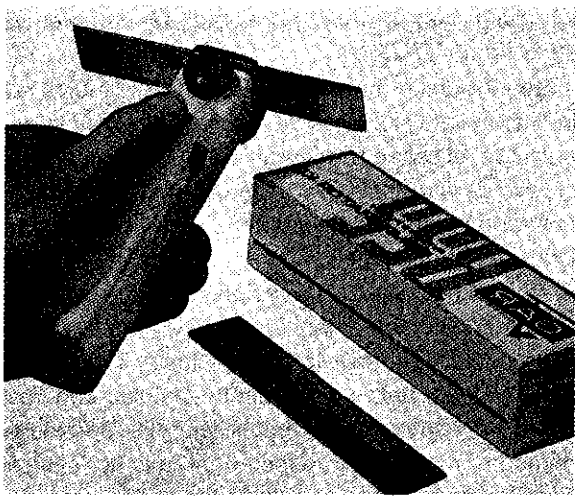


Fig. 17-19. Equipo de comprobación de acabados superficiales, el cual permite comparar la rugosidad lo mismo por tacto que mediante un amplificador óptico (Gar Precision Div. of Heli-Coil Corp.)

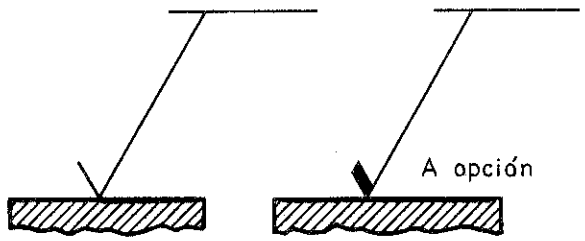


Fig. 17-20. Símbolos de superficie (Micrometrical Manufacturing Co.)

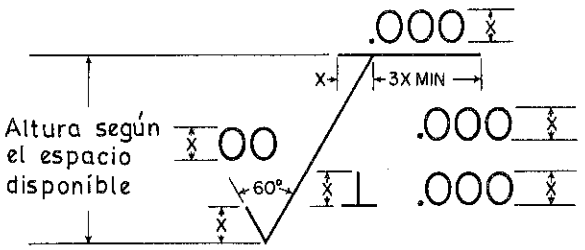


Fig. 17-21. Proporciones recomendadas del símbolo de superficie (Micrometrical Manufacturing Co.)

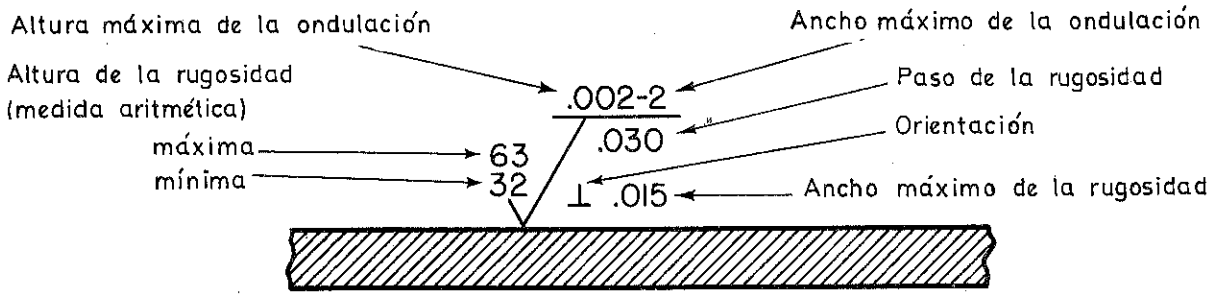


Fig. 17-22. Símbolo de superficie con especificaciones para todas las características normales (Micrometrical Manufacturing Co.)

19. ¿Cómo se especifican las características de una superficie en el dibujo de mecanizado?

La norma americana establecida por ASA estipula que "el símbolo utilizado para designar las irregularidades superficiales es la marca de comprobación con una prolongación horizontal, tal como se ve en la figura 17-20"*.

En la figura 17-21 se muestran las proporciones recomendadas para el símbolo de superficie. "La punta del símbolo debe estar sobre la línea que indica la superficie, sobre una recta de limitación de cota o sobre una referencia que señale la superficie; la rama alargada y la prolongación horizontal deben estar a la derecha según se lee el dibujo. Cuando sólo se indica la altura de la rugosidad, se permite omitir la prolongación horizontal".

La figura 17-22 muestra un símbolo de superficie que incluye especificaciones para todas las características superficiales que señala la norma ASA, la cual dice: "Sólo aquellos valores requeridos para especificar adecuadamente la superficie deseada deberán constar en el símbolo. El valor de la altura de la rugosidad se coloca a la izquierda de la rama larga. La especificación de un solo valor indicará el promedio máximo, siendo aceptable cualquier promedio menor. La especificación de los valores de la altura de la rugosidad

* Todo cuanto se indica entre comillas se ha extractado de *Surface Texture* (ASA B46.1-1962) con autorización de los editores, la American Society of Mechanical Engineers, United Engineering Center, 345 East 47th Street, New York, N.Y., 10017 (Estados Unidos).

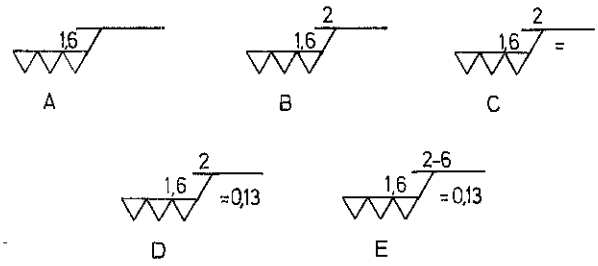


Fig. 17-22 bis. Indicación de irregularidades de superficie en los dibujos (según norma UNE 1037).

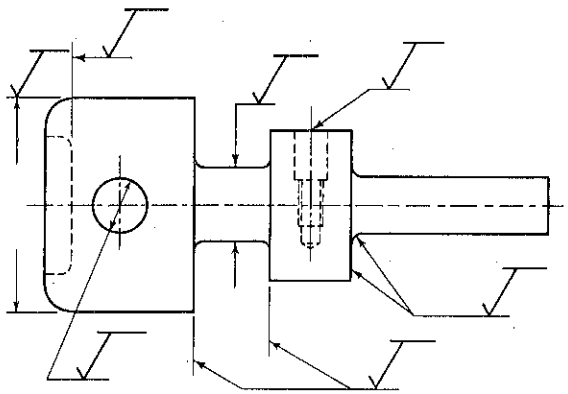


Fig. 17-23. Aplicaciones típicas del símbolo de superficie en un dibujo (Micrometrical Manufacturing Co.)

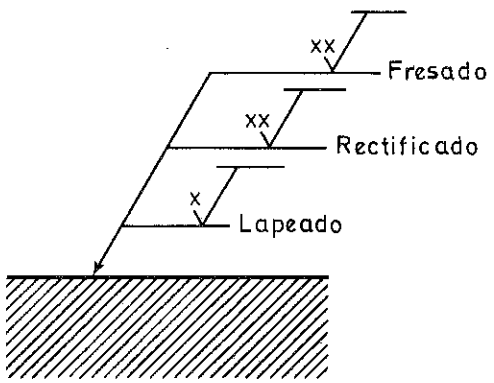


Fig. 17-24. Método conveniente para especificar las rugosidades correspondientes a varias operaciones sobre la misma superficie (Micrometrical Manufacturing Co.)

media máximo y mínimo indicará la gama admisible de valores medios".

La norma UNE 1037 indica que el símbolo para señalar las irregularidades puede obtenerse prolongando el lado del último triángulo que prescribe la clase de superficie y limitando esta prolongación con un trazo horizontal, tal como se ve en la figura 17-22 bis.

Según dicha norma UNE en los dibujos se indicarán los valores de la rugosidad, los de la ondulación, el sesgo u orientación de la rugosidad, y el paso de la rugosidad y de la ondulación. Los signos representativos de la orientación de las irregularidades superficiales son: =, orientación paralela a la línea de delimitación de la superficie; ⊥, perpendicular a dicha línea; ×, orientación cruzada con respecto a la misma línea; M, multidireccional; C, aproximadamente circular con respecto al centro de la superficie; R, aproximadamente radial con respecto al mismo centro. Para las indicaciones de las irregularidades rigen las prescripciones siguientes, las cuales tienen relación con los grabados de la figura 17-22 bis (el signo ww colocado en cada caso se da exclusivamente a título de ejemplo):

Caso A. El valor de la altura media aritmética de la rugosidad, expresado en micras, se indica debajo de la línea horizontal.

Caso B. El valor de la altura de la ondulación, expresado en micras, si ha sido solicitado, se indica debajo de la línea horizontal.

Caso C. La orientación de la rugosidad, si ha ha sido solicitada, se indica debajo de la línea horizontal y a la derecha del valor de la rugosidad.

Caso D. El valor del paso de la rugosidad, expresado en mm, si ha sido solicitado, se indica al lado del signo de la orientación.

Caso E. El valor del paso de la ondulación, expresado en mm, si ha sido solicitado, se indica a continuación de la altura de la ondulación.

La figura 17-23 muestra unos ejemplos típicos de aplicación del símbolo de superficie en un dibujo. La figura 17-24 representa un método conveniente para especificar la rugosidad correspondiente a varias operaciones sobre una misma superficie.

El estudio de la rugosidad superficial se halla todavía en estado de desarrollo; se confía en que el futuro aportará muchos perfeccionamientos en los procesos de mecanizado y en la medición del acabado superficial.

18. MECANIZADO CON CINTA

La sierra fue una de las primeras herramientas ideadas por el hombre; se cree que la sierra más antigua se desarrolló dentro de algún periodo de tiempo durante la edad de piedra y que sus dientes eran problablemente de astillas de pedernal con filos toscos y mellados.

El descubrimiento de los metales hizo posible la fabricación de sierras de bronce y cobre. El empleo de hierro y de su variante refinada, el acero, condujo al subsiguiente perfeccionamiento en la obtención de sierras.

Las sierras eran fabricadas en varias formas y tamaños, siendo utilizadas para efectuar cortes rectos y para fines de tronzado. Los dientes de las sierras eran de medidas y pasos diversos, de acuerdo con el tipo de trabajo a realizar. Las sierras circulares se desarrollaron entre los siglos XV y XVI y se accionaban a mano.

En el año 1808 se concedió una patente británica a William Newberry por una sierra de cinta sin fin; se trataba de una máquina muy basta que consistía en dos poleas sobre las cuales se extendía tensada una cinta de acero con dientes en uno de sus cantos. Tuvieron que transcurrir muchos años antes que esta máquina se convirtiera en una herramienta útil y práctica.

La sierra de cinta accionada mecánicamente fue una herramienta importante en la industria maderera porque su hoja delgada permitía cortar más tablones de cada tronco.

Las sierras de cinta para cortar metales entraron en uso a principios del siglo actual; entonces, la hoja de la sierra de cinta tenía 1" (25,4 mm) de ancho y sólo se podía utilizar para operaciones de tronzado. Unicamente después de ulteriores mejoras en la obtención de aceros aleados fue posible la fabricación de hojas de sierra más estrechas y, en consecuencia, la conversión de la sierra de cinta en una importante máquina herramienta de taller. Se pudieron producir sierras para cortar metales, cuyo ancho era de 1/16", 3/32" y 1/8" (1,6; 2,4 y 3,2 mm), lo que permitió ya cortar según una línea curva con precisión y velocidad.

La historia no dice cual fue la herramienta que se aplicó primero, la sierra o la lima. Existe cierta similitud entre la forma de los dientes de



Fig. 18-1. Sierra de cinta de 16" (406,4 mm) con mesa accionada mecánicamente (DoAll Co.)

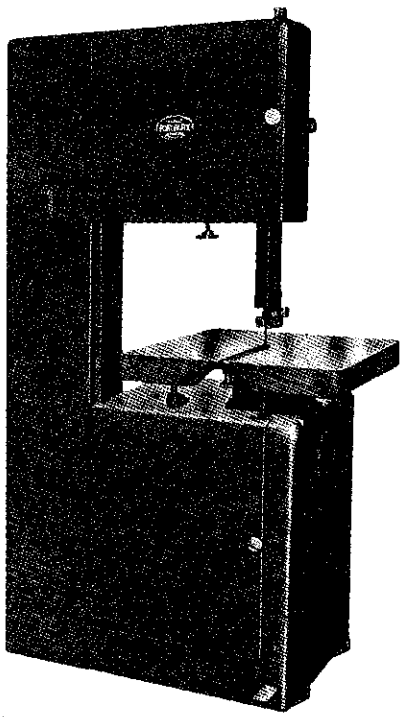


Fig. 18-2. Sierra de cinta de 20" (508 mm) (Powermatic, Inc.)

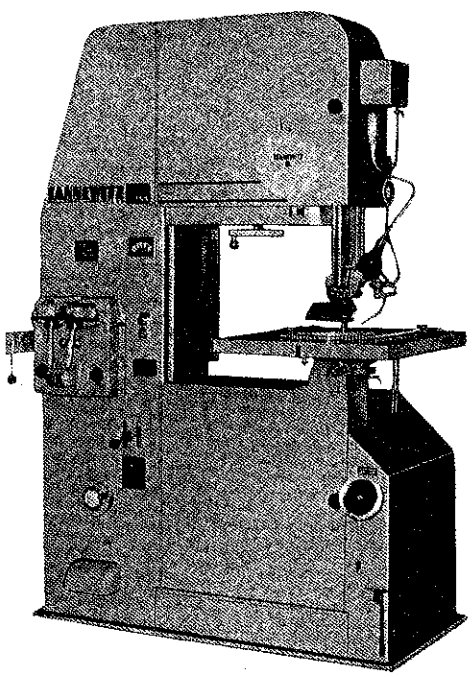


Fig. 18-3. Sierra de cinta para contornos (The Tannewitz Works, Inc.)

una lima y los de una sierra. Las máquinas para limar y para aserrar se introdujeron separadamente, a pesar de que una y otra progresaron paralelamente en su desarrollo. Las limas eran fijadas junto a una correa sin fin que convertía el limado en una operación continua.

La máquina de cinta utilizada en la actualidad en los talleres mecánicos es más que una sierra accionada mecánicamente; permite la sustitución de la cinta de sierra por una cinta de lima, o por una cinta abrasiva para pulir a medida y según una calidad de acabado especificada.

1. ¿Cuáles son los principales productores de sierras de cinta?

Existen muchos fabricantes de sierras de cinta. En los Estados Unidos fabrican máquinas de esta clase las casas Armstrong-Blum, Boice-Crane, DoAll (fig. 18-1), Peerless, Powermatic (fig. 18-2) y Tannewitz (fig. 18-3). La máquina DoAll es la más extensamente usada y es conocida en todo el mundo.

2. ¿Cuántos tipos de sierras de cinta hay en uso?

Hay dos tipos básicos de sierras de cinta: (A) Tipo horizontal (fig. 18-4); (B) Tipo vertical (fig. 18-1). Sus nombres derivan de la dirección de las hojas de sierra.

3. ¿Cuál es el objeto principal de la sierra de cinta horizontal?

La operación que más corrientemente se realiza en cualquier sierra es la de cortar o tronzar piezas o secciones de piezas o barras. La sierra de cinta horizontal es la máquina de tronzar más eficiente (fig. 18-5).

4. ¿Por qué la sierra de cinta horizontal es más eficiente que la sierra mecánica de movimiento alternativo?

La hoja de una sierra mecánica de movimiento alternativo nunca se usa hasta agotar su capacidad de corte; en ningún caso es posible la utilización de *todos* sus dientes. Debe preverse un margen para colocar el tornillo de mordazas cuando se sujetan piezas de varios espesores y diámetros. La hoja de una sierra mecánica de movimiento alternativo corta sólo en un sentido, perdiéndose totalmente el tiempo de corte corres-

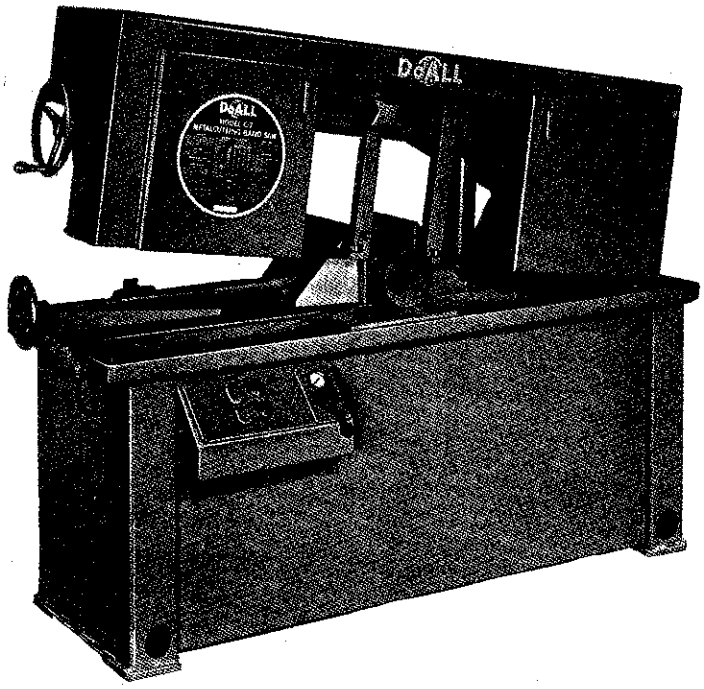


Fig. 18-4. Sierra de cinta horizontal para trabajos ligeros (DoAll Co.)

pondiente a la carrera de retroceso. La sierra de cinta tiene una acción de corte continua, ya que la hoja se mueve en una dirección, contraria a la de las agujas del reloj (fig. 18-6), sin interrupción alguna en el corte. Las hojas de acero rápido de aleación especial, refrigeradas mediante un fluido de corte adecuadamente elegido, permiten velocidades de aserrado de hasta 30 pulgadas cuadradas (193,5 cm^2) por minuto.

5. La sierra de cinta horizontal, ¿puede tronzar piezas repetidamente a la misma medida?

Sí. El tornillo de mordazas para sujetar la pieza en la sierra de cinta horizontal puede ajustarse a mano o automáticamente. En una máquina equipada con el aparato de tronzar con división automática, hay dos tornillos de mordazas. Una vez efectuado el corte, el tornillo de sujeción de la pieza es retirado hacia atrás mientras el tornillo de división avanza la pieza una distancia prefijada para el corte siguiente. La mesa de avance de la pieza mediante el divisor puede ajustarse para efectuar cortes repetidos con una precisión de 1/64" (0,4 mm) en una distancia de 24" (610 mm).

6. ¿Puede variarse la velocidad de la hoja de sierra en una sierra de cinta horizontal?

Sí. La potencia del motor de accionamiento de la sierra de cinta depende del tamaño y capacidad de la máquina; dicha potencia varía desde 1 a 10 CV. Las máquinas más pequeñas tienen un sistema de correas trapeciales de cuatro escalones que da velocidades de cinta de 65, 90, 130 y 180 pies (20, 27, 40 y 55 m) por minuto. Otras máquinas mayores poseen un accionamiento de poleas de velocidad variable que oscila entre 60 y 350 pies (18 y 107 m) por minuto. Las máquinas de tronzar grandes tienen un accionamiento de velocidad variable que puede ajustarse para desplazamientos de 35 a 400 pies (11 a 122 m) por minuto.

7. ¿Puede variarse el avance en una sierra de cinta horizontal?

Sí. El avance del cabezal de sierra se regula mediante un sistema hidráulico ajustado a base de poner en posición un pequeño volante manual de mando provisto de números de división. Este volante puede situarse de modo que se tenga un movimiento hacia abajo, suave y continuo, del

cabezal de sierra sin someter la hoja de sierra a esfuerzos indebidos.

8. ¿Cuál es el factor más importante que determina la presión de avance adecuada?

Las características del material a cortar constituyen el factor más importante en la determinación tanto de la velocidad como del avance de la hoja de sierra; estas características incluyen la tenacidad, la abrasividad y las calidades de mecanizado y de dureza. Cuanto más duro sea el metal, mayor será su efecto sobre la longevidad de la eficiencia de corte de la sierra.

9. ¿Cuáles son las ventajas económicas importantes de la sierra de cinta horizontal?

La hoja de la sierra de cinta es mucho más delgada que la hoja de la sierra mecánica. Esto significa que cada corte de la sierra de cinta deja una cantidad mínima de metal no utilizable en forma de virutas de aserrado. Este metal deshechado va acumulándose hasta alcanzar un volumen de consideración cuando se tronzan piezas muy cortas partiendo de barra de gran diámetro (fig. 18-7).

10. Todas las sierras de cinta horizontales para tronzar, ¿son del mismo tamaño?

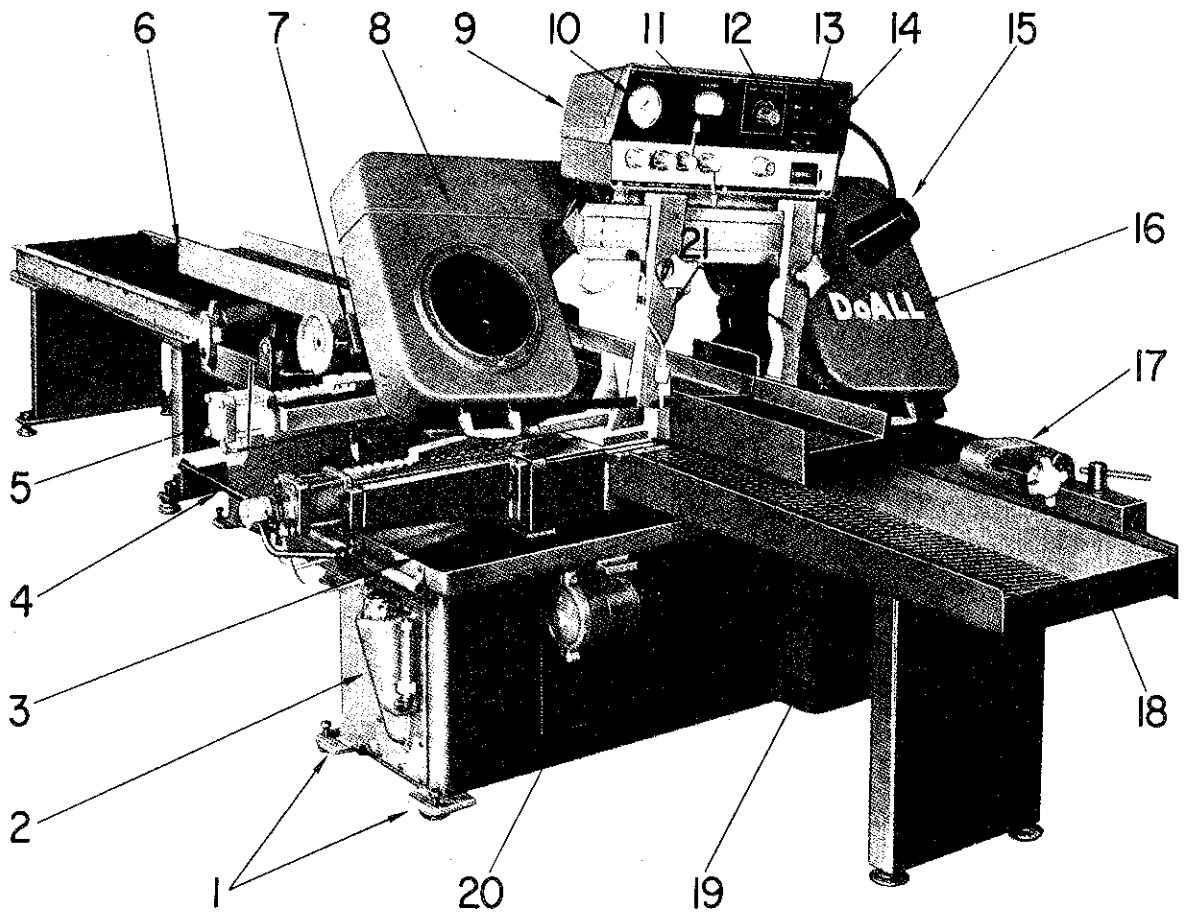


Fig. 18-5. Sierra de cinta para trabajos duros de tronzado (DoAll Co.)

1. Colchonetas para el montaje
2. Tanque hidráulico
3. Bandeja colectora
4. Tornillo de sujeción
5. Tornillo de división
6. Mesa de pieza
7. Tensor de la cinta
8. Protección de la rueda loca
9. Caja de mandos
10. Indicador de avances
11. Indicador de velocidades
12. Selector de altura de pieza
13. Pulsador de arranque
14. Pulsador de inicio del ciclo
15. Lámpara de iluminación de la zona
16. Protección de la rueda motora
17. Dispositivo de paro a mano de la pieza
18. Mesa de descarga
19. Depósito de refrigerante
20. Filtro hidráulico
21. Brazos de guía de la sierra

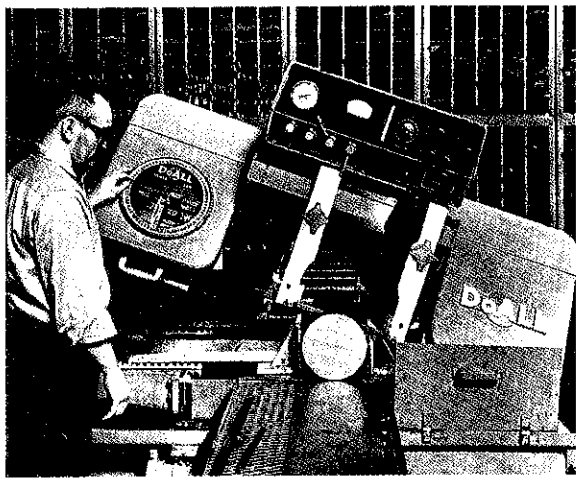


Fig. 18-6. Sierra de cinta horizontal cortando discos de acero (DoAll Co.)

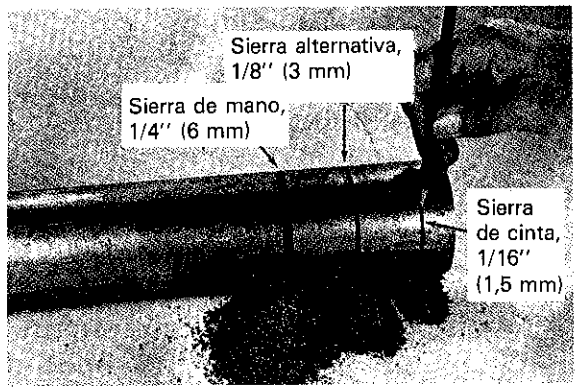


Fig. 18-7. La sierra de cinta tiene una hoja más delgada y desperdicia menos metal en cada corte (DoAll Co.)

Las sierras de cinta horizontales se construyen en una gran variedad de tamaños, a fin de satisfacer las necesidades de diferentes tipos de industrias y de diferentes clases de trabajo. Por ejemplo, los talleres de piezas pequeñas, donde sólo se efectúan trabajos ligeros, llenan sus necesidades disponiendo de una pequeña sierra de cinta. Las demandas de la industria pesada exigen una máquina capaz de aserrar grandes piezas de metales tenaces a grandes velocidades (fig. 18-8). Para satisfacer requerimientos especiales se construyen también sierras de cinta horizontales adecuadas, tales como la sierra para cortes inclinados representada en la figura 18-9.

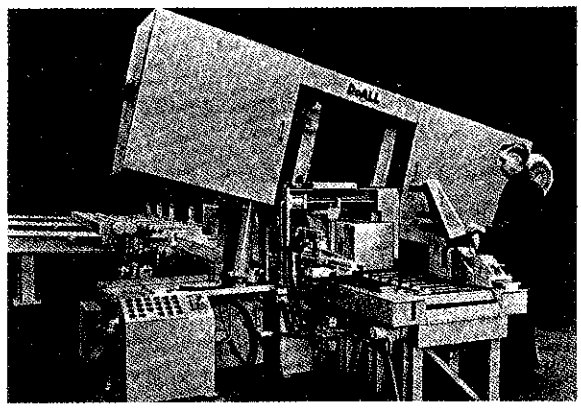


Fig. 18-8. Máquina de cinta horizontal capaz de aserrar grandes piezas de metal tenaz (DoAll Co.)

11. ¿Cómo difiere la sierra de cinta vertical de la sierra de cinta horizontal?

La sierra de cinta horizontal se usa casi exclusivamente para tronzar. La sierra de cinta vertical se usa a menudo para tronzar, pero tiene una aplicación de más valor en otros campos. Las hojas estrechas permiten el aserrado preciso de perfiles curvos, empezando por radios de 1/16" (1,5 mm) que pueden incrementarse sin limitación. Las curvas irregulares y raras que son imposibles de mecanizar por cualquier otro método, pueden tallarse en la sierra de cinta vertical (fig. 18-10). La pieza puede avanzar de modo que la hoja de sierra corte con precisión sobre la línea o hacia la línea.

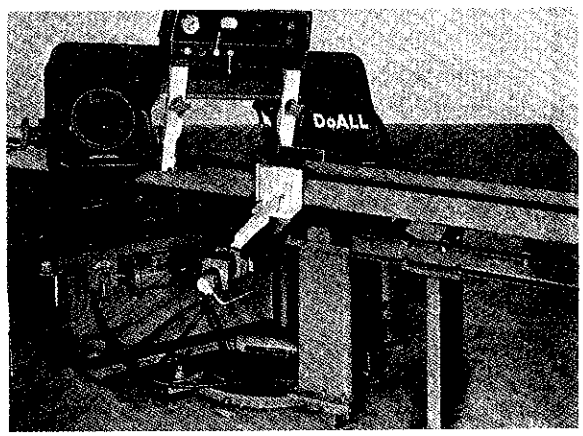


Fig. 18-9. Sierra de cinta horizontal para tronzar según un ángulo (DoAll Co.)

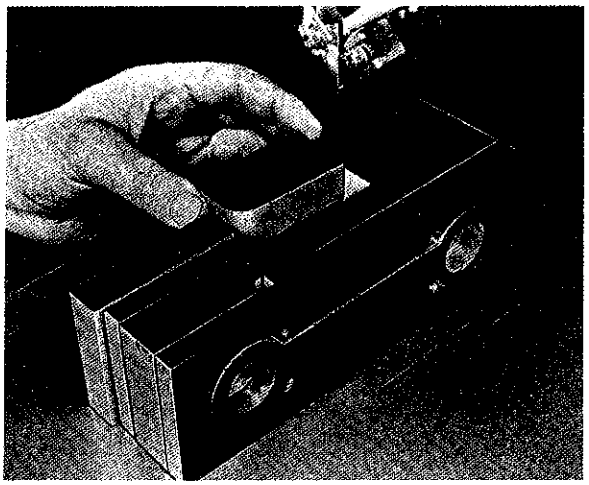


Fig. 18-10. Superficies curvas talladas en una pieza maciza; esta operación es posible gracias a que la máquina de cinta vertical dispone de una hoja de sierra delgada y estrecha (DoAll Co.)

12. Las máquinas de cinta verticales, ¿se construyen en un tamaño normal?

Las sierras de cinta verticales se construyen en una amplia gama de tamaños y modelos, desde las utilizadas en los mataderos de reses modernos, en la construcción de modelos (fig. 18-11) y en los talleres de utillaje corrientes (fig. 18-12), hasta las máquinas de gran producción que pueden cortar, a través de grandes piezas de cualquier material, a marcha rápida y continua (fig. 18-13). La dimensión de la garganta de paso de estas máquinas oscila desde 16 hasta 60 pulgadas (407 a 1524 mm); las velocidades de la cinta están comprendidas entre 35 y 15.000 pies (11 y 4570 m) por minuto, y la potencia de accionamiento es de 1,5 a 15 CV. Existen también máquinas de cinta especiales que se construyen para trabajos de mecanizado específicos; éstas van desde la sierra de cinta usada por el carnicero hasta la máquina de 8 toneladas y 15 pies (4,57 m) de altura, la cual ha sido ideada, diseñada y construida para tallar matrices de extrusión de acero cuyo peso alcanza las 10 toneladas.

13. Todas las máquinas de sierra de cinta, ¿responden a un diseño básico?

No. Las primeras sierras de cinta se diseñaron con una mesa soporte de pieza estacionaria. Un modelo posterior se diseñó con un avance mecánico que puede ajustarse previamente para mantener una presión de avance constante contra la hoja de sierra. Las sierras de cinta verticales se

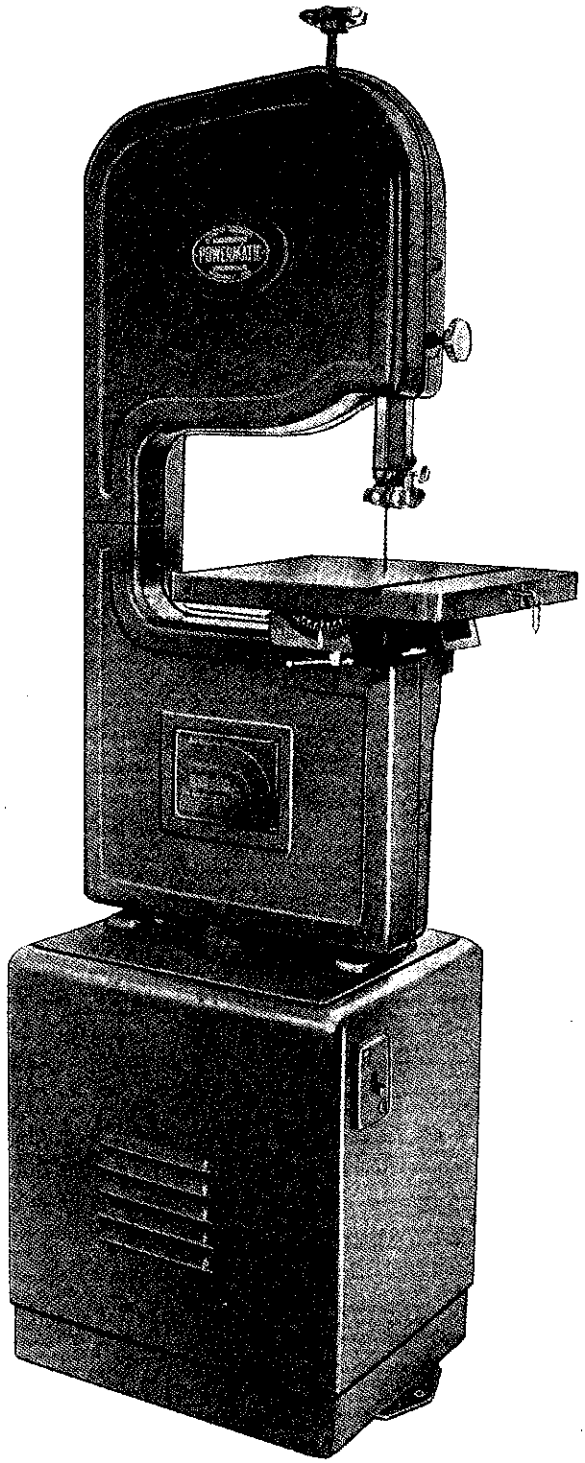


Fig. 18-11. Modelo pequeño de sierra de cinta utilizado para una amplia variedad de trabajos ligeros (Powermatic, Inc.)

construyen en una amplia variedad de tamaños y diseños para acomodarse a los diferentes tipos de industria. Es posible disponer de sierras de cinta rápidas para industrias de plásticos, madera, materiales blandos y ornamentos.

El aserrado de fricción se emplea cuando el metal es blando y delgado, siendo esencial una velocidad elevada. Se han diseñado otras sierras de cinta adecuadas para cortar trozos de metal grandes, gruesos y pesados, las cuales permiten ahorrar espacio y tiempo moviendo la sierra hacia la pieza en lugar de forzar la pieza contra la sierra. Cuando hay que cortar material muy delgado y con alveolos, se emplea el aserrado por fusión; la hoja es cargada eléctricamente y se mueve a gran velocidad, de forma que el metal se funde o desgasta desprendiéndose. Este método permite ejecutar el trabajo sin dejar rebaba o un canto desigual.

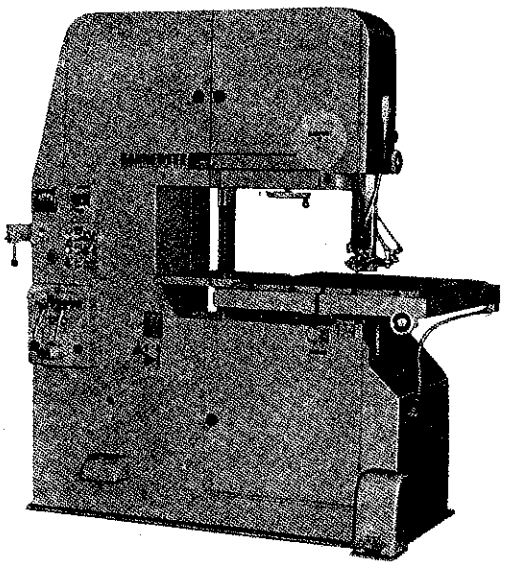


Fig. 18-13. Sierra de cinta de grandes dimensiones con mesa accionada hidráulicamente, utilizada para trabajos de corte continuos y pesados en la cadena de producción (The Tannewitz Works, Inc.)

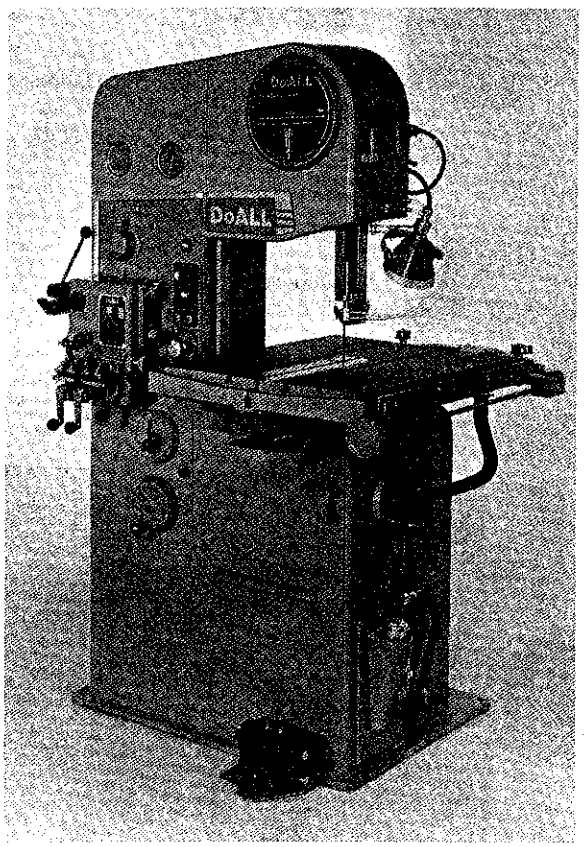


Fig. 18-12. Sierra de cinta que más a menudo se encuentra en los talleres de utillaje medios y en los de piezas pequeñas (DoAll Co.)

14. Describir la construcción de la máquina de cinta vertical.

La dirección del movimiento de la sierra de cinta da a esta máquina su nombre. La cinta se mueve sobre dos ruedas-soporte que guían, accionan y dan tensión a la misma durante la acción de corte. La rueda portadora inferior acciona la sierra de cinta; la rueda portadora superior es loca y puede ajustarse para controlar la alineación verdadera de la cinta (fig. 18-14). A medida que la cinta deja la rueda superior, pasa por dos juegos de guías de sierra situados, uno encima, y otro debajo de la mesa; ésta sostiene la pieza y la avanza hacia la sierra de cinta. La mesa tiene una superficie mecanizada con ranuras en T que se extienden paralelamente a la dirección del avance; los modelos para trabajos ligeros tienen dos ranuras en T, y los modelos para trabajos pesados tienen cuatro ranuras. Estas ranuras se emplean para acomodar los dispositivos de sujeción de la pieza, pernos o gruesos paralelos, a fin de fijar y alinear la misma. La mesa puede inclinarse 45° hacia la derecha; hacia la izquierda, 5° en las máquinas para trabajos pesados con mesa accionada mecánicamente, y 10° en las demás máquinas. Las mesas de las máquinas para trabajos pesados son

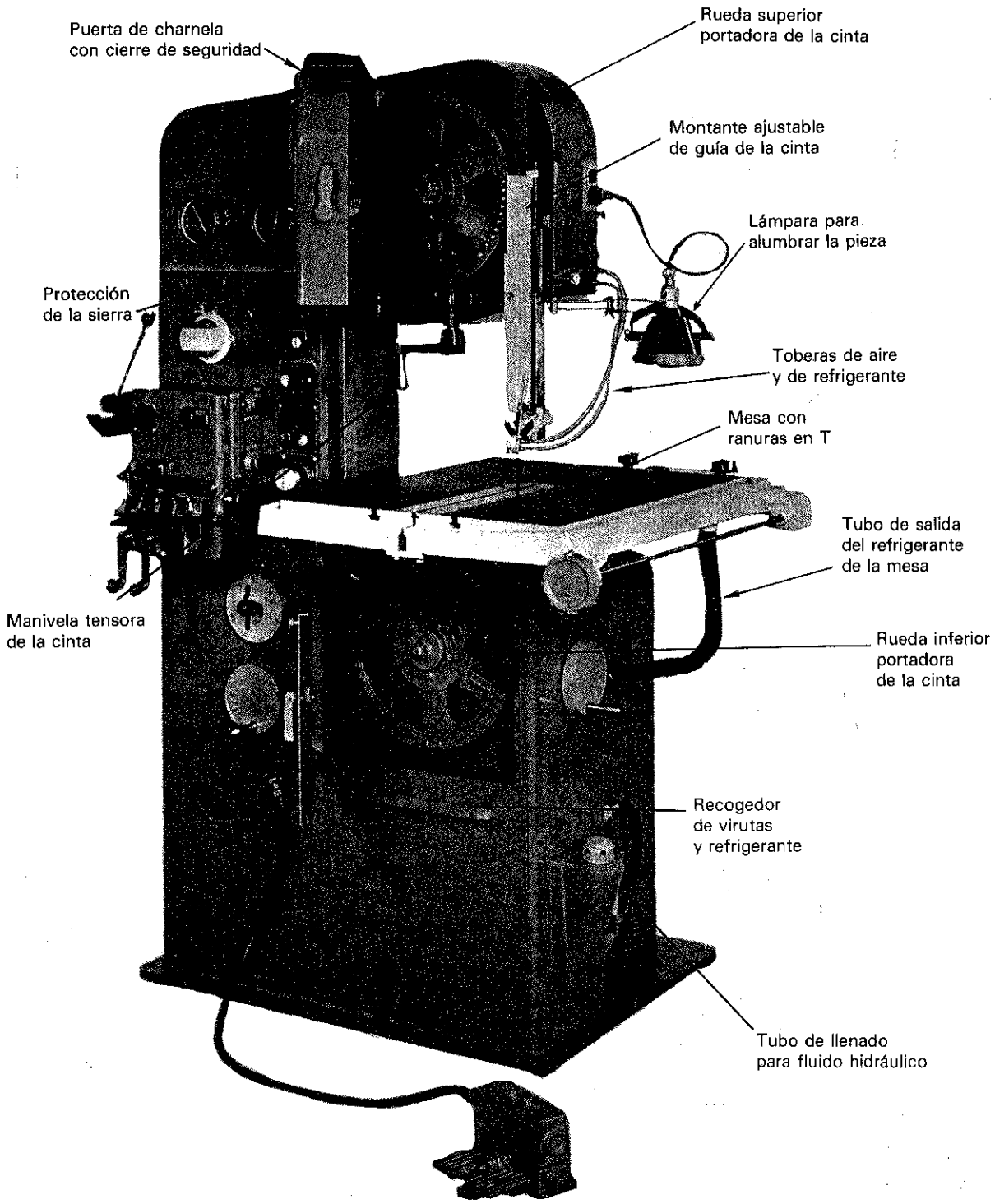


Fig. 18-14. Partes descubiertas de una sierra de cinta, a fin de mostrar las ruedas superior e inferior portadoras de la cinta (DoAll Co.)

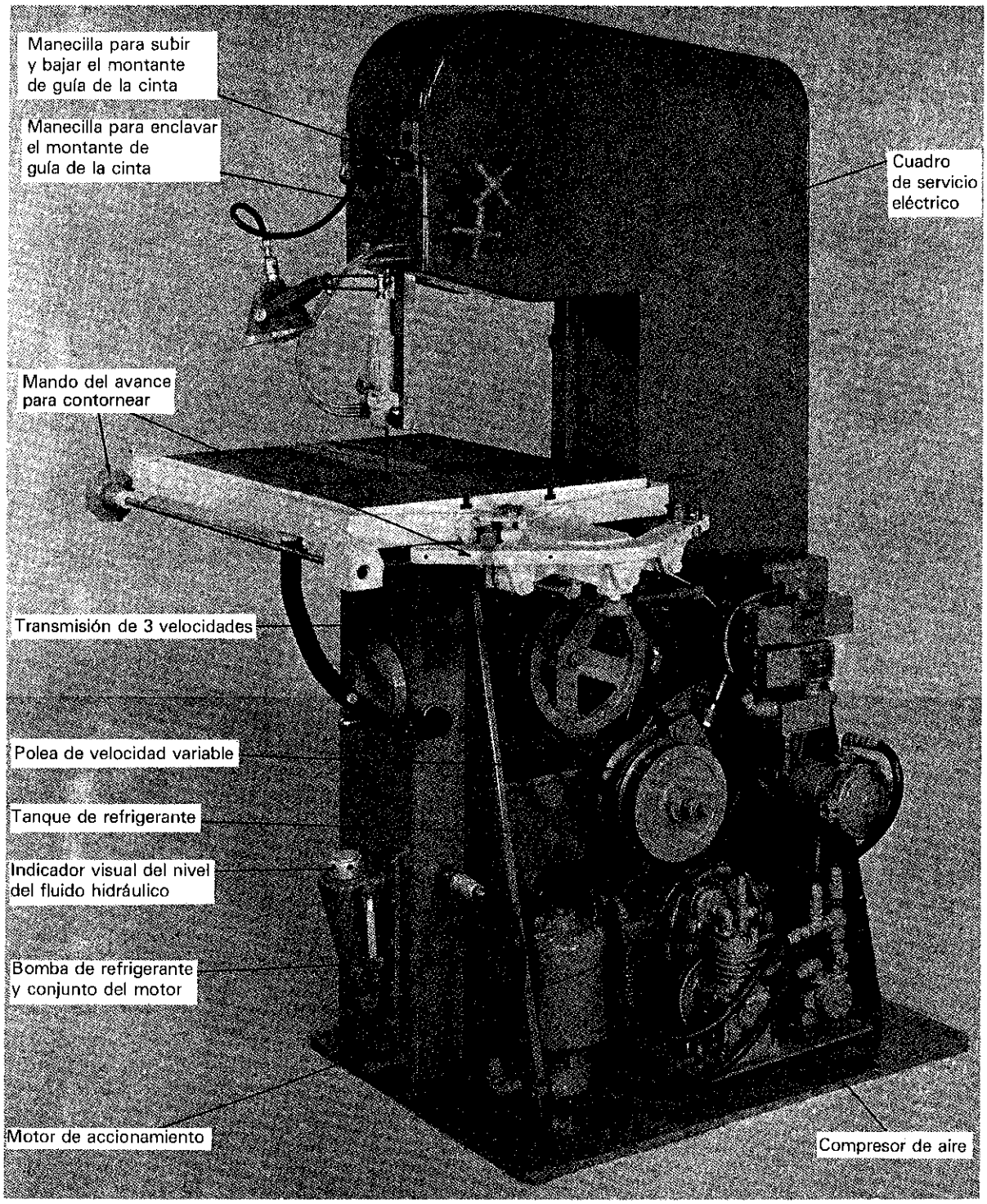


Fig. 18-15. Máquina de cinta abierta para mostrar el mecanismo de accionamiento, la polea de velocidad variable y la bomba y tanque hidráulicos (DoAll Co.)

controladas por la fuerza hidráulica (fig. 18-15), lo que facilita la inclinación de la mesa hasta el ángulo requerido, incluso cuando la carga corresponde a una pieza grande y engorrosa. La mesa puede ajustarse al ángulo requerido por medio de un comprobador de ángulos y un indicador fijado al muñón fundido, debajo la misma mesa; una vez ajustada, ésta puede enclavarse en posición

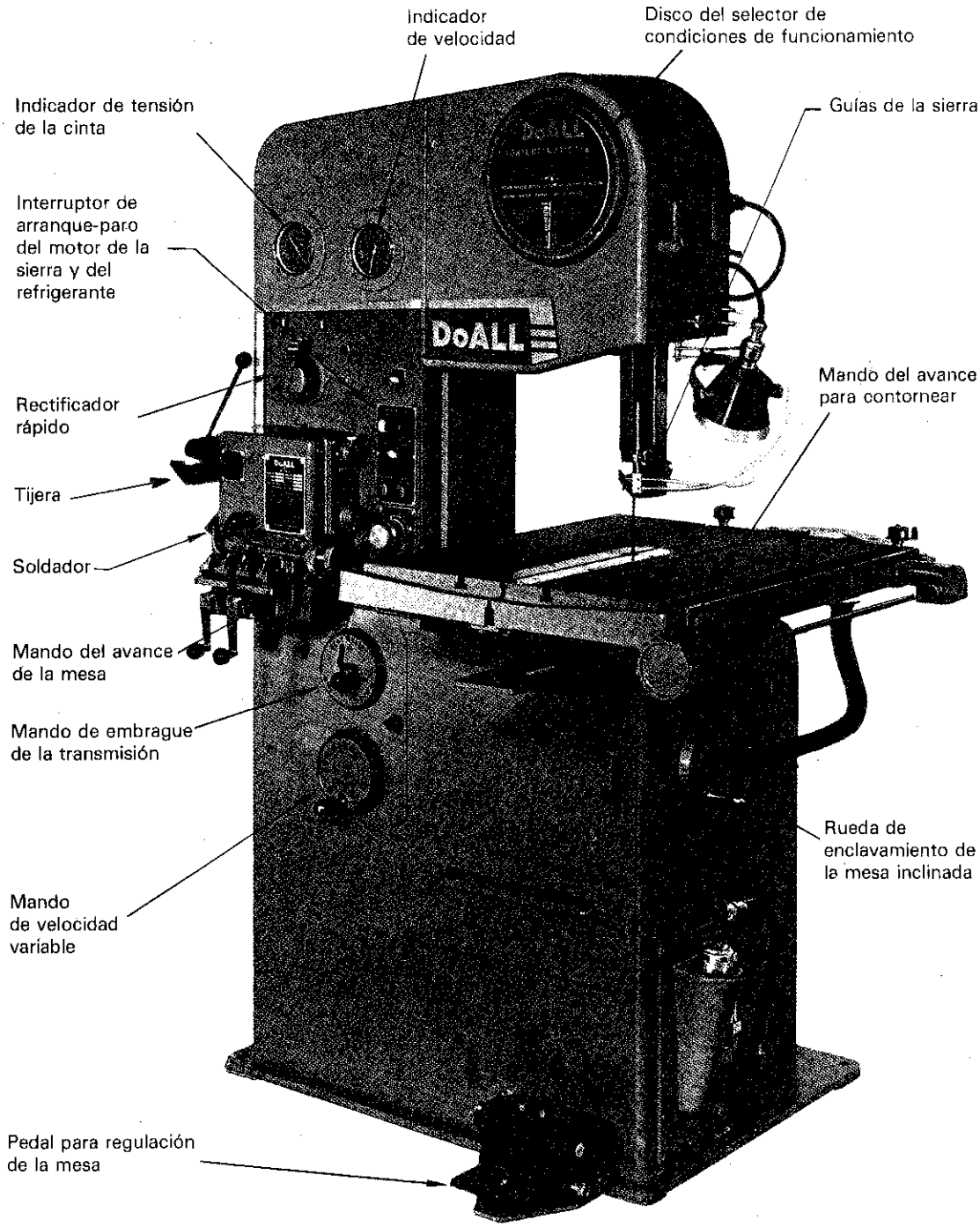


Fig. 18-16. Dispositivos de maniobra y de mando de una sierra de cinta de 16" (406 mm) con mesa accionada mecánicamente (DoAll Co.)

por medio de la rueda de manivela dispuesta al efecto (fig. 18-16). Pueden ajustarse unos topes para limitar la carrera de la mesa de acuerdo con la longitud requerida del corte de sierra; esto permite el duplicado exacto de una pieza respecto a otra. Debajo de la mesa, dentro de la caja dispuesta en la base de la máquina, se hallan la rueda inferior portadora de la cinta, el mecanismo de accionamiento, la bomba hidráulica con filtro y contador, la bomba de aire y los dispositivos de regulación del refrigerante (fig. 18-15).

Los modelos de sierras de cinta con mesa fija no tienen avance de mesa mecánico ni refrigerante a presión; por tanto, no van equipados con

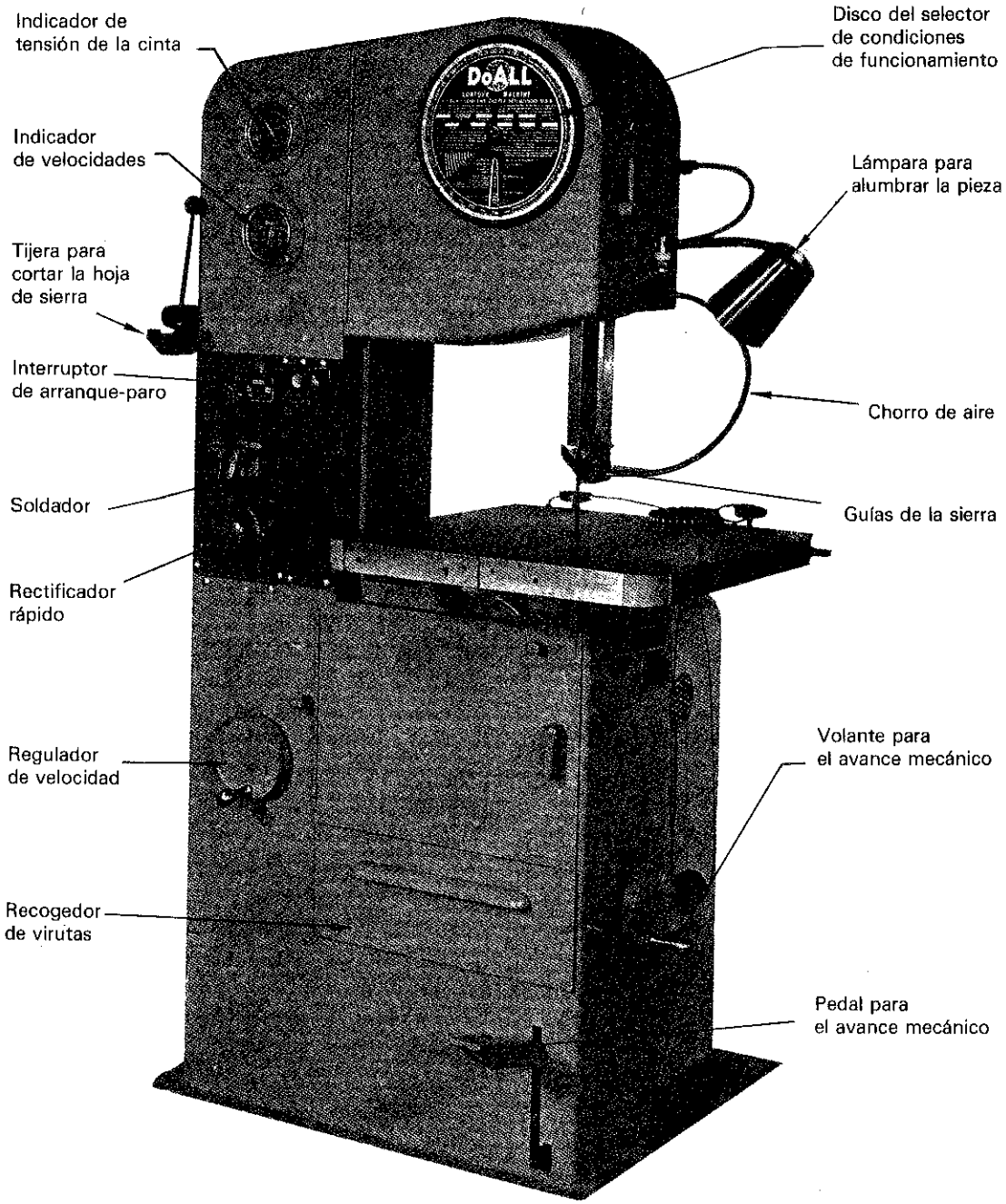


Fig. 18-17. Dispositivos de mando y maniobra de una sierra de cinta del modelo de mesa fija (DoAll Co.)

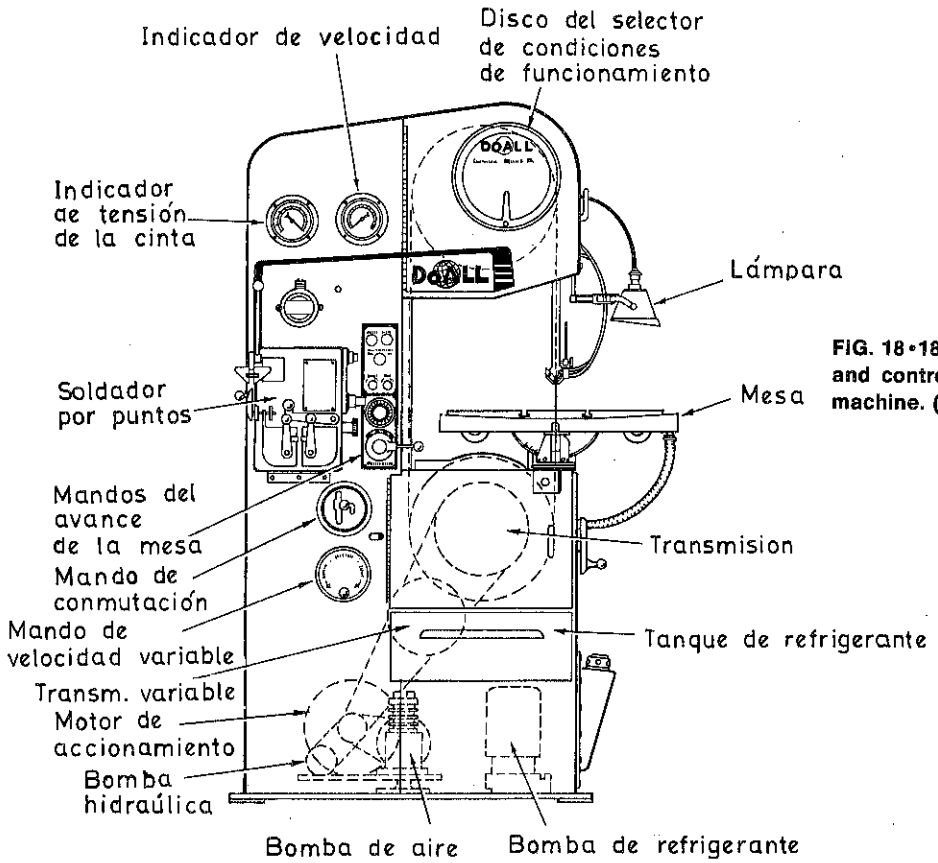


FIG. 18•18. Transmission and controls of a 16" band machine. (DoAll Co.)

Fig. 18-18. Elementos de transmisión y de control de una máquina de cinta de 16" (406 mm) (DoAll Co.)

los mecanismos que facilitan tales cualidades. Los modelos con mesa fija poseen un avance de contrapeso que impele la pieza hacia la sierra y que es operado mediante un pedal, lo que permite al operario tener sus dos manos dedicadas a la pieza (fig. 18-17).

La columna o cuerpo posterior de la sierra de cinta vertical contiene la sección de retroceso de la sierra y sostiene varios de los dispositivos de mando, tales como los botones de arranque y de paro, el indicador de tensión de la cinta, los mandos de velocidad y avance, y los elementos de unión de la cinta compuestos de cuchilla, soldador y muela.

15. ¿Cómo se accionan las sierras de cinta?

Todos los constructores utilizan correas trapeciales para accionar la rueda motriz inferior, la cual, a su vez, acciona la hoja de sierra de cinta.

El mecanismo de cambio de velocidad de la sierra de cinta vertical varía según el constructor. Se construyen sierras de cinta con 1, 4 ó 8 velocidades obtenidas mediante poleas escalonadas, o mediante una combinación de cono de poleas y engranajes. Algunos modelos poseen un regulador de velocidad variable, lo que se obtiene empleando correas trapeciales en poleas con platinas cónicas laterales (ver fig. 18-15); como que la distancia entre platinas puede alterarse, esta alteración permite que la correa se asiente cerca del fondo o de la periferia de la polea, variando así la velocidad. Este tipo tiene también cambio por engranajes de dos y de tres escalones. La última polea accionada transmite el movimiento a la rueda de cinta inferior, la cual lo transmite a la hoja de sierra de cinta (fig. 18-18).

16. ¿Cómo se mide la velocidad de la sierra de cinta?

La velocidad de la sierra de cinta se mide por el número de pies (o de metros) tangenciales que pasan por un punto en un minuto.

17. ¿Cuál es la rapidez con que se desplaza la sierra de cinta?

La velocidad de desplazamiento de la sierra de cinta depende del tamaño de la máquina, de las dimensiones y clase del material a cortar, y de la medida y tipo del material de la sierra de cinta. La máquina de tipo ligero tiene una gama de velocidades que va desde 35 hasta 6000 pies (11 hasta 1830 m) tangenciales por minuto. Las máquinas pesadas, con motores de potencia elevada, tienen velocidades que oscilan entre 40 y 10.800 pies (12 y 3290 m) tangenciales por minuto. Para obtener la gama completa de velocidades, son necesarios cambios en la posición de la correa, polea y engranajes.

18. ¿Cómo puede el operario cerciorarse de que ha elegido la velocidad correcta?

Una vez el operario ha recibido un trabajo que requiere el uso de una sierra de cinta, sabe de qué material se trata, conoce el espesor de la pieza y es consciente de la forma del corte a efectuar. Se gira la esfera móvil del selector de pieza (fig. 18-19) hasta que el nombre del material a cortar aparece debajo de la abertura de dicha esfera (fig. 18-20). El radio menor será el factor determinante para decidir respecto el ancho de la hoja capaz de aserrar según tal radio requerido (fig. 18-21). El tipo de hoja recomendado y la forma y paso de los dientes adecuados para el espesor del material a cortar, se ven también en el selector; asimismo éste indica el valor del avance y el método recomendado de aplicación del refrigerante. Sin embargo, debe recordarse que, no obstante haberse determinado científicamente estas recomendaciones, el buen criterio del mecánico con experiencia aconseja bastante a menudo la necesidad de un cambio. Factores tales como la forma de la pieza, la falta de uniformidad en su espesor, la porosidad del metal y los puntos duros, pueden ser la razón de variaciones en la velocidad y en el avance.

19. ¿Son idénticas todas las hojas de sierra?

Existe una gran variedad de hojas de sierra de cinta. Un fabricante obtiene 180 variedades de hojas para cortar metales. Las hojas difieren en la forma y triscado de los dientes, en el ancho y grueso, en el paso del dentado y en el material de que están fabricadas.

20. ¿Qué es lo que determina la elección de la hoja de sierra?

Son muchos los factores que hay que consi-

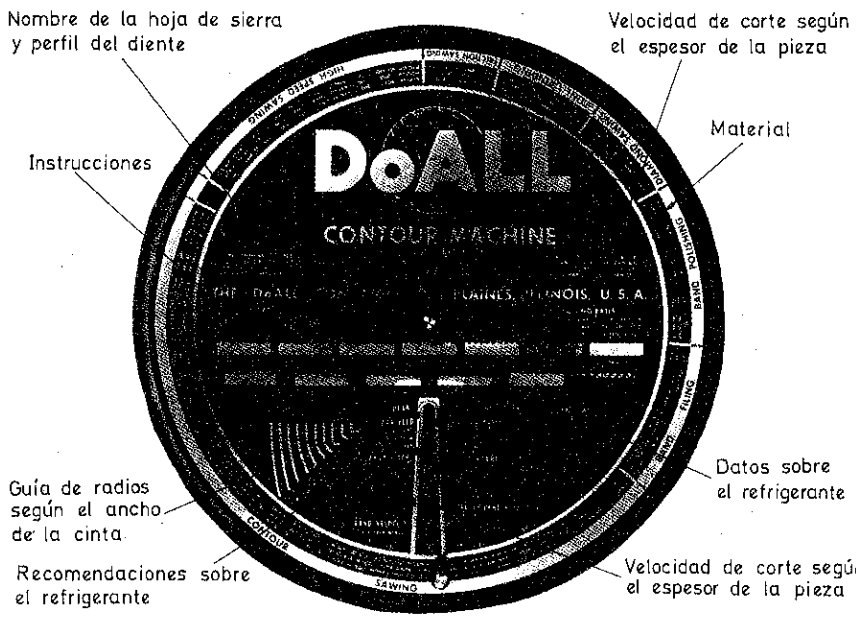


Fig. 18-19. Selector de condiciones de funcionamiento de una sierra de cinta (DoAll Co.)

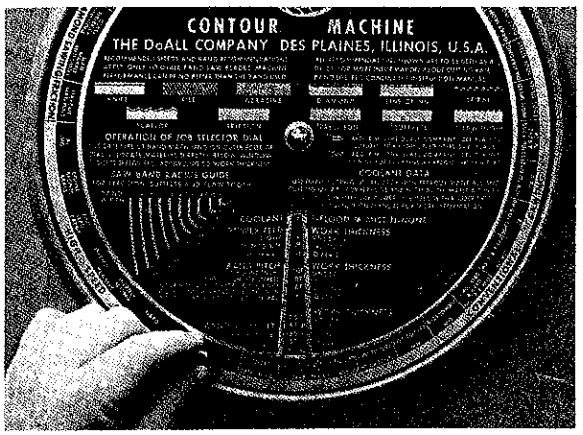


Fig. 18-20. Operación de girar la esfera del selector de pieza hasta situarla en el nombre del material a cortar (DoAll Co.)

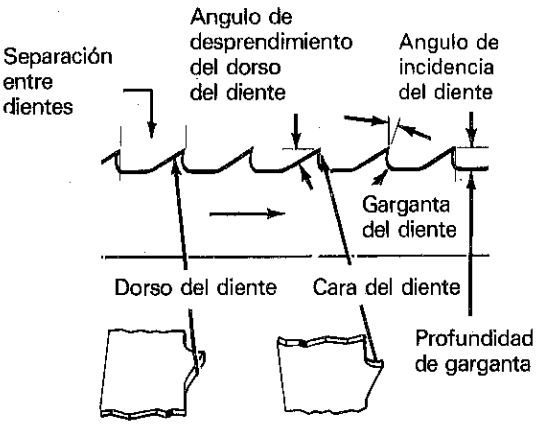


Fig. 18-22. Nomenclatura de la hoja de sierra (DoAll Co.)

derar antes de decidir cual es la hoja de sierra correcta. Las hojas de sierra se fabrican de muchos materiales diferentes y de coste variable, tales como acero al carbono, acero aleado, acero rápido, carburo de tungsteno, y con filo de diamante. Dentro de estos grupos hay diferencias en el tratamiento térmico que afectan al valor y coste de la hoja. Cada hoja de sierra posee una característica específica que indica su grado de adaptación a un trabajo determinado; así, para tener una producción económica, resulta necesario confrontar la hoja con el trabajo a ejecutar. La pieza puede requerir un aserrado rápido con un calentamiento poco pronunciado; quizás pueda ser un factor importante la calidad de la superficie acabada, o la precisión del corte de sierra.

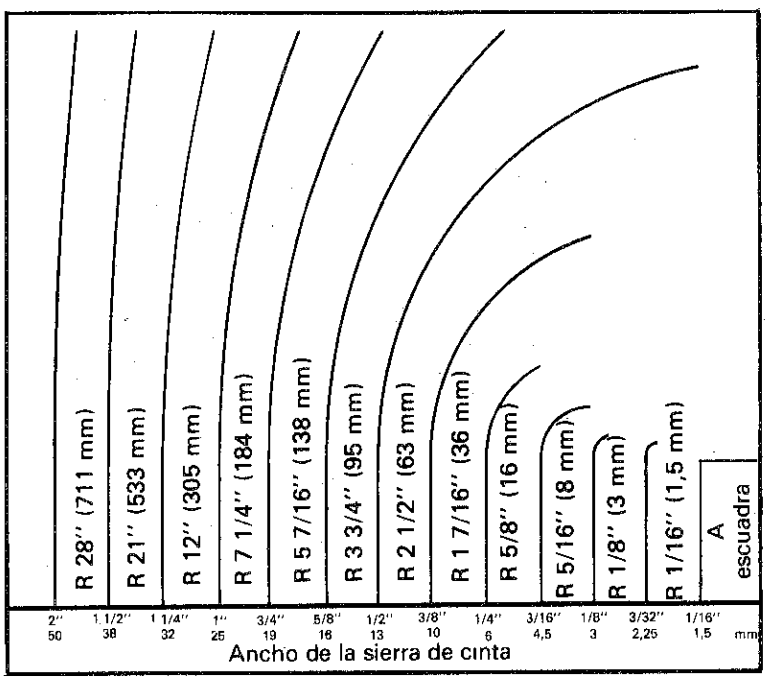


Fig. 18-21. El radio del corte es un factor decisivo para elegir el ancho de la hoja de sierra (DoAll Co.)

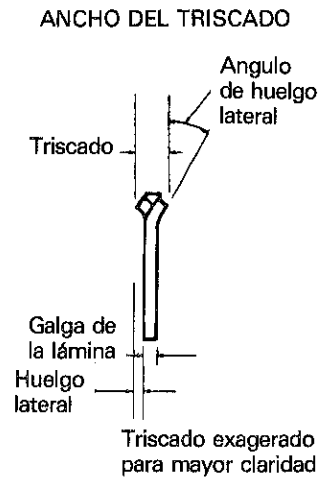


Fig. 18-23. El triscado es el descentrado de los dientes medido entre los puntos de mayor anchura (DoAll Co.)

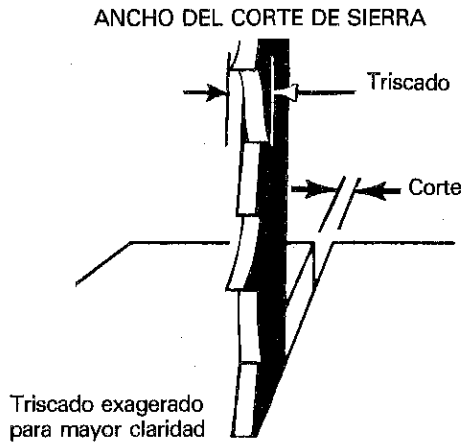


Fig. 18-24. El valor del triscado y el espesor de la cinta determinan el ancho del corte (DoAll Co.)

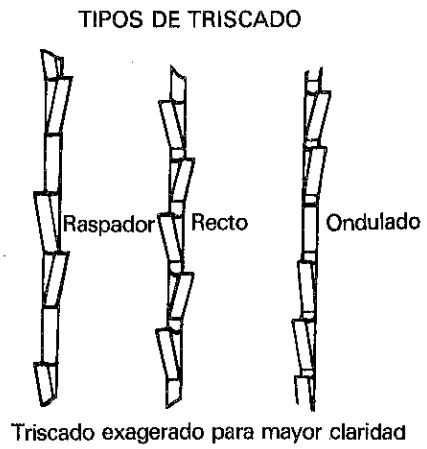


Fig. 18-25. Las variaciones en el tipo de triscado afectan a la eficiencia de corte para diferentes espesores y clases de metal (DoAll Co.)

21. ¿Tienen todos los dientes de sierra la misma forma?

No. Los dientes de sierra están diseñados científicamente para satisfacer un requerimiento particular. La profundidad de garganta (fig. 18-22), la separación entre dientes, los ángulos de incidencia y de desprendimiento de los dientes, son particularidades que afectan a las características de corte de la sierra. El espesor de la lámina, o espesor de galga, y los ángulos de huelgo lateral (fig. 18-23) determinan el ancho del corte que hará la sierra (fig. 18-24). Existe también una diferencia en el tipo de triscado de la sierra (fig. 18-25); las variaciones en el triscado dan resultados diferentes cuando se cortan metales diferentes o distintos espesores de un metal.

Un fabricante de cintas de sierra y constructor de máquinas de sierra de cinta da nombre a cada uno de los diferentes perfiles de diente (fig. 18-26), los cuales son descritos como sigue:

El diente saltado tiene un ángulo de incidencia nulo y una garganta poco profunda; esto permite una mayor separación entre dientes (más paso) en una cinta estrecha, lo que proporciona un aumento de la resistencia a la tracción del conjunto.

El diente de uña tiene un ángulo de incidencia positivo que hace posible el trabajo con velocidades de corte más rápidas y con presiones de avance reducidas, así como una mayor duración de la herramienta. La garganta ancha tiene un di-

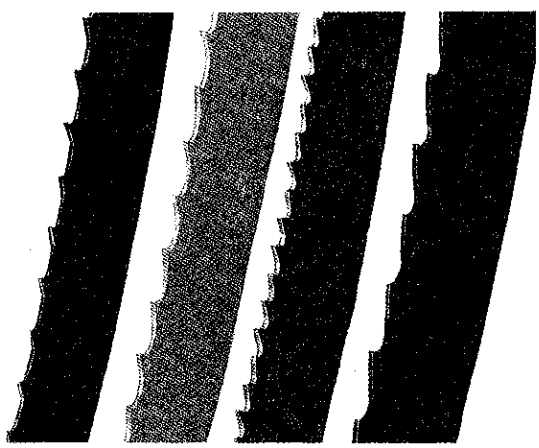


Fig. 18-26. Diversos perfiles de dientes de sierras de cinta: 1.°, saltado; 2.°, de uña; 3.°, de precisión; 4.°, de carburo de tungsteno (DoAll Co.)

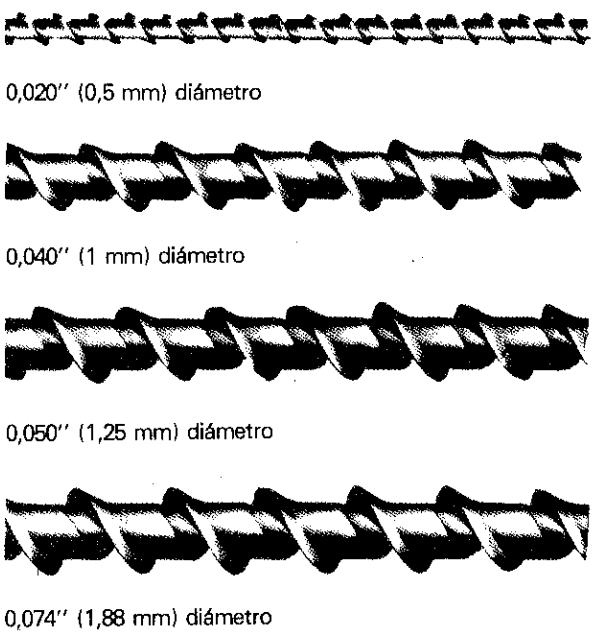


Fig. 18-27. La cinta de sierra con dentado helicoidal existe en cuatro diámetros (DoAll Co.)

seño especial que permite incrementar el esfuerzo.

El diente de precisión es el de utilización más común. Tiene una garganta profunda con radio suave en el fondo. El ángulo de incidencia es nulo, y el ángulo de desprendimiento posterior es de 30°.

El diente de carburo de tungsteno tiene un ángulo de incidencia positivo y una garganta profunda. La pastilla de carburo insertada en la cara del diente queda bien reforzada por la larga inclinación del dorso del mismo.

22. ¿Qué es una hoja de sierra con dentado en espiral?

La hoja de sierra con diente en espiral, o con filo en espiral, es poco corriente porque se trata de una sierra redonda. El diente helicoidal alrededor del cuerpo de la cinta y la forma de ésta permite aserrar en cualquier dirección. Esta hoja de sierra se dismensiona de acuerdo con su diámetro exterior y existe en cuatro medidas (fig. 18-27): diámetros de 0,020", 0,040", 0,050" y 0,074" (0,5; 1; 1,25 y 1,88 mm). El filo a 360° de la hoja de sierra con diente en espiral faculta el aserrado en todas direcciones. Se adapta particularmente para aserrar perfiles complicados y poco corrientes en todos los materiales, incluyendo madera, plásticos, latón, aluminio y acero (fig. 18-28).

La cinta de 0,020" (0,5 mm) de diámetro es capaz de aserrar un radio de 0,010" (0,25 mm), facilidad que se aprovecha a menudo cuando la precisión es de importancia primordial. Debido a la mayor área de filo helicoidal que se halla en contacto con el material que se corta, la sierra con dentado en espiral no debe funcionar con una velocidad superior a los 2000 pies (610 m) por minuto.



Fig. 18-28. La hoja de sierra de diente en espiral puede cortar en todas direcciones (DoAll Co.)

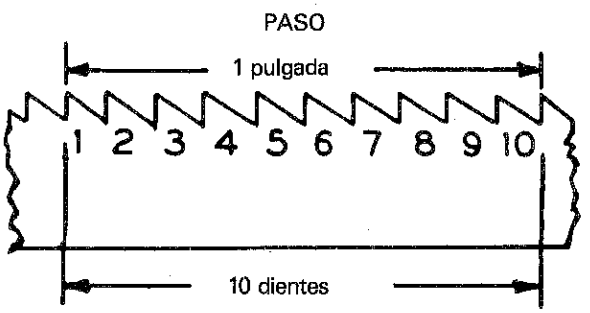


Fig. 18-29. El paso de una hoja de sierra suele expresarse en número de dientes por pulgada (DoAll Co.)

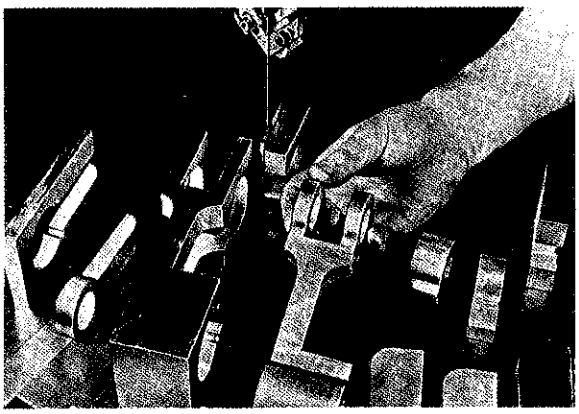


Fig. 18-30. Resultados del aserrado con sierra de cinta; líneas curvas y rectas en la misma pieza (DoAll Co.)

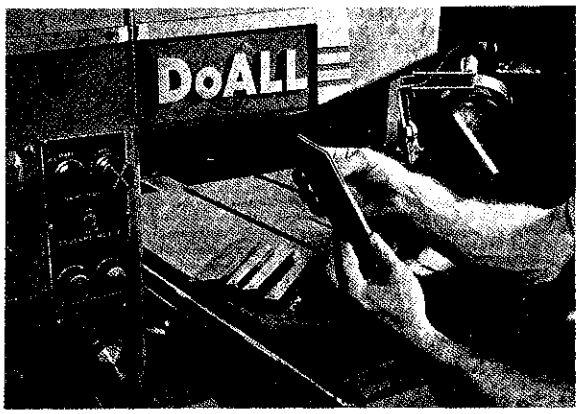


Fig. 18-31. Ranurado con una sierra de cinta (DoAll Co.)

23. ¿Qué es el paso de una hoja de sierra?

Cada uno de los perfiles de dientes de una sierra puede obtenerse en varias medidas. Los dientes de la hoja de sierra tienen un número de medida dado (llamado paso), el cual suele representar el número de dientes que hay en cada pulgada de la hoja (fig. 18-29). El hecho de que el diente sea mayor o menor no significa que su eficiencia de corte sea proporcionalmente alterable. El factor principal en la elección del paso correcto es el espesor del metal a cortar. Dado que es práctico no tener nunca menos de dos dientes en contacto con el metal que debe aserrarse, cuanto más delgado es éste más fino ha de ser el diente de sierra y, por tanto, mayor ha de ser el número de dientes por pulgada. El metal de gran espesor o las piezas pesadas permiten un dentado más basto, menos dientes por pulgada, o sea, un paso amplio. El espesor de la galga de la hoja de sierra ha sido normalizado con relación al ancho de la misma; la hoja de 1/2" (12,7 mm) de ancho tiene un espesor de 0,025" (0,635 mm), las de 5/8" y 3/4" (15,875 y 19,05 mm) de ancho tienen un espesor de 0,032" (0,81 mm), y la de 1" (25,4 mm) de ancho, un espesor de 0,035" (0,89 mm).

24. ¿Qué es lo que confiere a la sierra de cinta vertical un valor apreciable como máquina herramienta de taller para el corte de los metales?

La sierra de cinta vertical puede usarse para efectuar muchas clases diferentes de cortes, desde tallar una línea curva (fig. 18-30) hasta aserrar ranuras estrechas en metal delgado (fig. 18-31). Son también posibles otras operaciones de corte, tales como cortes angulares, hendiduras a lo largo de piezas de bastante longitud, remoción de partes de piezas, biselados, rebajes, aserrado de tablones de forma y ejecución de cortes interiores.

25. ¿Cómo es posible efectuar cortes interiores con una sierra de cinta de una pieza?

La ejecución de cortes interiores es una de las aplicaciones más valiosas de la sierra de cinta. El método que antes se empleaba para tallar un perfil interior en una pieza maciza consistía en taladrar una serie de agujeros tangentes uno con otro y precisamente dentro de las líneas límite del perfil a tallar; esto constituía una operación larga y engorrosa, la cual iba seguida de burilado y limado, o de operaciones de limado a máquina, para conseguir que el perfil tuviera las dimensiones de acabado correctas. Los mismos resultados son obtenidos con la sierra de cinta previo el taladrado de un solo agujero dentro del contorno del perfil requerido; en este agujero se inserta una hoja de sierra y se efectúa con precisión el aserrado de acuerdo con la forma y dimensiones del perfil.

26. ¿Cómo es posible insertar una hoja de sierra en un agujero taladrado y luego aserrar según una línea interior?

La operación completa es posible gracias a la utilización de la unidad de corte-rectificado-soldadura que puede encontrarse dentro de la columna

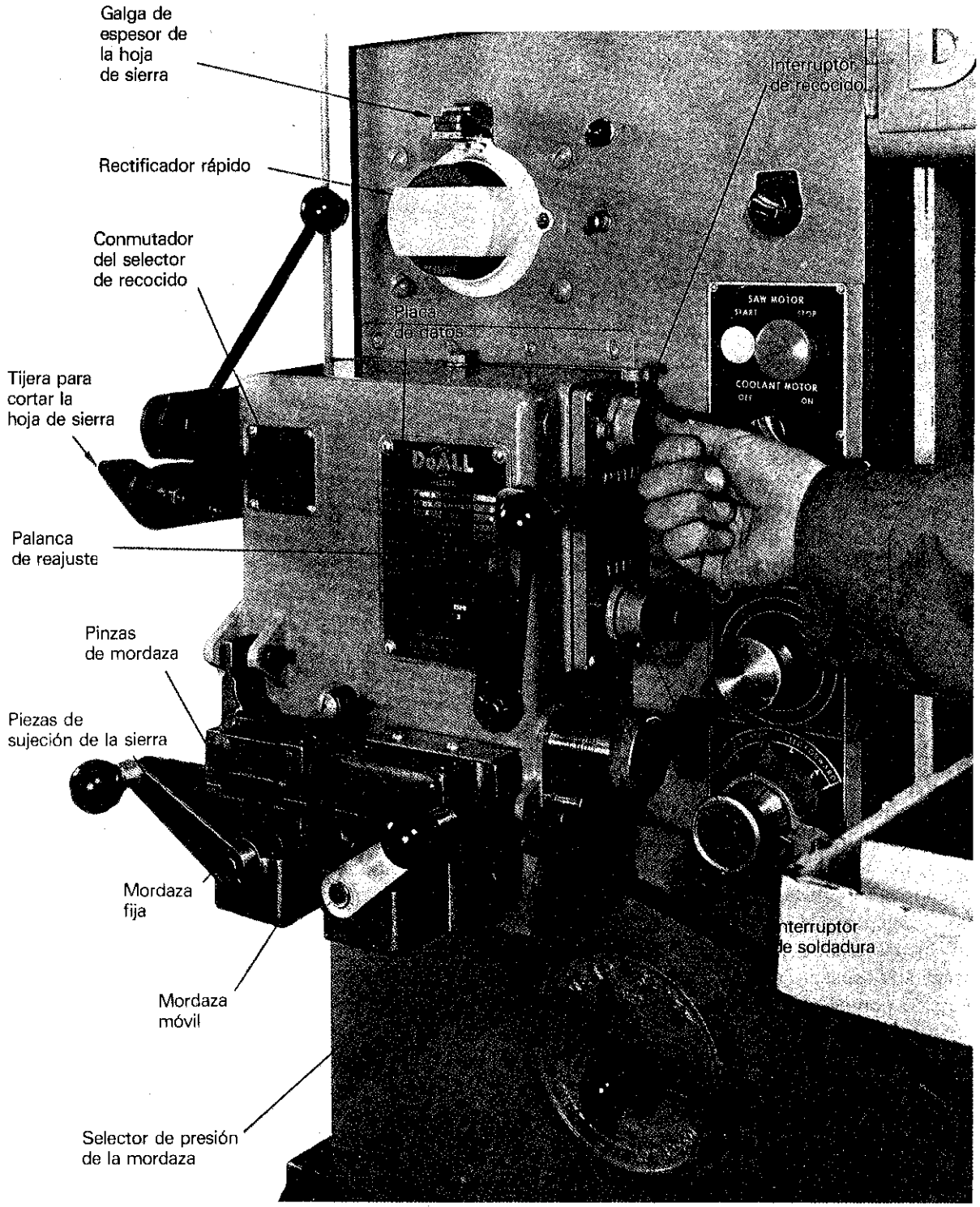


Fig. 18-32. Unidad de corte-amolado-soldadura fijada a la columna de una máquina de sierra de cinta moderna (DoAll Co.)

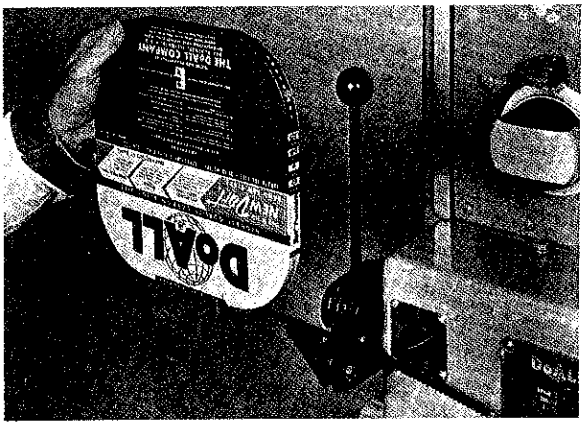


Fig. 18-33. Utilización de la cuchilla de tronzar para obtener la longitud de cinta correcta (DoAll Co.)

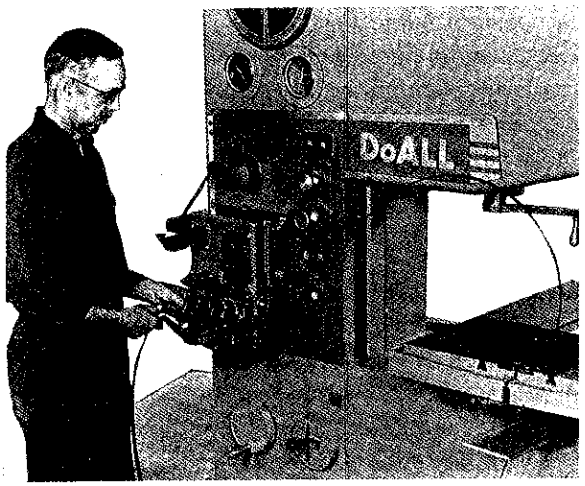


Fig. 18-34. Alineación de la hoja de sierra en las mordazas del soldador por puntos (DoAll Co.)

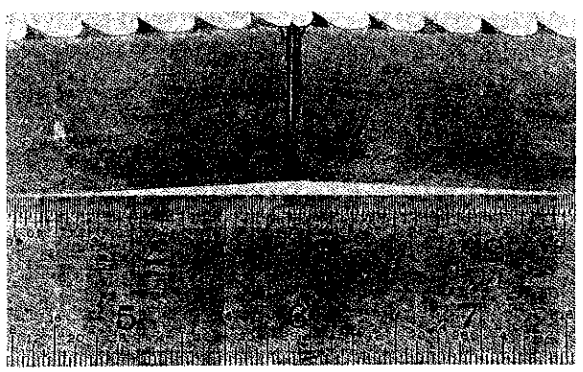


Fig. 18-35. Después de la soldadura, debe comprobarse si la cinta ha quedado bien recta.

de la máquina de sierra de cinta (fig. 18-32). A continuación se da la explicación del procedimiento:

La hoja de sierra puede adquirirse en rollos de 100 y de 500 pies (30,5 y 15,25 m) y en muchos anchos y tipos de dientes. El ancho y tipo correctos de la hoja se hallan comprobando con la esfera del selector de pieza que posee la máquina. Después deben ajustarse las pinzas que sujetan la hoja en las mordazas del soldador por puntos, de modo que estén de acuerdo con el ancho de la cinta elegida para el trabajo. Los constructores facilitan las instrucciones necesarias para fijar la presión de mordaza y la abertura de las mordazas, así como la clase de recocido para cada ancho y tipo de hoja. Una vez ajustadas correctamente las pinzas, hay que cerciorarse de que todas las partes de la unidad de soldadura están exentas de aceite, suciedad, virutas y escama. La longitud correcta de la cinta puede hallarse en la placa informativa fijada a la máquina; la longitud exacta puede obtenerse cortando del rollo mediante una cuchilla de tronzar (fig. 18-33). La hoja puede también cortarse usando tijeras de estañador, pero, si se aplica este método, hay que tener especial cuidado en rectificar los extremos a escuadra.

Entonces la cinta puede introducirse por el agujero taladrado en la pieza, tal como se aprecia en la figura 18-34, y, a continuación, los extremos se insertan en las mordazas del soldador por puntos, con los dientes dirigidos hacia fuera de la máquina (fig. 18-34); estos extremos se alinean correctamente empujándolos firmemente contra la superficie de alineación y teniendo en cuenta que deben estar en el centro del espacio existente entre las dos mordazas de sujeción y justo tocándose uno con otro, pues no deben solaparse y el contacto debe establecerse a escuadra. En esta situación, la hoja está preparada para soldar, por lo que la palanca de puesta a punto debe situarse en la posición de soldadura. Para protegerse contra las chispas, el operario debe llevar puestos los lentes de seguridad y permanecer a un lado antes de presionar el botón de soldeo, el cual debe mantenerse *todo el tiempo* presionado hasta que alcanza un tope positivo, después de lo cual debe soltarse inmediatamente.

Se aflojan las mordazas, se saca la sierra de cinta y se examina la soldadura; debe comprobarse si

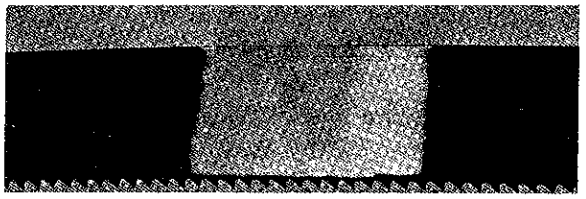


Fig. 18-36. La soldadura debe rectificarse con muela a fin de que no tenga un espesor mayor que el resto de la cinta (DoAll Co.)



Fig. 18-37. La parte soldada de la hoja de sierra puede comprobarse en la galga de espesores de sierras de cinta fijada a la máquina (DoAll Co.)

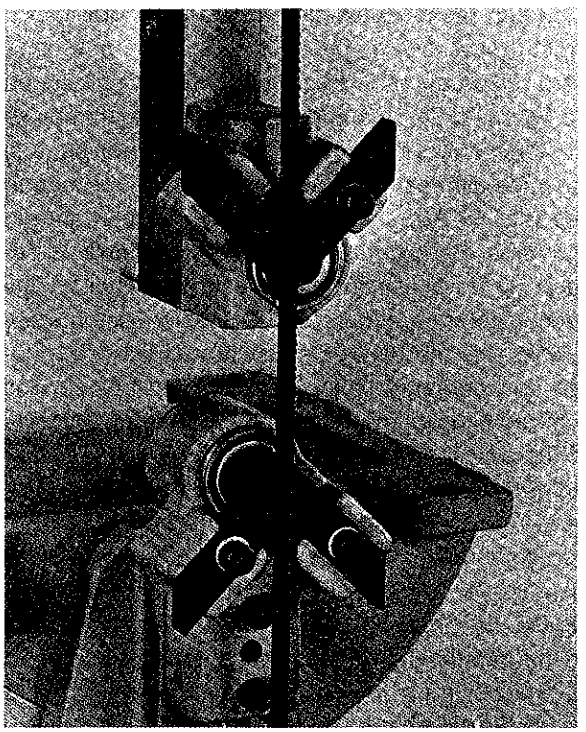


Fig. 18-38. Guías de sierras de cinta, del tipo insertado (DoAll Co.)

la cinta ha quedado bien recta. Se amola el exceso de metal a lo largo de los cantos y se verifica con una regla de acero (fig. 18-35); si la cinta no es bien recta, se rompe la soldadura, se colocan correctamente los cantos y se vuelve a soldar. Siempre hay que cepillar la unidad de soldadura una vez utilizada; deben arrancarse todas las adhesiones metálicas de las mordazas de sujeción y de las pinzas.

El efecto del calor durante el proceso de soldadura y el efecto del aire frío sobre la hoja caliente, son causa de que ésta adquiera temple. Para recocerla en las proximidades de la soldadura, se coloca nuevamente la cinta en las mordazas de sujeción con los dientes dirigidos hacia fuera del operador y la soldadura situada en el centro del espacio entre mordazas. Se desplaza la palanca de puesta a punto hasta la posición de recocido y se ajusta el interruptor del selector de acuerdo con la temperatura requerida por la hoja particular; debe preverse un margen para la dilatación de la cinta al calentarla, el cual ha de ser de 1/16" (1,5 mm).

No hay que presionar el botón de recocido y mantener la presión sobre él, ya que ello produce un sobrecalentamiento de la hoja de sierra que es causa de que vuelva a adquirir temple; el botón de recocido debe presionarse sólo hasta que la cinta presenta un color *rojo cereza apagado.* Entonces puede enfriarse lentamente la hoja, lo que se consigue abriendo y cerrando varias veces dicho botón de recocido a fin de alargar el proceso de enfriamiento.

El metal en exceso aportado por la soldadura debe amolarse hasta que ambos lados aparecen limpios (fig. 18-36) y no haya aumento de medida. La hoja se sujeta con los dientes dirigidos hacia el operador utilizando las partes superior e inferior de la muela para quitar el exceso de metal de ambos lados de la soldadura. Los dientes de la sierra no deben entrar en contacto con la muela. Comprobar a menudo para cerciorarse de que no se amola demasiado dejando excesivamente delgada la cinta en la zona de soldadura.

27. ¿Cómo puede tenerse la seguridad de que la parte soldada de la sierra de cinta tiene exactamente el mismo espesor?

El espesor de la parte soldada de la hoja puede

comprobarse en las muescas de calibrado de la misma que se hallan encima de la muela (fig. 18-37). La muesca de calibrado adecuada para cada ancho de hoja puede encontrarse en una tabla situada en la máquina o en el manual del operario.

28. ¿Cuál es el objeto de las guías de sierra?

Al cortar metal de diferentes medida y forma, la sierra de cinta se encuentra con presiones de resistencia que tienden a flexarla hacia uno u otro lado. Las guías de sierra proporcionan apoyo a la hoja y evitan su flexión; estas guías son de dos estilos: insertadas y de rodillo. Las guías del tipo insertado (fig. 18-38) existen en tres variantes: de precisión, para trabajos ligeros y una velocidad máxima de cinta de 2000 pies (610 m) por minuto, y para medidas de cinta de 1/16" y 1/2" (1,5 y 12,7 mm); para trabajos duros, con cintas de 5/8", 3/4" y 1" (15,9; 19 y 25,4 mm) de ancho; y guías para cintas rápidas, con velocidades de 2000 a 6000 pies (610 a 1830 m) por minuto, y anchos de cinta de 1/16" a 1/2" (1,5 a 12,7 mm).

Para velocidades de cinta continuamente elevadas, de 2000 a 6000 pies (610 a 1830 m) y mayores, deben usarse guías de sierra de cinta del tipo de rodillo (fig. 18-39). Los rodillos giran sobre cojinetes antifricción de bolas, reduciéndose así el desgaste por rozamiento tanto en las guías como en las hojas. Hay dos clases de guías del tipo de rodillo: uno es para cintas de 1/4", 3/8" y 1/2" (6,35; 9,5 y 12,7 mm) de ancho y para velocidades de 6000 pies (1830 m) por minuto como máximo; el otro tiene rodillos más anchos y cojinetes mayores que permiten velocidades de hasta 10.000 pies (3048 m) por minuto y anchos de cinta de 1/4" a 1" (6,35 a 12,7 mm).

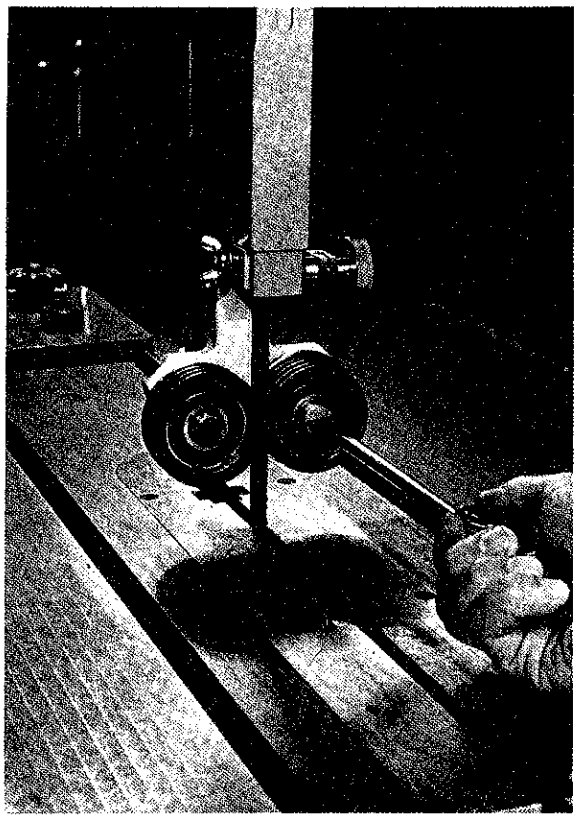


Fig. 18-39. Guía de sierras de cinta, del tipo de rodillos, para altas velocidades de cinta mantenidas contínuamente.

29. ¿Puede la hoja de sierra sobrecalentarse cuando se efectúa el aserrado de metales tenaces?

Sí. Para evitar la pérdida de temple en los dientes de la sierra debido a un sobrecalentamiento, debe emplearse un refrigerante; éste puede ser un fluido de corte o un aceite soluble, y se aplica a la hoja de sierra y a la pieza. Las sierras de cinta con mesa de accionamiento mecánico se suministran con toberas flexibles gemelas, una para el aire y la otra para el refrigerante (fig. 18-40). La tobera

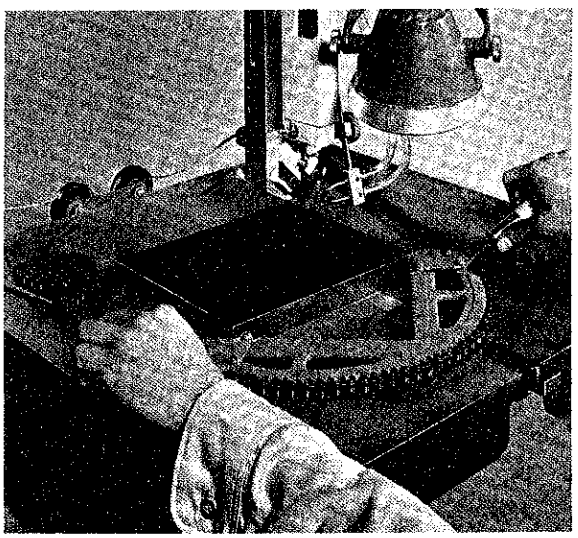


Fig. 18-40. Mediante toberas gemelas el aire y el refrigerante son dirigidos a la hoja de sierra (DoAll Co.)

de aire tiene dos aplicaciones: una es para extraer las virutas soplando sobre ellas; la otra, en combinación con la tobera de refrigerante, es para dirigir éste, finamente pulverizado, sobre la hoja de sierra y la pieza. El refrigerante usado circula por una cubeta alrededor del canto de la mesa, pasa por un filtro y vuelve al depósito de refrigerante. En los modelos de mesa fija, el refrigerante es dirigido a la hoja de sierra por gravedad.

30. ¿Por qué algunas sierras de cinta se llaman máquinas de cinta?

El aserrado con cinta no es la única operación que puede efectuarse en las máquinas de cinta. Utilizando cintas diferentes, la máquina puede efectuar operaciones de limado y de pulido abrasivo.

31. ¿Cómo puede conseguirse que una lima se curve sobre una rueda?

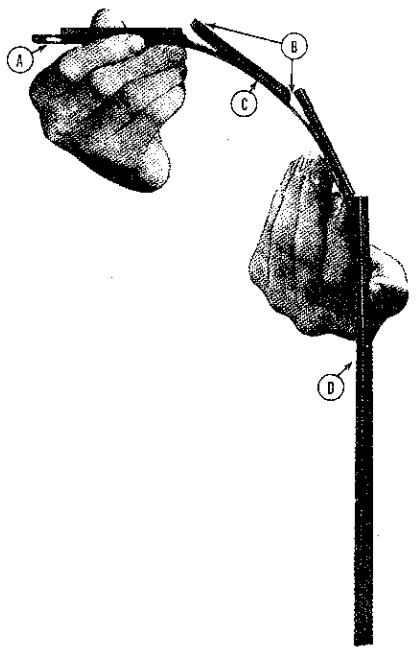


Fig. 18-41. Cinta de limas (DoAll Co.)

A. Ranura de cierre que sirve para unir los extremos de la cinta al objeto de formar una lima sin fin.
B. Pieza de unión de las limas que cierra bien durante el contacto con la pieza que se lima.
C. Tira de separación que proporciona una abertura para huelgo de viruta entre la cinta y la lima.
D. Cinta de acero flexible a la cual se unen los segmentos de lima.

La cinta de limar se fabrica a base de pequeños trozos de limas. Un extremo de cada trozo se remacha a una cinta flexible de acero de resortes (fig. 18-41 A a D). A medida que la cinta pasa por la periferia de las ruedas portadoras, el extremo libre de los trozos de lima se levanta separándose de la cinta (C), lo que permite su paso por la curva. Una vez pasada la curva, la lima vuelve a adaptarse a la cinta y queda unida mediante un dispositivo especial de cierre entre trozos de lima (B); así se forma la lima recta, uniforme y continua (D) que requiere la operación de limado.

32. ¿Qué cambios son necesarios para convertir la máquina de aserrar en una máquina de limar?

La placa que se inserta en la mesa de trabajo para permitir que la hoja de sierra pase a través de ella, debe cambiarse por otra que proporcione más holgura para el paso de los segmentos de lima. También las guías para las sierras de cinta deben sustituirse por otras más resistentes que sirvan para guiar la cinta de limas (fig. 18-42).

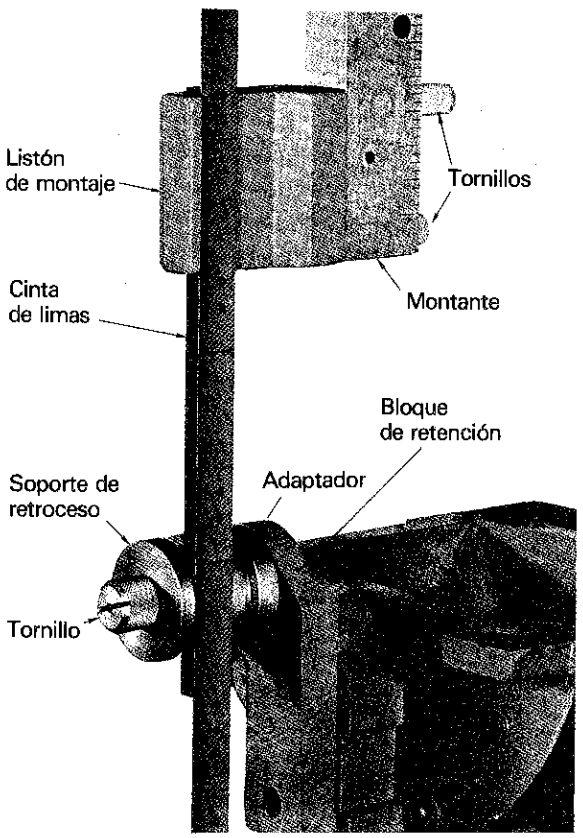


Fig. 18-42. Guías para una cinta de limas (DoAll Co.)

Debe tenerse cuidado en dar la tensión correcta a esta cinta; una tensión excesiva romperá los remaches que unen los trozos de lima a la cinta flexible. Con una tensión ligera se obtienen resultados mejores y más precisos.

33. ¿A qué velocidad puede desplazarse la cinta de limar?

La velocidad óptima depende de la forma de la pieza, del material a limar y de la cinta de limas que se usa.

34. ¿De qué formas y tipos de picado de limas puede disponerse?

Las limas difieren en forma o perfil, ancho y picado. Los perfiles son oval, plano y media caña. Los anchos son 1/2", 3/8" y 1/4" (12,7; 9,5 y 6,35 mm). Los tipos de picado son basto, entrefino y semifino. El paso del picado se indica mediante un número que representa el número de dientes por pulgada: 10, 12, 14, 16, 20 y 24 (fig. 18-43). Los factores que determinan la lima adecuada para el trabajo a ejecutar, son el tipo y forma de la pieza y el material utilizado para construir ésta.

35. ¿Para qué se usa la cinta de pulir?

A pesar de que el limado puede dar por resultado una superficie suave, lisa y adecuadamente

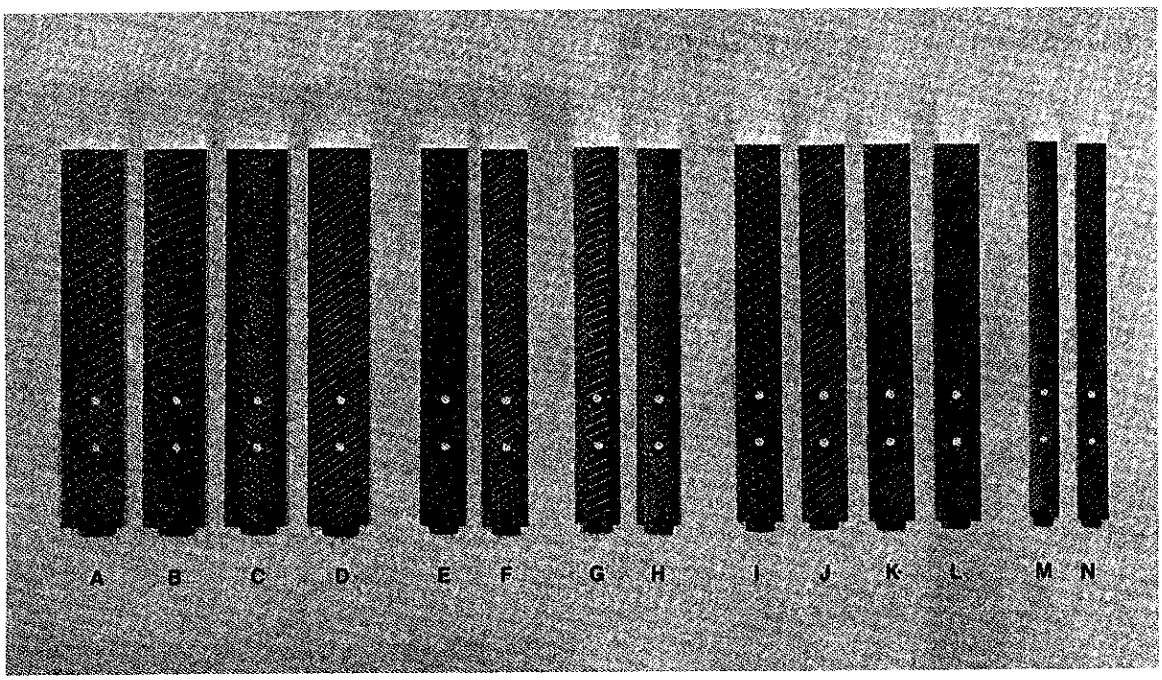


Fig. 18-43. Formas, tamaños y tipos de segmentos de limas, y aplicaciones para cada uno (DoAll Co.)

A. 1/2" plana, ángulo pequeño, picado basto, 10 dientes; para aluminio, latón, hierro fundido, cobre, cinc.
B. 1/2" oval, ángulo pequeño, picado basto, 10 dientes; para aluminio, latón, hierro fundido, cobre, cinc.
C. 1/2" oval, bastarda, picado entrefino, 14 dientes; para uso general sobre acero.
D. 1/2" plana, bastarda, picado entrefino, 14 dientes; para uso general sobre acero.
E. 3/8" oval, ángulo pequeño, picado basto, 10 dientes; para aluminio, latón, cobre.
F. 3/8" oval, bastarda, picado entrefino, 14 dientes; para uso general sobre acero dulce.
G. 3/8" media caña, ángulo pequeño, picado basto, 10 dientes; para aluminio, latón, cobre.
H. 3/8" media caña, bastarda, picado entrefino, 16 dientes; para uso general sobre acero dulce.
I. 3/8" plana, ángulo pequeño, picado basto, 10 dientes; para aluminio, latón, cobre.
J. 3/8" plana, bastarda, picado basto, 12 dientes; para hierro fundido, metales no ferrosos.
K. 3/8" plana, bastarda, picado entrefino, 16 dientes; para uso general sobre acero de herramientas.
L. 3/8" plana, bastarda, picado semifino, 20 dientes; para acabado medio sobre acero de herramientas.
M. 1/4" oval, bastarda, picado semifino, 24 dientes; para uso general sobre acero de herramientas.
N. 1/4" plana, bastarda, picado semifino, 20 dientes; para uso general sobre acero de herramientas.

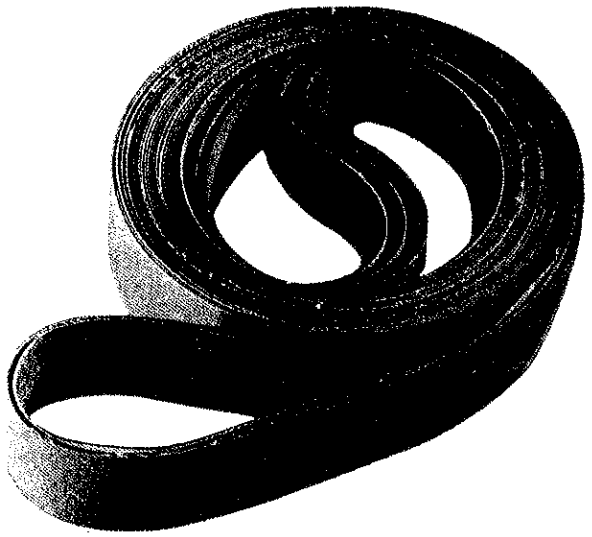


Fig. 18-44. Cinta abrasiva utilizada para pulir (DoAll Co.)

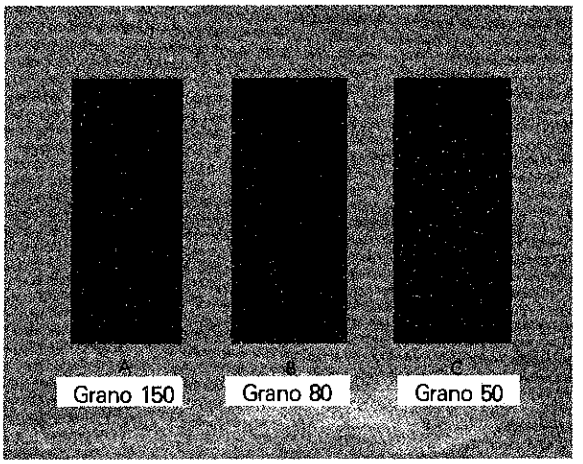


Fig. 18-46. Existen cintas abrasivas con tres tamaños de grano (DoAll Co.)

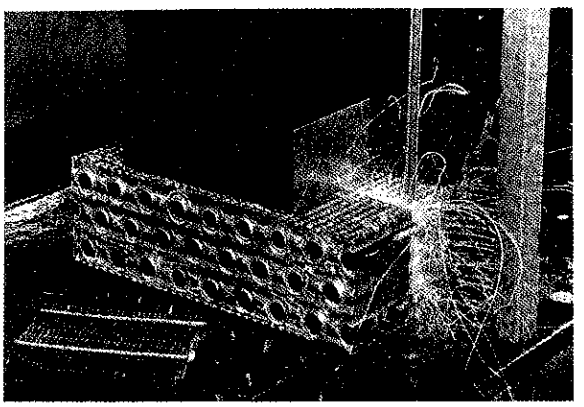


Fig. 18-47. Aserrado del núcleo de un aparato de aire acondicionado, mediante cinta y arco eléctrico (DoAll Co.)

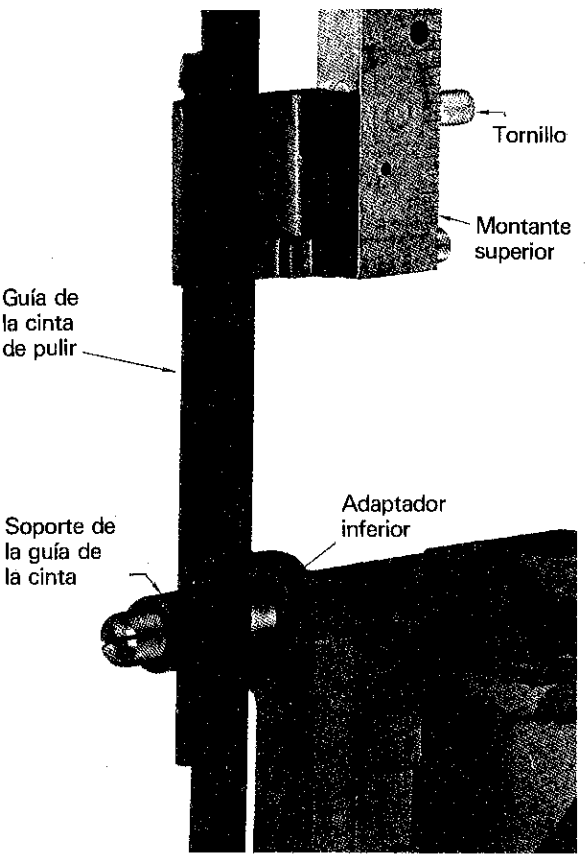


Fig. 18-45. Dispositivos para el pulido con cinta (DoAll Co.)



Fig. 18-48. Cortado de material delgado mediante el aserrado por fricción (DoAll Co.)

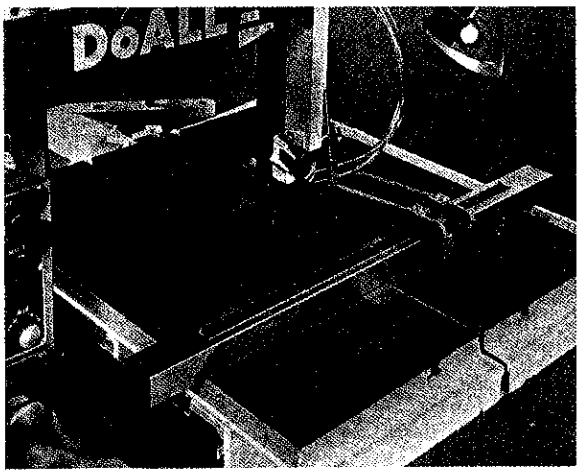


Fig. 18-49. Regla para escuadrar la pieza (DoAll Co.)

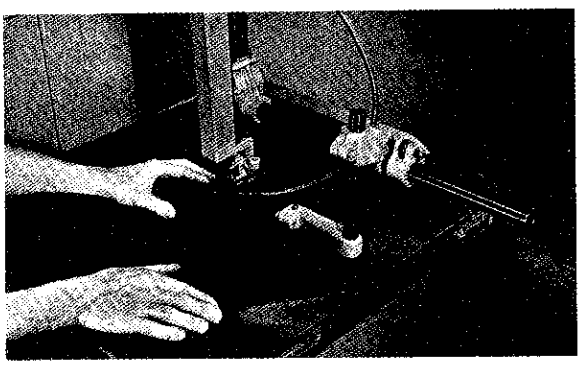


Fig. 18-50. Accesorio para cortar discos (DoAll Co.)

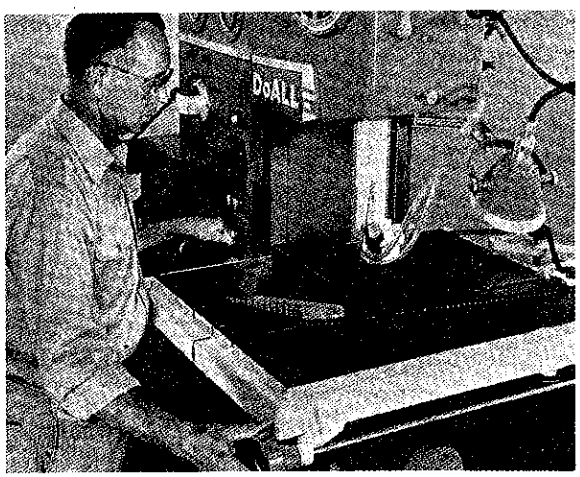


Fig. 18-51. Accesorio para tallar contornos usado en combinación con el avance mecánico de la mesa (DoAll Co.)

perfilada, la calidad de este acabado puede no satisfacer todos los requerimientos. Una cinta recubierta de abrasivo (fig. 18-44) puede mejorar el aspecto y la eficacia de la pieza al darle un acabado liso y pulido.

36. ¿Cómo puede adaptarse a la máquina una cinta abrasiva plegable?

La cinta abrasiva se monta sobre las mismas ruedas que la sierra de cinta, pero necesita un soporte dorsal para resistir la presión de la pieza.Con facilidad se fija a la máquina un dispositivo especial destinado a tal finalidad (fig. 18-45).

37. La cinta de pulir, ¿puede obtenerse en varias medidas?

La longitud total de la cinta una vez unida no requiere variaciones. El ancho de todas las cintas abrasivas es de 1" (25,4 mm). La cinta va recubierta con abrasivo de óxido de aluminio, el cual puede ser de uno de los tres tamaños de grano siguientes: grano 150 para pulido fino a velocidades de 800 a 1500 pies (244 a 457 m) tangenciales por minuto; grano 80 para pulido basto y uso general a velocidades de 1000 pies (305 m) tangenciales por minuto, como máximo; y grano 50 para quitar material mejor que para pulir. La cinta de grano 50 se usa a velocidades muy lentas (fig. 18-46).

38. ¿Qué es el mecanizado eléctrico con cinta?

Como su mismo nombre indica, se trata de un aserrado que se efectúa con la ayuda de la electricidad. La hoja tiene un filo de cuchillo, no en dientes de sierra, y recibe una corriente de bajo voltaje y alto amperaje a fin de que se descargue un arco desde el filo de la hoja a la pieza que se corta (fig. 18-47). Al objeto de que no se deteriore el material que se mecaniza de este modo, se dirige un chorro de refrigerante donde el arco alcanza a la pieza.

39. ¿Qué es el aserrado por fricción?

Haciendo funcionar la sierra a velocidades muy elevadas, dentro de la gama de 6000 a 15.000 pies (1830 a 4570 m) tangenciales por minuto, se genera suficiente calor de rozamiento de los dientes de la sierra para ablandar el metal que se corta, el cual llega a quedar reducido al estado de fusión; en este estado es fácilmente arrancado por los

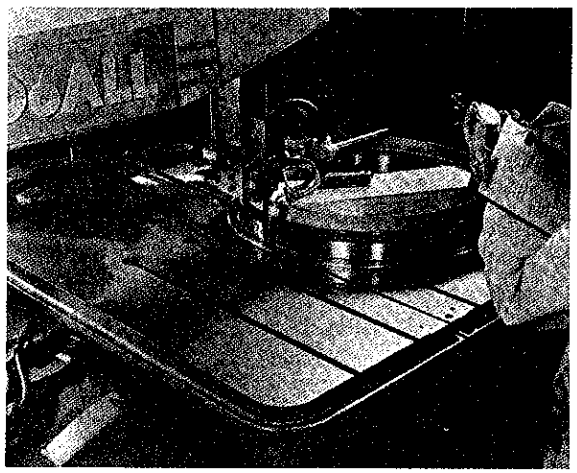


Fig. 18-52. El accesorio para tallar contornos y el accesorio para cortar discos se combinan para sacar una platina en un aro de acero (DoAll Co.)

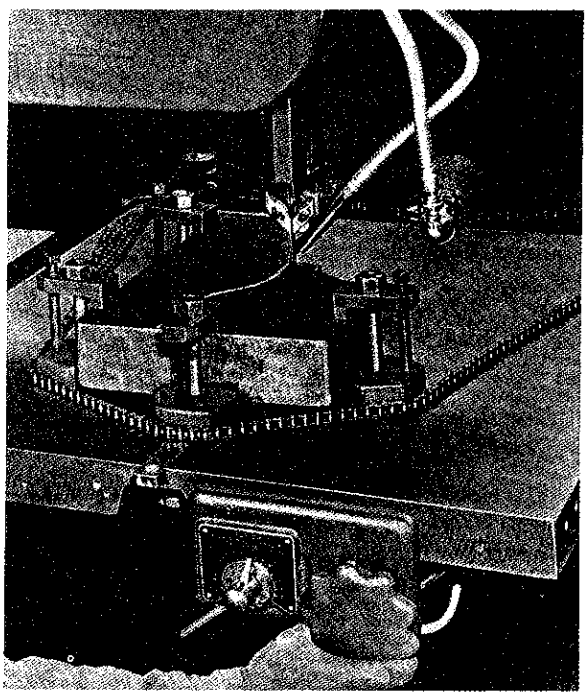


Fig. 18-53. Avance hidráulico para contornos utilizado sobre la mesa fija de una máquina de cinta (DoAll Co.)

dientes de la hoja. Debido a que el calor que debe generarse para el aserrado por fricción es más fácil de alcanzar con metales ferrosos de menos de 25 mm de grueso, este método da los mejores resultados y es el más rápido cuando se trata de aserrar metales delgados (fig. 18-48).

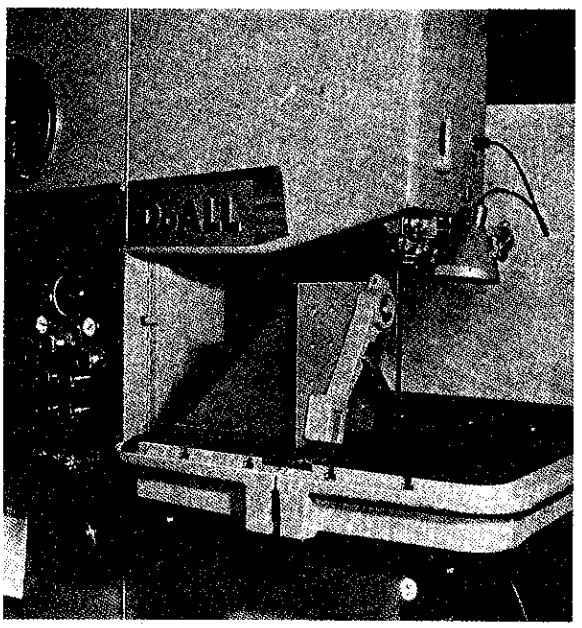


Fig. 18-54. La escuadra constituye uno de los métodos más comunes de sujeción de una pieza (DoAll Co.)

40. ¿Cuáles son los accesorios que pueden usarse con la máquina de cinta?

Son muchos los accesorios existentes para su uso en la máquina de cinta con el fin de simplificar las operaciones que ofrecen dificultades y de proporcionar una mayor precisión. La regla de escuadrar la pieza (fig. 18-49) sostiene ésta cuando sólo se requiere un corte en línea recta; también puede utilizarse para obtener cortes angulares precisos hasta 45°. El accesorio para cortar discos (fig. 18-50) se emplea para tallar círculos, lo mismo exteriores que interiores, desde 2 1/2" a 30" (63,5 a 762 mm) de diámetro, pudiéndose obtenerlos con una medida precisa y un acabado liso.

41. ¿Se controlan a mano todos los accesorios?

Algunos accesorios son accionados mecánicamente y también en combinación con el avance mecánico de la mesa; un ejemplo de ello se tiene en el aparato para tallar contornos (fig. 18-51). En la figura se ve el avance de mesa, controlado con la mano izquierda del operario; la mesa se mueve hacia adelante mientras el movimiento giratorio es controlado por la mano derecha del mismo operario.

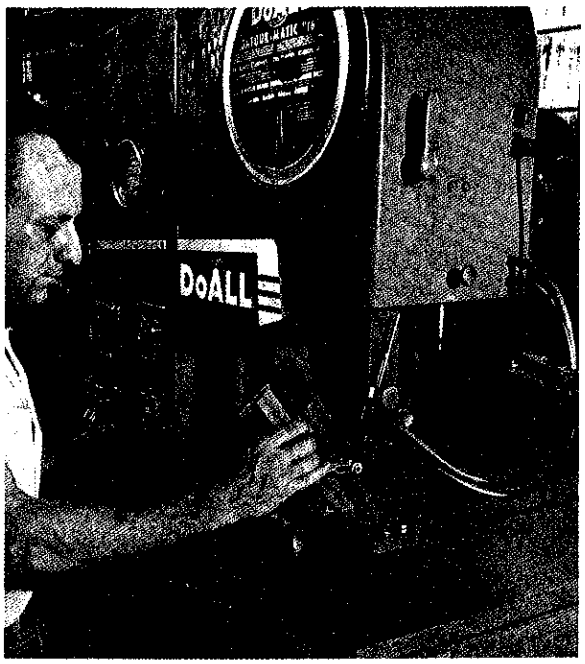


Fig. 18-55. Dispositivo de fijación sencillo utilizado para sujetar la pieza durante una operación de ranurado (DoAll Co.)

42. ¿Puede usarse el aparato para tallar contornos en el corte de un circulo cerrado?

La figura 18-52 muestra el aparato de tallar contornos usado en combinación con el de tallar discos para sacar una platina en un aro de acero inoxidable dejando un saliente. El corte es continuo e ininterrumpido, efectuándose a la velocidad de unos 50 mm por minuto con una velocidad de cinta de 200 pies (60 m) tangenciales por minuto.

43. ¿Es posible tener un accesorio accionado hidráulicamente en una máquina de mesa fija?

La figura 18-53 muestra un aparato para tallar contornos con avance controlado hidráulicamente, en funcionamiento sobre la mesa fija de una máquina de cinta; este accesorio puede colocarse adyacente a la máquina y es fácil de fijar a la misma, proporcionando un avance mecánico para todos los tipos de aserrado de contornos. Es controlado con volante de mano y válvula de regulación fijada en la parte frontal de la mesa.

44. Todas las piezas que se mecanizan en la máquina de cinta, ¿se fijan y controlan por medio de accesorios?

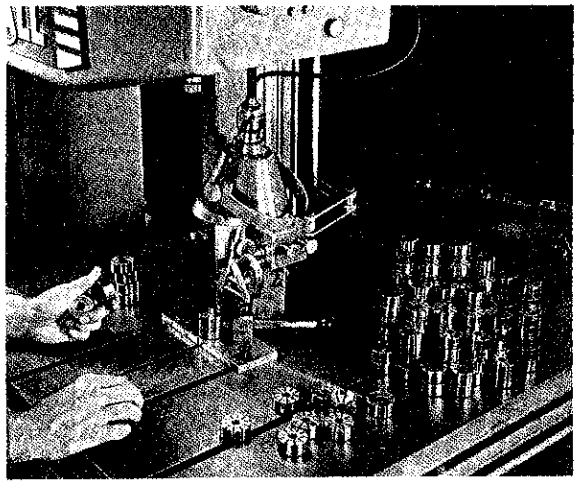


Fig. 18-56. Utilización de un dispositivo divisor para cortar 10 ranuras igualmente espaciadas en un rotor de bomba (DoAll Co.)

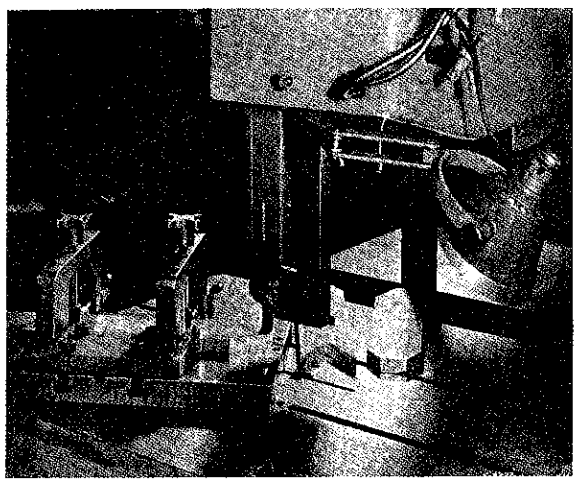


Fig. 18-57. Dispositivo de fijación especial empleado para tallar ángulos cortos a 45° (DoAll Co.)

Los accesorios utilizados en la máquina de cinta están diseñados para simplificar el mecanizado de muchas piezas que tienen algún factor común a todas ellas. No obstante, se presentan casos en que la misma operación debe efectuarse en varias piezas y en que la producción se incrementa a menudo proyectando un dispositivo de fijación que sujeta la pieza con seguridad y rapidez. Uno de los métodos más comunes de sujeción de las piezas es el que hace uso de una escuadra; una de las caras de ésta se sujeta a la mesa mediante pernos, siendo la otra cara la que lleva estacada la pieza (fig. 18-54).

45. ¿Qué tipos de dispositivos de fijación pueden usarse en la máquina de cinta?

Pueden usarse todos los tipos de dispositivos de fijación que sujeten la pieza con seguridad y precisión. Los dispositivos de fijación pueden alinearse correctamente con la hoja de sierra y según el sentido de la carrera de la mesa, a la que pueden fijarse por medio de pernos en T (fig. 18-55). El diseño de dispositivos de fijación para un trabajo específico requiere ingeniosidad e imaginación; un dispositivo adecuadamente diseñado simplifica la sujeción y reduce el tiempo de preparación (fig. 18-56).

46. ¿Pueden diseñarse dispositivos de fijación para uso general en una máquina de cinta?

El tipo de operación será el factor decisivo en el diseño de un dispositivo de fijación para mecanizar con cinta. La figura 18-56 muestra un dispositivo de fijación que sólo puede usarse para un trabajo; el número de piezas a ranurar justifica la inversión que significa la realización de este dispositivo adecuado para un único objeto. La figura 18-57 muestra un dispositivo de fijación que puede usarse para cortes angulares, tanto exteriores como interiores, en materiales de longitud y espesor diversos.

19. FUNDAMENTOS DEL CONTROL NUMERICO

El desarrollo del progreso tecnológico llevado a cabo por la raza humana puede seguirse a través del uso por el hombre de las herramientas y de las máquinas que han resultado del empleo de aquéllas.

Puede muy bien suponerse que el uso por el hombre primitivo del martillo, de la sierra y de la lima hizo posible la salida de las familias de las oscuras y húmedas cuevas en las rocas para dirigirse hacia moradas más seguras y apacibles sitas en los lugares dominantes y de gran perspectiva de los cerros y lomas.

La construcción de la rueda simplificó el transporte y, partiendo de ella, se desarrollaron los otros mecanismos básicos que han contribuido al confort y seguridad del hombre. Las ruedas dentadas condujeron a los engranajes, los cuales, a su vez, con su aplicación, permitieron la obtención de maquinaria más avanzada. De esta salió la máquina de vapor de Watt y el torno para el tallado de roscas de Maudsley, realizaciones que, cada una por su lado, jugaron su papel en la simplificación de los problemas de vida de la familia del hombre.

Cada generación aportó sucesivamente su contribución al alivio de la carga de trabajo del hombre. Thomas Edison, Guglielmo Marconi y Henry Ford han acarreado beneficios a la industria, así como al confort y al bienestar de la raza humana.

Los nuevos métodos de producción que se han ido creando han aumentado los beneficios de los productores; el número de horas de trabajo diarias ha ido invariablemente disminuyendo, y la cantidad de los ingresos obtenidos semanalmente, aumentando. La producción en masa y la fabricación intercambiable ha dado lugar a que los elementos de consumo, antes lujosos y de uso poco corriente, salgan de la industria con profusión insospechada y al alcance de las disponibilidades económicas de la familia media. Las tareas más arduas del hombre han sido aligeradas, mermadas y a menudo eliminadas gracias a la influencia cada vez más amplia de las máquinas herramientas.

A medida que ha ido en aumento el número y la variedad de las máquinas, más el hombre, como artífice, se ha ido identificando con su funcionamiento; y, necesariamente, a medida que los operarios han ido siendo más expertos, el trabajo resultante del funcionamiento de las máquinas ha ido convirtiéndose en más delicado y refinado.

La precisión del torno de mandrinar de Wilkinson hizo posible la producción del cilindro de la máquina de vapor de Watt; dicho torno permitió mandrinar el cilindro citado con una precisión de redondez dentro de la tolerancia del "grueso de una moneda de seis peniques desgastada", o sea, de aproximadamente 0,040" (0,1 mm). En la actualidad, a los operarios de torno se les exige producir piezas con tolerancias de millonésimas de pulgada, o de milésimas de milímetro. Utilizando las mismas máquinas y herramientas de corte que para el trabajo basto, para producir una pieza que requiera tolerancias de medida estrechas se invierte más tiempo. Las piezas con tolerancias estrechas requieren más pericia en el operio, una mayor atención a los detalles de mecanizado y más escrupulosidad en la medición.

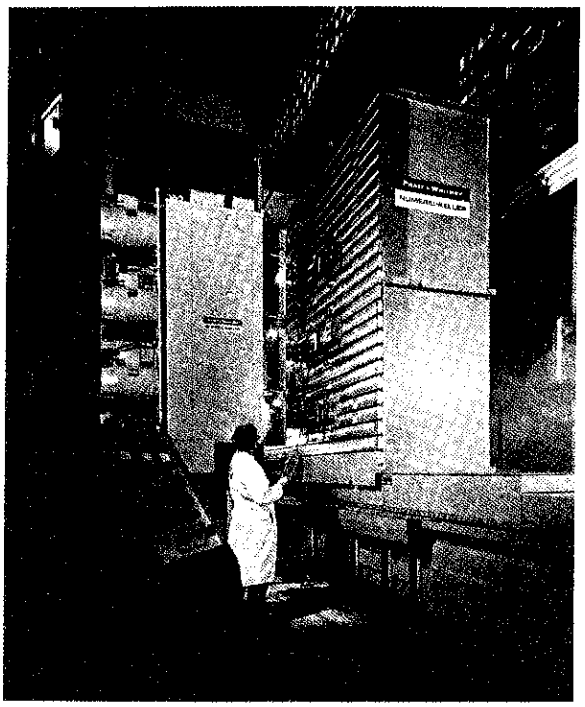


Fig. 19-1. Fresadora controlada numéricamente mediante un sistema de mando numérico por trayectoria continua; esta máquina está diseñada para piezas que pesan más de 20 toneladas (Pratt & Whitney Co.)

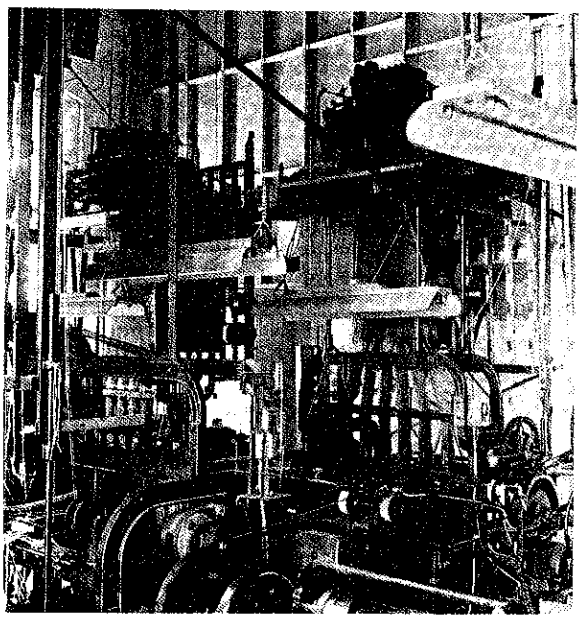


Fig. 19-2. Telar Jacquard en funcionamiento (Hamilton Web Co. and Wilking Studio)

El operario de máquina emplea más tiempo en tomar sus decisiones de mecanizado, más tiempo en medir, debe efectuar las mediciones con más frecuencia y debe prestar mucha mes atención a los pequeños detalles; cada uno de estos detalles incrementa la posibilidad de error, multiplicándose los desechos y cada pieza rechazada comporta unos minutos, u horas, de trabajo de la máquina y del operario. La pieza correctamente terminada debe tener asignado un precio que compense al fabricante por las piezas que han sido deterioradas o rechazadas; ello ha sido la causa de que el mecanizado de precisión haya resultado un procedimiento costoso —hasta la aparición del control numérico.

Se han otorgado muchos significados al término control numérico; algunos son muy simples, mientras que otros son difíciles de entender. Podría describirse simplemente como el nombre dado a un proceso que controla la función de una máquina mediante el uso de números. Tal explicación es apenas suficiente para describir el funcionamiento de un sistema que reduce la complejidad de un dibujo técnico a una serie de agujeros practicados en una cinta de cierta longitud, la cual se halla en un rollo contiguo a la máquina herramienta y, a medida que pasa desde dicho rollo al rollo de recepción, controla la máquina para que ejecute las operaciones más complicadas, conforme a tolerancias infinitesimales. Cuesta imaginar que las máquinas, al ser mandadas por cinta, ejecuten cualquier diámetro, longitud, profundidad, rosca, radio, agujero, etc. dentro de tolerancias especificadas con un mínimo de defectos, desechos o pérdidas de tiempo. Dado que el control numérico constituye otro perfeccionamiento del utillaje que va a proporcionar muchos beneficios a la raza humana, merece nuestro estudio (fig. 19-1).

1. ¿Cómo se desarrolló el control numérico?

El control de las máquinas por medio de agujeros perforados en una cinta de 1" (25,4 mm) de ancho puede considerarse un invento que se produjo inmediatamente después de la segunda guerra mundial. Sin embargo, sus inicios pueden seguirse hasta épocas muy anteriores. El primer ejemplo conocido de control de las funciones de una máquina mediante agujeros perforados se ha-

lla en el telar Jacquard (fig. 19-2), el cual todavía juega un importante papel en la producción textil. El principio Jacquard se basa en un mecanismo que eleva determinadas hebras para que abandonen una vertiente recorrida por la lanzadera, creándose así la estructura del tejido. El equipo Jacquard va fijado encima del telar y la selección de hebras se efectúa a través de taladros practicados en gruesas cartulinas (fig. 19-3); éstas se perforan siguiendo el modelo de intrucciones adecuado y luego se unen articuladamente con un cordón (fig. 19-4).

La industria textil era ya antigua cuando Basile Bauchon, en 1725, sustituyó por una cinta sin fin de papel perforado los cordones en bucle o las cuerdas que elevaban parte del equipo del telar.

En 1728, M. Falcon, otro inventor francés, construyó una máquina de tejer que usaba tarjetas perforadas, pero requería un operario adicional para maniobrar el mecanismo de las tarjetas. Jacques de Vaucanson, en 1745, introdujo un perfeccionamiento ulterior combinando el papel perforado de Bauchon con el mecanismo de Falcon.

Joseph Marie Jacquard, también inventor francés, mejoró mucho y perfeccionó todavía más el telar dejándolo como es hoy, y presentó el resultado de su trabajo en la exposición industrial de París celebrada en 1801. Jacquard fue después galardonado por el gobierno francés y recibió una pensión por su contribución a la prosperidad económica de su país. Con bastante frecuencia se le otorga el mérito de haber introducido el uso de perforaciones en papel o cartulina para controlar funciones mecánicas; pero, como aquí se ha visto, otros le precedieron en sus esfuerzos y poseen más derechos para reclamar tal honor.

Más de un centenar de años después, la técnica del papel perforado se usó en los pianos, a los que se incorporaba un dispositivo destinado a reproducir la interpretación previa de un pianista. Se perforaron rollos de papel con agujeros distribuidos de modo que la pianola pudiese tocar cualquier melodía o arreglo para piano (fig. 19-5). Estos rollos hacían funcionar la pianola del siguiente modo. Se hacía pasar aire por los agujeros del papel y por los de una barra de guía; esta barra tenía 88 agujeros, uno por cada tecla del teclado del piano. Cuando un agujero del rollo de papel dejaba al descubierto un agujero de la barra de

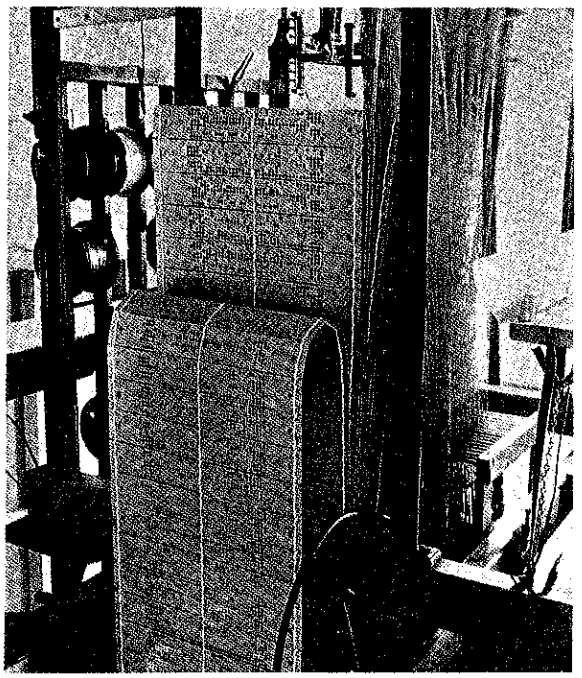


Fig. 19-3. Equipo de telar Jacquard (Hamilton Web Co. and Wilking Studio)

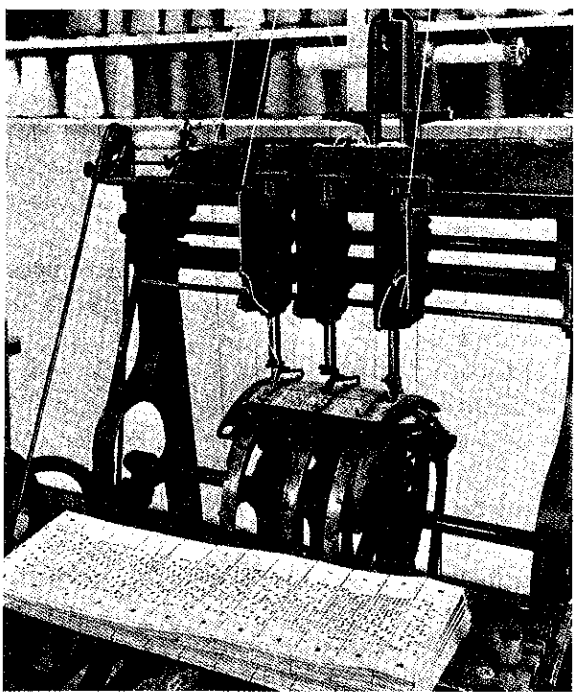


Fig. 19-4. Cartulinas Jacquard enlazadas (Hamilton Web Co. and Wilking Studio)

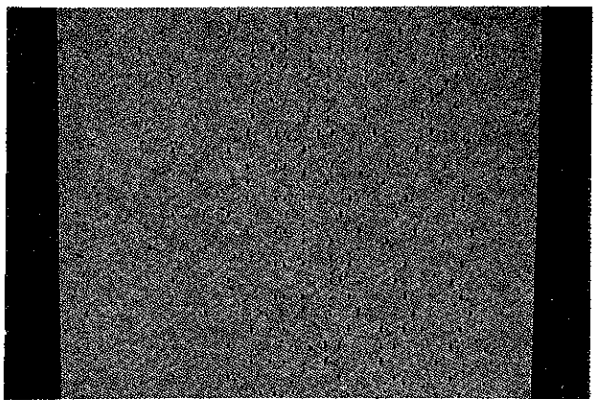


Fig. 19-5. Fragmento de un rollo para pianola.

guía, el aire que pasaba por ambos accionaba unas válvulas y la pianola emitía la nota correspondiente.

En los primeros años de la década 1950, el Instituto de Tecnología de Massachusetts (Estados Unidos) demostró el resultado de sus experimentos con una fresadora controlada numéricamente. Desde entonces, son muchas las empresas de ingeniería que han contribuido apreciablemente al desarrollo de esta técnica, y en la actualidad existen muchos sistemas de control numérico en funciones. Muchos de los fundamentos básicos en los diversos sistemas son los mismos o muy similares; hasta el momento presente no se ha editado norma internacional alguna relativa a los sistemas de control numérico. La cinta perforada, ha sido aceptada como norma; se fabrica y utiliza en rollos, tiene 1" (25,4 mm) de ancho y lleva 8 vías o canales de agujeros (fig. 19-6).

Algunos sistemas usan tarjetas perforadas, mientras que otros utilizan cinta magnética de diversos anchos.

El control numérico de las máquinas se utilizó por vez primera en la industria aeronáutica, con la ayuda de las fuerzas aéreas de los Estados Unidos, a fin de acelerar la producción para la disponibilidad nacional.

2. ¿Cuáles son las ventajas del control numérico?

Las exigencias de la industria en cuanto a piezas de máquinas van siendo cada vez más severas. Las tolerancias en las dimensiones, de las que a penas se hablaba hace pocos años, son hoy día

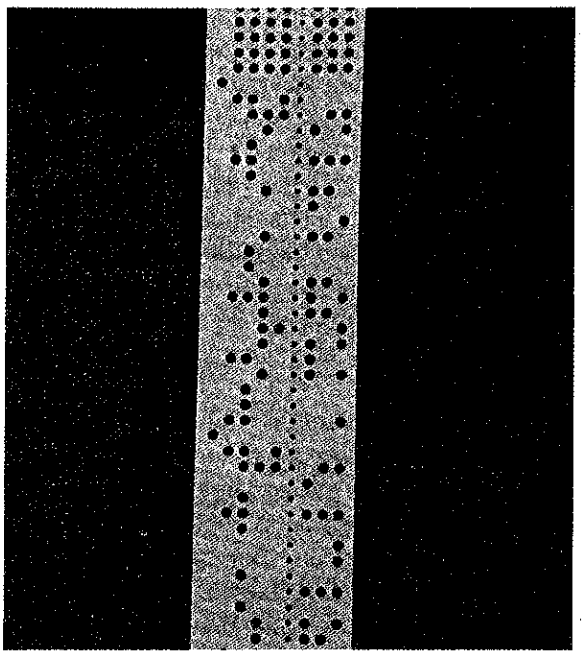


Fig. 19-6. Fragmento de cinta usado en una fresadora con control numérico. Tiene 1" de ancho y posee 8 canales de agujeros.

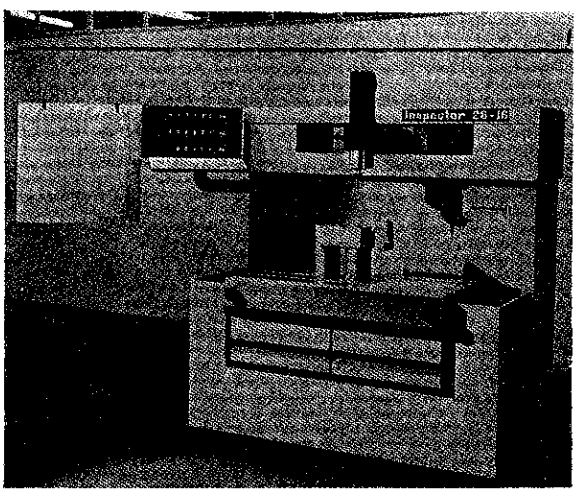


Fig. 19-7. Máquina verificadora con 3 ejes controlados numéricamente (Farrand Controls, Inc.)

fijadas por todos los ingenieros. Se utilizan instrumentos que permiten la medición de millonésima de pulgada o de milésimas de mm) en los departamentos de verificación de los talleres. Piezas que deben ejecutarse con tolerancias tan finas requieren un extremo cuidado por parte del mecánico; el criterio humano sobre dimensiones y dis-

tancias no tiene una precisión consistente. El control numérico, cuando ha sido programado correctamente, elimina la posibilidad del error humano (fig. 19-7). Queda asegurada la uniformidad en la repetición: todas las piezas mecanizadas de acuerdo con las especificaciones de la misma cinta serán idénticas en dimensiones y forma. La elección ade-

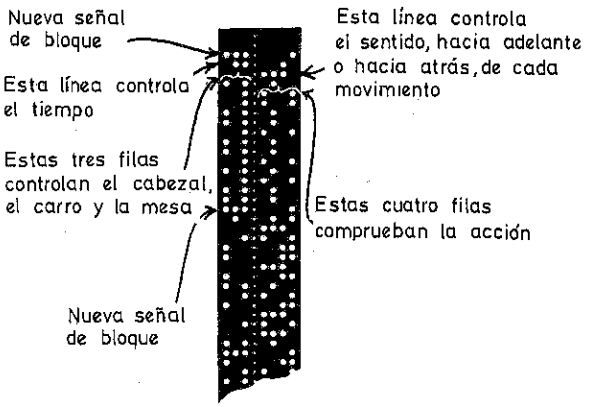


Fig. 19-8. Fragmento de cinta de control típica (American Machinist, McGraw-Hill, Inc.)

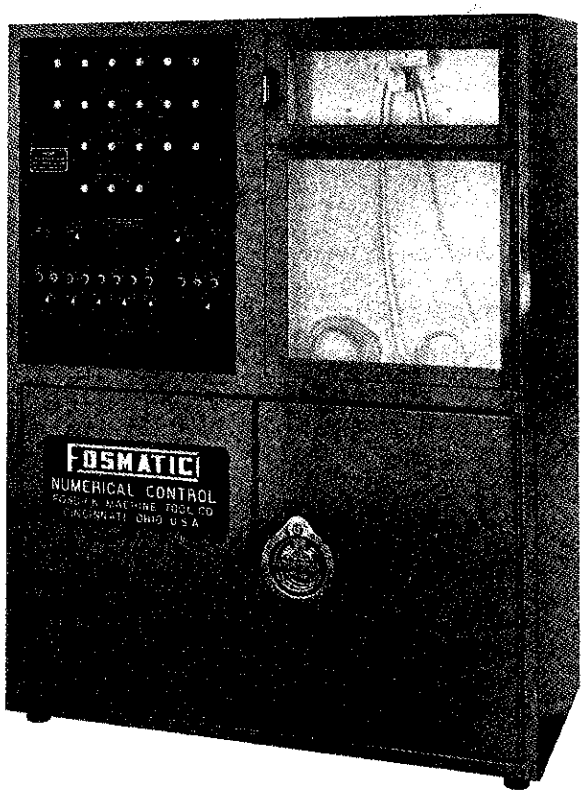


Fig. 19-9. Lector de cinta para una máquina herramienta controlada numéricamente (Fosdick Machine Tool Co.)

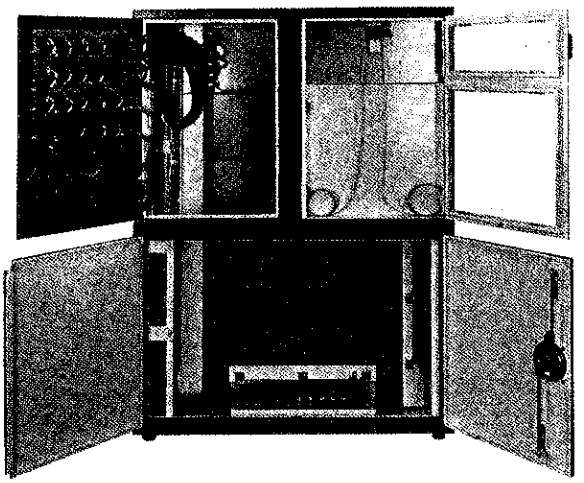


Fig. 19-10. Vista interior de un lector de cinta (Fosdick Machine Tool Co.)

cuada de velocidades y avances para las herramientas impide la posibilidad de presiones excesivas que conducen a la rotura de la herramienta y a grietas no detectadas en el material de las piezas.

El control numérico elimina la necesidad de modelos, plantillas, montajes y tornillos de fijación, todos ellos muy costosos, y el almacenamiento de tal utillaje. Las cintas pueden guardarse en un archivo y volverse a usar siempre que deba repetirse un pedido. Se evitan piezas de desecho y la necesidad de volver a repasar las piezas mal acabadas.

Las ventajas del control numérico son muchas. Los beneficios varían según el tipo de fabricación para el cual se emplea.

3. ¿Cómo actúa el control numérico en las máquinas herramineta?

El control numérico actúa sobre las máquinas herramienta por medio de instrucciones expresadas en un código numérico, el cual está registrado en cintas de papel perforado (fig. 19-8), en tarjetas perforadas o en cintas magnéticas. Las instrucciones codificadas controlan: la secuencia de las operaciones de mecanizado; las posiciones de la máquina; la velocidad, dirección y distancia de la pieza o herramienta de corte; el aflujo de refrigerante; y la puesta a punto de las herramientas para cada una de las operaciones a realizar sobre la pieza.

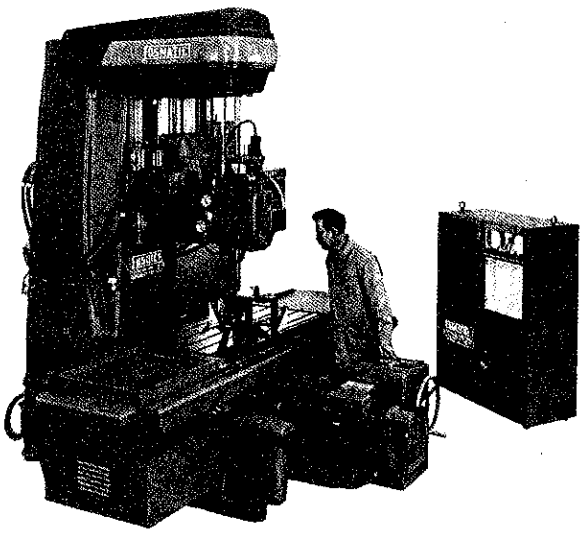


Fig. 19-11. Sistema de control numérico típico, aplicado a una máquina de precisión para el mandrinado de montajes (Fosdick Machine Tool Co.)

Cuando estas instrucciones pasan por un dispositivo controlado electrónicamente, llamado lector de cinta (fig. 19-9), controlan la máquina según los movimientos programados, y ésta efectúa las operaciones necesarias sin asistencia manual alguna (fig. 19-10).

Un sistema de control numérico típico (fig. 19-11) comprende el equipo básico siguiente:

1. Un lector de cinta, que es un dispositivo que transmite la información codificada a la unidad de almacenamiento de la información valiéndose de contactos eléctricos efectuados por la presencia o ausencia de agujeros en la cinta.
2. Una unidad de almacenamiento de la información (mando electrónico) (fig. 19-12), la cual recibe la información del lector de cinta y la transmite, en forma de señales, a los motores o dispositivos de accionamiento que mueven las mesas de la máquina, donde van fijadas las piezas, y los husillos, para llevarlos a las diversas posiciones necesarias.
3. Un sistema de accionamiento de la máquina, que puede ser un motor eléctrico, un motor hidráulico o un cilindro hidráulico (fig. 19-13). Para los cambios de velocidad y para invertir el sentido del movimiento, se emplean servomecanismos de varios tipos. El movimiento de avance puede obtenerse del

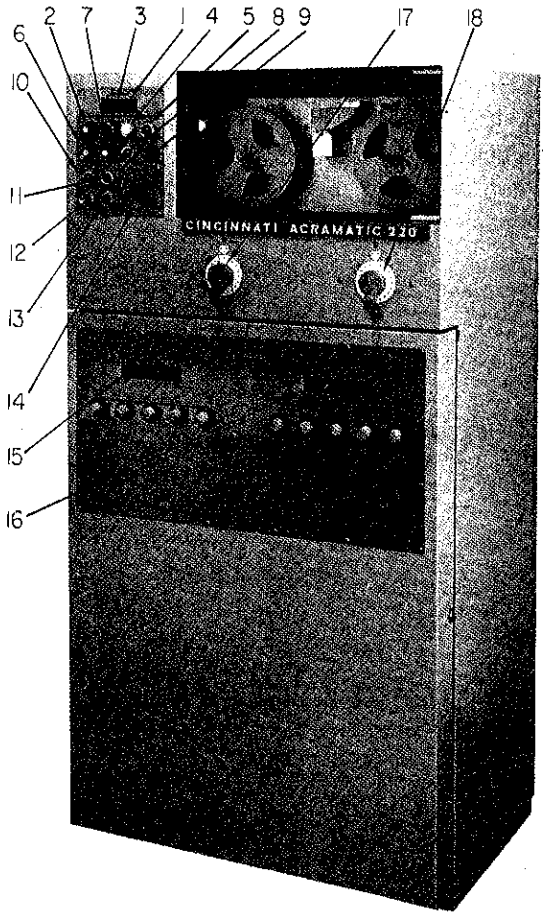


Fig. 19-12. Consola de almacenamiento de información electrónica, señalando las funciones de los indicadores y de los mandos maniobrados a mano (Cincinnati Milling Machine Co.)

1. Indicador de número de secuencia
2. Botón de arranque principal.
3. Botón de paro principal
4. Lámpara señalizadora de puesta en marcha
5. Lámpara de ciclo en curso
6. Botón de inicio del ciclo
7. Botón de paro del ciclo
8. Botón para ciclo único o continuo
9. Selector de ciclo
10. Selector manual de cinta
11. Conmutador de cinta adelante —paro— cinta atrás.
12. Botón de búsqueda
13. Lámpara indicadora de paridad
14. Selector de avance de la mesa (pulgadas/minuto)
15. Indicador de posición (opcional)
16. Indicador de posición (opcional)
17. Ajuste del cero
18. Conmutador de inicio del ciclo

de giro del motor a través de engranajes, cremalleras o tornillos, o bien mediante cilindros hidráulicos.

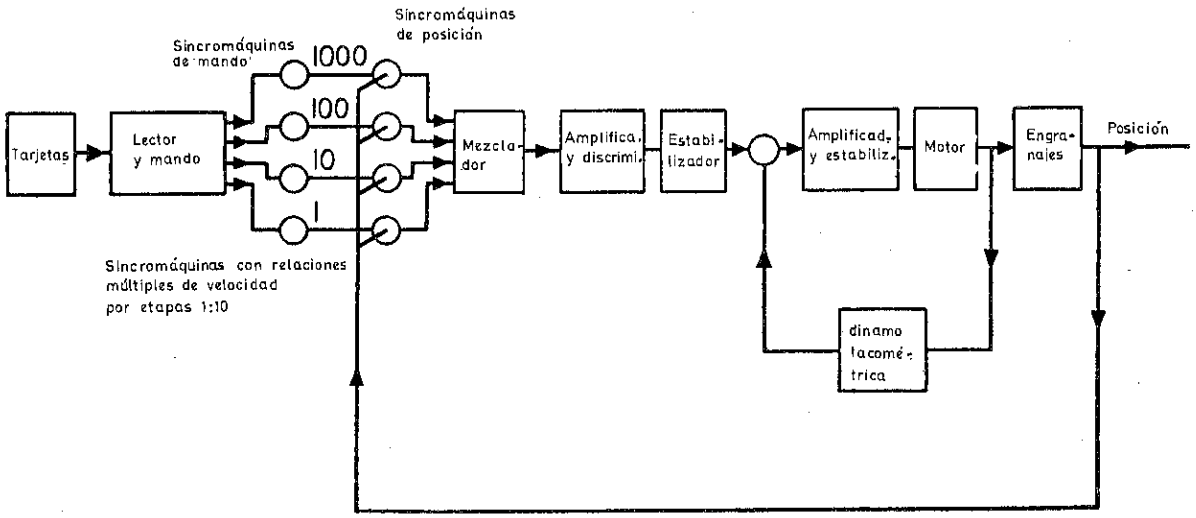


Fig. 19-13. Esquema del sistema de accionamiento de una máquina con control numérico. El sistema de control numérico está constituido por un dispositivo indicador de posición (sincromáquinas) con relaciones de velocidad múltiples, acoplado a un servomecanismo para posicionar los elementos de la máquina. Las sincromáquinas indicadoras de la posición de la máquina componen la unidad de seguimiento. Las sincromáquinas de mando transmiten las instrucciones del lector de tarjetas a los elementos de la máquina. Las señales del correspondiente par de sincromáquinas son comparadas mediante circuitos eléctricos, los cuales actúan luego sobre el motor de accionamiento para llevar la sincromáquina de mando a la posición angular programada correspondiente. (American Machinist, McGraw-Hill, Inc.)

4. Explicar la diferencia básica entre las máquinas herramientas maniobradas a mano y las controladas numéricamente.

Según el método tradicional de maniobrar las máquinas herramientas, el mecánico opera sobre los mandos, mueve palancas y efectúa otros ajustes a mano para poner en marcha los dispositivos mecánicos de avance; también elige las velocidades y los avances apropiados, se trate del husillo de la fresadora, del de la taladradora, del de la mandrinadora o del del torno. El mecánico realiza todo esto siguiendo las instrucciones que constan en la hoja de trabajo o en el plano, o simplemente el dictado de su propia experiencia.

En el control numérico, una cinta reemplaza al mecánico y a su experiencia; esta cinta controla la velocidad y el avance de la herramienta de corte, el movimiento de la mesa, el aflujo de refrigerante y las demás operaciones requeridas para mecanizar una pieza.

Una máquina dirigida por control numérico (fig. 19-14) es capaz de mecanizar piezas con el mayor grado de precisión, compatible con el de la propia máquina herramienta. Cada husillo, tornillo de avance longitudinal o transversal, u otro órgano cualquiera de la máquina que se mueva, está provisto de su propia unidad de accionamiento; así cada movimiento de un husillo o tornillo de

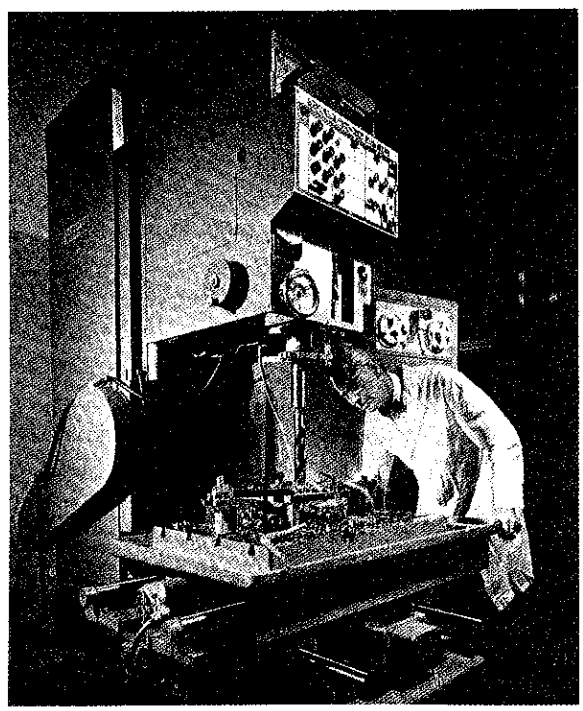


Fig. 19-14. Taladradora controlada numéricamente (Pratt & Whitney Co.)

avance proviene del motor designado para mover dichos órganos. Tales motores se llaman servomotores o servomecanismos. Un servomotor es un motor eléctrico que puede girar varias revoluciones, una sola revolución, o una parte infinitesimal de una revolución, en respuesta a una orden o señal provinente de un contacto eléctrico; el servomotor recibe su señal de mando desde la cinta perforada, que lo instruye respecto al instante de ponerse en marcha, respecto a las revoluciones o parte de revolución que debe girar, sobre cuando y dónde debe pararse, etc. Esto se consigue cortando o permitiendo el paso de la corriente eléctrica a los servomotores.

Del mismo modo que los agujeros existentes en el rollo de papel de la pianola permiten que el aire pase a su través y actúe sobre las válvulas para dar la nota musical correspondiente, los agujeros de la cinta perforada accionan los interruptores que mandan a los servomotores. La cinta perforada se coloca en una unidad de control, llamada lector de cinta, que interpreta el código de aquélla por la situación de los agujeros. La cinta pasa por debajo de unos dedos mecánicos; siempre que aparece un agujero, uno de los dedos establece un contacto que cierra un circuito eléctrico, el cual, a su vez, origina un impulso de movimiento en el servomotor. En respuesta a un solo impulso, según sea la combinación del paso del tornillo de avance con los servo-motores, puede variar la distancia recorrida. El recorrido suele oscilar entre 0,0001'' y 0,0002'' (0,0025 y 0,005 mm), pero se pueden obtener variaciones más finas.

5. Explicar brevemente la nomenclatura de los ejes de la máquina.

La función principal de un sistema de control numérico consiste en posicionar la pieza con precisión debajo del husillo o del cabezal de herramienta de la máquina. El movimiento que sitúa la pieza en posición puede ser lineal o giratorio, o una combinación de ambos, como se indica en la figura 19-15. Corrientemente, el eje X es el eje principal de la máquina; el eje Y forma un ángulo recto (90°) con el eje principal X; el eje del movimiento del husillo se llama eje Z. Los movimientos giratorios sobre los ejes X, Y o Z se designan respectivamente como movimientos *a, b,* y *c.* Este sistema de nomenclatura de los ejes de la máquina se llama sistema de coordenadas cartesianas; proporciona un medio científicamente impecable para expresar los movimientos de la máquina.

6. ¿Qué se entiende por programación?

La tarea del programador es de la mayor importancia para el buen éxito del trabajo. El programador no necesita estar graduado en ingeniería; cualquier persona que posea amplios conocimientos sobre trabajos de taller y desee aprender todavía nuevas técnicas, puede ser un buen programador. El programador lee el dibujo confeccionado por el departamento técnico (fig. 19-16) y lo traduce en un programa para una máquina controlada numéricamente (fig. 19-17). Toma nota para ello de los movimientos requeridos de la mesa, de la herramienta y de la pieza; determina luego las operaciones a realizar y el orden de ejecución de las mismas; decide con qué debe sujetarse la pieza sobre la mesa de la máquina, y cómo debe mantenerse fija para que la herramienta pueda efectuar todas las operaciones sin cambiar la disposición inicial de dicha pieza. El programador decide también los cambios y sustituciones regulares de las herramientas, y dicta las instrucciones a seguir por el operario de la máquina. No sólo determina los métodos, sino también los tiempos empleados; por tanto, el programador es el responsable del rendimiento y del coste del trabajo. Una vez el programa ha sido ideado, completado y comprobado, debe entregarse a un mecanógrafo para que lo copie a máquina sobre cinta; la figura 19-18 muestra el programa correspondiente a la pieza representada en la figura 19-16.

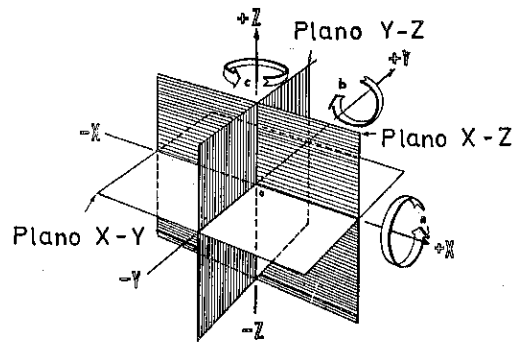


Fig. 19-15. Nomenclatura de los ejes de una máquina, según el sistema de coordenadas cartesianas (American Machinist, McGraw-Hill, Inc.)

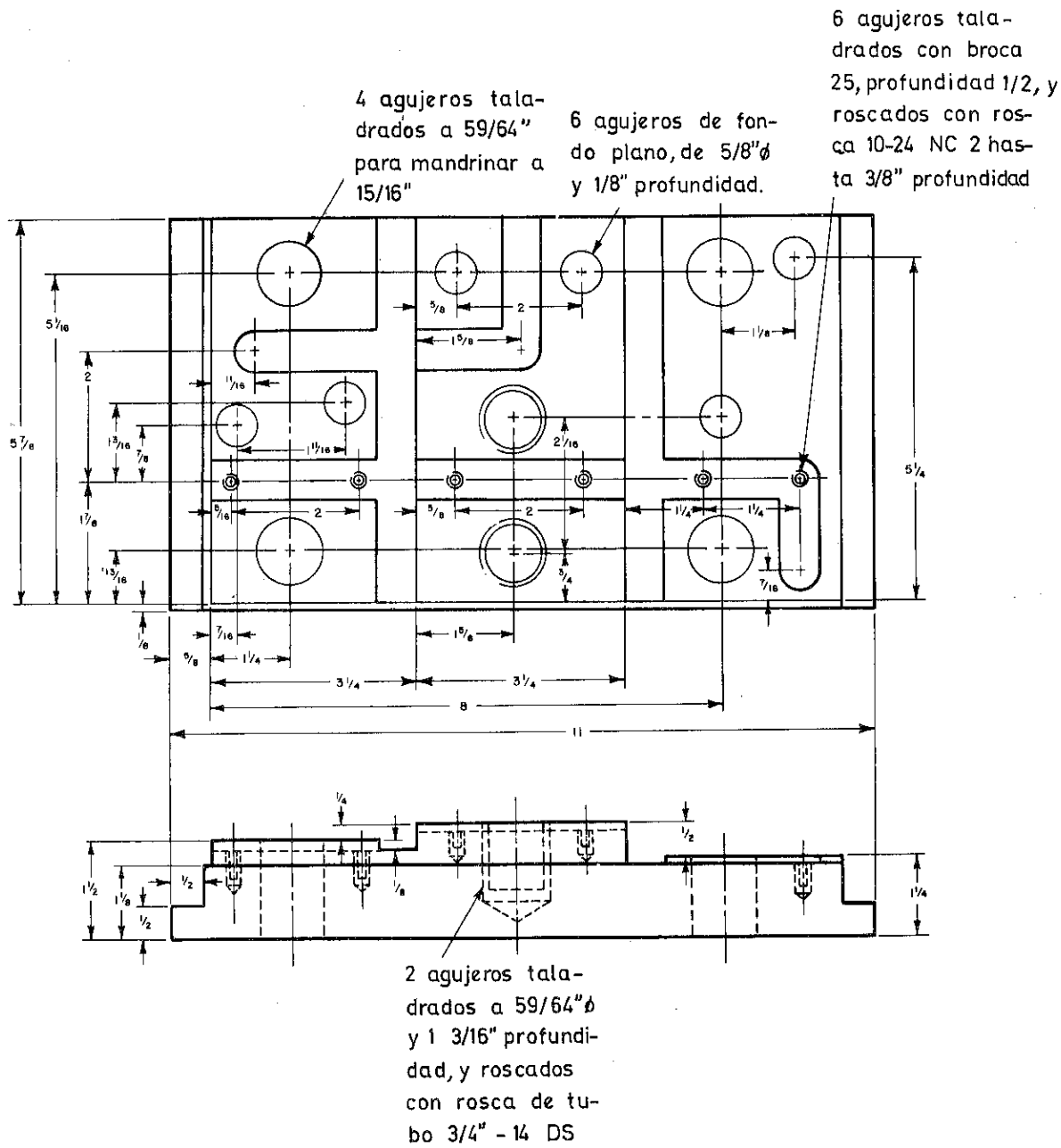


Fig. 19-16. Dibujo de un banco de pruebas dimensionado en pulgadas del modo tradicional (Cincinnati Milling Machine Co.)

7. ¿Qué tipos de programación se emplean en el control numérico?

Los tipos de programación requeridos para el mecanizado con control numérico, pueden clasificarse como sigue:

1. Programación manual o semimanual, y
2. Con ordenador o computador.

8. ¿Qué se entiende por programación manual?

La programación manual tiene en cuenta los detalles y las variaciones inherentes a los procesos tradicionales, sin usar el ordenador. Se ha definido como la "preparación de una secuencia detallada de instrucciones de funcionamiento para un problema particular".

9. ¿En qué proporción se usan los ordenadores en la programación para control numérico?

Los ordenadores o computadores encuentran amplia aceptación en la programación de piezas tridimensionales de formas complicadas, o de piezas que tienen muchos agujeros. La ventaja del uso de ordenadores estriba en la velocidad y precisión con que almacenan gran cantidad de datos, en el tratamiento de operaciones reiterativas y en la toma de decisiones lógicas. Los ahorros de tiempo y de coste que el uso de ordenadores permite son considerables, en comparación con el uso de otros calculadores (fig. 19-19).

10. ¿Cuáles son las dos clasificaciones principales de la programación para control numérico?

Las dos clasificaciones principales para máquinas herramienta controladas numéricamente, son: sistema de programación punto por punto y sistema de programación de trayectoria continua. Ambos sistemas utilizan cinta perforada de 1" de ancho y 8 canales.

11. ¿Qué es la programación punto por punto?

El posicionado punto por punto es el tipo más simple de control numérico y el más fácil de programar. En este sistema, cada punto o serie de puntos quedan posicionados por el desplazamiento de la mesa según dos dimensiones controladas independientemente (el eje X y el eje Y) hacia el punto requerido. La trayectoria del movimiento no tiene que estar controlada necesariamente mientras se pasa de un punto al próximo. Una vez alcanzado el punto requerido, puede empezar un tercer movimiento de profundidad predeterminada, en la dirección del eje Z. El ejemplo más común

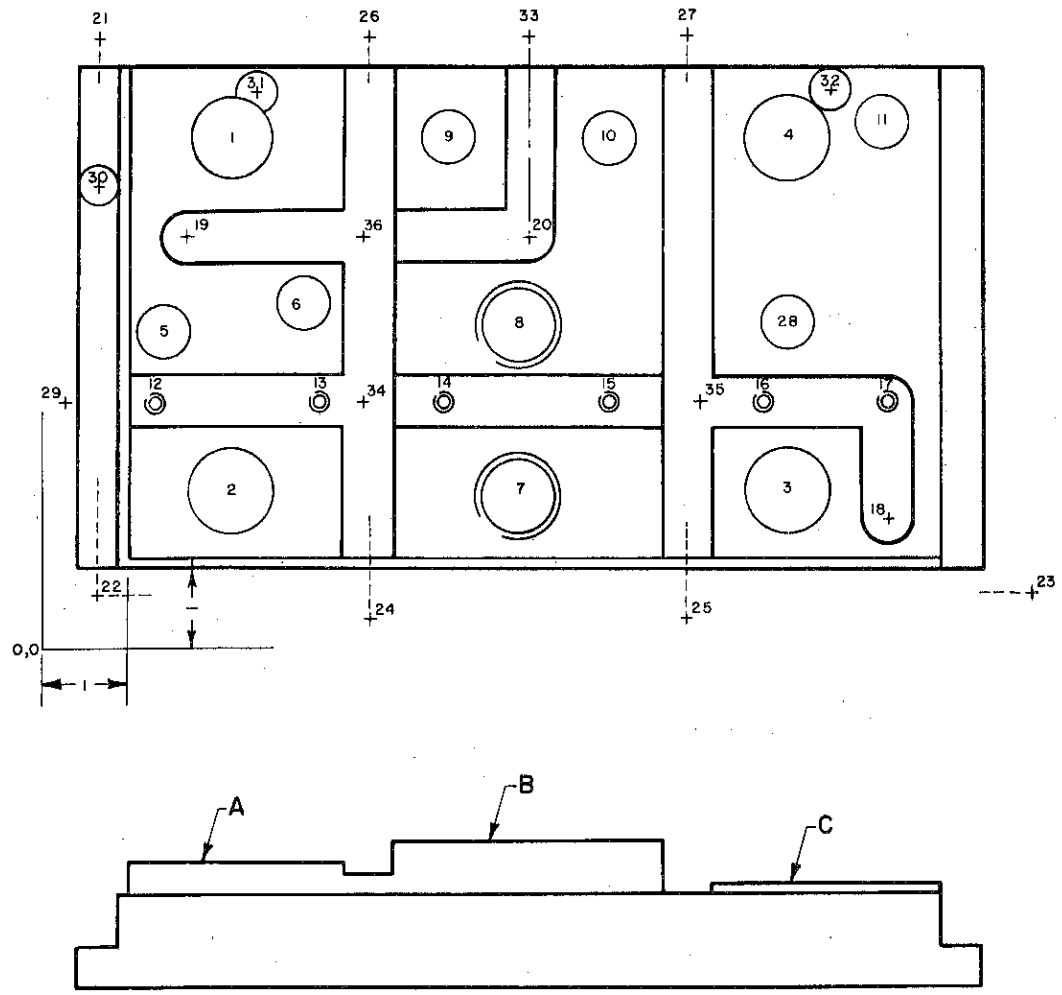


Fig. 19-17. Dibujo del mismo banco de pruebas adaptado para un programa numérico (Cincinnati Milling Machine Co.)

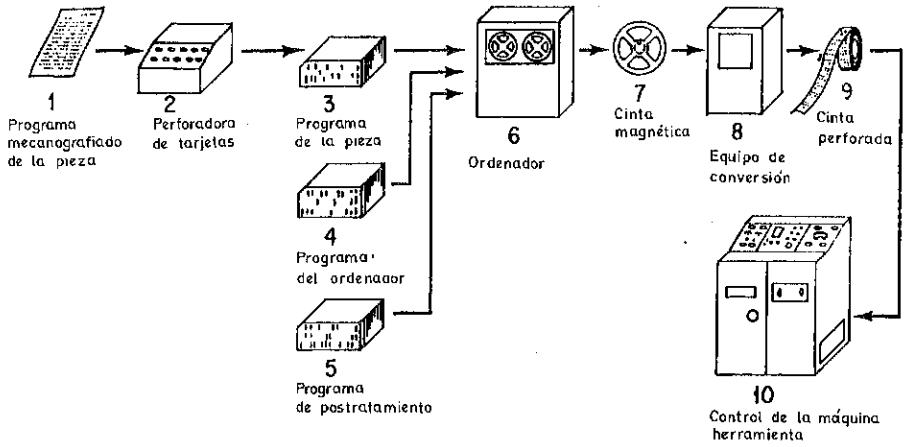


Fig. 19-19. Etapas en la programación con ordenador para control numérico (American Machinist, McGraw-Hill, Inc.)

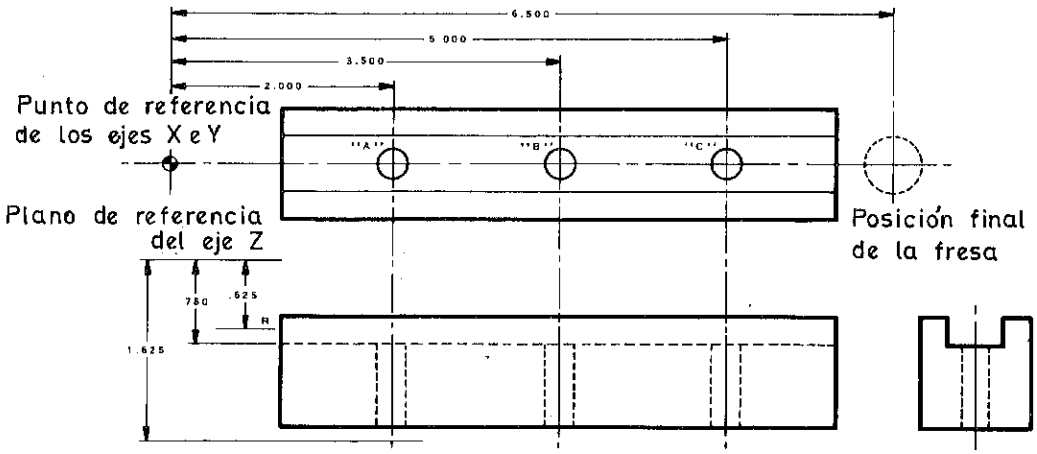


Fig. 19 -20. Este listón ranurado constituye un trabajo típico para la programación punto por punto (Bendix Corp.)

del sistema de posicionado punto por punto lo constituye una operación con prensa de taladrar; el taladrado de una serie de agujeros igualmente separados en una distancia especificada entre centros (fig. 19-20). Otras máquinas que utilizan el posicionado punto por punto son las taladradoras múltiples, las mandrinadoras, los tornos revólver y las perforadoras de montajes (fig. 19-21).

12. ¿Qué es la programación de trayectoria continua?

Si bien la programación punto por punto es el más simple de los dos sistemas, se desarrolló primero la programación de trayectoria continua, como resultado de la solicitud de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos relativa a proyectar maquinaria controlada por cinta que permitiera reducir los costes de fabricación.

La programación de trayectoria continua ofrece los máximos recursos al proyectista, al técnico y al programador, ya que permite el control de la herramienta y de la pieza según dos, tres y a veces más dimensiones numéricamente definidas. Con ella puede conseguirse la fabricación de perfiles o formas difíciles y poco corrientes, y la obtención de curvas complejas cuyo mecanizado normal comportaría muchas dificultades. La herramienta sigue moviéndose en línea recta, por lo que las curvas se mecanizan fragmentando el recorrido de aquella en muchos segmentos recti-

Bendix PROCESS SHEET
DYNAPOINT 40

Pieza no. DLP-31702	Cinta no. 7221W	Fecha 3-1-64
Designación de la pieza: Listón ranurado	Máquina no.: Taladradora NC pequeña	Planificador: D.P. FORTY

No. de orden	No. de secuen. (n)	Func. prepa. (g)	Posición eje X (x)	Posición eje Y (y)	Profundidad final eje Z (z)	Puntal avance secundario (q)	Punto de inicio del avance (r)	Ritmo avance (f)	Veloc. husillo (s)	Herramienta (t)	Func. diver. (m)	Observaciones
1	n001										SC	Rebobinar el código de paro
2	n002	g89			z-750		r-625	f14	s78	t01	m03	Posición para fresar
3	n003		x+6500								m08	Fresar ranura
4	n004	g81	x+5000		z-875			f06	s38	t02		Marcar punto broca agujero "C"
5	n005		x+3500									Marcar punto broca agujero "B"
6	n006		x+2000									Marcar punto broca agujero "A"
7	n007				z-1625			f10	s60	t03		Taladrar el agujero "A" pasante
8	n008		x+3500									Taladrar el agujero "B" pasante
9	n009		x+5000									Taladrar el agujero "C" pasante
10	n010	g90			z+000		r+000				m09	Devolver Z al cero
11	n011	g91	x+0000								m05	Devolver X-Y al cero
12	n012										m30	Rebobinar la cinta

Fig. 19-21. Hoja de instrucciones con programación punto por punto para el listón ranurado de la figura 19-20 (Bendix Corp.)

líneos cortísimos. Aquí radica la importante diferencia entre el posicionado punto por punto y el sistema de trayectoria continua; la trayectoria de la herramienta es ahora esencial. El movimiento a lo largo de los tres ejes (X, Y y Z) debe sincronizarse con precisión tanto en magnitud como en tiempo. El número de segmentos de línea recta dependerá de la tolerancia admisible entre la curva deseada y las cuerdas formadas por los pequeños segmentos rectilíneos seguidos por la herramienta de corte (fig. 19-22). Muchas piezas requieren segmentos de longitud no mayor de 0,0005" (0,0125 mm) o cuerdas correspondientes a arcos de 1°.

13. ¿Cómo se prepara una cinta para control numérico?

Sabemos que hay varias definiciones de control numérico. Una de ellas lo describe como "un método o técnica para maniobrar máquinas con dispositivos eléctricos o hidráulicos que reciben instrucciones por medio de números". Otra definición es la establecida por la "Numerical Control Society" en los Estados Unidos, la cual dice: "Control numérico es el control de cualquier proceso físico mediante la introducción de datos simbólicos". Atendiendo a su significado básico, ya se intuye que el control numérico debe ser algo que se controla mediante números. El procedimiento para utilizar el control numérico en la mecanización de piezas es algo diferente de los métodos de producción usuales. Las técnicas empleadas para trasladar la información del plano o dibujo de un proyectista a una cinta perforada varía de un sistema a otro y (incluso dentro del mismo sistema) de una pieza a otra, según el equipo a utilizar, las exigencias en cuanto a tamaño y tolerancia, y la forma de la pieza a mecanizar. El procedimiento paso a paso para preparar una cinta de control numérico es el siguiente (fig. 19-23):

1. El técnico o el proyectista ejecuta un dibujo o esquema de la pieza que debe fabricarse.
2. El esquema vuelve a dibujarse y dimensionarse adaptándolo a esta nueva técnica de producción. Las medidas se toman a partir de un punto de referencia, el cual suele ser el vértice del ángulo recto inferior izquierdo de la pieza. Pero este punto de referencia puede también estar fuera de la pieza o en el centro geométrico de la misma, como mejor convenga.
3. A continuación, el programador fracciona el trabajo entero en operaciones individuales; numera cada operación según su orden de

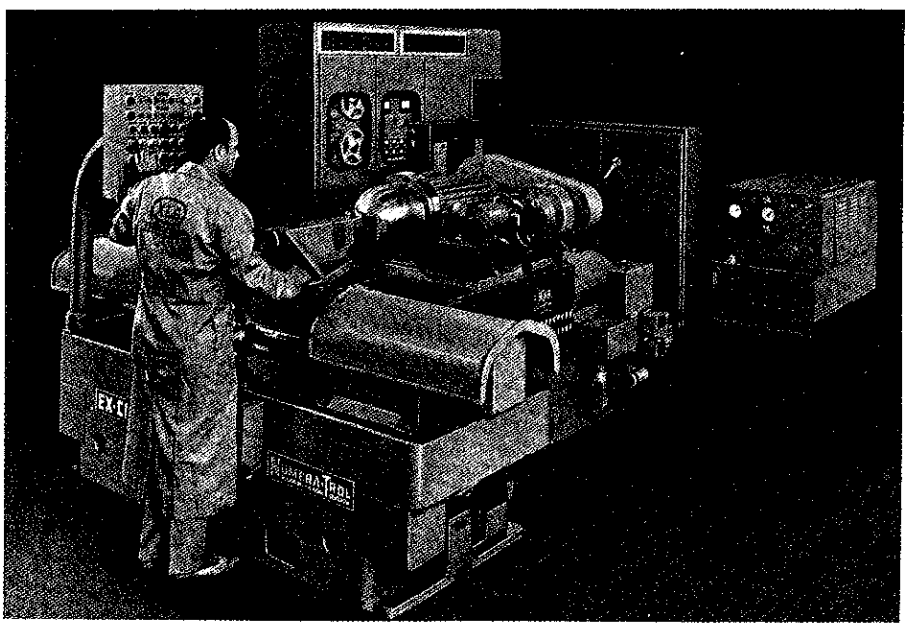


Fig. 19-22. Ejemplo de mecanizado con trayectoria continua (Ex-Cell-O-Corp.)

secuencia apropiado, y fija minuciosamente la posición de la herramienta en pulgadas y milésinas de pulgada (o millonésimas de pulgada, si el trabajo lo requiere) o bien en mm o micras, dentro de los límites de precisión de la máquina. Las operaciones numeradas, las medidas de posición, las dimensiones, los avances y las velocidades, las herramientas,

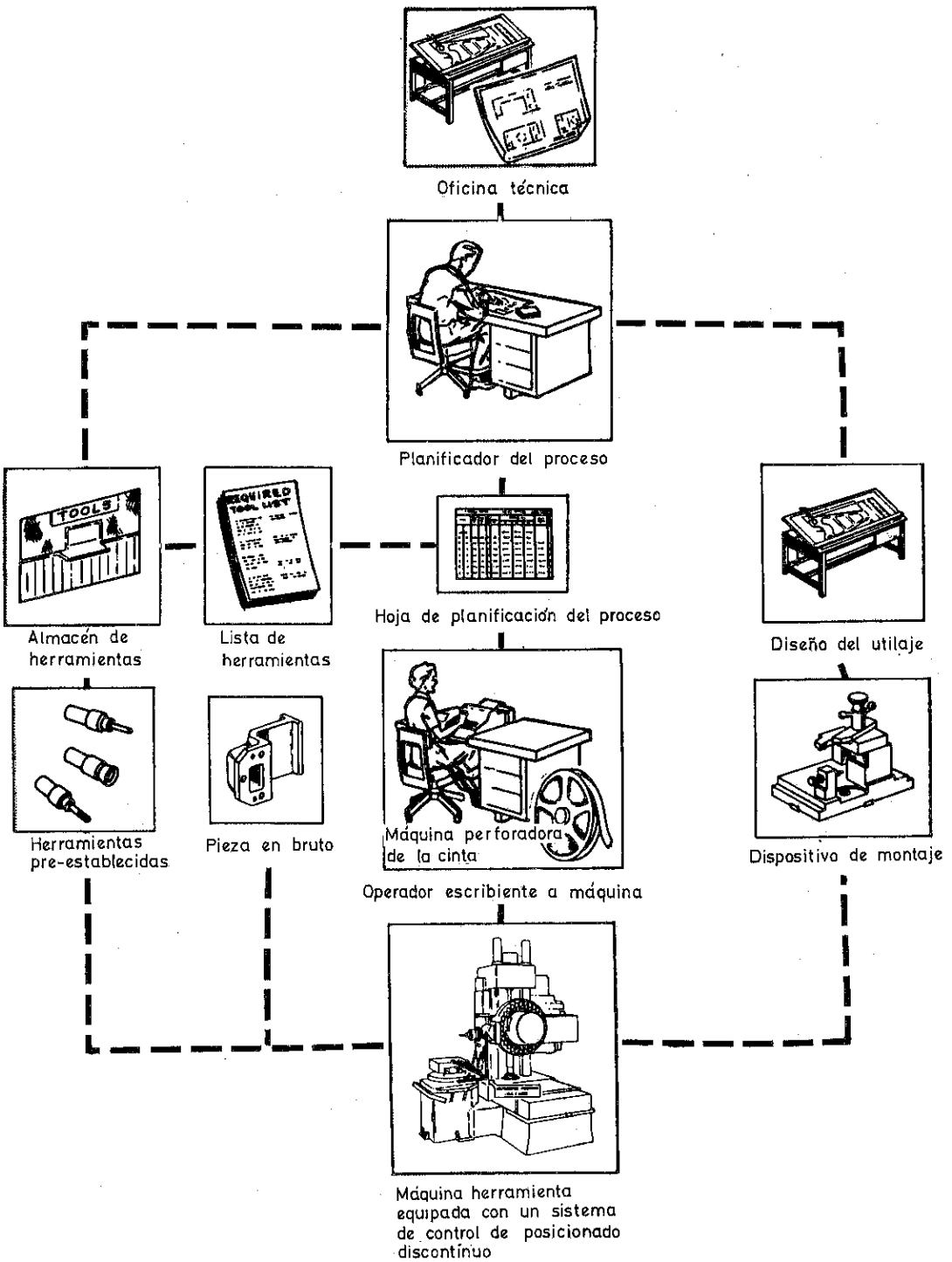


Fig. 19-23. Etapas en el proceso de datos para control numérico (American Machinist, McGraw-Hill, Inc.)

las instrucciones para el operario referentes a cambios de herramienta y de refrigerantes, etc., se anotan en una hoja de planificación, llamada hoja de proceso, hoja de ruta, hoja de instrucciones o programa manuscrito.

4. La hoja de planificación se da a un mecanógrafo que, con una máquina de escribir especial, copia la información sobre cinta perforada; esta máquina se parece a una máquina de escribir eléctrica ordinaria (fig. 19-24) y funciona del mismo modo, pero posee un accesorio adicional importante: un perforador de cinta, alojado en una caja situada a un lado de la máquina. Cuando el mecanógrado pulsa cifras, letras o símbolos sobre el teclado de la máquina, ocurren dos cosas: primera, se realiza una copia impresa de la información, la cual se llama impreso; segunda, la información mecanografiada queda traducida por el accesorio del lado de la máquina (fig. 19-25) en lenguaje decimal codificado binario. Este lenguaje está expresado por una serie de agujeros perforados en una cinta normal de 1" de ancho, la cual puede ser de papel o de plástico; su espesor no debe exceder de 0,0043" (0,11 mm).

   El código normal consta de un carácter en cada fila perforada perpendicularmente al eje longitudinal de la cinta, con un máximo de ocho agujeros por fila. La situación y el número de agujeros da al carácter un significado alfabético o numérico.

5. Seguidamente se pasa la cinta por un lector de cinta separado y conectado a la máquina de escribir y perforar cinta, a efectos de verificación y comprobación. La manera de operar difiere con el tipo de máquina de escribir para cinta perforada; el tipo más extensamente usado es el representado en la figura 19-25. El operador mecanografía la información que el programador ha preparado y obtiene un documento mecanografiado y una cinta normal de control con 8 canales. Para verificar la precisión de la cinta, el mecanógrafo la coloca en un aparato llamado Verificador y vuelve a mecanografiar la información con la misma máquina, la cual produce una cinta nueva. A medida que cada carácter vuelve a ser mecanografiado, el Verificador compara la nueva cinta con la primera; si las dos cintas no son idénticas, el teclado de la máquina de escribir queda enclavado automáticamente. Entonces el operador localiza el error, desenclava el teclado pulsando un botón, y efectúa la corrección.

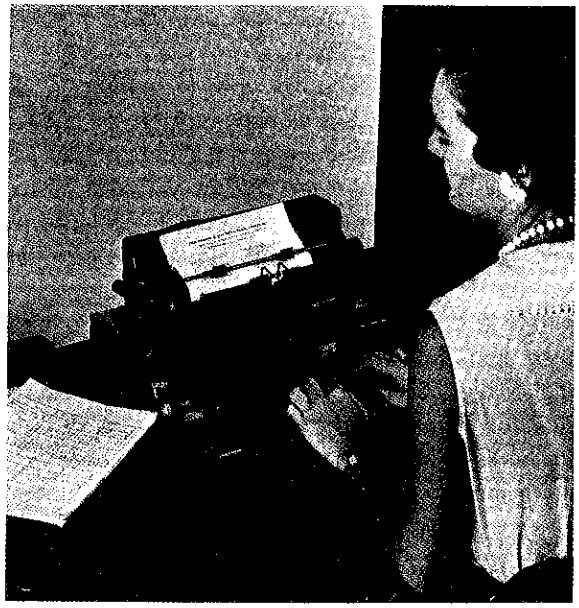


Fig. 19-24. Máquina de escribir con perforador de cinta (Friden, Inc. and Fosdick Machine Tool Co.)

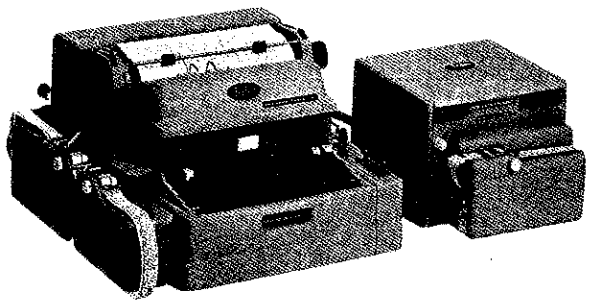


Fig. 19-25. Máquina de escribir por cinta perforada, con aparato Verificador (Friden, Inc.)

Cuando no se usa para preparar cintas de control numérico, esta máquina puede efectuar automáticamente diversos trabajos rutinarios de oficina, tales como pedidos de compras, albaranes de ventas, facturas, inventarios, etc. Redacta documentos bajo el control de una cinta perforada y, al mismo tiempo, prepara una cinta para el proceso de datos subsiguiente, incluyendo los de entrada directa a las calculadoras electrónicas.

14. ¿Cuántos ejes pueden controlarse numéricamente con una cinta?

De 2 a 5 ejes, según el tipo de máquina y de pieza a mecanizar. Los ejes más a menudo usados en una máquina son los ejes X e Y para el posicionado de la pieza montada en la mesa de la misma y el eje Z para el movimiento vertical de la herramienta. Estos son los ejes primarios que controlan las tres dimensiones básicas: longitud, anchura y altura (o profundidad). Puede ser necesario también el control del giro alrededor de cada uno de dichos ejes (fig. 19-15). Es posible fabricar máquinas con cuatro, cinco y seis ejes, donde se controlan la inclinación y el giro de la mesa y/o la inclinación y la oscilación del cabezal.

15. ¿Qué es la aritmética binaria?

El sistema numérico binario es una aritmética basada en el uso de dos dígitos. Se emplea en computadoras digitales y en otros dispositivos electrónicos, y es el sistema aritmético que hace posible el control numérico. El sistema de numeración decimal, con el cual todos estamos familiarizados, utiliza diez dígitos, del 0 al 9; y por ello su interpretación electrónica sería demasiado compleja para un sistema de control numérico. Los dos dígitos del sistema binario, 0 y 1, pueden ser representados en circuitos eléctricos por dos estados o condiciones de los mismos; conexión o desconexión (esto es, una condición positiva o una condición negativa). En una cinta perforada, estas condiciones son la presencia o la ausencia de un agujero. Los números binarios pueden sumarse, restarse, multiplicarse o dividirse, si bien estos procesos son algo diferentes de las operaciones que nos son familiares. En todo sistema numérico, sabemos que el valor de una cifra depende de la colocación de los dígitos que la constituyen y de la base numérica empleada. Por ejemplo, en el número 31 el dígito 1 representa sólo una unidad, y en el número 12.987 el dígito 1 representa 10.000 unidades, lo que demuestra que la posición del dígito en un número hace cambiar el valor de este dígito. Dado que la base de los números decimales es 10, el número 12.987 puede desglosarse como sigue:

$$\begin{aligned} 10.000 &= 1 \times 10^4 \\ 2.000 &= 2 \times 10^3 \\ 900 &= 9 \times 10^2 \\ 80 &= 8 \times 10^1 \\ 7 &= 7 \times 10^0 \\ \hline 12.987 & \end{aligned}$$

En el sistema binario se usa el 2 como base, en vez del 10. La figura 19-26 muestra varios números corrientes expresados en formas binaria y decimal; la figura 19-27 indica los valores decimales de las potencias sucesivas de 2.

Así, en el sistema binario el número 1111 representa

NUMEROS DECIMALES	NUMEROS BINARIOS					
	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	32	16	8	4	2	1
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	1	1	1
8	0	0	1	0	0	0
9	0	0	1	0	0	1
10	0	0	1	0	1	0
20	0	1	0	1	0	0
30	0	1	1	1	1	0
40	1	0	1	0	0	0
45	1	0	1	1	0	1
50	1	1	0	0	1	0
57	1	1	1	0	0	1

Fig. 19-26. Correspondencia entre varios números decimales y binarios.

POTENCIAS DE 2	2^{14}	2^{13}	2^{12}	2^{11}	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
VALOR DE LA POSICION X	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

Fig. 19-27. Potencias sucesivas de 2.

$$
\begin{aligned}
1000 &= 1 \times 2^3 \\
100 &= 1 \times 2^2 \\
10 &= 1 \times 2^1 \\
1 &= 1 \times 2^0 \\
\hline
1111 &
\end{aligned}
$$

Con auxilio de las tablas de las figuras 19-26 y 19-27, hallamos

$$8 + 4 + 2 + 1 = 15$$

El binario 1111 es igual al decimal 15.

Sea ahora el binario 10111011101. Comprobando la posición de estos dígitos y utilizando las potencias de 2 indicadas en la figura 19-27, este número binario puede desglosarse así:

$$1024 + 0 + 256 + 128 + 64 + 0 + 16 + 8 + 4 + 0 + 1 = 1501$$

El número binario 10111011101 corresponde pues al número décimal 1501.

Adición de números binarios

Las reglas para sumar números binarios pueden ser algo difíciles de comprender al principio. No obstante, después de resolver algunos ejemplos, el proceso resulta completamente claro. Las cuatro reglas para la adición son:

$$
\begin{aligned}
0 + 0 &= 0 \\
0 + 1 &= 1 \\
1 + 0 &= 1 \\
1 + 1 &= 10
\end{aligned}
$$

La última suma significa que se escribe 0 y se lleva 1 sobre la columna siguiente. Por ejemplo:

Binario		Décimal
1101	=	13
+ 1111	=	+ 15
11100		28

Etapa 1. Empezando por la columna binaria del extremo de la derecha,

$1 + 1 = 10$. Se pone 0 debajo y se lleva 1

$$
\begin{array}{r}
1 \\
1101 \\
1111 \\
\hline
0
\end{array}
$$

Etapa 2. $0 + 1 + 1$ (que se lleva de antes) $= 10$. Se escribe 0 y se lleva 1

$$
\begin{array}{r}
11 \\
1101 \\
1111 \\
\hline
00
\end{array}
$$

Etapa 3. $1 + 1 + 1$ (que se lleva de antes) $= 11$. Se escribe 1 y se lleva 1

$$
\begin{array}{r}
11 \\
1101 \\
1111 \\
\hline
100
\end{array}
$$

Etapa 4. $1 + 1 + 1$ (que se lleva de antes) $= 11$, que se escribe abajo

$$
\begin{array}{r}
1 \\
1101 \\
1111 \\
\hline
11100
\end{array}
$$

Resultado = 11100.

Si se compara la posición de estos dígitos con la tabla de la figura 19-27, se obtiene el número siguiente:

$$16 + 8 + 4 = 28$$

Sustracción de números binarios

La resta de números en el sistema binario es similar a la resta en el sistema décimal.

Las reglas son:

$$
\begin{aligned}
0 - 0 &= 0 \\
1 - 1 &= 0 \\
1 - 0 &= 1 \\
10 - 1 &= 1
\end{aligned}
$$

Ejemplo:

Binario	Decimal
1011 (minuendo)	11
−101 (sustraendo)	−5
110 (resto)	6

Etapa 1. Se empieza por la columna del extremo de la derecha:

$1 - 1 = 0$. Se pone 0 abajo

$$\begin{array}{r} 1011 \\ -101 \\ \hline 0 \end{array}$$

Etapa 2. $1 - 0 = 1$. Se pone 1 abajo

$$\begin{array}{r} 1011 \\ -101 \\ \hline 10 \end{array}$$

Etapa 3. $0 - 1 = ?$ No es posible tal sustracción, a menos que se reagrupen los dos dígitos finales, como muestra la etapa 4.

$$\begin{array}{r} 1011 \\ -101 \\ \hline 10 \end{array}$$

Etapa 4. $10 - 1 = 1$

$$\begin{array}{r} 1011 \\ -101 \\ \hline 110 \end{array}$$

Constituye una buena práctica comprobar el resultado del mismo modo que en el sistema decimal, es decir, sumando el resto al sustraendo:

Binario	Decimal
101	5
+110	+6
1011	11

Multiplicación de números binarios
Las reglas de la multiplicación son:

$0 \times 0 = 0$
$0 \times 1 = 0$
$1 \times 0 = 0$
$1 \times 1 = 1$

Como en los problemas de multiplicación suele intervenir la adición, deben recordarse también las reglas de la suma de números binarios.

Ejemplo 1:

Binario	Decimal
1011	11
x 10	x2
0000	22
1011	
10110 = 22	

Ejemplo 2:

111011	59
x 101	x5
111011	295
000000	
111011	
100100111 = 295	

División de números binarios
Las reglas para la división de números binarios son como sigue:

$0 \div 0$ es imposible
$0 \div 1 = 0$
$1 \div 1 = 1$
$1 \div 0$ es imposible

En los problemas de división suele intervenir la sustración, por lo que deben recordarse las reglas de la resta de números binarios.

Ejemplo:

División binaria	División decimal
111	7
10)1110	2)14
10	14
11	
10	
10	
10	

Prueba:

Binario	Decimal
111	7
x10	x2
1110	14

La aritmética binaria sirve muy poco para resolver los problemas que se presentan normalmente en un taller mecánico, pero es vital para la con-

fección de cintas perforadas destinadas al control numérico de las máquinas. Al objeto de adquirir práctica con la aritmética binaria, utilícese la tabla de la figura 19-27 para representar los números decimales en forma binaria; luego ejecútense cálculos y sus pruebas con dichas cifras binarias y transfórmense finalmente los resultados en forma decimal.

16. ¿Qué es la realimentación?

En los sistemas de control numérico existen dispositivos eléctricos o hidráulicos que reciben señales indicando si se han alcanzado las posiciones y se han ejecutado las operaciones según el programa. Esta información es realimentada en la unidad de control para indicarle si la operación se ha realizado de acuerdo con las señales y si los valores numéricos son correctos. Caso de ser éstos incorrectos, la realimentación indicará la amplitud del error.

El tipo y el alcance de la realimentación difieren en los diversos sistemas de control numérico. Un tipo de realimentación sólo indica si las órdenes numéricas se han cumplimentado o no; otro tipo compensa los errores efectuados. Un tercer tipo de realimentación controla estrechamente el avance de la herramienta de corte; cuando existe discrepancia entre las posiciones real y programada de la herramienta, la máquina se para. Tales dispositivos de realimentación señalan rápidamente cualquier defecto que aparezca en la herramienta de corte, sea desgaste, pérdida de filo, cambio de tamaño o rotura.

Por lo general, puede efectuarse un cambio de herramienta y continuar la pasada a partir del punto de paro o desde cualquier punto anterior.

17. ¿Qué se entiende por punto de referencia cero?

El punto de referencia cero es el punto a partir del cual se efectúan todas las mediciones y se inician todos los movimientos de los órganos de la máquina (fig. 19-20). Para los movimientos lineales es un punto en el extremo final de la carrera, a partir del cual se sitúan las piezas en la máquina de acuerdo con sus puntos de referencia. La primera orden que aparece en la cinta de control especifica la distancia que la mesa de la máquina debe recorrer a partir de su posición cero. Por tanto, el operario debe tener un medio de posicionar las piezas para mantener la posición cero para todas las piezas iguales a realizar. En algunos sistemas de control numérico, el punto de referencia cero puede elegirse donde más convenga, sea sobre la pieza o fuera de ella.

18. ¿Cómo se sitúan las piezas con relación al punto cero?

Los montajes a base de guías, pinzas y tornillos ya hace mucho tiempo que desaparecieron como dispositivos de sujeción en las máquinas de control numérico. Sin embargo, las piezas deben situarse y mantenerse firmemente en posición; puede llevarse a cabo el posicionado de las piezas mediante reglas paralelas y topes, utilizando las ranuras en T de la mesa, y luego afianzarlas en su posición por medio de bridas. Para ciertos tipos de piezas se usa a menudo otro dispositivo, que consiste en una subplaca con posicionadores de pasador y bridas adecuadas (fig. 19-28).

19. Las piezas de utillaje, ¿pueden fabricarse en máquinas herramientas controladas numéricamente?

Sí. Las piezas de utillaje, como montajes, tor-

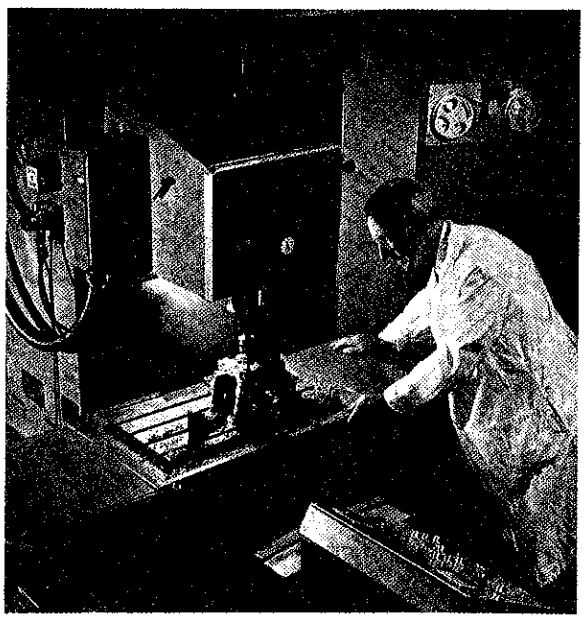


Fig. 19-28. El posicionado de la pieza en esta mandrinadora de plantillas con alto grado de precisión requiere una colocación cuidadosa y una sujeción segura de la pieza (Pratt & Whitney Co.)

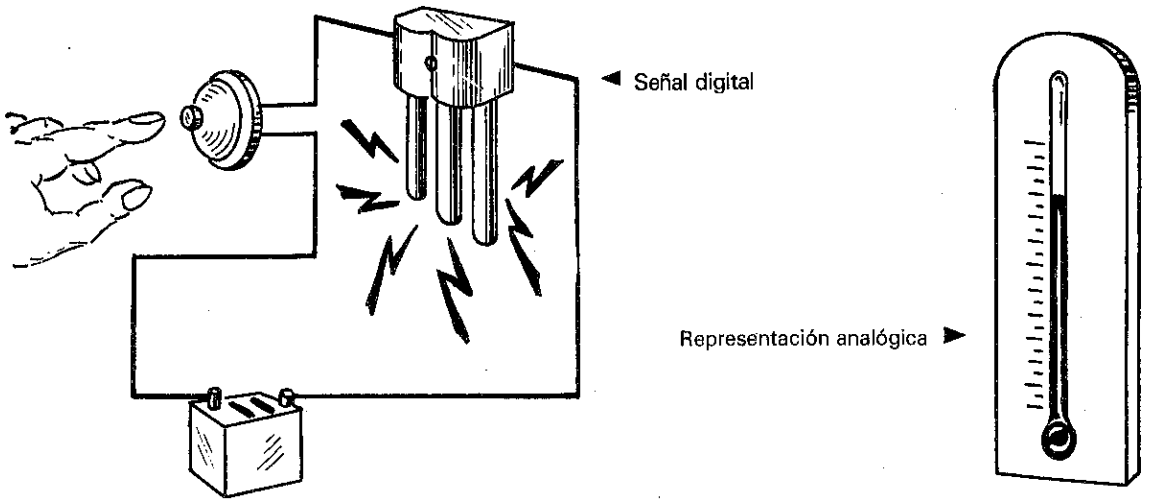


Fig. 19-29. Comparación entre una señal digital y otra analógica (American Machinist, McGraw-Hill, Inc.)

nillos y matrices, pueden fabricarse en máquinas herramientas controladas numéricamente con la misma facilidad que otras piezas cualesquiera. Las piezas de utillaje que tienen formas complicadas pueden ejecutarse con auxilio de cálculos procedentes de un computador y de instrucciones programadas, y, en algunos casos, sin que sea necesario emplear el dibujo o plano del útil. Como puede verse, la fabricación de útiles mediante el control numérico elimina el tiempo invertido en el dibujo, la construcción de plantillas y las demás operaciones a realizar por el constructor de matrices y útiles, que requieren suma habilidad.

20. Explicar la diferencia entre las señales digital y analógica.

Para aplicar al control numérico, hay dos tipos básicos de sistemas eléctricos, los cuales pueden definirse en términos de las señales utilizadas para transmitir la información. Estas señales eléctricas son portadoras de la información, e indican a la vez el número y la clase de operaciones a realizar. Los sistemas eléctricos mencionados se conocen con los nombres de *digital* y *analógico.* Una señal digital es una señal única, clara y discreta, de duración definida, generalmente un impulso. Un sencillo pulsador de timbre de puerta da señales digitales. La señal analógica es continua, es decir, da una representación continua de cualquier magnitud o proceso (fig. 19-29); un ejemplo de señal analógica puede serlo el indicador de velocidad de un automóvil. Debe hacerse observar "que la mayoría de los sistemas de control numérico funcionan según una combinación de señales digitales y analógicas; por ejemplo, la entrada numérica es digital y se transforma en analógica mediante un convertidor digital-analógico, a fin de que pueda utilizarse en los componentes de la máquina herramienta".*

21. ¿Utilizan cinta perforada todas las máquinas-herramienta controladas numéricamente?

La mayoría de las máquinas herramienta controladas numéricamente usan cinta perforada, pero no todas. Los códigos numéricos que controlan una máquina pueden inscribirse en una cinta perforada, en una cinta magnética o en tarjetas perforadas. La cinta magnética es similar a la cinta empleada en un magnetófono; va recubierta con pequeñas partículas de óxido ferroso, las cuales, una vez imanadas, originan impulsos eléctricos a medida que pasan ante la unidad lectora. Los impulsos son transformados por un transductor en un movimiento de rotación que hace girar los diversos tornillos de la máquina, los cuales, a su vez accionan las herramientas y órganos de la misma.

Las tarjetas perforadas se usan ampliamente en empresas como bancos, editoriales y dependencias estatales para suministrar información y rea-

* De *Numerical Control,* American Machinist, Mc Graw-Hill, Inc.

lizar cálculos rápidamente cuando convenga. Los sistemas de tarjetas perforadas pueden adaptarse también fácilmente para el control de máquinas herramienta. La figura 19-30 muestra el sistema de control por tarjetas perforadas utilizado por un constructor de máquinas herramienta.

22. ¿Es el ordenador necesario en un sistema de control numérico?

Las computadoras u ordenadores, son necesarios para la programación con trayectoria continua, y tienen también un papel definido en la preparación de los programas punto por punto. Las mediciones y las matemáticas forman parte de todo proyecto de taller y trabajo de mecanizado. El cálculo matemático necesario para preparar una cinta de control para el sistema de posicionado punto por punto puede resolverlo, por lo general, el propio programador; otros trabajos se resuelven más fácilmente con el uso de una calculadora de mesa.

No obstante, la programación con trayectoria continua para el trazado de contornos requiere un cálculo matemático considerable, ya que deben determinarse miles de puntos sobre una curva dada sin salirse de las tolerancias admisibles; para esto hace falta resolver miles de problemas matemáticos, trabajo en el que el programador invertiría semanas e incluso meses, lo cual incrementaría extraordinariamente el tiempo de preparación del programa para cada pieza y elevaría su coste a un precio exorbitante. A menudo surgen problemas geométricos para localizar los puntos de encuentro de dos arcos a enlazar o para des-

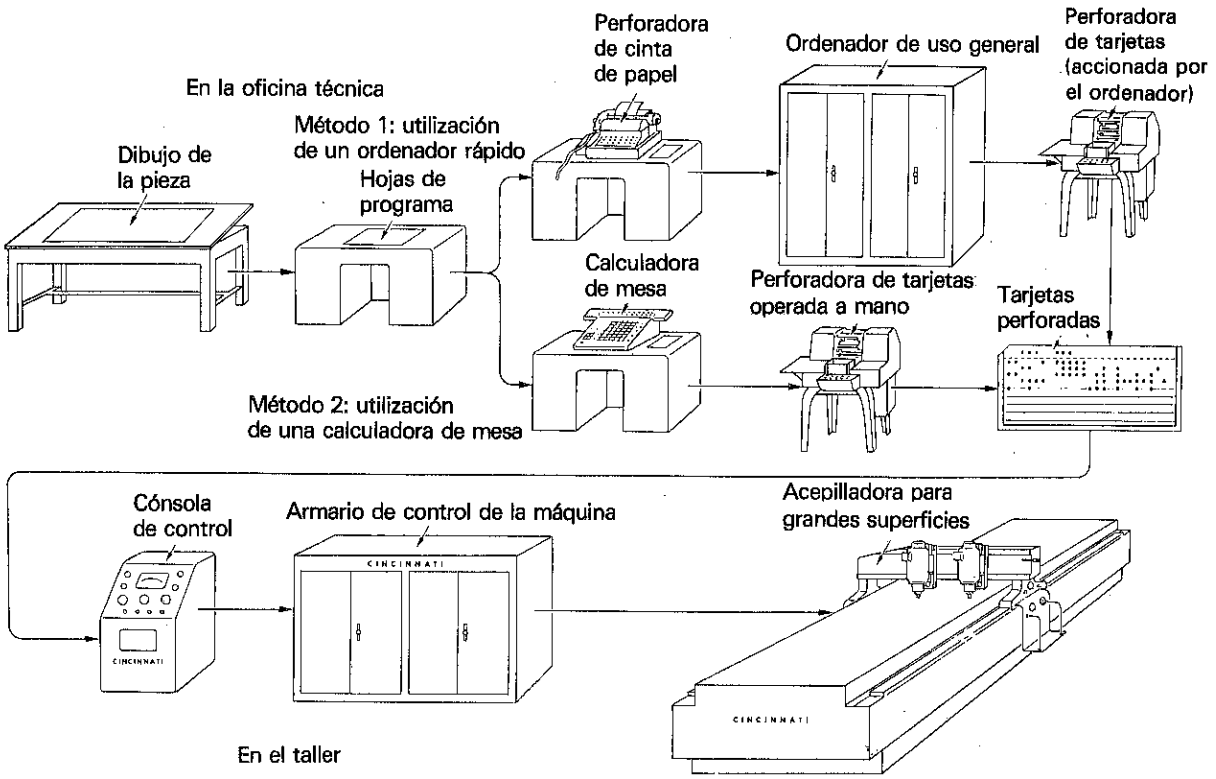


Fig. 19-30. Sistema de control numérico para el gobierno por trayectoria continua de una máquina acepilladora para grandes superficies planas. Este sistema utiliza tarjetas perforadas como información de entrada a la máquina. Para el tratamiento de la información puede utilizarse una computadora de uso general, o bien una perforadora de tarjetas maniobrada a mano, según los recursos de que se disponga y las exigencias de la pieza. Este sistema proporciona posicionamiento discreto o seguido, realimentación positiva en todo momento, compensación por desgaste o tamaño de la cuchilla e interpolación parabólica para reducir al mínimo el número de puntos trazados. El sistema es absoluto, con todas las dimensiones a partir de una línea de referencia y directamente en números. La máquina puede maniobrarse, como una acepilladora normal, con avance manual, avance automático y retroceso rápido, con o sin control numérico (Cincinnati Milling Machine Co.)

plazar la herramienta de un radio de mecanizado determinado a otro radio completamente diferente. El ordenador puede resolver miles de tales problemas en un tiempo muy breve, mientras el programador trabaja en uno solo; por otra parte, la probabilidad de error es mucho mayor en el resultado del programador que en el que da la computadora.

Los ordenadores resuelven los problemas matemáticos que se presentan al programador en un sistema de control numérico; y reducen por tanto el coste de toda pieza mecanizada.

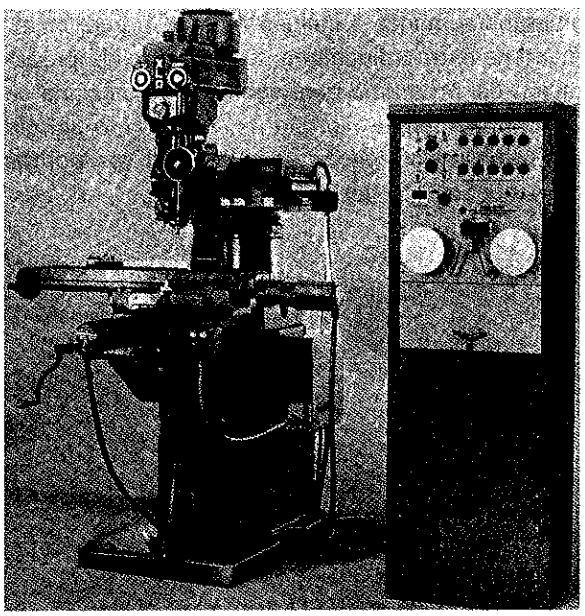


Fig. 19-31. Sistema de control con ajustador de posición "Slo-syn" instalado en una fresadora vertical (The Superior Electric Co.)

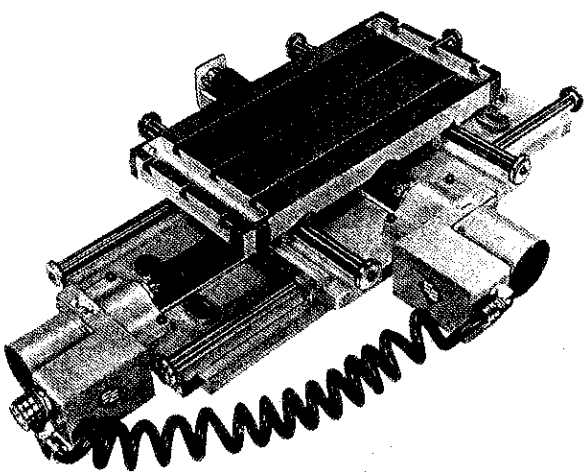


Fig. 19-32. Ajustador de posición de mesa tipo "Slo-syn" (The Superior Electric Co.)

23. ¿Es posible aplicar una unidad de control numérico a una máquina antigua?

Sí; es posible siempre que el grado de precisión exigido en el resultado no sea excesivo. Las máquinas controladas numéricamente deben tener movimiento positivo en cada eje. Puede no haberse previsto margen para la carrera muerta en el tornillo de avance y su tuerca. Las máquinas diseñadas para funcionar con control numérico van equipadas con una tuerca de bola que engrana en la rosca de cada tornillo principal y de avance; esta tuerca es partida y va cargada con un muelle para eliminar la posibilidad de carrera muerta y reducir el rozamiento. Es necesario que los carros u órganos de la máquina se muevan suavemente, sin brusquedades o sacudidas. Las máquinas equipadas con tuerca de una pieza para cada tornillo no pueden adaptarse al funcionamiento numérico, salvo que se disponga de un sistema de control que automáticamente absorba la carrera muerta, aproximándose siempre a los puntos de mecanizado desde la *misma* dirección.

Pueden adaptarse acoplamientos y accesorios controlados por cinta a las máquinas normales siempre que no haya un huelgo excesivo provocado por el desgaste en el tornillo principal, o en el de avance. Cuando el tornillo principal está excesivamente desgastado, aunque sea sólo en una pequeña zona, es necesario sustituirlo junto con su tuerca.

El movimiento o *ajuste* de los tornillos principal y de avance puede lograrse entonces mediante un motor especialmente construido, el cual se acopla a cada husillo y es controlado por cinta desde una cónsola (fig. 19-31); dentro de la cónsola se hallan el lector de cinta, una toma de energía eléctrica, los circuitos de control y el cuadro de mandos.

24. ¿Cómo se realiza el ajuste de los tornillos principal y de avance?

Se acopla un motor de construcción especial al extremo del husillo principal y al husillo de avance; esto permite el posicionado de la mesa a lo largo de los dos ejes X e Y. El motor puede gobernarse de modo que se mueva por saltos o

Comprobación de diagnóstico. Rutina específica establecida para localizar un defecto de funcionamiento.

Comprobación programada. Comprobación que consiste en insertar pruebas en las instrucciones programadas a efectuar por el equipo de control.

Control proporcional. Acción correctora de control proporcional a la diferencia entre los valores real y prescrito de una magnitud sujeta a regulación.

Desfase. Diferencia de tiempo entre la señal de entrada y la de salida en una unidad o un sistema de control.

Desviación. Diferencia entre el valor real de una magnitud y el valor prescrito para la misma.

Dígito binario (Bit). En el sistema de numeración binario, sólo se emplean dos símbolos (0 y 1). Cada uno de estos símbolos se llama dígito binario. Si se convierte el número decimal 296 en binario, se obtiene 100101000, el cual se dice que está constituido por nueve dígitos binarios o bits. Para mejor comprensión, véase *sistema de numeración binario.*

Dirección. Un dato que permite al ordenador localizar en su memoria una información específica. El servicio que presta al ordenador es muy similar al que prestan las orejas de índice en los archivadores.

Elemento final de control. Unidad de un sistema de control (tal como una válvula) que altera directamente la cantidad de energía del proceso.

Error. Margen por el cual un control automático no alcanza la magnitud límite perseguida.

Flip-flop. Dispositivo o circuito biestable (con dos estados estables). El circuito permanece en uno de los dos estados hasta que la aplicación de una señal lo hace pasar al otro estado.

Fluctuación. Oscilación rítmica de la magnitud sujeta a control alrededor del valor deseado o de uno próximo.

Frecuencia de respuesta. Frecuencia a la cual la señal de salida deja de seguir con precisión a la señal de entrada al cerrar el bucle de realimentación, cuando la señal de entrada es una onda senoidal o una función senoidal.

Funcionamiento en línea. Funcionamiento en el que la información de entrada es introducida directamente al ordenador desde los dispositivos de medición. Los resultados se obtienen en el tiempo real, es decir, los cálculos se efectúan con los impulsos de corriente procedentes de los datos con que se opera, y las respuestas se obtienen a tiempo para permitir una acción efectiva de control. Puede también significar el funcionamiento conjunto del equipo periférico con el procesador central de un sistema de cálculo.

Funcionamiento en serie. Clase de transferencia de la información dentro de un ordenador digital, en virtud de la cual todos los dígitos de una palabra son tratados sucesivamente, en vez de simultáneamente.

Funcionamiento fuera de línea. El ordenador opera independientemente de la base de tiempo de las señales de entrada reales, de modo que puede transcurrir un intervalo de tiempo considerable entre una señal de entrada en el ordenador y la de salida resultante. También puede significar el funcionamiento del equipo periférico con independencia del procesador central de un sistema de cálculo.

Ganancia. Aumento relativo de amplitud que experimenta una señal al pasar por un sistema de control o por un elemento específico de control. Si la amplitud disminuye, se dice que la señal se ha *atenuado.* Ganancia puede también significar la sensibilidad de un dispositivo a los cambios.

Histéresis. Diferencia entre la respuesta de una unidad o sistema a una señal de amplitud creciente y la respuesta a una señal de amplitud decreciente.

Indicación. Manera cómo un control exhibe la información tratada. Puede ser visual digital, estar en forma de cinta perforada o de tarjetas perforadas, quedar registrada con máquina de escribir automática, etc.

Inscripción. Transmitir o introducir información, normalmente en un dispositivo de almacenamiento.

Instrucción. Palabra o parte de una palabra que indica a la unidad de control que debe efectuarse una determinada operación.

Integrador. Dispositivo que continuamente va sumando los valores instantáneos de una magnitud medidos durante cierto periodo. Similar en su función al contador eléctrico doméstico.

Juego. Huelgo entre el husillo principal y su tuerca, huelgo final de un tornillo, espacio libre

en un engranaje, y, a veces, distorsión de ciertos órganos de la máquina.

Lectura. Obtención de información, corrientemente desde una forma determinada de almacenamiento.

Lenguaje. Conjunto de símbolos, caracteres o signos, y de reglas para combinarlos, que transmiten al ordenador las instrucciones o la información a tratar. Este lenguaje de máquina es ininteligible para las personas, a menos de poseer la clave de los símbolos y de las reglas para usarlos. Generalmente se necesita un equipo especial para traducir este lenguaje de la forma en que está registrado en el ordenador a una forma comprensible para las personas.

Luz Nixie. Dispositivo con tubo luminoso que convierte una combinación de impulsos eléctricos en un número visual.

Matriz. Disposición de elementos circuitales como conexiones, relés, diodos, etc., capaz de transformar un código digital de un tipo en otro.

Medio de control. Parte de un dispositivo de control automático que efectúa la acción correctora.

Memoria. Término general para designar el equipo que contiene información escrita en el lenguaje de la máquina, en forma eléctrica o magnética. Este equipo también recibe información para almacenar y suministrar la información almacenada cuando conviene utilizarla posteriormente. La palabra *memoria* denota usualmente la información contenida dentro del ordenador, mientras que los tambores magnéticos, los discos, los núcleos, las cintas, las tarjetas perforadas, etc., que se encuentran fuera del sistema de control, se designan con el nombre genérico de "almacenamiento".

Memoria externa. Unidad de almacenamiento (por ejemplo, una cinta perforada o magnética) que es externa al ordenador.

Movimiento perdido total. Es igual a dos veces el enrollamiento de torsión (véase "Torsión") más la carrera muerta.

Operaciones lógicas. Operaciones no aritméticas tales como seleccionar, buscar, clasificar, compensar, comparar, etc.

Optimización. Método por el cual se ajusta continuamente un proceso al mejor conjunto asequible de condiciones de funcionamiento.

Orden. Grupo de señales o de impulsos con que se inicia una etapa en la ejecución de un programa.

Ordenador (o computadora). Todo dispositivo capaz de realizar cálculos, es decir, de efectuar transformaciones de información.

Ordenador analógico. Un ordenador que funciona creando una analogía física, a menudo eléctrica, del problema matemático a resolver.

Ordenador digital. Un ordenador que usa dígitos en vez de magnitudes físicas.

Oscilación. Incluso los instrumentos de control o de medición tienen a veces dificultades para alcanzar la estabilidad. Cuando un instrumento fluctúa alrededor de un estado de equilibrio sin poder alcanzarlo, los técnicos dicen con propiedad que "oscila".

Oscilógrafo. Dispositivo capaz de registrar rapidísimas variaciones de una magnitud sujeta a medición; se aplica, por ejemplo, en ensayos de aerodinámica para estudiar el comportamiento de la temperatura o la presión.

Palabra. Grupo de caracteres que ocupan una sola posición de almacenamiento. Esta unidad de información es tratada y transportada por los circuitos del ordenador como una entidad; es tratada por la unidad de control como una instrucción, y por la unidad aritmética, como una cantidad.

Parche. Sección de código insertada en una rutina para corregir una equivocación o alterar la rutina.

Potenciómetro. Pobablemente el más versátil de todos los instrumentos de medición. Existen 36 millones de variantes; puede medirlo todo, desde la composición de la goma de mascar hasta la generación de energía nuclear, comparando potenciales eléctricos desconocidos con otros conocidos.

Programa. Serie de etapas a ejecutar por el ordenador o sistema de control a fin de resolver un problema dado.

Programa interno. Serie de instrucciones (programa) alamacenadas dentro del ordenador o sistema de control, en oposición a la información exterior contenida en cinta de papel perforada, tarjetas perforadas, etc.

Programación automática. Término aplicado a todas las técnicas ideadas para simplificar la escritura y la ejecución de programas. Los progra-

mas de compaginación que normalmente traducen el lenguaje simbólico del programador al lenguaje de la máquina, asignan direcciones absolutas a las palabras indicativas de datos e instrucciones, e integran subrutinas en la rutina principal, son ejemplos de medios auxiliares de programación automática.

Programador. Persona que prepara la sucesión planificada de operaciones que el sistema de control debe realizar para resolver un problema, pero sin traducirlas necesariamente al lenguaje codificado.

Programar. Preparar un programa.

Puerta. Circuito lógico con una salida y varias entradas, diseñado de modo que sólo exista señal de salida cuando se cumplen ciertas condiciones en las entradas. Las puertas pueden ser de tipo "y", "o" y otros.

Una puerta "y" es aquella donde sólo hay señal de salida cuando hay señales en todas las entradas.

Una puerta "o" es aquella donde hay señal de salida cuando la hay en una o varias entradas cualesquiera.

Punto de control. Valor realmente obtenido como resultado de una acción de control.

Realimentación. Parte de un sistema de bucle cerrado que reintroduce en él información sobre la magnitud controlada para comparar su valor real con el valor prescrito.

Representación decimal codificada en binario (BCD). Sistema de representación de números decimales. Cada dígito decimal es representado por una combinación de cuatro dígitos binarios.

Reproducibilidad. Precisión con la cual puede repetirse la medición de un valor dado.

Resonancia. Frecuencia natural de vibración de un mecanismo.

Rutina. Conjunto de instrucciones dispuestas en sucesión correcta para que el ordenador y el sistema de control ejecuten una operación dada o una serie de operaciones. Por ejemplo, "extraer dos números, sumarlos y almacenar el resultado".

Sensibilidad. Pulgadas por segundo por pulgada de error como consecuencia de un error de velocidad en el regulador de posición. También se expresa en pulgadas por *minuto* por pulgada de error.

Señal. Información transmitida de un punto a otro del sistema de control.

Señal de entrada. Transferencia de información externa al sistema de control.

Señal de salida. Información a la salida del sistema de control.

Servomecanismo. Sistema de control de bucle cerrado en el cual la variable controlada es una posición mecánica.

Sistema de numeración binario. Sistema de numeración con reglas mucho más sencillas que las de nuestro familiar sistema de numeración decimal; esta simplicidad hace que el sistema de numeración binario sea ideal para los ordenadores, que son dispositivos sumamente "ignorantes".

Así como el sistema de numeración decimal usa diez dígitos (0 a 9), por lo que su base es 10, el sistema de numeración binario utiliza sólo dos dígitos (0 y 1), o sea que su base es 2.

Subrutina. Sección del programa de un ordenador que se introduce una sola vez en la memoria y puede utilizarse cuantas veces convenga para ejecutar una operación dada. Por ejemplo, *seno, logaritmo, raíz cuadrada, raíz cúbica,* etc.

Tacómetro. Instrumento de medición de la velocidad para determinar, por ejemplo, las revoluciones por minuto (rpm).

Técnica de sistemas. Método técnico de aproximación que tiene en cuenta todos los elementos que entran en el sistema de control, incluso la válvula más pequeña, y el propio proceso. Se considera el método de aproximación más prometedor en vistas a conseguir la plena automación industrial.

Tiempo muerto. Todo intervalo de tiempo que transcurre entre dos acciones relacionadas.

Torsión. Giro (como el que debe aplicarse a un tornillo de avance) necesario para vencer el *rozamiento,* en función del movimiento lineal de deslizamiento.

Transductor. Dispositivo que convierte una forma de energía en otra; por ejemplo, una señal neumática de 3 a 15 libras por pulgada cuadrada (0,21 a 1,05 kg/cm^2) en una señal eléctrica de 4 a 20 miliamperios, o viceversa. Otro ejemplo de transductor lo constituye el par termoeléctrico, que convierte temperaturas en militensiones eléctricas.

Transistor. Elemento diminuto de un circuito

electrónico que realiza un cometido análogo al de un tubo de vacío. Es ligero, prácticamente irrompible, de larga duracción y elevado rendimiento.

Unidades discontinuas o separadas. Unidades distintas o individuales. Por ejemplo, los cigüeñales de automóvil o las tinas para baño son unidades discontinuas con respecto al petróleo o al jugo de naranja, que se producen en un flujo continuo.

Variable. Magnitud o condición que puede medirse, alterarse o controlarse; por ejemplo, la temperatura, la presión, el caudal, el nivel de un líquido, la humedad, el peso, la composición química, el color, etc.

Variable manipulada. Magnitud o condición que es alterada por las unidades automáticas para provocar un cambio en el valor de la variable principal sujeta a regulación.

Velocidad de reajuste. Número de correcciones por minuto efectuadas por el sistema de control. Suele representarse por *n*, siendo *n* el número de repeticiones por minuto.

Zona neutra. Gama de valores dentro de la cual no ocurre acción alguna de control.

Zumbido. Similar al de las interferencias radiofónicas. Señales parásitas, sin significado alguno, en un sistema de control; no necesitan corrección, pero pueden causar confusión.

APENDICE

TABLA 1. ABREVIATURAS Y SIMBOLOS COMUNMENTE USADOS EN LA INDUSTRIA

Addendum	a	Fuerza electromotriz	E	Radio	r
Altura	h	Grado centesimal	g	Relación de velocidades	i
Amperio	A	Grado sexagesimal	°	Revoluciones por minuto	rpm
Anchura	b	Gramo	g	Revoluciones por segundo	r/s
Aproximadamente	aprox., ≈	Hora	h	Rosca métrica	M
British Thermal Unit	BTU	Intensidad de corriente	I	Rosca Unified National	
Caballo de vapor	CV (HP)	Kelvin (grado)	°K	Coarse	UNC
Caloría	cal.	Kilocaloría	kcal	Rosca Unified Natinal Fine	UNF
Centrígrado	°C	Kilogramo	kg	Rosca Unified National	
Centímetro	cm	Kilogramo fuerza por		Special	UNS
Cilindro	cil.	centímetro cuadrado	kgf/cm²	Secante	sec
Control numérico	C/N	Kilovatio	kW	Segundo	s
Cosecante	csec	Libra	LB	Segundo sexagesimal	″
Coseno	cos	Límite	lím.	Seno	sen
Cotangente	ctg	Longitud	l	Society of Automotive	
Cuadrado	C, □	Máximo	máx.	Engineers	SAE
Decímetro	dm	Mínimo	mín.	Tangente	tg
Dedendum	b	Minuto	m, min.	Tanto por ciento	%
Diámetro	d, ∅	Minuto sexagesimal	′	Tanto por mil	‰
Diámetro exterior	d_e	Módulo	m	Temperatura	t
Diámetro interior	d_i	Número	n.°, núm.	Temperatura absoluta	T
Diámetro primitivo	d	Número de dientes	z	Tonelada	t
Distancia entre centros	C	Paso circular	p	Una Norma Española	UNE
Dureza Brinell	H	Paso diametral (Diametral		Vatio	W
Dureza Rockwell	HR	Pitch)	DP	Velocidad	u, v, w, c
Dureza Vickers	HV	Peso	G (W)	Velocidad de rotación	n
Fahrenheit (grado)	°F	Pie	ft, ′	Voltio	V
Fuerza	F	Potencia	P	Volumen	V (v)
		Pulgada	in., ″		

TABLA 2. EQUIVALENTES DECIMALES DE LAS PARTES DE 1 PULGADA

Fracciones	64 avos.	32 avos.	16 avos.	8avos.	4tos.	Equival. decimales	Fracciones	64 avos.	32 avos.	16 avos.	8avos.	4tos.	Equival. decimales
1/64	1	.....	.....	.....	.....	0,015625	33/64	33	.....	.....	.....	....	0,515625
1/32	2	1	.....	.....	.....	0,03125	17/32	34	17	.....	.....	.....	0,53125
3/64	3	.....	.....	.....	.....	0,046875	35/64	35	.....	.....	.....	.....	0,546875
1/16	4	2	1	.....	.....	0,0625	9/16	36	18	9	.....	.....	0,5625
5/64	5	.....	.....	.....	.....	0,078125	37/64	37	.....	.....	.....	.....	0,578125
3/32	6	3	.....	.....	.....	0,09375	19/32	38	19	.....	.....	.....	0,59375
7/64	7	.....	.....	.....	.....	0,109375	39/64	39	.....	.....	.....	.....	0,609375
1/8	8	4	2	1	.....	0,125	5/8	40	20	10	5	.....	0,625
9/64	9	.....	.....	.....	.....	0,140625	41/64	41	.....	.....	.....	.....	0,640625
5/32	10	5	.....	.....	.....	0,15625	21/32	42	21	.....	.....	.....	0,65625
11/64	11	.....	.....	.....	.....	0,171875	43/64	43	.....	.....	.....	.....	0,671875
3/16	12	6	3	.....	.....	0,1875	11/16	44	22	11	.....	.....	0,6875
13/64	13	.....	.....	.....	.....	0,203125	45/64	45	.....	.....	.....	.....	0,703125
7/32	14	7	.....	.....	.....	0,21875	23/32	46	23	.....	.....	.....	0,71875
15/64	15	.....	.....	.....	.....	0,234375	47/64	47	.....	.....	.....	.....	0,734375
1/4	16	8	4	2	1	0,250	3/4	48	24	12	6	3	0,750
17/64	17	.....	.....	.....	.....	0,265625	49/64	49	.....	.....	.....	.....	0,765625
9/32	18	9	.....	.....	.....	0,28125	25/32	50	25	.....	.....	.....	0,78125
19/64	19	.....	.....	.....	.....	0,296875	51/64	51	.....	.....	.....	.....	0,796875
5/16	20	10	5	.....	.....	0,3125	13/16	52	26	13	.....	.....	0,8125
21/64	21	.....	.....	.....	.....	0,328125	53/64	53	.....	.....	.....	.....	0,828125
11/32	22	11	.....	.....	.....	0,34375	27/32	54	27	.....	.....	.....	0,84375
23/64	23	.....	.....	.....	.....	0,359375	55/64	55	.....	.....	.....	.....	0,859375
3/8	24	12	6	3	.....	0,375	7/8	56	28	14	7	.....	0,875
25/64	25	.....	.....	.....	.....	0,390625	57/64	57	.....	.....	.....	.....	0,890625
13/32	26	13	.....	.....	.....	0,40625	29/32	58	29	.....	.....	.....	0,90625
27/64	27	.....	.....	.....	.....	0,421875	59/64	59	.....	.....	.....	.....	0,921875
7/16	28	14	7	.....	.....	0,4375	15/16	60	30	15	.....	.....	0,9375
29/64	29	.....	.....	.....	.....	0,453125	61/64	61	.....	.....	.....	.....	0,953125
15/32	30	15	.....	.....	.....	0,46875	31/32	62	31	.....	.....	.....	0,96875
31/64	31	.....	.....	.....	.....	0,484375	63/64	63	.....	.....	.....	.....	0,984375
1/2	32	16	8	4	2	0,500	1 pulg.	64	32	16	8	4	1,000

TABLA 3. EQUIVALENCIAS ENTRE MILIMETROS Y DECIMALES DE PULGADA

mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas
0,1	0,00394	3,5	0,13779	6,9	0,27165	10,3	0,40551	13,8	0,54330
0,2	0,00787	3,6	0,14173	7,0	0,27559	10,4	0,40944	13,9	0,54724
0,3	0,01181	3,7	0,14566	7,1	0,27952	10,5	0,41388	14,0	0,55118
0,4	0,01575	3,8	0,14960	7,2	0,28346	10,6	0,41732	14,1	0,55511
0,5	0,01968	3,9	0,15354	7,3	0,28740	10,7	0,42125	14,2	0,55905
0,6	0,02362	4,0	0,15748	7,4	0,29133	10,8	0,42519	14,3	0,56299
0,7	0,02756	4,1	0,16141	7,5	0,29527	10,9	0,42913	14,4	0,56692
0,8	0,03149	4,2	0,16535	7,6	0,29921	11,0	0,43307	14,5	0,57086
0,9	0,03543	4,3	0,16929	7,7	0,30314	11,1	0,43700	14,6	0,57480
1,0	0,03937	4,4	0,17322	7,8	0,30708	11,2	0,44094	14,7	0,57873
1,1	0,04330	4,5	0,17716	7,9	0,31102	11,3	0,44488	14,8	0,58267
1,2	0,04724	4,6	0,18110	8,0	0,31496	11,4	0,44881	14,9	0,58661
1,3	0,05118	4,7	0,18503	8,1	0,31889	11,5	0,45275	15,0	0,59055
1,4	0,05512	4,8	0,18897	8,2	0,32283	11,6	0,45669	15,5	0,61023
1,5	0,05905	4,9	0,19291	8,3	0,32677	11,7	0,46062	16,0	0,62992
1,6	0,06299	5,0	0,19685	8,4	0,33070	11,8	0,46456	16,5	0,64960
1,7	0,06692	5,1	0,20078	8,5	0,33464	11,9	0,46850	17,0	0,66929
1,8	0,07086	5,2	0,20472	8,6	0,33858	12,0	0,47244	17,5	0,68897
1,9	0,07480	5,3	0,20866	8,7	0,34251	12,1	0,47637	18,0	0,70866
2,0	0,07874	5,4	0,21259	8,8	0,34645	12,2	0,48031	18,5	0,72834
2,1	0,08267	5,5	0,21653	8,9	0,35039	12,3	0,48425	19,0	0,74803
2,2	0,08661	5,6	0,22047	9,0	0,35433	12,4	0,48818	19,5	0,76771
2,3	0,09055	5,7	0,22440	9,1	0,35826	12,5	0,49212	20,0	0,78740
2,4	0,09448	5,8	0,22834	9,2	0,36220	12,6	0,49606	20,5	0,80708
2,5	0,09842	5,9	0,23228	9,3	0,36614	12,7	0,49999	21,0	0,82677
2,6	0,10236	6,0	0,23622	9,4	0,37007	12,8	0,50393	21,5	0,84645
2,7	0,10629	6,1	0,24015	9,5	0,37401	12,9	0,50787	22,0	0,86614
2,8	0,11023	6,2	0,24409	9,6	0,37795	13,0	0,51181	22,5	0,88582
2,9	0,11417	6,3	0,24803	9,7	0,38188	13,1	0,51574	23,0	0,90551
3,0	0,11811	6,4	0,25196	9,8	0,38582	13,2	0,51968	23,5	0,92519
3,1	0,12204	6,5	0,25590	9,9	0,38976	13,3	0,52362	24,0	0,94488
3,2	0,12598	6,6	0,25984	10,0	0,39370	13,4	0,52755	24,5	0,96456
						13,5	0,53149	25,0	0,98425
3,3	0,12992	6,7	0,26377	10,1	0,39763	13,6	0,53543	25,5	1,00393
3,4	0,13385	6,8	0,26771	10,2	0,40157	13,7	0,53936	26,0	1,02362

TABLA 3 bis. EQUIVALENCIAS ENTRE PIES Y PULGADAS, Y MILIMETROS

Pies	Pulg.	mm	Pies	Pulg.	mm	Pies	Pulg.	mm	Pies	Pulg.	mm
0' 1''	1''	25,4	2' 4''	28''	711,2	4' 7''	55''	1397	6' 10''	82''	2082,8
0' 2''	2''	50,8	2' 5''	29''	736,5	4' 8''	56''	1422,4	6' 11''	83''	2108,2
0' 3''	3''	76,2	2' 6''	30''	762	4' 9''	57''	1447	7' 0''	84''	2133,6
0' 4''	4''	101,6	2' 7''	31''	787,4	4' 10''	58''	1473,2	7' 1''	85''	2159
0' 5''	5''	127	2' 8''	32''	812,8	4' 11''	59''	1498,6	7' 2''	86''	2184,4
0' 6''	6''	152,4	2' 9''	33''	838,2	5' 0''	60''	1524	7' 3''	87''	2209,8
0' 7''	7''	177,8	2' 10''	34''	863,6	5' 1''	61''	1549,4	7' 4''	88''	2235,2
0' 8''	8''	203,2	2' 11''	35''	889	5' 2''	62''	1574,8	7' 5''	89''	2260,6
0' 9''	9''	228,6	3' 0''	36''	914,4	5' 3''	63''	1600,2	7' 6''	90''	2286
0' 10''	10''	254	3' 1''	37''	939,8	5' 4''	64''	1625,6	7' 7''	91''	2311,4
0' 11''	11''	279,4	3' 2''	38''	965,2	5' 5''	65''	1651	7' 8''	92''	2336,8
1' 0''	12''	304,8	3' 3''	39''	990,5	5' 6''	66''	1676,4	7' 9''	93''	2362,2
1' 1''	13''	330,2	3' 4''	40''	1016	5' 7''	67''	1701,8	7' 10''	94''	2387,6
1' 2''	14''	355,6	3' 5''	41''	1041,4	5' 8''	68''	1727,2	7' 11''	95''	2413
1' 3''	15''	381	3' 6''	42''	1066,8	5' 9''	69''	1752,6	8' 0''	96''	2438,4
1' 4''	16''	406,4	3' 7''	43''	1092,2	5' 10''	70''	1778	8' 1''	97''	2463,8
1' 5''	17''	431,8	3' 8''	44''	1117,6	5' 11''	71''	1803,4	8' 2''	98''	2489,2
1' 6''	18''	457,2	3' 9''	45''	1143	6' 0''	72''	1828,8	8' 3''	99''	2514,6
1' 7''	19''	482,6	3' 10''	46''	1168,4	6' 1''	73''	1854,2	8' 4''	100''	2540
1' 8''	20''	508	3' 11''	47''	1193,8	6' 2''	74''	1879,6	8' 5''	101''	2565,4
1' 9''	21''	533,4	4' 0''	48''	1219,2	6' 3''	75''	1905	8' 6''	102''	2590,8
1' 10''	22''	558,8	4' 1''	49''	1244,6	6' 4''	76''	1930,4	8' 7''	103''	2616,2
1' 11''	23''	584,2	4' 2''	50''	1270	6' 5''	77''	1955,8	8' 8''	104''	2641,6
2' 0''	24''	609,6	4' 3''	51''	1295,4	6' 6''	78''	1981,2	8' 9''	105''	2667
2' 1''	25''	635	4' 4''	52''	1320,8	6' 7''	79''	2006,6	8' 10''	106''	2692,4
2' 2''	26''	660,4	4' 5''	53''	1346,2	6' 8''	80''	2032	8' 11''	107''	2717,8
2' 3''	27''	685,8	4' 6''	54''	1371,6	6' 9''	81''	2057,4	9' 0''	108''	2743,3

TABLA 4. NUMEROS QUE SON CUADRADOS Y CUBOS PERFECTOS, 1 A 1728

Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica	Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica
1	1	1	1	441		21	
4		2		484		22	
	8		2		512		8
9		3		529		23	
16		4		576		24	
25		5		625		25	
	27		3	676		26	
36		6		729	729	27	9
49		7		784		28	
64	64	8	4	841		29	
81		9		900		30	
100		10		961		31	
121		11			1000		10
	125		5	1024		32	
144		12		1089		33	
169		13		1156		34	
196		14		1225		35	
	216		6	1296		36	
225		15			1331		11
256		16		1369		37	
289		17		1444		38	
324		18		1521		39	
	343		7	1600		40	
361		19		1681		41	
400		20			1728		12

TABLA 5. CUERDAS PARA DIVIDIR LA CIRCUNFERENCIA EN PARTES IGUALES

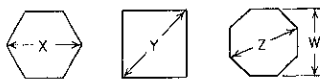
Para hallar la longitud de la cuerda correspondiente a cada una de las partes en que se divida una circunferencia dada, hay que multiplicar el factor dado en la tabla por el diámetro de la circunferencia.

Número de partes	Longitud de la cuerda	Número de partes	Longitud de la cuerda	Número de partes	Longitud de la cuerda
3	0,866	21	0,149	39	0,0805
4	0,7071	22	0,1423	40	0,0785
5	0,5878	23	0,1362	41	0,0765
6	0,5	24	0,1305	42	0,0747
7	0,4339	25	0,1253	43	0,073
8	0,3827	26	0,1205	44	0,0713
9	0,342	27	0,1161	45	0,0698
10	0,309	28	0,112	46	0,0682
11	0,2818	29	0,1081	47	0,0668
12	0,2584	30	0,1045	48	0,0654
13	0,2393	31	0,1012	49	0,0641
14	0,2224	32	0,098	50	0,0628
15	0,2079	33	0,0951	51	0,0616
16	0,1951	34	0,0932	52	0,0604
17	0,1837	35	0,0896	53	0,0592
18	0,1736	36	0,0872	54	0,0581
19	0,1645	37	0,0848	55	0,0571
20	0,1564	38	0,0826		

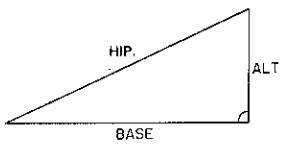
TABLA 6. FORMULAS

Perímetro de la circunferencia	Diámetro multiplicado por 3,1416 Diámetro dividido por 0,3183
Diámetro de la circunferencia	Perímetro multiplicado por 0,3183 Perímetro dividido por 3,1416
Lado de un cuadrado inscrito en una circunferencia dada	Diámetro multiplicado por 0,7071 Perímetro multiplicado por 0,2251 Perímetro dividido por 4,4428
Lado de un cuadrado cuya área es igual a la de un círculo dado	Diámetro multiplicado por 0,8862 Diámetro dividido por 1,1284 Perímetro multiplicado por 0,2821 Perímetro dividido por 3,545
Diámetro de un círculo cuya área es igual a la de un cuadrado dado	Lado multiplicado por 1,128
Diámetro de una circunferencia circunscrita a un cuadrado dado	Lado multiplicado por 1,4142
Area de un círculo	Diámetro al cuadrado multiplicado por 0,7854 Radio al cuadrado multiplicado por 3,1416
Area de la superficie de una esfera o globo.	Diámetro al cuadrado multiplicado por 3,1416

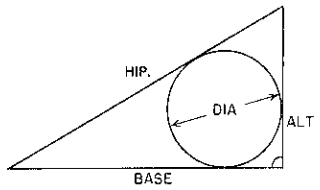
TABLA 6. FORMULAS (CONTINUACION)



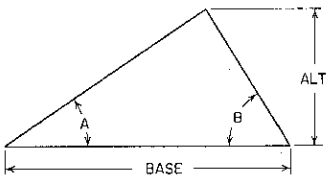
W = ANCHO
X = 1.1547 W
Y = 1.4142 W
Z = 1.0824 W



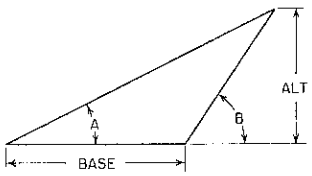
$HIP. = \sqrt{BASE^2 + ALT^2}$
$BASE = \sqrt{HIP.^2 - ALT^2}$
$ALT = \sqrt{HIP.^2 - BASE^2}$



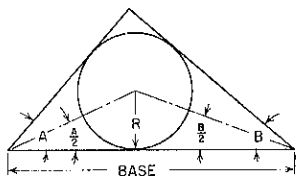
DIA = BASE + ALT − HIP.



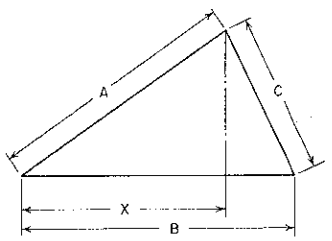
$ALT = \frac{BASE}{CTG.\,A + CTG.\,B}$

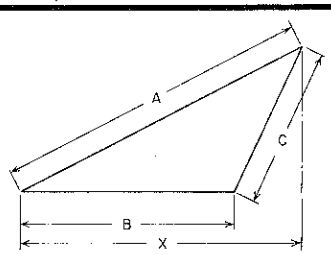


$ALT = \frac{BASE}{CTG.\,A - CTG.\,B}$

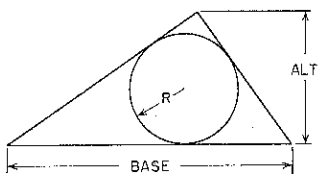


$RAD = \frac{BASE}{CTG.\frac{A}{2} + CTG.\frac{B}{2}}$



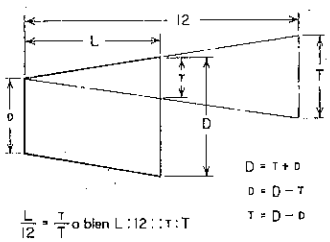


$X = \frac{A^2 + B^2 - C^2}{2B}$



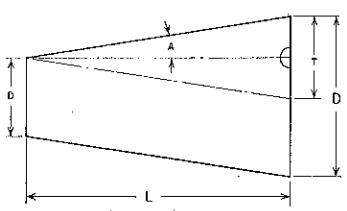
PERIMETRO : BASE : : ALT : R

$R = \frac{BASE \times ALT}{PERIMETRO}$



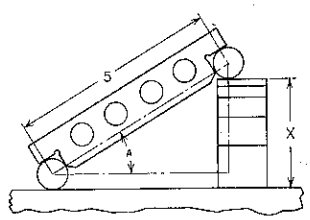
D = T + D
D = D − T
T = D − D

$\frac{L}{12} = \frac{T}{T}$ o bien L : 12 : : T : T

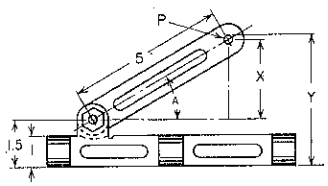


T = D − D

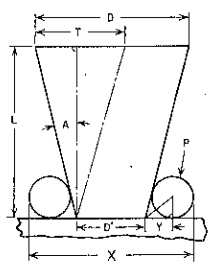
TG. ∠A = T ÷ 2L



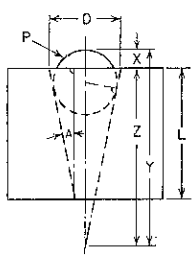
X = 5 × SENO DE ∠A



A = COMPRENDIDO ∠ P = Ø CLAVIJA
X = 5 × SEN ∠A Y = X + 1.5 + $\frac{P}{2}$



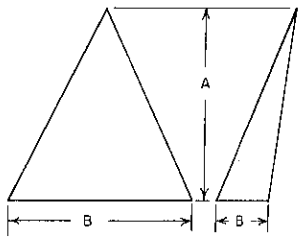
P = Ø DEL REDONDO
T = CONICIDAD POR UNIDAD DE LONGITUD
$\frac{T}{24} = TG\ \angle A$
$T = 2(L \times TG.\ \angle A)$
$D' = D - T$
$Y = \frac{P}{2} \times CTG.\frac{90° - A}{2}$
$X = D' + 2Y + P$



TAN ∠A = $\frac{T}{24}$
$Y = \left(\frac{P}{2} CSEC \angle A\right) + \frac{P}{2}$
$Z = \frac{D}{2} CTG. \angle A$
X = Y − Z

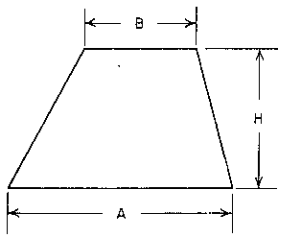
TABLA 6. FORMULAS (CONTINUACION)

TRIANGULO



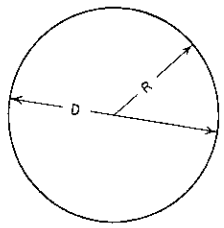
AREA = $\frac{1}{2}$ B X A

TRAPECIO



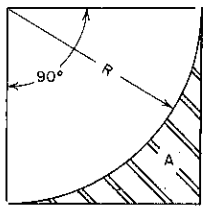
AREA = $\frac{1}{2}$ (A+B)H

CIRCULO



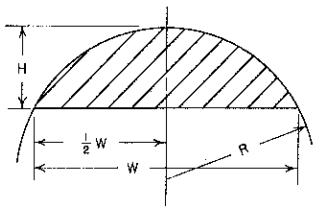
AREA = 3.1416 R^2

SECTOR-CUADRADO



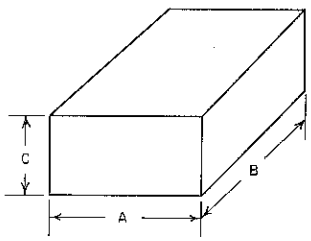
$A = R^2 - \frac{3.1416\,R^2}{4}$

SEGMENTO



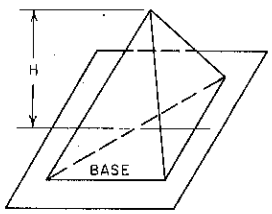
$R = \frac{(\frac{1}{2}W)^2 + H^2}{2H}$

PRISMA RECTANGULAR



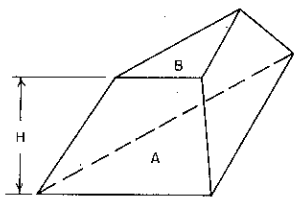
VOLUMEN = ABC

PIRAMIDE



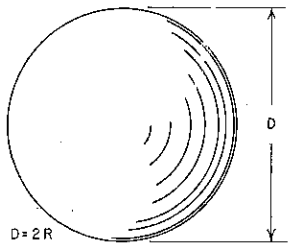
VOLUMEN = $\frac{\text{AREA DE LA BASE X H}}{3}$

TRONCO DE PIRAMIDE



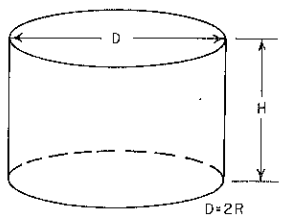
VOLUMEN = $\frac{H(A+B+\sqrt{AB})}{3}$

ESFERA



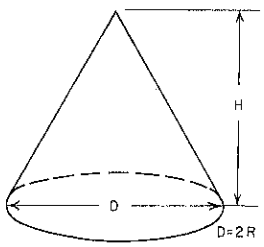
VOLUMEN = $\frac{4 \times 3.1416\,R^3}{3}$

CILINDRO



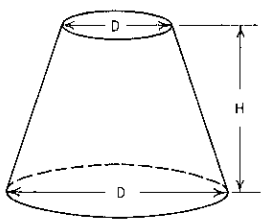
VOLUMEN = 3.1416 R^2 X H

CONO



VOLUMEN = $\frac{3.1416\,R^2 \times H}{3}$

TRONCO DE CONO



VOL = 0.2618 H ($D^2 + {}_D{}^2 + D_D$)

TABLA 7. CALIBRES DE ALAMBRES NORMALES

Galga de alambre n.º	Decimales de pulgada						
	American o Brown & Sharpe	Alambre Birmingham o Stubs	Alambre de acero, galga Washburn & Moen	Alambre cuerda de piano American S. & W. Co.	Galga de alambre Imperial	Alambre de acero Stubs	Norma americana para chapa
0000000	0,651354	.....	0,4000	.....	0,500	.....	0,500
000000	0,580049	.....	0,4615	0,004	0,464	.....	0,46875
00000	0,516549	0,500	0,4305	0,005	0,432	.....	0,4375
0000	0,460	0,454	0,3938	0,006	0,400	.....	0,40625
000	0,40964	0,425	0,3625	0,007	0,372	.....	0,375
00	0,3648	0,380	0,3310	0,008	0,348	.....	0,34375
0	0,32486	0,340	0,3065	0,009	0,324	.....	0,3125
1	0,2893	0,300	0,2830	0,010	0,300	0,227	0,28125
2	0,25763	0,284	0,2625	0,011	0,276	0,219	0,265625
3	0,22942	0,259	0,2437	0,012	0,252	0,212	0,250
4	0,20431	0,238	0,2253	0,013	0,232	0,207	0,234375
5	0,18194	0,220	0,2070	0,014	0,212	0,204	0,21875
6	0,16202	0,203	0,1920	0,016	0,192	0,201	0,203125
7	0,14428	0,180	0,1770	0,018	0,176	0,199	0,1875
8	0,12849	0,165	0,1620	0,020	0,160	0,197	0,171875
9	0,11443	0,148	0,1483	0,022	0,144	0,194	0,15625
10	0,10189	0,134	0,1350	0,024	0,128	0,191	0,140625
11	0,090742	0,120	0,1205	0,026	0,116	0,188	0,125
12	0,080808	0,109	0,1055	0,029	0,104	0,185	0,109375
13	0,071961	0,095	0,0915	0,031	0,092	0,182	0,09375
14	0,064084	0,083	0,0800	0,033	0,080	0,180	0,078125
15	0,057068	0,072	0,0720	0,035	0,072	0,178	0,0703125
16	0,05082	0,065	0,0625	0,037	0,064	0,175	0,0625
17	0,045257	0,058	0,0540	0,039	0,056	0,172	0,05625

TABLA 7. CALIBRES DE ALAMBRES NORMALES (CONTINUACION)

Galga de alambre n.º	Decimales de pulgada						
	American o Brown & Sharpe	Alambre Birmingham o Stubs	Alambre de acero, galga Washburn & Moen	Alambre cuerda de piano American S. & W. Co.	Galga de alambre Imperial	Alambre de acero Stubs	Norma americana para chapa
18	0,040303	0,049	0,0475	0,041	0,048	0,168	0,050
19	0,03589	0,042	0,0410	0,043	0,040	0,164	0,04375
20	0,031961	0,035	0,0348	0,045	0,036	0,161	0,0375
21	0,028462	0,032	0,0317	0,047	0,032	0,157	0,034375
22	0,025347	0,028	0,0286	0,049	0,028	0,155	0,03125
23	0,022571	0,025	0,0258	0,051	0,024	0,153	0,028125
24	0,0201	0,022	0,0230	0,055	0,022	0,151	0,025
25	0,0179	0,020	0,0204	0,059	0,020	0,148	0,021875
26	0,01594	0,018	0,0181	0,063	0,018	0,146	0,01875
27	0,014195	0,016	0,0173	0,067	0,0164	0,143	0,0171875
28	0,012641	0,014	0,0162	0,071	0,0149	0,139	0,015625
29	0,011257	0,013	0,0150	0,075	0,0136	0,134	0,0140625
30	0,010025	0,012	0,0140	0,080	0,0124	0,127	0,0125
31	0,008928	0,010	0,0132	0,085	0,0116	0,120	0,0109375
32	0,00795	0,009	0,0128	0,090	0,0108	0,115	0,01015625
33	0,00708	0,008	0,0118	0,095	0,0100	0,112	0,009375
34	0,006304	0,007	0,0104	.....	0,0092	0,110	0,00859375
35	0,005614	0,005	0,0095	.....	0,0084	0,108	0,0078125
36	0,005	0,004	0,0090	.....	0,0076	0,106	0,00703125
37	0,004453	.....	0,0085	.....	0,0068	0,103	0,006640625
38	0,003965	.....	0,0080	.....	0,0060	0,101	0,00625
39	0,003531	.....	0,0075	.....	0,0052	0,099	
40	0,003144	.....	0,0070	.....	0,0048	0,097	

TABLA 7 bis. GALGAS DE ALAMBRE USUALES EN ESTADOS UNIDOS

Galga de alambre n.°	Milímetros						
	American o Brown & Sharpe	Alambre Birmingham o Stubs	Alambre de acero, galga Washburn & Moen	Alambre cuerda de piano American S & N. Co	Galga de alambre imperial	Alambre de acero Stubs	Norma americana para chapa
0000000	16,544	—	12,440	—	12,700	—	12,700
000000	14,733	—	11,748	0,011	11,786	—	11,913
00000	13,120	12,700	10,935	0,013	10,973	—	11,126
0000	11,684	11,532	10,003	0,015	10,169	—	10,313
000	10,404	10,795	9,208	0,018	9,449	—	9,525
00	9,266	9,652	8,408	0,020	8,840	—	8,738
0	8,253	8,636	7,785	0,023	8,230	—	7,950
1	7,348	7,620	7,180	0,025	7,620	5,766	7,138
2	6,543	7,214	6,668	0,028	7,011	5,563	6,757
3	5,827	6,579	6,190	0,030	6,401	5,385	6,350
4	5,189	6,045	5,723	0,033	5,893	5,258	5,944
5	4,620	5,588	5,258	0,036	5,385	5,182	5,563
6	4,115	5,156	4,877	0,041	4,877	5,106	5,156
7	3,665	4,572	4,496	0,046	4,471	5,055	4,496
8	3,264	4,191	4,115	0,051	4,064	5,004	4,369
9	2,906	3,759	3,767	0,056	3,658	4,928	3,963
10	2,588	3,404	3,429	0,061	3,251	4,852	3,582
11	2,304	3,048	3,061	0,066	2,947	4,775	3,175
12	2,055	2,769	2,680	0,071	2,642	4,699	2,769
13	1,829	2,413	2,324	0,076	2,337	4,623	2,388
14	1,628	2,108	2,032	0,081	2,032	4,572	1,981
15	1,450	1,829	1,829	0,086	1,829	4,521	1,778
16	1,290	1,651	1,588	0,091	1,626	4,445	1,588
17	1,151	1,473	1,372	0,097	1,422	4,369	1,430
18	1,024	1,245	1,207	0,102	1,219	4,267	1,270
19	0,912	1,067	1,041	0,107	1,016	4,166	1,113
20	0,813	0,889	0,884	0,112	0,914	4,090	0,953
21	0,724	0,813	0,805	0,117	0,813	3,988	0,874
22	0,645	0,711	0,726	0,122	0,711	3,937	0,795
23	0,574	0,635	0,655	0,130	0,610	3,886	0,714
24	0,511	0,559	0,584	0,140	0,559	3,836	0,635
25	0,455	0,508	0,518	0,150	0,508	3,759	0,556
26	0,404	0,457	0,460	0,160	0,457	3,709	0,476
27	0,361	0,406	0,439	0,170	0,417	3,632	0,437
28	0,320	0,356	0,411	0,180	0,376	3,531	0,396
29	0,287	0,330	0,381	0,188	0,345	3,404	0,358
30	0,254	0,305	0,356	0,198	0,315	3,226	0,318
31	0,226	0,254	0,335	0,208	0,295	3,048	0,277
32	0,201	0,229	0,325	0,218	0,274	2,921	0,257
33	0,180	0,203	0,300	0,229	0,254	2,845	0,219
34	0,160	0,178	0,264	—	0,234	2,794	0,218
35	0,142	0,127	0,241	—	0,213	2,743	0,198
36	0,127	0,102	0,229	—	0,193	2,693	0,178
37	0,112	—	0,216	—	0,173	2,616	0,168
38	0,102	—	0,203	—	0,152	2,565	0,160
39	0,089	—	0,190	—	0,132	2,515	—
40	0,079	—	0,178	—	0,122	2,464	—

TABLA 8. ACEROS AL CARBONO AMERICANOS*

Núm SAE	Número AISI 1948	Límites de composición química, %				Núm. SAE	Número AISI 1948	Límites de composición química, %			
		Carbono	Manganeso	Fósforo	Azufre			Carbono	Manganeso	Fósforo	Azufre
1008	C 1008	0,10 max	0,25/0,50	0,040	0,050	1041	C 1041	0,36/0,44	1,35/1,65	0,040	0,050
1010	C 1010	0,08/0,13	0,30/0,60	0,040	0,050	1042	C 1042	0,40/0,47	0,60/0,90	0,040	0,050
	C 1012	0,10/0,15	0,30/0,60	0,040	0,050	1043	C 1043	0,40/0,47	0,70/1,00	0,040	0,050
1015	C 1015	0,13/0,18	0,30/0,60	0,040	0,050	1045	C 1045	0,43/0,50	0,60/0,90	0,040	0,050
1016	C 1016	0,13/0,18	0,60/0,90	0,040	0,050	1046	C 1046	0,43/0,50	0,70/1,00	0,040	0,050
1017	C 1017	0,15/0,20	0,30/0,60	0,040	0,050		C 1049	0,46/0,53	0,60/0,90	0,040	0,050
1018	C 1018	0,15/0,20	0,60/0,90	0,040	0,050	1050	C 1050	0,48/0,55	0,60/0,90	0,040	0,050
1019	C 1019	0,15/0,20	0,70/1,00	0,040	0,050	1052	C 1052	0,47/0,55	1,20/1,50	0,040	0,050
1020	C 1020	0,18/0,23	0,30/0,60	0,040	0,050		C 1053	0,48/0,55	0,70/1,00	0,040	0,050
	C 1021	0,18/0,23	0,60/0,90	0,040	0,050	1055	C 1055	0,50/0,60	0,60/0,90	0,040	0,050
1022	C 1022	0,18/0,23	0,70/1,00	0,040	0,050	1060	C 1060	0,55/0,65	0,60/0,90	0,040	0,050
	C 1023	0,20/0,25	0,30/0,60	0,040	0,050	1065	C 1065	0,60/0,70	0,60/0,90	0,040	0,050
1024	C 1024	0,19/0,25	1,35/1,65	0,040	0,050		C 1069	0,65/0,75	0,40/0,70	0,040	0,050
1025	C 1025	0,22/0,28	0,30/0,60	0,040	0,050	1070	C 1070	0,65/0,75	0,60/0,90	0,040	0,050
	C 1026	0,22/0,28	0,60/0,90	0,040	0,050		C 1072	0,65/0,76	1,00/1,30	0,040	0,050
1027	C 1027	0,22/0,29	1,20/1,50	0,040	0,050		C 1075	0,70/0,80	0,40/0,70	0,040	0,050
	C 1029	0,25/0,31	0,60/0,90	0,040	0,050	1078	C 1078	0,72/0,85	0,30/0,60	0,040	0,050
1030	C 1030	0,28/0,34	0,60/0,90	0,040	0,050	1080	C 1080	0,75/0,88	0,60/0,90	0,040	0,050
1033	C 1033	0,30/0,36	0,70/1,00	0,040	0,050		C 1084	0,80/0,93	0,60/0,90	0,040	0,050
1035	C 1035	0,32/0,38	0,60/0,90	0,040	0,050	1085	C 1085	0,80/0,93	0,70/1,00	0,040	0,050
1036	C 1036	0,30/0,37	1,20/1,50	0,040	0,050		C 1086	0,82/0,96	0,30/0,50	0,040	0,050
	C 1037	0,35/0,42	0,40/0,70	0,040	0,050	1090	C 1090	0,85/0,98	0,60/0,90	0,040	0,050
1038	C 1038	0,35/0,42	0,60/0,90	0,040	0,050	1095	C 1095	0,90/1,03	0,30/0,50	0,040	0,050
	C 1039	0,37/0,44	0,70/1,00	0,040	0,050		B 1010	0,13 max	0,30/0,60	0,07/0,12	0,060
1040	C 1040	0,37/0,44	0,60/0,90	0,040	0,050						
Aceros de fácil mecanización (aceros Siemens Martin para tornillería)											
	C 1108	0,08/0,13	0,50/0,80	0,040	0,07/0,12		C 1132	0,27/0,34	1,35/1,65	0,040	0,08/0,13
1109	C 1109	0,08/0,13	0,60/0,90	0,040	0,08/0,13	1137	C 1137	0,32/0,39	1,35/1,65	0,040	0,08/0,13
	C 1110	0,08/0,13	0,30/0,60	0,040	0,08/0,13	1138	C 1138	0,34/0,40	0,70/1,00	0,040	0,08/0,13
	C 1118	0,10/0,16	1,00/1,30	0,040	0,24/0,33	1140	C 1140	0,37/0,44	0,70/1,00	0,040	0,08/0,13
1115	C 1115	0,13/0,18	0,60/0,90	0,040	0,08/0,13	1141	C 1141	0,37/0,45	1,35/1,65	0,040	0,08/0,13
1116	C 1116	0,14/0,20	1,10/1,40	0,040	0,16/0,23	1144	C 1144	0,40/0,48	1,35/1,65	0,040	0,24/0,33
1117	C 1117	0,14/0,20	1,00/1,30	0,040	0,08/0,13	1145	C 1145	0,42/0,49	0,70/1,00	0,040	0,04/0,07
1118	C 1118	0,14/0,20	1,30/1,60	0,040	0,08/0,13	1146	C 1146	0,42/0,49	0,70/1,00	0,040	0,08/0,13
1119	C 1119	0,14/0,20	1,00/1,30	0,040	0,24/0,33		C 1148	0,45/0,52	0,70/1,00	0,040	0,04/0,07
1120	C 1120	0,18/0,23	0,70/1,00	0,040	0,08/0,13	1151	C 1151	0,48/0,55	0,70/1,00	0,040	0,08/0,13
	C 1125	0,22/0,28	0,60/0,90	0,040	0,08/0,13						
Aceros de fácil mecanización (aceros Bessemer para tornillería)											
1111	B 1111	0,13 max	0,60/0,90	0,07/0,12	0,08/0,15	1113	B 1113	0,13 max	0,70/1,00	0,07/0,12	0,24/0,33
1112	B 1112	0,13 max	0,70/1,00	0,07/1,00	0,16/0,23						

* De una combinación de las relaciones de aceros normales del "American Iron and Steel Institute" y de la "Society of Automotive Engineers, Inc.".

Tabla 8 bis. ACEROS AL CARBONO SEGUN NORMAS ESPAÑOLAS UNE

Tipo	Composición química, %				
	Carbono	Manganeso	Silicio	Fósforo	Azufre
Aceros comunes Bessemer					
F-611	0,1 ± 0,05	0,35 ± 0,10	0,10 máx.	0,07 máx.	0,06 máx.
F-612	0,2 ± 0,05	0,45 ± 0,15	0,20 "	0,07 "	0,06 "
F-613	0,3 ± 0,05	0,45 ± 0,15	0,30 "	0,07 "	0,06 "
F-614	0,4 ± 0,05	0,65 ± 0,15	0,30 "	0,07 "	0,06 "
F-615	0,5 ± 0,05	0,80 ± 0,15	0,30 "	0,07 "	0,06 "
F-616	0,6 ± 0,05	0,80 ± 0,15	0,30 "	0,07 "	0,06 "
F-617	0,7 ± 0,05	0,80 ± 0,15	0,30 "	0,07 "	0,06 "
Aceros comunes Siemens					
F-621	0,1 ± 0,05	0,35 ± 0,05	0,20 máx.	0,04 máx.	0,06 máx.
F-622	0,2 ± 0,05	0,40 ± 0,10	0,20 "	0,04 "	0,06 "
F-623	0,3 ± 0,05	0,40 ± 0,10	0,20 "	0,04 "	0,06 "
F-624	0,4 ± 0,05	0,50 ± 0,15	0,30 "	0,04 "	0,06 "
F-625	0,5 ± 0,05	0,60 ± 0,20	0,30 "	0,04 "	0,06 "
F-626	0,6 ± 0,05	0,70 ± 0,20	0,30 "	0,04 "	0,06
F-627	0,7 ± 0,05	0,75 ± 0,25	0,30 "	0,04 "	
Aceros comunes para usos particulares					
F-632	0,15 — 0,20	1,20 — 1,50	0,20 máx.	0,04 máx.	0,06 máx.
F-633	0,20 — 0,30	1,20 — 1,50	0,20 "	0,04 "	0,06 "
F-634	0,25 — 0,32	0,75 ± 0,15	0,10 — 0,30	0,05 "	0,05 "
F-635	0,32 — 0,38	0,75 ± 0,15	0,10 — 0,30	0,05 "	0,05 "
F-636	0,45 — 0,60	1,00 — 0,20	0,15 — 0,20	0,06 "	0,06 "
F-637	0,45 — 0,55	0,60 — 0,80	0,80 — 1,00	0,04 "	0,06 "
F-638	0,45 — 0,55	0,60 — 0,80	1,50 — 1,80	0,04 "	0,06 "
F-639	0,55 — 0,65	0,70 — 0,80	0,20 — 0,30	0,05 "	0,05 "
F-641	0,65 — 0,70	0,70 — 0,80	0,20 — 0,30	0,05 "	0,05 "
F-642	0,80 — 1,20	12 — 14	0,50 máx.	0,06 "	0,05 "
Aceros finos					
F-111	0,10 — 0,20	0,15 — 0,30	0,30 — 0,50	0,05 máx.	0,05 máx.
F-112	0,20 — 0,30	0,15 — 0,30	0,40 — 0,70	0,05 "	0,05 "
F-113	0,30 — 0,40	0,15 — 0,30	0,40 — 0,70	0,05 "	0,05 "
F-114	0,40 — 0,50	0,15 — 0,30	0,40 — 0,70	0,05 "	0,05 "
F-115	0,50 — 0,60	0,15 — 0,30	0,40 — 0,70	0,05 "	0,05 "

TABLA 9. ACEROS ALEADOS NORMALES AMERICANOS*

Núm. SAE	Número AISI 1948	Límites de composición química, %								
		Carbono	Manganeso	Fósforo, máx.	Azufre, máx.	Silicio	Níquel	Cromo	Molibdeno	Vanadio
Aceros al manganeso (predominio del manganeso en la aleación)										
1320	1320	0,18/0,23	1,60/1,90	0,040	0,040	0,20/0,35				
	1321	0,17/0,22	1,80/2,10	0,050	0,050	0,20/0,35				
1330	1330	0,28/0,33	1,60/1,90	0,040	0,040	0,20/0,35				
1335	1335	0,33/0,38	1,60/1,90	0,040	0,040	0,20/0,35				
1340	1340	0,38/0,43	1,60/1,90	0,040	0,040	0,20/0,35				
Acero al níquel										
2317	2317	0,15/0,20	0,40/0,60	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75			
2330	2330	0,28/0,33	0,60/0,80	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75			
	2335	0,33/0,38	0,60/0,80	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75			
2340	2340	0,38/0,43	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75			
2345	2345	0,43/0,48	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75			
2512	E 2512	0,09/0,14	0,45/0,60	0,025	0,025	0,20/0,35	4,75/5,25			
2515	2515	0,12/0,17	0,40/0,60	0,040	0,040	0,20/0,35	4,75/5,25			
2517	E 2517	0,15/0,20	0,45/0,60	0,025	0,025	0,20/0,35	4,75/5,25			
Aceros al cromo-níquel										
3115	3115	0,13/0,18	0,40/0,60	0,040	0,040	0,20/0,35	1,10/1,40	0,55/0,75		
3120	3120	0,17/0,22	0,60/0,80	0,040	0,040	0,20/0,35	1,10/1,40	0,55/0,75		
3130	3130	0,28/0,33	0,60/0,80	0,040	0,040	0,20/0,35	1,10/1,40	0,55/0,75		
3135	3135	0,33/0,38	0,60/0,80	0,040	0,040	0,20/0,35	1,10/1,40	0,55/0,75		
3140	3140	0,38/0,43	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	1,10/1,40	0,55/0,75		
3141	3141	0,38/0,43	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	1,10/1,40	0,70/0,90		
3145	3145	0,43/0,48	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	1,10/1,40	0,70/0,90		
3150	3150	0,48/0,53	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	1,10/1,40	0,70/0,90		
3310	E 3310	0,08/0,13	0,45/0,60	0,025	0,025	0,20/0,35	3,25/3,75	1,40/1,75		
3316	E 3316	0,14/0,19	0,45/0,60	0,025	0,025	0,20/0,35	3,25/3,75	1,40/1,75		
Aceros al molibdeno										
4017	4017	0,15/0,20	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4023	4023	0,20/0,25	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4024	4024	0,20/0,25	0,70/0,90	0,040	0,035/0,050	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4027	4027	0,25/0,30	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4028	4028	0,25/0,30	0,70/0,90	0,040	0,035/0,050	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4032	4032	0,30/0,35	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	

* De una combinación de las relaciones de aceros normales del "American Iron and Steel Institute" y de la "Society of Automotive Engineers, Inc."

TABLA 9. ACEROS NORMALES AMERICANOS (CONTINUACION)

Núm. SAE	Número AISI 1948	Límites de composición química, %								
		Carbono	Manganeso	Fósforo máx.	Azufre, máx.	Silicio	Níquel	Cromo	Molibdeno	Vanadio
					Aceros al molibdeno - continuación					
4037	4037	0,35/0,40	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4042	4042	0,40/0,45	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4047	4047	0,45/0,50	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4053	4053	0,50/0,56	0,75/1,00	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4063	4063	0,60/0,67	0,75/1,00	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4068	4068	0,63/0,70	0,75/1,00	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	.....	0,20/0,30	
4130	4130	0,28/0,33	0,40/0,60	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,15/0,25	
	E 4132	0,30/0,35	0,40/0,60	0,025	0,025	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,18/0,25	
	E 4135	0,33/0,38	0,70/0,90	0,025	0,025	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,18/0,25	
4137	4137	0,35/0,40	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,15/0,25	
	E 4137	0,35/0,40	0,70/0,90	0,025	0,025	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,18/0,25	
4140	4140	0,38/0,43	0,75/1,00	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,15/0,25	
	4142	0,40/0,45	0,75/1,00	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,15/0,25	
4145	4145	0,43/0,48	0,75/1,00	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,15/0,25	
	4147	0,45/0,50	0,75/1,00	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,15/0,25	
4150	4150	0,48/0,53	0,75/1,00	0,040	0,040	0,20/0,35	.....	0,80/1,10	0,15/0,25	
4317	4317	0,15/0,20	0,45/0,65	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	0,40/0,60	0,20/0,30	
4320	4320	0,17/0,22	0,45/0,65	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	0,40/0,60	0,20/0,30	
	4337	0,35/0,40	0,60/0,80	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	0,70/0,90	0,20/0,30	
4340	4340	0,38/0,43	0,60/0,80	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	0,70/0,90	0,20/0,30	
4608	4608	0,06/0,11	0,25/0,45	0,040	0,040	0,25 max	1,40/1,75	.....	0,15/0,25	
4615	4615	0,13/0,18	0,45/0,65	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	.....	0,20/0,30	
4617	E 4617	0,15/0,20	0,45/0,65	0,025	0,025	0,20/0,35	1,65/2,00	.....	0,20/0,27	
4620	4620	0,17/0,22	0,45/0,65	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	.....	0,20/0,30	
X 4620	X 4620	0,18/0,23	0,50/0,70	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	.....	0,20/0,30	
	E 4620	0,17/0,22	0,45/0,65	0,025	0,025	0,20/0,35	1,65/2,00	.....	0,20/0,27	
4621	4621	0,18/0,23	0,70/0,90	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	.....	0,20/0,30	
4640	4640	0,38/0,43	0,60/0,80	0,040	0,040	0,20/0,35	1,65/2,00	.....	0,20/0,30	
	E 4640	0,38/0,43	0,60/0,80	0,025	0,025	0,20/0,35	1,65/2,00	.....	0,20/0,27	
4812	4812	0,10/0,15	0,40/0,60	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75	.....	0,20/0,30	
4815	4815	0,13/0,18	0,40/0,60	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75	.....	0,20/0,30	
4817	4817	0,15/0,20	0,40/0,60	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75	.....	0,20/0,30	
4820	4820	0,18/0,23	0,50/0,70	0,040	0,040	0,20/0,35	3,25/3,75	.....	0,20/0,30	

TABLA 9 bis. ACEROS ALEADOS SEGUN NORMAS ESPAÑOLAS UNE

Tipo	Composición química, %								
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	P máx.	S máx.
Aceros de gran resistencia									
F-121	0,25 — 0,35	0,10 — 0,35	0,40 —0,70	2,25 — 3,50				0,04	0,04
F-122	0,25 — 0,35	0,10 — 0,35	0,40 — 0,70	4,00 — 4,50	1,00 — 1,50			0,04	0,04
F-123	0,25 — 0,35	0,10 — 0,35	0,40 — 0,70	2,75 — 3,25	0,50 — 0,60			0,04	0,04
F-124	0,30 — 0,40	0,10 — 0,35	0,40 — 0,70		2,50 — 3,50	0,40 — 0,60		0,04	0,04
F-125	0,30 — 0,40	0,10 — 0,35	0,40 — 0,70		0,90 — 1,50	0,20 — 0,40		0,04	0,04
F-126	0,25 — 0,35	0,10 — 0,35	0,40 — 0,70	4,00 — 4,50	1,00 — 1,50	0,20 — 0,60		0,04	0,04
F-127	0,25 — 0,35	0,10 — 0,35	0,40 — 0,70	2,25 — 2,75	0,50 — 0,80	0,20 — 0,60		0,04	0,04
F-128	0,35 — 0,45	0,10 — 0,35	0,40 — 0,80	1,20 — 1,60	0,90 — 1,40	0,10 — 0,30		0,04	0,04
F-129	0,35 — 0,45	0,10 — 0,35	1,20 — 1,50	0,50 — 1,00	0,30 — 0,60	0,10 — 0,30		0,04	0,04
F-131	0,95 — 1,20	0,10 — 0,35	0,40 máx		1,40 — 1,80		0,20 —0,30	0,04	0,04
Aceros de buena soldabilidad									
F-221	0,15 — 0,25	0,15 — 0,30	0,40 — 0,70					0,04	0,04
F-222	0,25 — 0,30	0,15 — 0,30	0,40 — 0,70	0,30 máx.	0,80 — 1,10	0,15 — 0,25		0,04	0,04
F-223	0,25 — 0,35	0,15 — 0,30	0,40 — 0,60	0,30 "	0,80 — 1,10		0,15 —0,20	0,04	0,04
F-224	0,25 — 0,30	0,15 — 0,30	1,00 — 1,30		0,60 — 0,90		0,10 —0,20	0,04	0,04
Aceros de propiedades magnéticas									
F-231	0,08 máx.	4,50 — 5,00	0,10 máx.					0,025	0,025
F-232	0,10 "	1,80 — 3,20	0,20 — 0,50					0,04	0,04
Aceros de dilatación térmica específica									
F-241	0,20 máx.	0,20 máx.	0,40 máx.	36,00				0,04	0,04
F-242	0,70 "	0,50 "	3,25 — 3,75 y 5,25 — 5,75	10 — 12 y 12 — 14	3,00 máx.			0,04	0,04
Aceros resistentes al calor									
F-322	0,35 — 0,45	2,00 — 2,50	0,40 — 0,60		9,00 — 11,00	0,80 — 1,00		0,04	0,04
F-331	0,15			20,00	25,00				

TABLA 10. CONICIDADES POR PIE Y ANGULOS CORRESPONDIENTES

Conicidad por pie (pulgadas)	Angulo del cono			Angulo con el eje del cono			Conicidad por pie (pulgadas)	Angulo del cono			Angulo con el eje del cono			Conicidad por pie (pulgadas)	Angulo del cono			Angulo con el eje del cono		
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos		Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos		Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos
1/64	0	4	28	0	2	14	31/32	4	37	20	2	18	40	3 3/4	17	45	40	8	52	50
1/32	0	8	58	0	4	29	1	4	46	18	2	23	9	3 7/8	18	20	34	9	10	17
1/16	0	17	54	0	8	57	1 1/16	5	4	12	2	32	6	4	18	55	28	9	27	44
3/32	0	26	52	0	13	26	1 1/8	5	21	44	2	40	52	4 1/8	19	30	18	9	45	9
1/8	0	35	48	0	17	54	1 3/16	5	39	54	2	49	57	4 1/4	20	5	2	10	2	31
5/32	0	44	44	0	22	22	1 1/4	5	57	48	2	58	54	4 3/8	20	39	44	10	19	52
3/16	0	53	44	0	26	52	1 5/16	6	15	38	3	7	49	4 1/2	21	14	2	10	37	1
7/32	1	2	34	0	31	17	1 3/8	6	33	26	3	16	43	4 5/8	21	48	54	10	54	27
1/4	1	11	36	0	35	48	1 7/16	6	51	20	3	25	40	4 3/4	22	23	22	11	11	41
9/32	1	20	30	0	40	15	1 1/2	7	9	10	3	34	35	4 7/8	22	57	48	11	28	54
5/16	1	29	30	0	44	45	1 9/16	7	26	58	3	43	29	5	23	32	12	11	46	6
11/32	1	38	22	0	49	11	1 5/8	7	44	48	3	52	24	5 1/8	24	6	28	12	3	14
3/8	1	47	24	0	53	42	1 11/16	8	2	38	4	1	19	5 1/4	24	40	42	12	20	21
13/32	1	56	24	0	58	12	1 3/4	8	20	26	4	10	13	5 3/8	25	14	48	12	37	24
7/16	2	5	18	1	2	39	1 13/16	8	38	16	4	19	8	5 1/2	25	48	48	12	54	24
15/32	2	14	16	1	7	8	1 7/8	8	56	2	4	28	1	5 5/8	26	22	52	13	11	26
1/2	2	23	10	1	11	35	1 15/16	9	13	50	4	36	55	5 3/4	26	56	46	13	28	23
17/32	2	32	4	1	16	2	2	9	31	36	4	45	48	5 7/8	27	30	34	13	45	17
9/16	2	41	4	1	20	32	2 1/8	10	7	10	5	3	35	6	28	4	2	14	2	1
19/32	2	50	2	1	25	1	2 1/4	10	42	42	5	21	21	6 1/8	28	37	58	14	18	59
5/8	2	59	2	1	29	31	2 3/8	11	18	10	5	39	5	6 1/4	29	11	34	14	35	47
21/32	3	7	56	1	33	58	2 1/2	11	53	36	5	56	48	6 3/8	29	45	18	14	52	39
11/16	3	16	54	1	38	27	2 5/8	12	29	2	6	14	31	6 1/2	30	18	26	15	9	13
23/32	3	25	50	1	42	55	2 3/4	13	4	24	6	32	12	6 5/8	30	51	48	15	25	54
3/4	3	34	44	1	47	22	2 7/8	13	39	42	6	49	51	6 3/4	31	25	2	15	42	31
25/32	3	43	44	1	51	52	3	14	15	0	7	7	30	6 7/8	31	58	10	15	59	5
13/16	3	52	38	1	56	19	3 1/8	14	50	14	7	25	7	7	32	31	12	16	15	36
27/32	4	1	36	2	0	48	3 1/4	15	25	24	7	42	42	7 1/8	33	4	8	16	32	4
7/8	4	10	32	2	5	16	3 3/8	16	0	34	8	0	17	7 1/4	33	36	40	16	48	20
29/32	4	19	34	2	9	47	3 1/2	16	35	40	8	17	50	7 3/8	34	9	50	17	4	55
15/16	4	28	24	2	14	12	3 5/8	17	10	40	8	35	20							

TABLA 10 bis. CONICIDADES EXPRESADAS EN LA FORMA 1:A

Valores usuales				Observaciones y ejemplos de aplicación.
Conicidad 1:A	Angulo del cono α [1]	Angulo de ajuste en la máquina de mecanizado. Angulo de inclinación $\frac{\alpha}{2}$ [2]	Valor de ajuste para α /2 y una regla de senos de 100 mm de longitud mm [3]	
1:0,289	120°	60°	86,603	Avellanado de protección para puntos de centrado
1:0.5	90°	45°	70,711	Conos de válvulas, uniones en vástagos de pistón, contrapuntas en la punta; tornillos, tirafondos y remaches avellanados, tapones roscados, tapas roscadas para tuberías.
1:0,596	80°	40°	64,279	Tornillos para chapa
1:0,866	60°	30°	50,000	Juntas cónicas para uniones roscadas ligeras para tubos, ranuras en V, puntos de centrado, contrapuntas en la punta; tornillos y remaches avellanados, remaches de gota de sebo.
1:1,207	45°	22°30'	38,268	Remaches avellanados y de gota de sebo.
1:1,374	40°	20°	34,202	Pinzas de sujeción.
1:1,866	30°	15°	25,882	Tornillos avellanados cónicos negros, conos de centrado en portacuchillas para máquinas de elaboración de la madera.
1:3,429	16°35'40''	8°17'50''	14,431	**Conicidad aguda.** Cabezales de husillo portafresa. Mangos de herramientas para fresas.
1:5	11°25'16''	5°42'38''	9,950	Piezas de máquina fácilmente desmontables para esfuerzo transversal al eje y a torsión; muñones, acoplamientos de fricción, agujero de poleas trapeciales, sujeciones de muelas abrasivas, conos de cierre para válvulas en construcción naval, juntas cónicas para instalaciones de depósitos surtidores, piezas de acoplamiento de manga para herramientas neumáticas, esmerilados cónicos para vidrio.
1:6	9°31'38''	4°45'49''		Conos de contacto para grifos.
1:10	5°43'30''	2°51'45''	4,994	Piezas de máquinas para esfuerzo transversal al eje, a torsión y longitudinal al eje; extremos de ejes cónicos, cojinetes reajustables, fresas para estampas, escariadores para agujeros de remache, manguitos y ojos en útiles a mano agrícolas, esmerilados cónicos de vidrio, aparatos de inyección.

(1) Los valores para α en esta columna están redondeados a segundos, terminados en pares.
(2) Los valores α /2 están redondeados a segundos.
(3) Para la representación del ángulo α /2 en una regla de senos de 100 mm de longitud, que forme la hipotenusa, con el cateto h igual al valor de ajuste, existe la relación

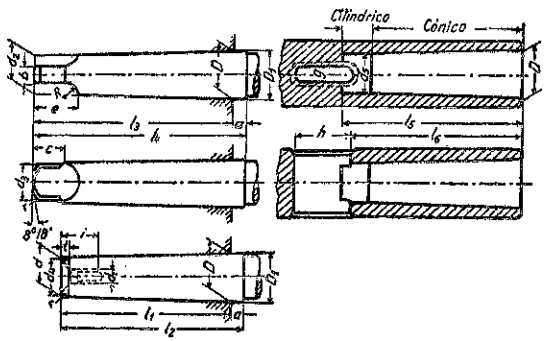
$$\text{sen } \frac{\alpha}{2} = \frac{h}{100}, \; h = 100 \text{ sen } \frac{\alpha}{2}$$

TABLA 10 bis. CONICIDADES EXPRESADAS EN LA FORMA 1:A (CONTINUACION)

Valores usuales				Observaciones y ejemplos de aplicación.
Conicidad 1:A	Angulo del cono α [1]	Angulo de ajuste en la máquina de mecanizado. Angulo de inclinación $\frac{\alpha}{2}$ [2]	Valor de ajuste para $\alpha/2$ y una regla de senos de 100 mm de longitud mm [3]	
1:20	2°51'52"	1°25'56"	2,499	**Conos métricos.** Cono de herramientas, mangos de herramientas y conos de alojamiento de los husillos de máquinas herramientas; rosca fina métrica cónica para aparatos de soldadura, manguitos en útiles a mano.
1:19,212	2°58'54"	1°29'27"	2,602	Cono Morse 0
1:20,047	2°51'26"	1°25'43"	2,493	Cono Morse 1
1:20,020	2°51'40"	1°25'50"	2,497	Cono Morse 2
1:19,922	2°52'32"	1°26'16"	2,509	Cono Morse 3 — Conos de herramientas, mangos de herramientas y conos de alojamiento de los husillos de máquinas herramientas.
1:19,254	2°58'30"	1°29'15"	2,596	Cono Morse 4
1:19,002	3°0'52"	1°30'25"	2,630	Cono Morse 5
1:19,180	2°59'12"	1°29'36"	2,606	Cono Morse 6
1:30	1°54'34"	57'17"	1,666	Agujeros de los escariadores huecos y avellanadores huecos.
1:50	1°8'46"	34'23"	1,000	Pasadores cónicos, agujeros de carretes para máquinas devanadoras, rosca gas cónica.

TABLA 11. CONOS METRICOS

Conicidad I : 20



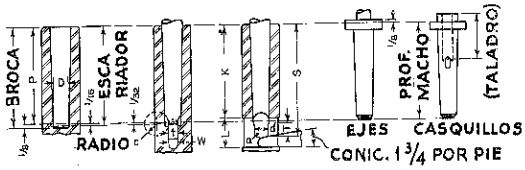
Se recomienda rebajar los bordes de la mecha en la longitud *c*, pero no es absolutamente necesario.
Si el diámetro de la caña de la herramienta fuera mayor que D_1, además de la dimensión *a* se presentaría la de la transición.

Dimensiones en milímetros

Número del cono	VASTAGO											
	D	D_1	d	d_1	d_2	d_3	d_4	l_1	l_2	l_3	l_4	a máx.
4	6	4,1	2,85	—	—	—	2	23	25	—	—	2
6	6	6,15	4,40	—	—	—	3,5	32	35	—	—	3
80	80	80,40	70,2	34,9	69	67	65	196	204	220	228	8
100	100	100,50	88,4	34.9	87	85	85	232	242	260	270	10
120	120	120,60	106,6	34,9	105	103	100	268	280	300	312	12
140	140	140,70	124,8	38,1	123	121	120	304	318	340	354	14

Número del cono	VASTAGO							HUSILLO				
	b	c	e	i	R	r	t	d_6	l_5	l_6	g	h
4	—	—	—	—	—	0,5	2,2	3	25	21	2,5	8
6	—	—	—	—	—	0,5	2,5	4,6	34	29	3,5	12
80	26	24	47	80	23	5	8	71,4	200	186	26,3	52
100	32	28	58	80	30	6	10	89,9	237	220	32,3	60
120	38	32	68	80	36	6	11	108,4	274	254	38,3	68
140	44	36	78	90	42	8	13	126,9	310	286	44,3	76

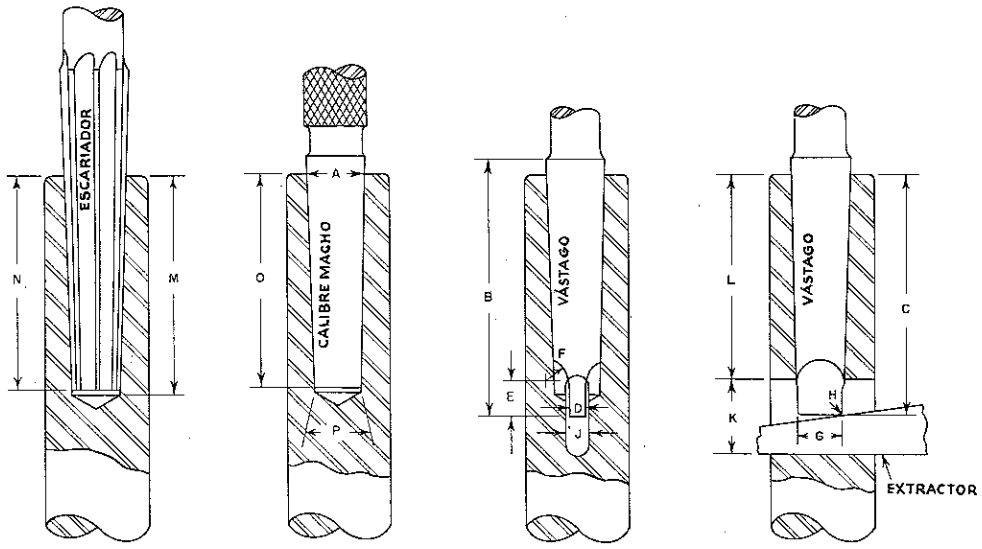
TABLA 12. CONOS BROWN & SHARPE



Núm. del cono	Conicidad pulgad por pie	Diám. del extremo fino del macho D	Prof. del macho, P			Dist. del chavetero al extremo del husillo K	Prof. del vástago S	Long. del chavetero L	Ancho del chavetero W	Long. de la mecha T	Ancho de la mecha d	Esp. de la mecha t	Radio de acuerdo de la mecha c	Radio esquinas mecha a	Límite de la mecha saliente de la herram. calibre
			Norma B & S	Para fresadoras	Para fines varios										
1	0,50200	0,20000	15/16	...	...	15/16	1 3/16	3/8	0,135	3/16	0,170	1/8	3/16	0,030	0,003
2	0,50200	0,25000	1 3/16	...	...	1 11/64	1 1/2	1/2	0,166	1/4	0,220	5/32	3/16	0,030	0,003
3	0,50200	0,31250	1 1/2	... ...	... 1 3/4 2	1 15/32 1 23/32 1 31/32	1 7/8 2 1/8 2 3/8	5/8 5/8 5/8	0,197 0,197 0,197	5/16 5/16 5/16	0,282 0,282 0,282	3/16 3/16 3/16	3/16 3/16 3/16	0,040 0,040 0,040	0,003 0,003 0,003
4	0,50240	0,35000	... 1 11/16	1 1/4 ...	... ...	1 13/64 1 41/64	1 21/32 2 3/32	1 1/16 1 1/16	0,228 0,228	1 1/32 1 1/32	0,320 0,320	7/32 7/32	5/16 5/16	0,050 0,050	0,003 0,003
5	0,50160	0,45000	... ... 2 1/8	1 3/4	... 2 ...	1 11/16 1 15/16 2 1/16	2 3/16 2 1/16 2 9/16	3/4 3/4 3/4	0,260 0,260 0,260	3/8 3/8 3/8	0,420 0,420 0,420	1/4 1/4 1/4	5/16 5/16 5/16	0,060 0,060 0,060	0,003 0,003 0,003
6	0,50329	0,50000	2 3/8	...	...	2 19/64	2 7/8	1/8	0,291	7/16	0,460	9/32	5/16	0,060	0,005
7	0,50147	0,60000	... 2 7/8 ...	 3	2 1/2	2 13/32 2 25/32 2 29/32	3 1/32 3 13/32 3 17/32	15/16 15/16 15/16	0,322 0,322 0,322	15/32 15/32 15/32	0,560 0,560 0,560	5/16 5/16 5/16	3/8 3/8 3/8	0,070 0,070 0,070	0,005 0,005 0,005
8	0,50100	0,75000	3 9/16	...	...	3 29/64	4 1/8	1	0,353	1/2	0,710	11/32	3/8	0,080	0,005
9	0,50085	0,90010	... 4 1/4	4 ...	... ...	3 7/8 4 1/8	4 5/8 4 7/8	1 1/8 1 1/8	0,385 0,385	9/16 9/16	0,860 0,860	3/8 3/8	7/16 7/16	0,100 0,100	0,005 0,005
10	0,51612	1,04465	5	... 5 11/16 ...	... ... 6 7/32	4 27/32 5 17/32 6 1/16	5 23/32 6 13/32 6 15/16	1 5/16 1 5/16 1 5/16	0,447 0,447 0,447	21/32 21/32 21/32	1,010 1,010 1,010	7/16 7/16 7/16	7/16 7/16 7/16	0,110 0,110 0,110	0,005 0,005 0,005
11	0,50100	1,24995	5 15/16 ...	... 6 3/4	... ...	5 25/32 6 19/32	6 21/32 7 15/32	1 5/16 1 5/16	0,447 0,447	21/32 21/32	1,210 1,210	7/16 7/16	1/2 1/2	0,130 0,130	0,005 0,005
12	0,49973	1,50010	7 1/8 ...	7 1/8 ...	... 6 1/4	6 15/16	7 15/16	1 1/2	0,510	3/4	1,460	1/2	1/2	0,150	0,005
13	0,50020	1,75005	7 3/4	...	...	7 9/16	8 9/16	1 1/2	0,510	3/4	1,710	1/2	5/8	0,170	0,010
14	0,50000	2,00000	8 1/4	8 1/4	...	8 1/32	9 1/32	1 11/16	0,572	27/32	1,960	9/16	3/4	0,190	0,010
15	0,50000	2,25000	8 3/4	...	...	8 17/32	9 21/32	1 11/16	0,572	27/32	2,210	9/16	7/8	0,210	0,010
16	0,50000	2,50000	9 1/4	...	...	9	10 1/4	1 7/8	0,635	15/16	2,450	5/8	1	0,230	0,010
17	0,50000	2,75000	9 3/4												
18	0,50000	3,00000	10 1/4												

Todas las dimensiones, en pulgadas.

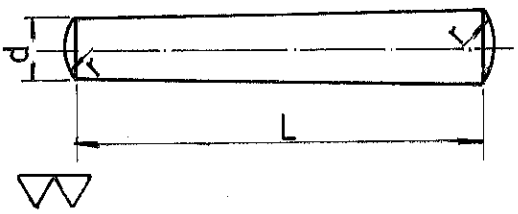
TABLA 13. CONOS NORMALES AMERICANOS (MORSE)*



Núm. del cono	Diám. extremo delgado macho P	Diám. en la línea de la galga A	Vástago		Prof. agujero taladrado M	Prof. agujero escariado N	Prof. normal macho O	Mecha					Chavetero		Dist. chavetero a extremo del husillo L	Conicidad		Núm. del sacamachos
			Largo total B	Profundidad C				Espesor D	Largo E	Rad. acuerdo F	Ancho G	Rad. esquina H	Ancho J	Alto K		Pulgadas por pulgada	Pulgadas por pie	
0†	0,252	0,356	$2\frac{11}{32}$	$2\frac{1}{32}$	$2\frac{1}{16}$	$2\frac{1}{32}$	2	0,156	$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{32}$	$\frac{15}{64}$	$\frac{3}{64}$	0,166	$\frac{9}{16}$	$1\frac{15}{16}$	0,052000	0,62400	0†
1	0,369	0,475	$2\frac{9}{16}$	$2\frac{7}{16}$	$2\frac{3}{16}$	$2\frac{5}{32}$	$2\frac{1}{8}$	0,203	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{11}{32}$	$\frac{3}{64}$	0,213	$\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{16}$	0,049882	0,59858	1
2	0,572	0,700	$3\frac{1}{8}$	$2\frac{15}{16}$	$2\frac{21}{32}$	$2\frac{39}{64}$	$2\frac{9}{16}$	0,250	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{17}{32}$	$\frac{1}{16}$	0,260	$\frac{7}{8}$	$2\frac{1}{2}$	0,049951	0,59941	2
3	0,778	0,938	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{11}{16}$	$3\frac{5}{16}$	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{16}$	0,312	$\frac{9}{16}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{5}{64}$	0,322	$1\frac{3}{16}$	$3\frac{1}{16}$	0,050196	0,60235	3
4	1,020	1,231	$4\frac{7}{8}$	$4\frac{5}{8}$	$4\frac{3}{16}$	$4\frac{1}{8}$	$4\frac{1}{16}$	0,469	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{31}{32}$	$\frac{3}{32}$	0,479	$1\frac{1}{4}$	$3\frac{7}{8}$	0,051938	0,62326	4
5	1,475	1,748	$6\frac{1}{8}$	$5\frac{7}{8}$	$5\frac{5}{16}$	$5\frac{1}{4}$	$5\frac{3}{16}$	0,625	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$1\frac{13}{32}$	$\frac{1}{8}$	0,635	$1\frac{1}{2}$	$4\frac{15}{16}$	0,052626	0,63151	5
6	2,116	2,494	$8\frac{9}{16}$	$8\frac{1}{4}$	$7\frac{13}{32}$	$7\frac{21}{64}$	$7\frac{1}{4}$	0,750	$1\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	2	$\frac{5}{32}$	0,760	$1\frac{3}{4}$	7	0,052137	0,62565	5‡
7	2,750	3,270	$11\frac{5}{8}$	$11\frac{1}{4}$	$10\frac{5}{32}$	$10\frac{5}{64}$	10	1,125	$1\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$2\frac{5}{8}$	$\frac{3}{16}$	1,135	$2\frac{5}{8}$	$9\frac{1}{2}$	0,052000	0,62400	

* Las dimensiones, expresadas en pulgadas, concuerdan esencialmente con las de las Normas americanas de conos para máquinas (American Standar on Machine Tapers).
† El cono número o no figura en las Normas Americanas.
‡ El sacamachos del número 5 sirve también para las herramientas con cono del número 6.

TABLA 14. PASADORES CONICOS

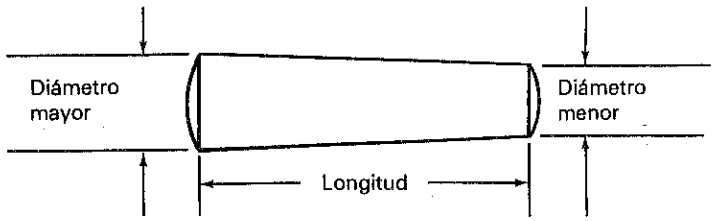


d mm	r mm	Longitud en milímetros																			
1	1,5	8	10	12	14	16	18														
1,5	1,5		10	12	14	16	18	20	22	25											
2	2,5			12	14	16	18	20	22	25	28	30	32	35							
2,5	2,5			12	14	16	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40					
3	4				14	16	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40	45	50			
4	4					16	18	20	25	25	28	30	32	35	38	40	45	50	55	60	
5	6							20	22	25	28	30	32	35	38	40	45	50	55	60	70	80
6	6	25	28	30	32	35	38	40	45	50	55	60	70	80	90	100					
8	10		28	30	32	35	38	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
10	10				32	35	38	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	165
13	15	38	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	165	180	200	220		
16	20		40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	165	180	200	220		
20	20				50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	165	180	200	220	250	280
25	30					55	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	165	180	200	220	250	280
30	30						60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	165	180	200	220	250	280

Tolerancias: Para el diámetro *d*, el límite inferior es cero; para el límite superior, es $+ 0{,}015 \sqrt{d}$ micras. De acuerdo con el sistema ISO, la tolerancia para *d* es k9. Para la longitud *L*, el límite inferior es cero; en cuanto al límite superior, es 0,5 mm para *L* hasta 10 mm; 1 mm para *L* entre 10 y 50 mm, y 1,5 mm para *L* mayor de 50 mm.
Medida de broca: Debe ser, aproximadamente 0,1 mm menor que *d*.

TABLA 15. PASADORES CONICOS SEGUN NORMAS AMERICANAS

(Dimensiones en pulgadas)



Conicidad = 1/4" por pie

Diámetro menor = Diámetro mayor — Longitud x 0,02083

Nota: La medida de broca debe ser, aproximadamente, 0,005" menor que el diámetro menor.

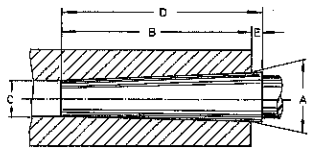
Número	7/0	6/0	5/0	4/0	3/0	2/0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Diám. en el extremo mayor	0,0625	0,078	0,094	0,109	0,125	0,141	0,156	0,172	0,193	0,219	0,250	0,289	0,341	0,409	0,492	0,591	0,707	0,857	¼
Longitud	Diámetro en el extremo menor y medida de broca																		Longitud
¼	0,0573 54	0,0720 50	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	¼
⅜	0,0547 55	0,0702 51	0,0862 45	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	⅜
½	0,0521 56	0,0676 52	0,0836 46	0,0986 41	0,1146 34	0,1306 30	0,1456 9/64	0,1616 5/32	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	½
⅝	0,0495 56	0,0650 52	0,0810 5/64	0,0960 3/32	0,1120 7/64	0,1280 ⅛	0,1430 9/64	0,1590 23	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	⅝
¾	0,0469 56	0,0624 53	0,0784 48	0,0934 43	0,1094 36	0,1254 31	0,1404 29	0,1564 24	0,1774 11/64	0,2034 8	0,2344 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	¾
⅞	....	0,0598 54	0,0758 49	0,0908 43	0,1068 37	0,1228 31	0,1378 29	0,1538 25	0,1748 18	0,2008 9	0,2318 1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	⅞
1	.....	0,0572 54	0,0732 50	0,0882 44	0,1042 38	0,1202 32	0,1352 30	0,1512 26	0,1722 19	0,1982 10	0,2292 2	0,2682 G	0,3202 O	.....	.....	.....	.....	.....	1
1⅛	.....	.....	.....	0,0856 45	0,1016 39	0,1176 33	0,1326 30	0,1486 27	0,1696 19	0,1956 11	0,2266 2	0,2656 G	0,3176 5/16	.....	.....	.....	.....	.....	1⅛
1¼	.....	.....	.....	0,0830 46	0,0990 41	0,1150 33	0,1300 ⅛	0,1460 9/64	0,1670 20	0,1930 3/16	0,2240 7/32	0,2630 F	0,3150 N	0,3830 ⅜	.....	.....	.....	.....	1¼
1⅜	.....	.....	.....	.....	0,0964 3/32	0,1124 7/64	0,1274 ⅛	0,1434 9/64	0,1644 20	0,1904 3/16	0,2214 3	0,2604 F	0,3124 N	0,3804 ⅜	.....	.....	.....	.....	1⅜
1½	.....	.....	.....	.....	0,0938 43	0,1098 36	0,1248 31	0,1408 29	0,1618 5/32	0,1878 14	0,2188 3	0,2578 ¼	0,3098 N	0,3778 U	0,4608 29/64	.....	.....	.....	1½
1¾	.....	.....	.....	.....	.....	0,1045 38	0,1195 32	0,1355 30	0,1565 24	0,1825 16	0,2135 4	0,2525 D	0,3045 19/64	0,3725 U	0,4555 7/16	.....	.....	.....	1¾
2	.....	.....	.....	.....	.....	0,0993 41	0,1143 34	0,1303 ⅛	0,1513 26	0,1773 11/64	0,2203 15/64	0,2473 C	0,2993 M	0,3673 23/64	0,4503 7/16	0,5494 17/32	.....	.....	2
2¼	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,1251 31	0,1461 27	0,1721 19	0,2031 8	0,2421 B	0,2941 L	0,3621 T	0,4451 7/16	0,5442 17/32	.....	.....	2¼
2½	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,1199 32	0,1409 28	0,1669 20	0,1979 10	0,2369 15/64	0,2889 9/32	0,3569 S	0,4399 27/64	0,5390 17/32	0,6540 41/64	.....	2½
2¾	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,1357 30	0,1617 5/32	0,1927 3/16	0,2317 1	0,2837 J	0,3517 11/32	0,4347 27/64	0,5338 33/64	0,6468 41/64	.....	2¾
3	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,1305 30	0,1565 24	0,1875 14	0,2265 2	0,2785 1	0,3465 R	0,4295 27/64	0,5285 33/64	0,6435 ⅝	0,7975 25/32	3
3¼	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,1823 16	0,2213 7/32	0,2733 11/64	0,3413 Q	0,4243 Z	0,5233 33/64	0,6383 ⅝	0,7923 25/32	3¼
3½	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,1771 11/64	0,2161 3	0,2681 G	0,3361 Q	0,4191 13/32	0,5181 ½	0,6331 ⅝	0,7871 25/32	3½
3¾	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,2629 F	0,3309 21/64	0,4139 13/32	0,5129 ½	0,6279 30/64	0,7819 49/64	3¾
4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,2577 ¼	0,3257 P	0,4087 Y	0,5077 ½	0,6227 39/64	0,7767 49/64	4
4¼	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,3205 O	0,4035 X	0,5025 31/64	0,6175 39/64	0,7715 49/64	4¼
4½	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,3153 5/16	0,3983 25/64	0,4973 31/64	0,6123 19/32	0,7663 ¾	4½
4¾	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,3931 W	0,4921 31/64	0,6071 19/32	0,7611 ¾	4¾

TABLA 15. PASADORES CONICOS SEGUN NORMAS AMERICANAS (CONTINUACION)

(Dimensiones en pulgadas)

Número	7/0	6/0	5/0	4/0	3/0	2/0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Diámetro en el extremo mayor	0,0625	0,078	0,094	0,109	0,125	0,141	0,156	0,172	0,193	0,219	0,250	0,289	0,341	0,409	0,492	0,591	0,707	0,857	¼
Longitud	**Diámetro en el extremo menor y medida de broca**																		**Longitud**
5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,3879 3/8	0,4869 15/32	0,6019 19/32	0,7559 ¾	5
5¼	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,4817 15/32	0,5967 37/64	0,7507 47/64	5¼
5½	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,4765 15/32	0,5915 37/64	0,7455 47/64	5½
5¾	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,4713 29/64	0,5863 37/64	0,7403 47/64	5¾
6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,4660 29/64	0,5810 9/16	0,7350 23/32	6
6¼	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,5758 9/16	0,7298 23/32	6¼
6½	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,5706 9/16	0,7246 23/32	6½
6¾	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,5654 35/64	0,7194 45/64	6¾
7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,5602 35/64	0,7142 45/64	7
7¼	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,7090 45/64	7¼
7½	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	0,7038 11/16	7½

TABLA 16. CONOS JARNO



Conicidad por pie = 0,600"

Número del cono	Diám. mayor del agujero *A*	Prof. del agujero *B*	Diám. menor del agujero *C*	Long. del vástago *D*	Saliente *E*
1	0,125	0,5	0,1	9/16	1/16
2	0,250	1,0	0,2	1 1/8	1/8
3	0,375	1,5	0,3	1 5/8	1/8
4	0,500	2,0	0,4	2 3/16	3/16
5	0,625	2,5	0,5	2 11/16	3/16
6	0,750	3,0	0,6	3 3/16	3/16
7	0,875	3,5	0,7	3 11/16	3/16
8	1,000	4,0	0,8	4 3/16	3/16
9	1,125	4,5	0,9	4 11/16	3/16
10	1,250	5,0		5 1/4	1/4
11	1,375	5,5	1,1	5 3/4	1/4
12	1,500	6,0	1,2	6 1/4	1/4
13	1,625	6,5	1,3	6 3/4	1/4
14	1,750	7,0	1,4	7 1/4	1/4
15	1,875	7,5	1,5	7 3/4	1/4
16	2,000	8,0	1,6	8 3/8	3/8
17	2,125	8,5	1,7	8 7/8	3/8
18	2,250	9,0	1,8	9 3/8	3/8
19	2,375	9,5	1,9	9 7/8	3/8
20	2,500	10,0	2,0	10 3/8	3/8

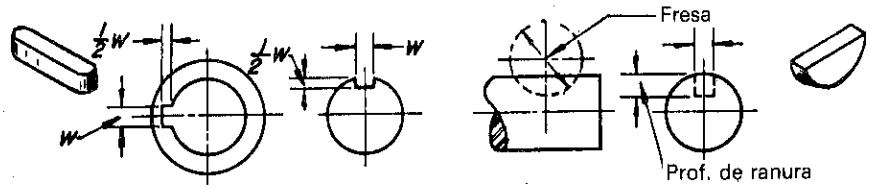
Todas las dimensiones, en pulgadas.

TABLA 17. CONOS JACOBS
(Dimensiones en pulgadas)

Cono Jacobs	Diámetro mayor	Diámetro menor	Longitud del cono	Conicidad por pie
0	,25000	,22844	,43750	,59145
1	,38400	,33341	,65625	,92508
2	,55900	,48764	,87500	,97861
2 corto	,54880	,48764	,75000	,97861
3	,81100	,76410	1,21875	,63898
4	1,12400	1,03720	1,65625	,62886
5	1,41300	1,31611	1,87500	,62010
6	,67600	,62409	1,00000	,62292
33	,62401	,56051	1,00000	,76194
E	,78860	,74717	,79680	,62400

TABLA 18. DATOS SOBRE CHAVETEROS

(Dimensiones en pulgadas)



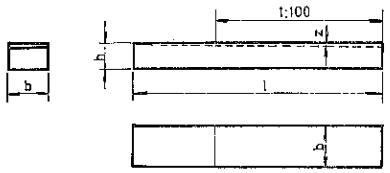
Diámetro del árbol	Chaveteros cuadrados	Chaveteros Woodruff*			
		Chav. no.	Espesor	Diám. fresa	Prof. de ranura
0,500	1/8 × 1/16	404	0,1250	0,500	0,1405
0,562	1/8 × 1/16	404	0,1250	0,500	0,1405
0,625	5/32 × 5/64	505	0,1562	0,625	0,1669
0,688	3/16 × 3/32	606	0,1875	0,750	0,2193
0,750	3/16 × 3/32	606	0,1875	0,750	0,2193
0,812	3/16 × 3/32	606	0,1875	0,750	0,2193
0,875	7/32 × 7/64	607	0,1875	0,875	0,2763
0,938	1/4 × 1/8	807	0,2500	0,875	0,2500
1,000	1/4 × 1/8	808	0,2500	1,000	0,3130
1,125	5/16 × 5/32	1009	0,3125	1,125	0,3228
1,250	5/16 × 5/32	1010	0,3125	1,250	0,3858
1,375	3/8 × 3/16	1210	0,3750	1,250	0,3595
1,500	3/8 × 3/16	1212	0,3750	1,500	0,4535
1,625	3/8 × 3/16	1212	0,3750	1,500	0,4535
1,750	7/16 × 7/32				
1,875	1/2 × 1/4				
2,000	1/2 × 1/4				
2,250	5/8 × 5/16				
2,500	5/8 × 5/16				
2,750	3/4 × 3/8				
3,000	3/4 × 3/8				
3,250	3/4 × 3/8				
3,500	7/8 × 7/16				
4,000	1 × 1/2				

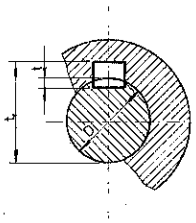
* La profundidad de una chaveta Woodruff se mide desde el canto de la ranura.

TABLA 18 bis. DATOS SOBRE CHAVETEROS Y CHAVETAS

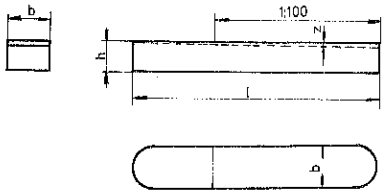
(Dimensiones en milímetros)

Chavetas de cuña





Chavetas encastadas

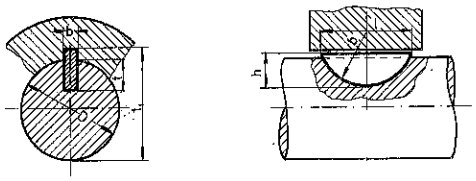


Inclinación 1:100. La medida de la altura *h* se refiere al extremo menor y no comprende el exceso *z* para el ajuste.

Diám. árbol D mm	Dimensiones de la chaveta																			Dimensiones del chavetero	
	b mm	h mm	z	Longitudes normales L mm																t mm	t_1 mm
10-12	4	4	0,3	10	12	15	18	20	25	30										2,5	D + 1,5
12-17	5	5	0,3	10	12	15	18	20	25	30	35	40								3	D + 2
17-22	6	6	0,3		12	15	18	20	25	30	35	40	45	50						3,5	D + 2,5
22-30	8	7	0,3					20	25	30	35	40	45	50	60	70				4	D + 3
30-38	10	8	0,3						25	30	35	40	45	50	60	70	80	90		4,5	D + 3,5
38-44	12	8	0,3	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120						4,5	D + 3,5
44-50	14	9	0,4		35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	140					5	D + 4
50-58	16	10	0,4				45	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180			5	D + 5
58-68	18	11	0,4					50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200		6	D + 5
68-78	20	12	0,4						60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	220	6	D + 6
78-92	24	14	0,4	70	80	90	100	120	140	160	180	200	220	250	280					7	D + 7
92-110	28	16	0,5		80	90	100	120	140	160	180	200	220	250	280	300				8	D + 8
110-130	32	18	0,5			90	100	120	140	160	180	200	220	250	280	300	350			9	D + 9
130-150	36	20	0,5				100	120	140	160	180	200	220	250	280	300	350	400		10	D + 10
150-170	40	22	0,5					120	140	160	180	200	220	250	280	300	350	400		11	D + 11
170-200	45	25	0,5							160	180	200	220	250	280	300	350	400		13	D + 12
200-230	50	28	0,5								180	200	220	250	280	300	350	400		14	D + 14

TABLA 18 bis. DATOS SOBRE CHAVETEROS Y CHAVETAS (CONTINUACION)

Lengüetas redondas



Tolerancias: Para t y t_1 ISO H11; para b (árbol), ISO N9; para b (cubo), ISO H9.

Arbol	Lengüeta	Chavetero		Arbol	Lengüeta	Chavetero	
D	**b x h**	**t**	**t_1**	**D**	**b x h**	**t**	**t_1**
3-4	1x1,4	0,9	D + 0,6	22-28	6x9	7,4	D + 1,8
4-5	1,5x1,4	0,9	D + 0,6		6x10	8,4	
	1,5x2,6	2,1			6x11	9,4	
5-7	2x2,6	1,8	D + 0,9		6x13	11,4	
	2x3,7	2,9		28-38	8x11	9,5	D + 1,7
7-9	2,5x3,7	2,9	D + 0,9		8x13	11,5	
9-13	3x3,7	2,5	D + 1,3		8x15	13,5	
	3x5	3,8			8x16	14,5	
	3x6,5	5,3			8x17	15,5	
13-17	4x5	3,8	D + 1,4	38-48	10x16	14	D + 2,2
	4x6,5	5,3			10x17	15	
	4x7,5	6,3			10x19	17	
17-22	5x6,5	4,9	D + 1,8		10x24	22	
	5x7,5	5,9		48-58	12x19	16,5	D + 2,7
	5x9	7,4			12x24	21,5	
	5x10	8,4					

TABLA 19. DIMENSIONES BASICAS DEL FILETE Y MEDIDAS DE BROCA PARA AGUJEROS QUE HAN DE ROSCARSE, CORRESPONDIENTES A LAS SERIES DE ROSCAS BASTA Y FINA "AMERICAN NATIONAL"

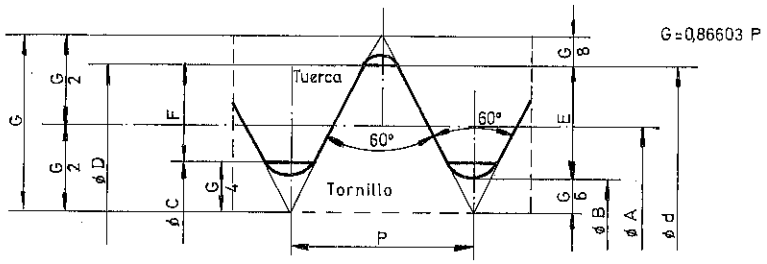
Número de medida de la rosca	Filetes por pulgada		Dimensiones en pulgadas				Broca comercial para producir aprox. el 75% del filete completo		Broca para aguje. pasan.	Equivalente decimal
	Roscas de serie basta	Roscas de serie fina	Diámetro mayor	Diámetro de flancos	Prof. del filete	Diámetro menor o de raíz	Medida broca	Equivalente decimal		
0	.....	80	0,060	0,0519	0,00812	0,0438	3/64	0,0469	52	0,0635
1	64	.....	0,073	0,0629	0,01015	0,0527	53	0,0595	47	0,0785
1	.....	72	0,073	0,0640	0,00902	0,0550	53	0,0595	47	0,0785
2	56	.....	0,086	0,0744	0,01160	0,0628	50	0,0700	42	0,0935
2	.....	64	0,086	0,0759	0,01015	0,0657	50	0,0700	42	0,0935
3	48	.....	0,099	0,0855	0,01353	0,0719	47	0,0785	37	0,1040
3	.....	56	0,099	0,0874	0,01160	0,0758	45	0,0820	37	0,1040
4	40	.....	0,112	0,0958	0,01624	0,0795	43	0,0890	31	0,1200
4	.....	48	0,112	0,0985	0,01353	0,0849	42	0,0935	31	0,1200
5	40	.....	0,125	0,1088	0,01624	0,0925	38	0,1015	29	0,1360
5	.....	44	0,125	0,1102	0,01476	0,0955	37	0,1040	29	0,1360
6	32	.....	0,138	0,1177	0,02030	0,0974	36	0,1065	27	0,1440
6	.....	40	0,138	0,1218	0,01624	0,1055	33	0,1130	27	0,1440
8	32	.....	0,164	0,1437	0,02030	0,1234	29	0,1360	18	0,1695
8	.....	36	0,164	0,1460	0,01804	0,1279	29	0,1360	18	0,1695
10	24	.....	0,190	0,1629	0,02706	0,1359	25	0,1495	9	0,1960
10	.....	32	0,190	0,1697	0,02030	0,1494	21	0,1590	9	0,1960
12	24	.....	0,216	0,1889	0,02706	0,1619	16	0,1770	2	0,2210
12	.....	28	0,216	0,1928	0,02320	0,1696	14	0,1820	2	0,2210
1/4	20	.....	0,2500	0,2175	0,03248	0,1850	7	0,2010		
1/4	.....	28	0,2500	0,2268	0,02320	0,2036	3	0,2130		
5/16	18	.....	0,3125	0,2764	0,03608	0,2403	F	0,2570		
5/16	.....	24	0,3125	0,2854	0,02706	0,2584	I	0,2720		
3/8	16	.....	0,3750	0,3344	0,04059	0,2938	5/16	0,3125		
3/8	.....	24	0,3750	0,3479	0,02706	0,3209	Q	0,3320		

(continúa)

TABLA 19. DIMENSIONES BASICAS DEL FILETE Y MEDIDAS DE BROCA PARA AGUJEROS QUE HAN DE ROSCARSE, CORRESPONDIENTES A LAS SERIES DE ROSCAS BASTA Y FINA "AMERICAN NATIONAL" (CONTINUACION)

Número de medida de la rosca	Filetes por pulgada		Dimensiones en pulgadas				Broca comercial para producir aprox. el 75% del filete completo		Broca para aguje. pasan.	Equivalente decimal
	Roscas de serie basta	Rosca de serie fina	Diámetro mayor	Diámetro de flancos	Profun. del filete	Diámetro menor o de raíz	Medida broca	Equivalente decimal		
7/16	14	.....	0,4375	0,3911	0,04639	0,3447	U	0,3680		
7/16	.....	20	0,4375	0,4050	0,03248	0,3725	25/64	0,3906		
1/2	13	.....	0,5000	0,4500	0,04996	0,4001	27/64	0,4219		
1/2	.....	20	0,5000	0,4675	0,03248	0,4350	29/64	0,4531		
9/16	12	.....	0,5625	0,5084	0,05413	0,4542	31/64	0,4844		
9/16	.....	18	0,5625	0,5264	0,03608	0,4903	33/64	0,5156		
5/8	11	.....	0,6250	0,5660	0,05905	0,5069	17/32	0,5313		
5/8	.....	18	0,6250	0,5889	0,03608	0,5528	37/64	0,5781		
3/4	10	.....	0,7500	0,6850	0,06495	0,6201	21/32	0,6562		
3/4	.....	16	0,7500	0,7094	0,04059	0,6688	11/16	0,6875		
7/8	9	.....	0,8750	0,8028	0,07217	0,7307	49/64	0,7656		
7/8	.....	14	0,8750	0,8286	0,04639	0,7822	13/16	0,8125		
1	8	.....	1,0000	0,9188	0,08119	0,8376	7/8	0,8750		
1	.....	14	1,0000	0,9536	0,04639	0,9072	15/16	0,9375		
1 1/8	7	.....	1,1250	1,0322	0,09279	0,9394	63/64	0,9844		
1 1/8	.....	12	1,1250	1,0709	0,05413	1,0167	1 3/64	1,0469		
1 1/4	7	.....	1,2500	1,1572	0,09279	1,0644	1 7/64	1,1094		
1 1/4	.....	12	1,2500	1,1959	0,05413	1,1417	1 11/64	1,1719		
1 3/8	6	.....	1,3750	1,2667	0,10825	1,1585	1 7/32	1,2188		
1 3/8	.....	12	1,3750	1,3209	0,05413	1,2667	1 19/64	1,2969		
1 1/2	6	.....	1,5000	1,3917	0,10825	1,2835	1 11/32	1,3438		
1 1/2	.....	12	1,5000	1,4459	0,05413	1,3917	1 27/64	1,4219		
1 3/4	5	.....	1,7500	1,6201	0,12990	1,4902	1 9/16	1,5625		
2	4 1/2	.....	2,0000	1,8557	0,14434	1,7113	1 25/32	1,7813		

TABLA 19a. DIMENSIONES BASICAS DEL FILETE DE LA ROSCA METRICA ISO



Diámetro nominal D = d	Paso P	Diámetro de flancos A	Diámetro núcleo Tornillo B	Diámetro núcleo Tuerca C	Profundid. de rosca E	Altura de contact. F
1	0,25	0,838	0,693	0,729	0,153	0,135
1,6	0,35	1,373	1,171	1,221	0,215	0,189
2	0,4	1,740	1,509	1,567	0,245	0,217
2,5	0,45	2,208	1,948	2,013	0,276	0,244
3	0,5	2,675	2,387	2,459	0,307	0,271
4	0,7	3,545	3,141	3,242	0,429	0,379
5	0,8	4,480	4,019	4,134	0,491	0,433
6	1	5,350	4,773	4,917	0,613	0,541
8	1,25	7,188	6,466	6,647	0,767	0,677
10	1,5	9,026	8,160	8,376	0,920	0,812
12	1,75	10,863	9,853	10,106	1,074	0,947
(14)	2	12,701	11,546	11,835	1,227	1,083
16		14,701	13,546	13,835		
(18)	2,5	16,376	14.933	15,294	1,534	1,353
20		18,376	16,933	17,294		
(22)		20,376	18,933	19,294		
24	3	22,051	20,319	20,752	1,840	1,624
(27)		25,051	23,319	23,752		
30	3,5	27,727	25,706	26,211	2,147	1,894
(33)		30,727	28,706	29,211		
36	4	33,402	31,093	31,670	2,454	2,165
(39)		36,402	34,093	34,670		
42 *	4,5	39,077	36,479	37,129	2,760	2,436
(45) *		42,077	39,479	40,129		
48 *	5	44,752	41,866	42,587	3,067	2,706
(52) *		48,752	45,866	46,587		
56 *	5,5	52,428	49,252	50,046	3,374	2,977
(60) *		56,428	53,252	54,046		
64 *	6	60,103	56,639	57,505	3,681	3,248
(68) *		64,103	60,639	61,505		

Los diámetros entre paréntesis son a evitar.

* La gama de dimensiones comprendida entre M42 y M68 es provisional.

TABLA 19b. AGUJEROS PASANTES PARA PIEZAS ROSCADAS

Rosca con perfil métrico

Diámetro de rosca	Agujero pasante *				
	Fino 1	Fino 2	Medio[1]	Basto 1	Basto 2
3	3,2	3,5	3,6	—	—
4	4,3	4,5	4,8	—	—
5	5,3	5,5	5,8	—	—
6	6,4	6,6	7	—	—
8	8,4	9	9,5	—	10,5
10	10,5	11	11,5	—	13
12	13	13,5	14	—	15
(14)	15	15,5	16	—	18
16	17	17,5	18	19	20
(18)	19	19,5	20	21	22
20	21	22	23	24	25
(22)	23	24	25	26	27
24	25	26	27	28	30
(27)	28	29	30	32	33
30	31	32	33	35	36
(33)	34	—	36	38	40
36	37	—	39	40	42
(39)	40	—	42	44	45
42	43	—	45	48	49
(45)	46	—	48	50	52
48	50	—	52	54	56
(52)	54	—	56	60	62
56	58	—	61	65	68
(60)	62	—	65	70	72
64	66	—	70	74	76
(68)	70	—	74	78	80
72	74	—	78	82	85
(76)	78	—	82	85	90
80	82	—	86	90	95
(85)	88	—	91	—	100
90	93	—	96	—	105
(95)	98	—	101	—	110
100	104	—	106	—	115

* Instrucciones para el empleo de los agujeros pasantes:
Fino 1: mecánica fina y máquinas herramientas de precisión.
Fino 2: mecánica fina (para materiales prensados, porcelana, etc.)
Medio: construcción de máquinas en general, incluidas tuberías de aire comprimido.
Basto 1: construcción de tuberías.
Basto 2: agujeros fundidos.
(1) Serie preferente.

TABLA 20. PORCENTAJE DEL FILETE COMPLETO PRODUCIDO EN LOS AGUJEROS ROSCADOS CON MACHO

(Dimensiones en pulgadas y en milímetros; estas últimas se indican entre paréntesis)

Macho	Broca	Equivalente decimal de la medida de la broca	Medida probable del agujero	Procentaje del filete
0-80	56	0,0465 (1,18)	0,0480 (1,22)	74
	3/64	0,0469 (1,19)	0,0484 (1,23)	71
1-64	54	0,0550 (1,40	0,0565 (1,43)	81
	53	0,0595 (1,51)	0,0610 (1,55)	59
1-72	53	0,0595 (1,51)	0,0610 (1,55)	67
	1/16	0,0625 (1,59)	0,0640 (1,63)	50
2-56	51	0,0670 (1,70)	0,0687 (1,75)	74
	50	0,0700 (1,78)	0,0717 (1,82)	62
	49	0,0730 (1,85)	0,0747 (1,90)	49
2-64	50	0,0700 (1,78)	0,0717 (1,82)	70
	49	0,0730 (1,85)	0,0747 (1,90)	56
3-48	48	0,0760 (1,93)	0,0779 (1,98)	78
	5/64	0,0781 (1,98)	0,0800 (2,03)	70
	47	0,0785 (2,00)	0,0804 (2,04)	69
	46	0,0810 (2,06)	0,0829 (2,11)	60
	45	0,0820 (2,08)	0,0839 (2,13)	56
3-56	46	0,0810 (2,06)	0,0829 (2,11)	69
	45	0,0820 (2,08)	0,0839 (2,13)	65
	44	0,0860 (2,18)	0,0879 (2,23)	48
4-40	44	0,0860 (2,18)	0,0880 (2,24)	74
	43	0,0890 (2,26)	0,0910 (2,31)	65
	42	0,0935 (2,37)	0,0955 (2,43)	51
	3/32	0,0938 (2,38)	0,0958 (2,44)	50
4-48	42	0,0935 (2,37)	0,0955 (2,43)	61
	3/32	0,0938 (2,38)	0,0958 (2,44)	60
	41	0,0960 (2,44)	0,0980 (2,49)	52
5-40	40	0,0980 (2,49)	0,1003 (2,54)	76
	39	0,0995 (2,53)	0,1018 (2,57)	71
	38	0,1015 (2,56)	0,1038 (2,63)	65
	37	0,1040 (2,64)	0,1063 (2,69)	58
5-44	38	0,1015 (2,56)	0,1038 (2,63)	72
	37	0,1040 (2,64)	0,1063 (2,69)	63
	36	0,1065 (2,70)	0,1088 (2,76)	55
6-32	37	0,1040 (2,64)	0,1063 (2,69)	78
	36	0,1065 (2,70)	0,1091 (2,77)	71
	7/64	0,1094 (2,78)	0,1120 (2,85)	64
	35	0,1100 (2,78)	0,1126 (2,86)	63
	34	0,1110 (2,79)	0,1136 (2,88)	60
	33	0,1130 (2,87)	0,1156 (2,93)	55
6-40	34	0,1110 (2,79)	0,1136 (2,88)	75
	33	0,1130 (2,87)	0,1156 (2,93)	69
	32	0,1160 (2,95)	0,1186 (2,99)	60
8-32	29	0,1360 (3,45)	0,1389 (3,53)	62
	28	0,1405 (3,57)	0,1434 (3,64)	51
8-36	29	0,1360 (3,45)	0,1389 (3,53)	70
	28	0,1405 (3,57)	0,1434 (3,64)	57
	9/64	0,1406 (3,58)	0,1435 (3,65)	57
10-24	27	0,1440 (3,66)	0,1472 (3,74)	79
	26	0,1470 (3,73)	0,1502 (3,82)	74
	25	0,1495 (3,80)	0,1527 (3,87)	69
	24	0,1520 (3,86)	0,1552 (3,94)	64
	23	0,1540 (3,91)	0,1572 (3,99)	61
	5/32	0,1563 (3,97)	0,1595 (4,05)	56
	22	0,1570 (3,99)	0,1602 (4,07)	55
10-32	5/32	0,1563 (3,97)	0,1595 (4,05)	75
	22	0,1570 (3,99)	0,1602 (4,07)	73
	21	0,1590 (4,04)	0,1622 (4,12)	68
	20	0,1610 (4,09)	0,1642 (4,17)	64
	19	0,1660 (4,22)	0,1692 (4,30)	51
12-24	11/64	0,1719 (4,36)	0,1754 (4,45)	75
	17	0,1730 (4,39)	0,1765 (4,48)	73
	16	0,1770 (4,97)	0,1805 (4,58)	66
	15	0,1800 (4,57)	0,1835 (4,66)	60
	14	0,1820 (4,62)	0,1855 (4,71)	56
12-28	16	0,1770 (4,97)	0,1805 (4,58)	77
	15	0,1800 (4,57)	0,1835 (4,66)	70

TABLA 20. PORCENTAJE DEL FILETE COMPLETO PRODUCIDO EN LOS AGUJEROS ROSCADOS CON MACHO (CONTINUACION)

(Dimensiones en pulgadas y en milímetros; estas últimas se indican entre paréntesis)

Macho	Broca	Equivalente decimal de la medida de la broca	Medida probable del agujero	Porcentaje del filete
12-28	14	0,1820 (4,62)	0,1855 (4,71)	66
	13	0,1850 (4,70)	0,1885 (4,79)	59
	3/16	0,1875 (4,76)	0,1910 (4,85)	54
1/4-20	9	0,1960 (4,98)	0,1998 (5,08)	77
	8	0,1990 (5,05)	0,2028 (5,15)	73
	7	0,2010 (5,10)	0,2048 (5,20)	70
	13/64	0,2031 (5,16)	0,2069 (5,25)	66
	6	0,2040 (5,18)	0,2078 (5,28)	65
	5	0,2055 (5,25)	0,2093 (5,31)	63
	4	0,2090 (5,31)	0,2128 (5,41)	57
1/4-28	3	0,2130 (5,41)	0,2168 (5,51)	72
	7/32	0,2188 (5,56)	0,2226 (5,66)	59
	2	0,2210 (5,61)	0,2248 (5,71)	55
5/16-18	F	0,2570 (6,53)	0,2608 (6,62)	72
	G	0,2610 (6,63)	0,2651 (6,73)	66
	17/64	0,2656 (6,74)	0,2697 (6,84)	59
	H	0,2660 (6,76)	0,2701 (6,86)	59
5/16-24	H	0,2660 (6,76)	0,2701 (6,86)	78
	I	0,2720 (6,91)	0,2761 (7,01)	67
	J	0,2770 (7,04)	0,2811 (7,14)	58
3/8-16	5/16	0,3125 (7,94)	0,3169 (8,05)	72
	O	0,3160 (8,03)	0,3204 (8,13)	68
	P	0,3230 (8,20)	0,3274 (8,31)	59
3/8-24	21/64	0,3281 (8,33)	0,3325 (8,44)	79
	Q	0,3320 (8,43)	0,3364 (8,54)	71
	R	0,3390 (8,61)	0,3434 (8,72)	58
7/16-14	T	0,3580 (9,09)	0,3626 (9,21)	81
	23/64	0,3594 (9,12)	0,3640 (9,25)	79
	U	0,3680 (9,35)	0,3726 (9,47)	70
	3/8	0,3750 (9,52)	0,3796 (9,64)	62
	V	0,3770 (9,58)	0,3816 (9,69)	60
7/16-20	W	0,3860 (9,80)	0,3906 (9,92)	72
	25/64	0,3906 (9,92)	0,3952 (10,04)	65
	X	0,3970 (10,08)	0,4016 (10,20)	55
1/2-13	27/64	0,4219 (10,71)	0,4266 (10,83)	73
	7/16	0,4375 (11,11)	0,4422 (11,23)	58
1/2-20	29/64	0,4531 (11,51)	0,4578 (11,63)	65
9/16-12	15/32	0,4688 (11,91)	0,4736 (12,03)	82
	31/64	0,4844 (12,31)	0,4892 (12,43)	68
9/16-18	1/2	0,5000 (12,70)	0,5048 (12,82)	80
	33/64	0,5156 (13,10)	0,5204 (13,22)	58
5/8-11	17/32	0,5313 (13,50)	0,5362 (13,62)	75
	35/64	0,5469 (13,84)	0,5518 (14,02)	62
5/8-18	9/16	0,5625 (14,29)	0,5674 (14,41)	80
	37/64	0,5781 (14,69)	0,5831 (14,81)	58
3/4-10	41/64	0,6406 (16,27)	0,6456 (16,40)	80
	21/32	0,6563 (16,67)	0,6613 (16,80)	68
3/4-16	11/16	0,6875 (16,95)	0,6925 (17,59)	71
7/8-9	49/64	0,7656 (19,44)	0,7708 (19,58)	72
	25/32	0,7812 (19,84)	0,7864 (19,98)	61
7/8-14	51/64	0,7969 (20,24)	0,8021 (20,38)	79
	13/16	0,8125 (20,64)	0,8177 (20,78)	62
1-8	55/64	0,8594 (21,83)	0,8653 (21,98)	83
	7/8	0,8750 (22,23)	0,8809 (22,38)	73
	57/64	0,8906 (22,62)	0,8965 (22,77)	64
	29/32	0,9063 (23,02)	0,9122 (23,17)	54
1-12	29/32	0,9063 (23,02)	0,9123 (23,17)	81
	59/64	0,9219 (23,42)	0,9279 (23,57)	67
	15/16	0,9375 (23,81)	0,9435 (23,96)	52
1-14	59/64	0,9219 (23,42)	0,9279 (23,57)	78
	15/16	0,9375 (23,81)	0,9435 (23,96)	61

TABLA 21. PESOS Y MEDIDAS ANGLOSAJONES

Peso avoirdupois
16 dracmas ó 437,5 granos = 1 onza
16 onzas ó 7.000 granos = 1 libra
2.000 libras = 1 tonelada neta o corta
2.040 libras = 1 tonelada bruta o larga
2.204,6 libras = 1 tonelada métrica

Medidas de tablas de madera
Una medida de un pie de tabla es una pieza de madera cuadrada de 12 pulgadas de lado por 1 pulgada de grueso, lo que equivale a 144 pulgadas cúbicas. Una pieza de madera de 2 por 4 pulgadas y 12 pies de longitud contiene 8 pies de tabla.

Medidas de áridos
2 pintas = 1 cuarto
8 cuartos = 1 peck
4 pecks = 1 bushel
1 bushel U.S. normal = 1,2445 pies cúbicos
1 bushel británico imperial = 1,2837 pies cúbicos

Medidas de líquidos
4 gills = 1 pinta
2 pintas = 1 cuarto
1 galón U.S. = 231 pulgadas cúbicas
1 galón británico imperial = 1,2 galones U.S.
7,48 galones U.S. = 1 pie cúbico

Medidas de longitud
12 pulgadas = 1 pie
3 pies = 1 yarda
1.760 yardas = 1 milla
5.280 pies = 1 milla
16,5 pies = 1 pértiga

Medidas de papel
24 hojas = 1 mano
20 manos = 1 resma
2 resmas = 1 fardo
5 fardos = 1 bala

Medidas navales
1 tonelada naval U.S. = 40 pies cúbicos
1 tonelada naval U.S. = 32,143 bushels U.S.
1 tonelada naval U.S. = 31,16 bushels imperiales
1 tonelada naval británica = 42 pies cúbicos
1 tonelada naval británica = 33,75 bushels U.S.
1 tonelada naval británica = 32,718 bushels imperiales
1 tonelada de registro = 100 pies cúbicos*

Medidas de superficie
144 pulgadas cuadradas = 1 pie cuadrado
9 pies cuadrados = 1 yarda cuadrada
30,25 yardas cuadradas = 1 pértiga cuadrada
160 pértigas cuadradas = 1 acre
640 = 1 milla cuadrada

Temperatura
Punto de hielo, escala Fahrenheit = 32 grados
Punto de hielo, escala centígrada = 0 grados
Punto de ebullición, escala Fahrenheit = 212 grados
Punto de ebullición, escala centígrada = 100 grados
Si los grados de cualquier temperatura en la escala centígrada, lo mismo si son sobre cero que bajo cero, se multiplican por 1,8, el resultado será, respectivamente, el número de grados sobre o bajo 32 grados Fahrenheit.

Peso Troy
24 granos = 1 pennyweight
20 pennyweights = 1 onza
12 onzas = 1 libra

Peso del agua
1 centímetro cúbico = 1 gramo ó 0,035 onzas
1 pulgada cúbica = 0,5787 onzas
1 pie cúbico = 62,48 libras
1 galón U.S. = 8,355 libras
1 galón británico imperial = 10 libras
32 pies cúbicos = 1 tonelada neta (2.000 libras)
35,84 pies cúbicos = 1 tonelada larga (2.240 libras)
1 tonelada neta = 240 galones U.S.
1 tonelada larga = 268 galones U.S.

*La tonelada de registro se usa para medir la capacidad interior de un buque.

TABLA 21 bis. EQUIVALENCIAS ENTRE LAS MEDIDAS ANGLOSAJONAS Y LAS METRICAS

Medidas métricas	Medidas anglosajonas
Longitudes	
1 kilómetro (km) = 1094 yardas = 0,621 millas	1 pulgada = 25,4 mm
1 metro (m) = 3,281 pies = 39,37 pulgadas (")	1 pie = 12" = 304,8 mm
1 milímetro (mm) = 0,001 m = 1000 micras = 0,0394"	1 yarda = 0,9144 m
1 micra (μ) = 0,001 mm = 0,00004" = 40 micropulgadas	1 micropulgada = 0,025 μ
1 km = 0,540 millas marítimas internacionales	1 milla inglesa = 1,60934 km
	1 milla geográfica = 7420,4 m
	1 milla marina = 1853,2 m
Superficies	
1 kilómetro cuadrado (km^2) = 246,9 acres	1 pulgada cuadrada = 6,451 cm^2
1 hectárea (ha) = 100 áreas = 2,469 acres	1 pie cuadrado = 0,0929 m^2
1 área (a) = 100 m^2 = 119,617 yardas cuadradas	1 yarda cuadrada = 0,8361 m^2
1 metro cuadrado (m^2) = 10,764 pies cuadrados	1 acre = 0,40467 hectáreas
1 cm^2 = 0,155 pulgadas cuadradas	1 milla cuadrada = 258, 8895 ha
Volúmenes	
1 cm^3 = 0,061024 pulgadas cúbicas	1 pulgada cúbica = 16,387 cm^3
1 dm^3 = 61,03 pulgadas cúbicas	1 pie cúbico = 0,028317 m^3
1 m^3 = 35,3148 pies cúbicos	1 yarda cúbica = 0,76456 m^3
1 m^3 = 1,30795 yardas cúbicas	1 tonelada de registro = 2,83153 m^3
Capacidades	
1 litro = 1,7598 pintas = 7,1 gills	1 gill = 0,142 litros
1 litro = 0,22 galones imperiales	1 pinta = 0,5679 litros
1 litro = 0,2642 galones U.S.	1 cuarto = 1,1359 litros
1 hectolitro = 2,7497 bushels	1 galón imperial = 4,5435 litros
1 kilolitro = 3,437 cuartos (arrobas)	1 galón U.S. = 3,7854 litros
	1 bushel = 0,3635 hectolitros
	1 cuatro (arroba) = 2,9078 hectolitros
Presiones y resistencias	
1 kg fuerza (kgf)/cm^2 = 14,2233 libras/pulg.^{2}	1 libra/pulg.^{2} = 0,0703 kgf/cm^2
1 kgf/cm^2 = 0,2048 libras/pulg.^{2}	1 libra/pie^2 = 4,882 kgf/cm^2
1 kgf/cm^2 = 0,91436 toneladas/pie^2	1 tonelada/pie^2 = 1,0937 kgf/cm^2
1 m columna agua = 3,281 pies columna agua	1 pie columna agua = 0,305 m columna agua
1 mm columna mercurio = 0,03937" columna Hg	1 pulgada columna Hg = 25,4 mm columna Hg
1 atmosfera = 29,94" columna Hg	1 pulgada columna Hg = 0,0334 atm.
Pesos	
1 gramo = 15,43236 granos	1 grano = 0,06448 gramos (g)
1 gramo = 0,03215 onzas (Troy)	1 pennyweight (Troy) = 1,5552 gramos
1 gramo = 0,03527 onzas (avoirdupois)	1 onza (Troy) = 31,1035 gramos
1 gramo = 0,64301 pennyweights	1 dracma (avoirdupois) = 1,77185 g
1 gramo = 0,25721 dracmas (farmacia)	1 onza (avoirdupois) = 28,35 gramos
1 gramo = 0,56438 dracmas (avoirdupois)	1 libra (avoirdupois) = 0,4536 Kg
1 kilogramo (kg) = 35,2739 onzas (avoirdupois)	1 arroba = 28 libras = 12,7 Kg
1 kilogramo = 2,2046 libras (avoirdupois)	1 quintal = 112 libras = 50,802 kg
1 tonelada métrica = 0,98421 toneladas largas	1 ton. larga = 1,01605 tons métricas
1 tonelada métrica = 1,10231 toneladas cortas	1 ton. corta = 0,90718 tons métricas

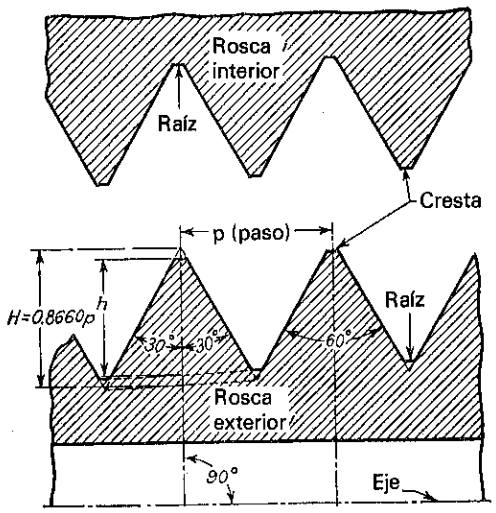
TABLA 21 bis. EQUIVALENCIAS ENTRE LAS MEDIDAS ANGLOSAJONAS Y LAS METRICAS (CONTINUACION)

Medidas métricas	Medidas anglosajonas
Potencia y trabajo	
1 kilogrametro (kgfm) = 7,333 pies libras	1 pie libra = 0,138255 kgfm
1 caballo hora (CVh) = 1.980.000 pies libras	1 pie libra = 0,50505 x 10^{-6} CVh
1 julio = 23,73 pies libras	1 pie libra = 0,04214 julios
1 kilovatio hora (KWh) = 85.429.000 pies libras	1 pie libra = 0,01171 x 10^{-6} KWh
1 caballo vapor (CV) = 542,48 pies libras seg.	1 pie libra/seg. = 0,001843 CV
1 caballo vapor = 0,98632 horsepowers (HP)	1 HP = 1,014 CV
1 kilovatio (Kw) = 1,34 HP	1 HP = 0,746 kW
Calor y temperatura	
1 caloría = 0,00397 unidades térmicas inglesas (BTU)	1 BTU = 0,000252 calorías
1 kilogrametro (kgfm) = 0,0093 BTU	1 BTU = 107,56 kgfm
1 kilocaloría (kcal) = 3,9683 BTU	1 BTU = 0,252 kcal
1 kcal/m^2 = 0,3686 BTU/pie cuadrado	1 BTU/pie^2 = 2,7125 kcal/m^2
1 kcal/m^3 = 0,1123 BTU/pie cúbico	1 BTU/pie^3 = 8,9 kcal/m^3
1 kcal/kg = 1,8 BTU/libra	1 BTU/libra = 0,555 kcal/Kg
1 kcal/cm seg °C = 5,598 BTU/pul. seg. °F	1 BTU/pulg. seg °F = 0,1787 kcal/cm seg. °C
1°C = 0,555 (°F − 32)	1°F = 18°c + 32

TABLA 22. PESO DE LOS MATERIALES

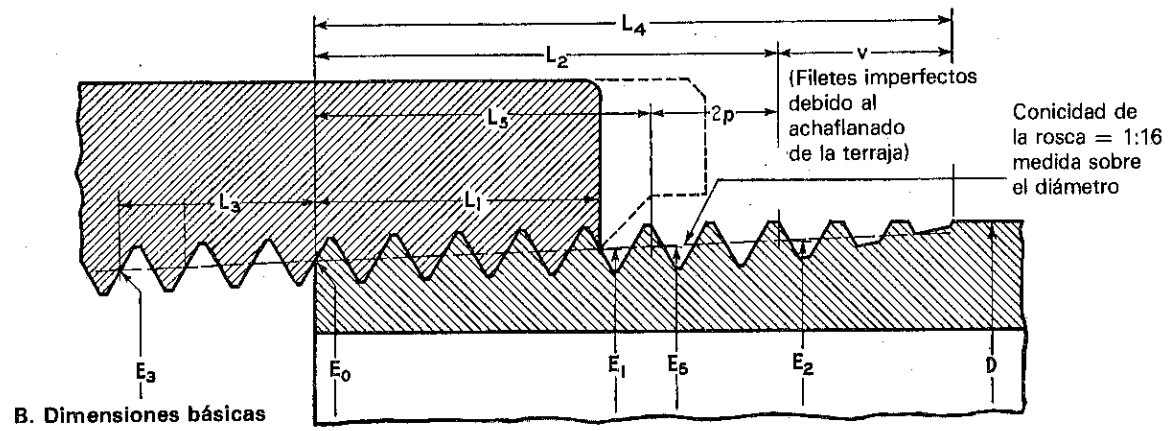
Material	Peso		Material	Peso	
	Libras/pie^3	kg/m^3		Libras/pie^3	kg/m^3
Acero	480	7690	Hierro	490	7850
Agua	62,4	1000	Ladrillos	125	2000
Aluminio	168	2691	Latón	525	8410
Arce	50	800	Mercurio	850	13617
Arena	95	1522	Níquel	555	8891
Azufre	125	2000	Oro	1203	19272
Bronce	550	8811	Petróleo	55	881
Carbón	50	800	Pino, amarillo	34	545
Cemento	90	1442	Pino, blanco	25	400
Cinc	445	7129	Plata	655	10493
Cobre	556	8907	Plomo	707	11326
Coque	27	433	Roble, blanco	52	833
Estaño	456	7305	Sal	45	721
Grava	90	1442	Tungsteno	1203	19272
Hielo	59	945	Vanadio	372	5959

TABLA 23. ROSCA CONICA AMERICANA NORMAL PARA TUBOS



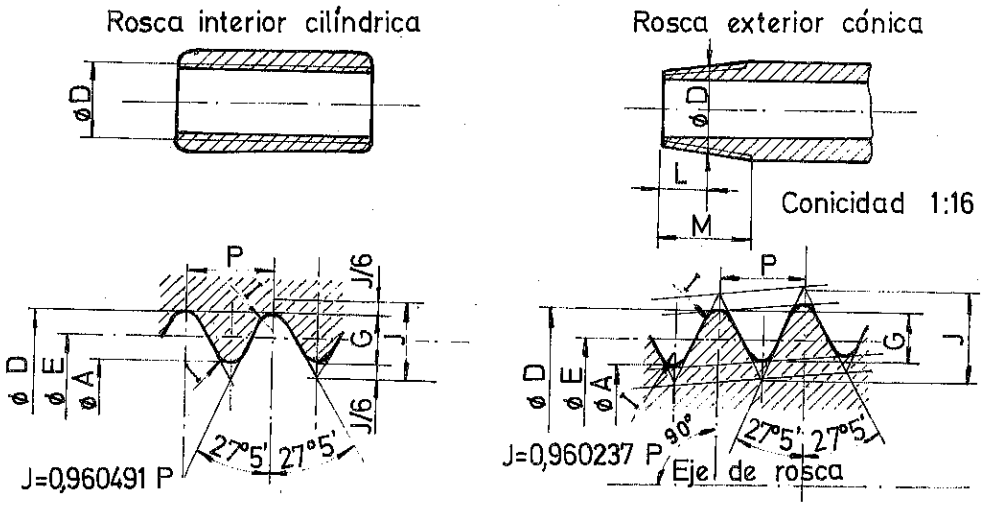
A. Perfil básico

Paso en pulgadas (p) = 1/filetes por pulgada (n); p (en mm) = 25,4/n
Profundidad del filete en V aguda (H) = 0,8660 p
Profundidad máxima básica (h) = 0,800 p
D = diámetro exterior del tubo
E_0 = diámetro de flancos en el comienzo de la rosca exterior
L_1 = longitud del acoplamiento apretado a mano
E_1 = diámetro al final del acoplamiento apretado a mano
L_2 = longitud de rosca exterior efectiva
E_2 = diámetro de la rosca exterior efectiva
L_3 = longitud de rosca interior a apretar con llave
E_3 = Diámetro de la rosca interior en el extremo de la longitud a apretar con llave
V = longitud de rosca con filetes incompletos
L_4 = longitud total de la rosca exterior
L_5 = longitud de rosca exterior con filetes nominalmente perfectos
E_5 = diámetro al final de los filetes nominalmente perfectos
$E_0 = D - (0{,}050\ D + 1{,}1)\ \frac{1}{n}$
$E_1 = E_0 + 0{,}0625\ L_1$
$L_2 = (0{,}80\ D + 6{,}8)\ \frac{1}{n}$



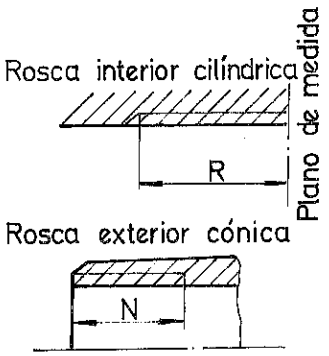
B. Dimensiones básicas

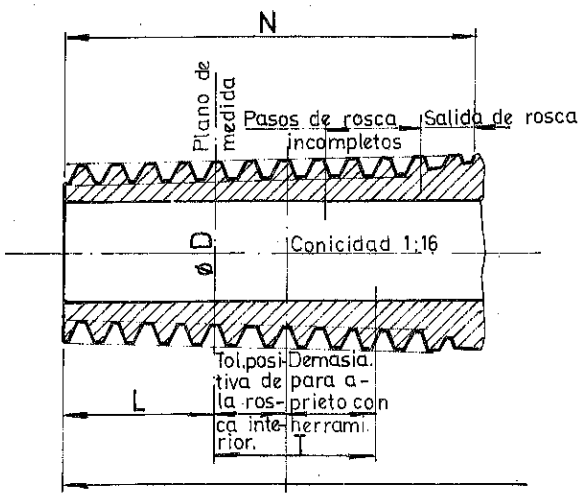
TABLA 23 bis. ROSCA WHITWORTH PARA TUBOS ROSCADOS Y ACCESORIOS
(rosca interior cilíndrica y rosca exterior cónica)



Diametro Nominal Pulg.	Medida nomin. del tubo Pulg.	m.m.	Rosca interior y exterior							Distancia al plano de medida	Longitud de rosca útil
			Diámetro exterior D	Diámetro interior A	Diámetro flancos E	Número hilos x 1"	Paso P	Profun. rosca G	Redond. ≈ I	L	M
G 1/8"	1/8"	6	9,728	8,566	9,147	28	0,907	0,581	0,125	4	6,5
G 1/4"	1/4"	8	13,157	11,445	12,301	19	1,337	0,856	0,184	6	9,7
G 3/8"	3/8"	10	16,662	14,95	15,806					6,4	10,1
G 1/2"	1/2"	15	20,955	18,631	19,793	14	1,814	1,162	0,249	8,2	13,2
G 3/4"	3/4"	20	26,441	24,117	25,279					9,5	14,5
G 1"	1"	25	33,249	30,291	31,77	11	2,309	1,479	0,317	10,4	16,8
G 1 1/4"	1 1/4"	32	41,91	38,952	40,431					12,7	19,1
G 1 1/2"	1 1/2"	40	47,803	44,845	46,324					12,7	19,1
G 2"	2"	50	59,614	56,656	58,135					15,9	23,4
G 2 1/2"	2 1/2"	65	75,184	72,226	73,705					17,5	26,7
G 3"	3"	80	87,884	84,926	86,405					20,6	29,8
G 3 1/2"	3 1/2"	90	100,33	97,372	98,851					22,2	31,4
G 4"	4"	100	113,03	110,072	111,551					25,4	35,8
G 5"	5"	125	138,	135,472	136,951					28,6	40,1
G 6"	6"	150	163,83	163,872	162,351					28,6	40,1

TABLA 23 bis. ROSCA WHITWORTH PARA TUBOS ROSCADOS Y ACCESORIOS (CONTINUACION)
(rosca interior cilíndrica y rosca exterior cónica)





Diámetro Nominal Pulgadas	Rosca exterior										Rosca interior		
	L Distancia entre el plano de medida y el comienzo de la rosca.					T Tolerancia de atornillado		N* Longitud de rosca útil mínima			Tol. ± de longitud para posición del plano de medida de la rosca exterior		Tol. ± para diám. de flancos exterior
	Nominal	Tolerancia ±		máx.	min.	mm. ≈	Hilos de rosca	Para L máx.	Para L nominal	Para L min.	mm ≈	Hilos de rosca	
		mm ≈	Hilos de rosca										
G 1/8"	4	0,9	1	4,9	3,1	2,5	2 3/4	7,9	6,5	5,6	1,1	1 1/4	0,071
G 1/4"	6	1,3		7,3	4,7	3,7		11	9,7	8,4	1,7		0,104
G 3/8"	6,4			7,7	5,1			11,4	10,1	8,8			
G 1/2"	8,2	1,8		10	6,4	5		15	13,2	11,4	2,3		0,142
G 3/4"	9,5			11,3	7,7			16,3	14,5	12,7			
G1"	10,4	2,3		12,7	8,1	6,4		19,1	16,8	14,5	2,9		0,180
G1 1/4"	12,7			15	10,4			21,4	19,1	16,8			
G1 1/2"	12,7			15	10,4			21,4	19,1	16,8			
G2"	15,9			18,2	13,6	7,5	3 1/4	25,7	23,4	21,1			
G2 1/2"	17,5	3,5	1 1/2	21	14	9,2	4	30,2	26,7	23,2	3,5	1 1/2	0,217
G3"	20,6			24,1	17,1			33,3	29,8	26,3			
G3 1/2"	22,2			25,7	18,7			34,9	31,4	27,9			
G4"	25,4			28,9	21,9	10,4	4 1/2	39,3	35,8	32,3			
G5"	28,6			32,1	25,1	11,5	5	43,6	40,1	36,6			
G6"	28,6			32,1	25,1			43,6	40,1	36,6			

* Una parte con rosca interior ha de permititr atornillar un tubo hasta la longitud de rosca N para medida máxima de L.

Para salida de rosca libre no debe ser la longitud de rosca útil R de la rosca interior, inferior a 80% de N en la medida mínima de L.