

**AVANCES TECNOLOGICOS EN
LOS PROCESOS DE MAQUINADO**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL
TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
PRESENTAN**

**JAIME ABEL MORETT RIVERA
LUIS RAMIREZ GOMEZ
GILBERTO VERA FLORES**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCIÓN.	3
CAPÍTULO 1. TORNEADO	
I. TORNOS PARALELOS	7
I.1. CLASIFICACIÓN DE LOS TORNOS PARALELOS.	8
I.1.1. MOTORIZADOS LIGEROS	8
I.1.2. PARA TALLER DE HERRAMIENTAS	8
I.1.3. ESTANDARD	8
I.1.4. DE GRAN VOLTEO O BANCADA LARGA	8
I.2. ACCESORIOS PARA TORNOS PARALELOS	9
I.2.1. PARA SUJETAR Y SOPORTAR LA PIEZA DE - TRABAJO Y HERRAMIENTAS	9
I.2.2. PARA INCREMENTAR LA VERSATILIDAD DE LA MÁQUINA	10
I.2.3. PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA MÁQUINA	12
II. TORNOS PARA PRODUCCIÓN EN SERIE	20
II.1. TORNOS REVOLVER	20
II.1.1. TIPOS DE PIEZAS MAQUINADAS EN TORNOS - REVÓLVER.	22
II.1.2. TIPOS DE TORNOS REVÓLVER.	22
II.1.2.1. HORIZONTALES.	22

II.1.2.2.	VERTICALES.	26
II.1.3.	MAQUINADOS EN TORNOS REVÓLVER Y ADITAM ENTOS.	26
II.1.3.1.	OPERACIONES BÁSICAS DE MAQUINADO EXTER NO.	26
II.1.3.2.	OPERACIONES BÁSICAS DE TORNEADO . . .	27
II.1.3.3.	INNOVACIONES EN EL MAQUINADO INTERNO.	34
II.2.	TORNOS AUTOMÁTICOS.	42
II.2.1.	TORNO AUTOMÁTICO MONO-HUSILLO	43
II.2.1.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS TORNOS AUTOMÁTI COS MONO-HUSILLO.	45
II.2.2.	ACCESORIOS Y DISPOSITIVOS PARA TORNOS AUTOMÁTICOS	52
II.2.3.	TORNOS AUTOMÁTICOS MULTI-HUSILLO. . .	64
II.2.3.1.	ADITAMENTOS PARA TORNO AUTOMÁTICO - MULTI-HUSILLO	70
II.2.4.	TORNOS AUTOMÁTICOS TIPO SUIZO	79

CAPÍTULO 2. FRESADO

I.	FRESADORAS DE RODILLA Y COLUMNA . . .	91
I.1.	MANUALES.	91
I.2.	PLANAS.	91
I.3.	UNIVERSALES	94
I.4.	VERTICALES.	94

I.5.	TIPO TORRETA Y ARIETE.	94
II.	FRESADORAS DE PRODUCCIÓN	94
II.1.	HORIZONTALES TIPO BANCADA.	94
II.2.	TIPO CEPILLO	97
II.3.	TIPO COLUMNA DESLIZANTE. . . . .	.100
II.4.	COPIADORAS Y PERFILADORAS. . . . .	.100
III.	FRESADORAS DE DISEÑO ESPECIAL. . . . .	.100
IV.	ACCESORIOS PARA FRESADORAS . . . . .	.101
IV.1.	ACCESORIOS PARA SUJETAR LA HERRAMIENTA DE CORTE . . . . .	.101
IV.2.	ACCESORIOS PARA SUJETAR LA PIEZA DE - TRABAJO. . . . .	.106
IV.3.	ACCESORIOS PARA INCREMENTAR LA VERSATI LIDAD DE LA MÁQUINA. . . . .	.107
IV.4.	ACCESORIOS PARA INCREMENTAR LA PRODUC- TIVIDAD DE LA MÁQUINA. . . . .	.113
V.	BROCHADO . . . . .	.119
 CAPÍTULO 3. TALADRADO		
I.	TALADROS PARA TRABAJOS EN GENERAL. . . . .	.125
I.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS TALADROS PARA USO GENERAL. . . . .	.126
I.1.1.	SENSITIVO. . . . .	.126
I.1.2.	VERTICAL . . . . .	.126

1.1.3.	RADIAL	126
I.2.	ADITAMENTOS.	129
II.	TALADROS PARA PRODUCCIÓN EN SERIE. . .	135
II.1.	CLASIFICACIÓN DE LOS TALADROS PARA PRODUCCIÓN EN SERIE	135
II.1.1.	EN BATERÍA O PROGRESIVOS	135
II.1.2.	REVÓLVER	137
II.1.3.	MULTIHUSILLO	137
II.1.4.	MÁQUINAS AUTOMÁTICAS PARA TALADRAR . .	138
II.1.4.1.	DISPOSITIVOS	139
III.	MANDRINADORA POR COORDENADAS DE ALTA - PRECISIÓN.	145
 CAPÍTULO 4. RECTIFICADO		
I.	RECTIFICADORAS DE SUPERFICIES PLANAS .	156
I.1.	HUSILLO HORIZONTAL MESA RECIPROCANTE..	156
I.2.	HUSILLO HORIZONTAL MESA ROTATORIA. . .	157
I.3.	HUSILLO VERTICAL MESA RECIPROCANTE . .	157
I.4.	HUSILLO VERTICAL MESA ROTATORIA. . . .	157
I.5.	FINALIDADES DEL RECTIFICADO.	158
I.6.	RECTIFICADORAS DE BANDA.	161
II.	RECTIFICADORAS DE SUPERFICIES CILÍNDRICAS.	168

II.1.	RECTIFICADORA CILÍNDRICA DE CENTROS. .	168
II.1.1.	PLANA.	173
II.1.2.	UNIVERSAL.	173
II.2.	RECTIFICADORA CILÍNDRICA SIN CENTROS .	173
III.	RECTIFICADORAS DE INTERIORES	175
III.1.	TIPOS DE RECTIFICADORAS DE INTERIORES.	177
III.1.1.	QUE GIRAN LA PIEZA DE TRABAJO.	177
III.1.2.	TIPO PLANETARIO.	177
III.1.3.	SIN CENTROS.	177
III.1.4.	DE PLANTILLAS DE ALTA PRECISIÓN.	177
IV.	ACCESORIOS PARA RECTIFICADORAS	182
IV.1.	PARA SUJETAR LA PIEZA DE TRABAJO	182
IV.2.	PARA INCREMENTAR LA VERSATILIDAD DE LA MÁQUINA.	183
IV.3.	PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA MÁQUINA.	191

CAPÍTULO 5. ELECTRO-EROSIÓN

OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO	199
ELECTRODOS	203
DIELÉCTRICO.	204
FUENTE DE PODER.	204
SERVO-SISTEMA.	206

APLICACIONES. . . . .	.209
ACCESORIOS. . . . .	.212
ELECTROEROSIÓN POR MEDIO DE ALAMBRE	.216

CAPÍTULO 6. PROCESOS DE MAQUINADO NO CONVENCIONALES

I.	PROCESOS DE MAQUINADO QUÍMICO . . .	.224
I.1.	MAQUINADO QUÍMICO . . . . .	.224
I.2.	MAQUINADO FOTOQUÍMICO . . . . .	.225
I.3.	MAQUINADO TERMOQUÍMICO. . . . .	.225
I.4.	ELECTROPULIDO . . . . .	.227
II.	PROCESOS DE MAQUINADO ELECTROQUÍMICO	.227
II.1.	MAQUINADO ELECTROQUÍMICO. . . . .	.228
II.2.	REBABEADO ELECTROQUÍMICO. . . . .	.229
II.3.	RECTIFICADO ELECTROQUÍMICO. . . . .	.229
III.	PROCESOS DE MAQUINADO TÉRMICO . . .	.233
III.1.	MAQUINADO POR MEDIO DE RAYO LASER .	.233

APÉNDICE I. VISUALIZADORES DIGITALES DE COTAS .	.239
---	------

APÉNDICE II. CONTROL NUMÉRICO.251
--	------

CONCLUSIONES.265
-----------------------	------

BIBLIOGRAFÍA.267
-----------------------	------

INTRODUCCION

I N T R O D U C C I O N

El desarrollo industrial de nuestro país se ha fundamentado básicamente en satisfacer la demanda del mercado doméstico, que como sabemos es un mercado cautivo. Esto ha ocasionado que la industria nacional no se haya preocupado lo suficiente por mejorar la calidad de sus productos ni diversificar sus mercados a través de la exportación. Sin embargo, el desarrollo económico actual hace necesaria la captación de divisas, ya no exclusivamente por concepto de exportación de materias primas, sino de productos manufacturados.

Lo anterior obliga a la industria a competir a nivel internacional, que en la actualidad es prácticamente imposible, puesto que tanto la calidad como el precio de la mayoría de los productos de fabricación nacional no se encuentran a la altura de los de otros países.

Como consecuencia, surge en la industria, la necesidad de mejorar la calidad y producir a un bajo costo; esto se puede lograr sustituyendo los procesos, maquinaria y herramental, que debido a su grado de obsolescencia, impidan alcanzar este objetivo.

La finalidad de este trabajo es precisamente proporcionar a la industria metalmeccánica, un medio informativo sobre los adelantos tecnológicos que hasta el momento se han desarrollado en los procesos de maquinado y cuya aplicación permitirá llegar al objetivo antes mencionado.

Por otro lado, consideramos que también será de gran ayuda para los estudiantes; particularmente de las carreras de Ingeniería Mecánica e Industrial, ya que les permitirá incorporarse a la industria con un panorama más amplio de los procesos de maquinado y sus aplicaciones,

Para la elaboración de esta tesis recurrimos a dos tipos de fuentes de información.

La primera, de donde se obtuvieron los fundamentos de los procesos de maquinado descritos, la forman: libros de texto, manuales, y demás publicaciones que aparecen en la bibliografía.

4

La segunda, que nos permitió incorporar las innovaciones y adelantos en los mismos, está constituida por la información publicada por los fabricantes, e incluye: catálogos, folletos, manuales de operación, artículos en revistas especializadas y experiencia personal.

Es conveniente aclarar que este trabajo de ninguna manera pretende agotar los temas incluidos en él, ya que cada uno de ellos podría constituir un tema de tesis, -- sino que se justifica por la necesidad que tanto a nivel industrial como escolar existe de conocer los adelantos que en materia tecnológica se han desarrollado en los -- procesos de maquinado durante los últimos años.

1. TORNEADO

C A P I T U L O 1

TORNEADO

La gran variedad de operaciones que se pueden realizar en el torno, lo hacen la más útil y necesaria de todas las máquinas herramientas. Su principal función es cambiar el tamaño, forma o acabado de una pieza de revolución por medio de un corte o una serie de cortes en la pieza de trabajo con una herramienta de corte ajustable.

El tipo de torno y su equipo auxiliar determinarán la variedad de operaciones que podrán ser adaptadas a la máquina. Con accesorios y ajustes adecuados en el torno podemos realizar operaciones como barrenado, rimado, machuelado y roscado.

TIPOS DE TORNOS Y SU CONSTRUCCION

Para satisfacer las demandas de la industria metal mecánica existen diferentes tipos de tornos, los cuales podemos clasificar en forma general en dos grandes ramas:

- I. TORNOS PARALELOS (MOTORIZADOS) PARA TRABAJOS EN GENERAL
- II. TORNOS PARA PRODUCCION EN SERIE

1. TORNOS PARALELOS

Este tipo de tornos pueden variar en tamaño, apariencia y la posición relativa de sus elementos operativos, pero todos estos tornos son similares en operación.

En términos generales un torno paralelo debe tener un mecanismo para aplicar potencia o fuerza en forma de movimiento, deberá tener mecanismos para controlar la velocidad de ese movimiento y para sujetar el material o pieza de trabajo, también deberá estar equipado para sujetar la herramienta o herramientas de trabajo y para

controlar los movimientos de la misma de tal forma que la pieza o material pueda ser maquinado con tolerancias cerradas.

I.1. CLASIFICACION DE LOS TORNOS PARALELOS.- Los tornos paralelos o motorizados se pueden agrupar en cuatro clasificaciones:

I.1.1. TORNOS MOTORIZADOS LIGEROS.- Este tipo de tornos esta diseñado para fines de entrenamiento y maquinado general de trabajo ligero. Se encuentran disponibles en 2 tipos: de Banco y de Piso. Estos tornos tienen todas las partes y características de los tornos grandes pero no son tan costosos.

I.1.2. TORNOS PARA TALLER DE HERRAMIENTAS (TOOL ROOM).- La diferencia entre este grupo de tornos y los otros, es que los tornos para herramientas son construídos con mayor precisión (exactitud) y pueden equiparse con aditamentos especiales y accesorios de modo tal que puedan ejecutar una gran variedad de trabajos de precisión. Su función primaria es la de proveer herramental y calibres para las máquinas de producción. Estos tornos se encuentran disponibles también en modelos de Banco y Piso; siendo los primeros utilizados principalmente para trabajo pequeño; el modelo de Piso es una máquina de precisión equipada con velocidades variables, topes micrométricos y diversos aditamentos necesarios para el trabajo del taller de herramientas.

I.1.3. TORNOS ESTANDARD.- Estos tornos generalmente son conocidos como tornos para todo propósito. En comparación con los otros grupos, éstos son construídos ligeramente más pesados, con mayor potencia, rangos mayores de velocidades y avances y capacidad adecuada para manejar piezas grandes. La rigidez de su diseño permite a este grupo de máquinas adaptarse a todo tipo de maquinado general y al maquinado de pequeños lotes de producción con resultados muy satisfactorios.

I.1.4. TORNOS DE GRAN VOLTEO O BANCADA LARGA.- Este grupo comprende las máquinas diseñadas para maquinar flechas muy largas de diámetro grandes para casi cualquier trabajo especial. Generalmente este grupo de máquinas no está equipado para trabajar a altas velocidades. La

rigidez y la potencia son las características esenciales de estos tornos, esto les permitirá remover una cantidad considerable de metal por pulgada cúbica. El tamaño y capacidad de un torno están definidos por su volteo máximo y la máxima distancia entre puntos.

I.2. ACCESORIOS PARA TORNOS PARALELOS.- Existe una gran variedad de accesorios que se pueden montar sobre el torno, los cuales podemos agrupar en diferentes categorías de acuerdo a su función, como sigue:

I.2.1. ACCESORIOS PARA SUJETAR Y SOPORTAR LA PIEZA DE TRABAJO Y PORTAHERRAMIENTAS

I.2.2. ACCESORIOS PARA INCREMENTAR LA VERSATILIDAD DE LA MAQUINA

I.2.3. ACCESORIOS PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA MAQUINA

I.2.1. ACCESORIOS PARA SUJETAR Y SOPORTAR LA PIEZA DE TRABAJO Y PORTAHERRAMIENTAS

a) CHUCK (MANDRIL) UNIVERSAL DE 3 MORDAZAS.- La ventaja que posee es el que la pieza que se sujeta queda centrada automáticamente.

b) CHUCK DE 4 MORDAZAS INDEPENDIENTES.- Ajustando las mordazas la pieza se puede sujetar correctamente centrada o a una distancia predeterminada fuera de centro.

c) CHUCK DE BOQUILLAS.- Para trabajo en piezas de diámetro pequeño y cuando partimos de material en forma de barra. Este tipo de sujeción se recomienda cuando se considera producir piezas en serie.

d) MANDRIL (CHUCK) NEUMATICO DE ALTA PRECISION.- Cuando el husillo de una máquina se encuentra en buenas condiciones y se puede medir, el chuck north field neumático permite seleccionar su tolerancia y concentricidad dentro de millonésimas de pulgada. Se suministra en tamaños desde 3" hasta 12" y refrigerante a través del centro del mandril. (Fig. 1).

e) **MANDRILES (CHUCKS) DISEÑADOS PARA CONTRARESTAR FUERZAS CENTRIFUGAS.**- Las altas velocidades y la alta potencia de los tornos modernos producen fuerzas centrífugas que pueden reducir el poder de retención de los mandriles. Estos nuevos mandriles contra fuerzas centrífugas han sido diseñados para superar este problema (Fig. 2).

f) **PLATO DE SUJECION.**- Se utiliza para piezas que no pueden ser maquinadas con los chucks de 3 ó 4 mordazas. Con este plato se sujeta la pieza mediante tornillos, tuercas o sujetadores (clamps).

g) **CENTROS PARA SOPORTAR LA PIEZA**

h) **PLATO DE ARRASTRE.**- Para sujetar flechas entre puntos.

i) **LUNETAS FIJAS Y LUNETAS MOVILES.**- Accesorios para soportar la pieza de trabajo, cuando la longitud de la misma así lo requiera.

j) **PORTAHERRAMIENTA TIPO ABIERTO.**- Se utiliza con herramientas de corte de carburo de tungsteno.

k) **PORTAHERRAMIENTA TIPO TORRETA.**- Nos proporciona un ahorro en tiempo cuando se requiere cambiar herramientas (buriles de diferentes formas).

l) **PORTAHERRAMIENTA TIPO ALORIS.**- (Fig. 3), de cambio rápido para operaciones de torneado múltiples; se cambia la herramienta montada en un block preajustado el cual se coloca en el portaherramienta y se aprieta con una palanca.

1.2.2. ACCESORIOS PARA INCREMENTAR LA VERSATILIDAD DE LA MAQUINA.

a) **ADITAMENTO SIMPLE PARA TORNEADO CONICO.**- Este aditamento es el más común para este tipo de maquinado y consta de una abrazadera adaptada a la parte posterior del carro del torno, una corredera compuesta con tornillo de fijación para sujetarla a la bancada y una barra de conexión que conecta el bloque de correderas del aditamento a la base del soporte compuesto del torno.



FIG. 1. Chuck neumático de alta precisión.

FIG. 2. Chuck para contrarrestar fuerzas centrífugas.

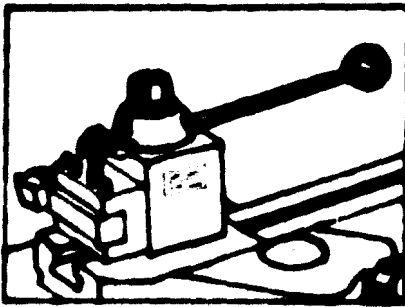


FIG. 3. Portaherramienta tipo Aloris.

b) ADITAMENTO PARA TORNEADO CONICO CON CENTRO GIRATORIO. Este aditamento ha sido específicamente diseñado para darnos un método rápido y preciso de torneado cónico entre centros, eliminando el lento proceso de descentrar y centrar el contrapunto. Además las características del centro giratorio lo hacen especialmente útil para compensar las inexactitudes de la máquina (Fig. 4).

c) TOPE MICROMETRICO DEL CARRO PORTAHERRAMIENTA.- Este tope es de gran ayuda para garantizarnos repetibilidad en operaciones de precisión.

1.2.3. ACCESORIOS PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA MAQUINA.

a) DISPOSITIVO COPIADOR HIDRAULICO.- Cuando se requiere maquinar en producción piezas con formas escalonadas, con ángulos o radios; es un hecho comprobado que la forma óptima de hacerlo es utilizando un copiador hidráulico (Fig 7). Existen varias razones para esta afirmación entre las cuales podemos mencionar:

1.- El uso de herramientas de filo sencillo nos permite utilizar velocidades de corte y avances más altos que los que obtendríamos al utilizar herramientas de forma para generar los diferentes perfiles, además el costo de una herramienta de forma es mucho mayor al de una herramienta de filo sencillo.

2.- Con el uso de un copiador la fatiga del operador se reduce considerablemente.

3.- El tiempo de inspección de la pieza terminada también se reduce, dado que cada dimensión está controlada por la plantilla; generalmente sólo será necesario verificar una dimensión en lugar de varias.

4.- La repetibilidad es otro factor de producción muy importante y dado que el copiador nos proporciona dimensiones iguales y precisas, podemos obtener una gran repetibilidad en nuestro lote de producción, además el error del operador y el desperdicio por piezas defectuosas son prácticamente eliminados.

b) DISPOSITIVO COPIADOR HIDRAULICO EN 2 EJES SYNCHRO TURN.- Este dispositivo nos permite accionar hidráulica

mente los movimientos del carro longitudinal y de la corredera transversal. Ambos movimientos son controlados directamente por una sola válvula copiadora. El palpador montado en la válvula copiadora, se encuentra restringido de cualquier movimiento de rotación pero se puede inclinar en cualquier dirección. Todo movimiento del palpador es convertido en un movimiento axial a través de un mecanismo (carrete) alterador del flujo en el circuito hidráulico de los cilindros que controlan los movimientos de la herramienta (Fig. 8).

En este dispositivo el eje de copiado está dispuesto a 90° del eje longitudinal de la máquina, lo cual nos permite tornear contornos en paredes opuestas a 90° sin necesidad de reajustar la plantilla o el carro portaherramienta. En el dispositivo de copiado normal (control en un solo eje) descrito con anterioridad el eje de copiado tiene un ángulo menor de 90° con respecto al eje longitudinal de la máquina (Fig. 9).

c) UNIDAD BARRENADORA "FAMAS".- Esta unidad para barrenado, (Fig. 10), nos convierte un torno ordinario en una barrenadora para trabajo pesado de alta producción. Con este aditamento también se elimina la necesidad de barrenar en pasos múltiples los agujeros de hasta 6" de diámetro, utilizando una broca tipo espada del tamaño del agujero que se requiere. Esta unidad se monta sobre la bancada del torno frente al husillo de trabajo; está equipada con su motor eléctrico independiente de 1.5 H.P., tiene un peso total de 450 kg. y transmisión de impulso lincal con empuje axial de 5000 kg. se regula automáticamente a la profundidad de corte y cuenta con 7 velocidades de avance de 5 a 45 mm/min. con avance y retroceso rápido de 5mm/min.

d) TORRETA REVOLVER.- Este aditamento además de aumentar la capacidad productiva de la máquina, reduce considerablemente el tiempo de maquinado de la pieza de trabajo, al eliminar prácticamente el tiempo empleado en cambiar herramientas. En la torreta revólver se pueden montar varias herramientas de corte para diferentes operaciones de maquinado tales como barrenado, rimado, roscado, cilindrado, etc. eliminando así el tiempo que se utilizaría en cambiar herramientas y portaherramientas (Fig. 11).

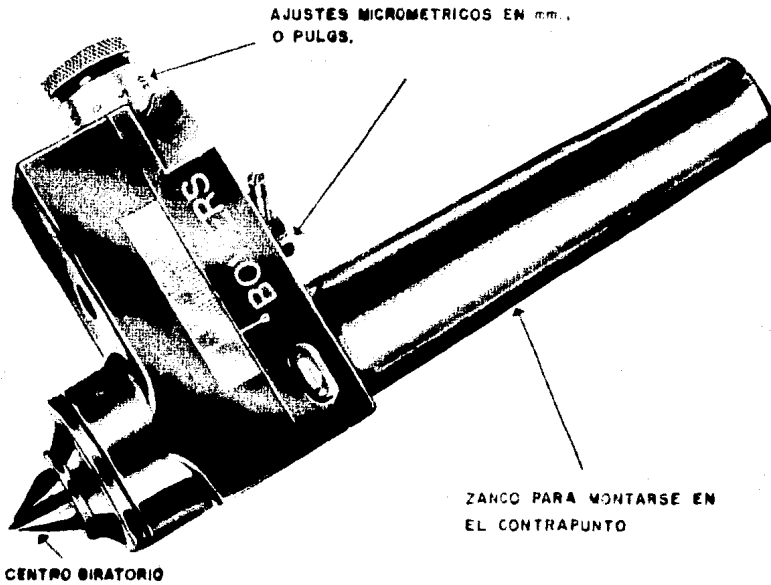


FIG. 4. Aditamento para torneado cónico con centro giratorio.

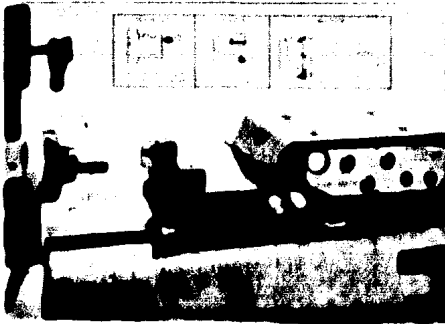
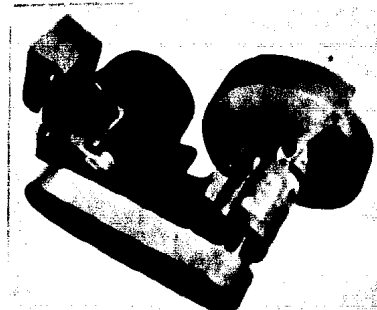


FIG. 5. Aditamento que con vierte torno manual en torno de precisión.

FIG. 6. Rectificadora para Tornos.



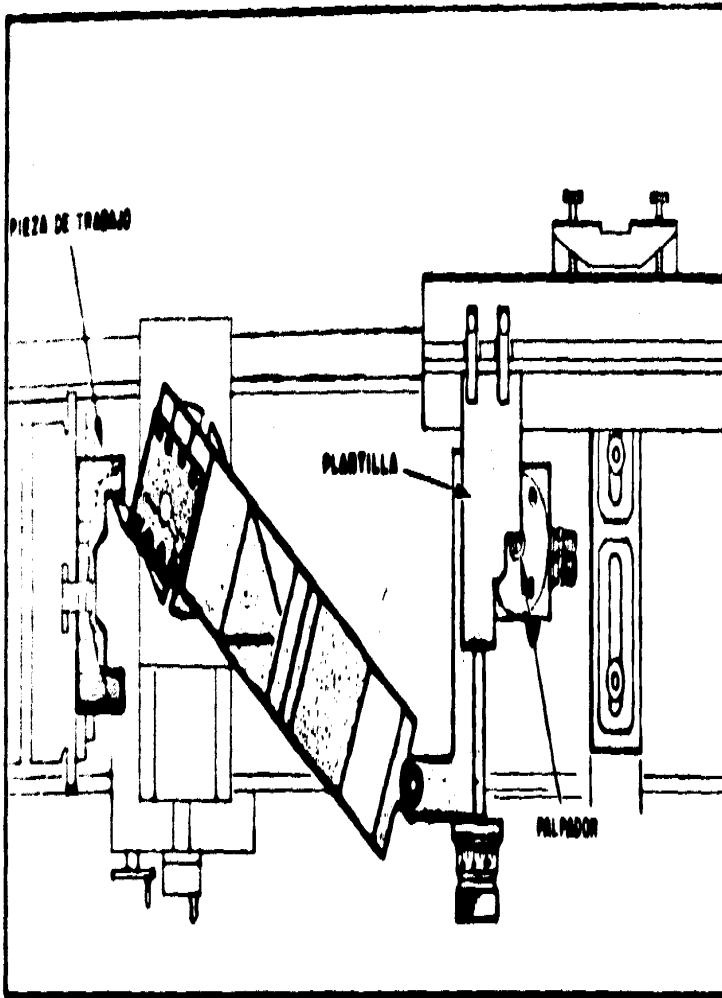


FIG. 7. Dispositivo coprador hidráulico.

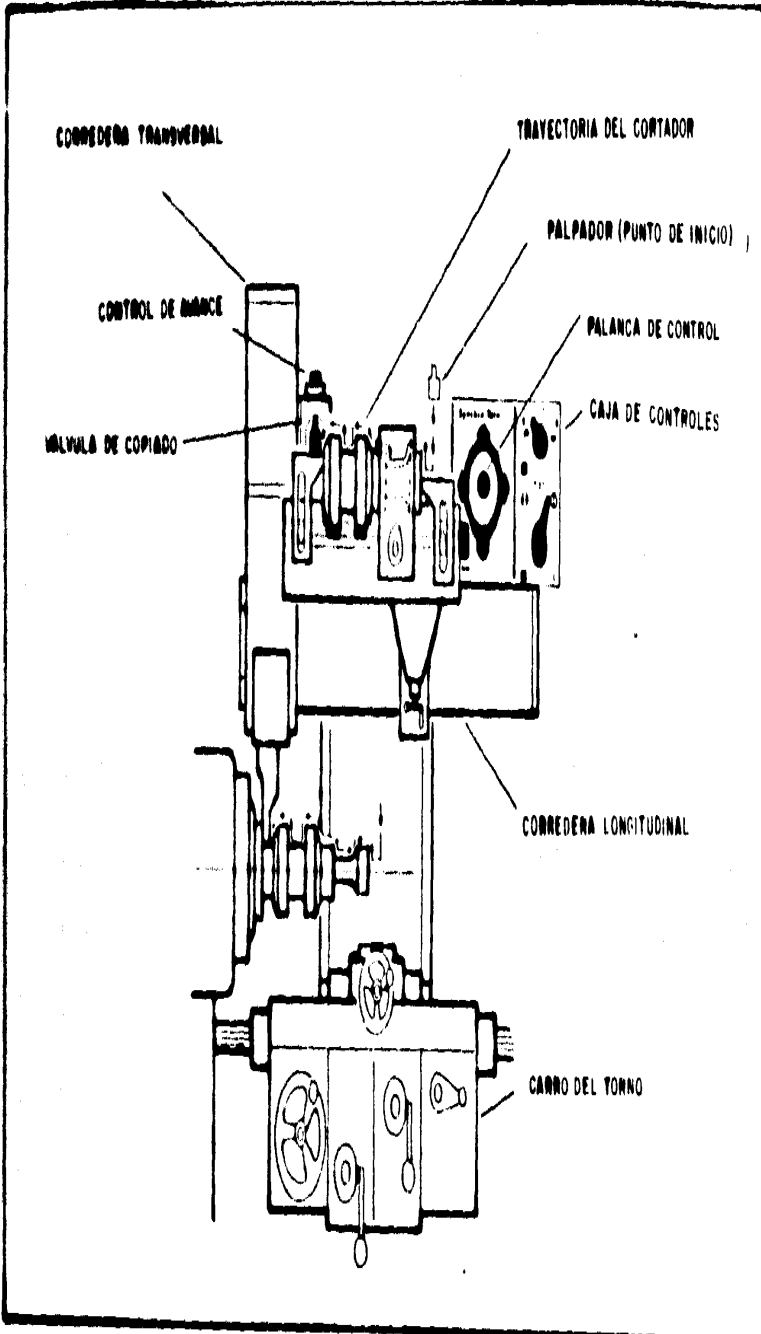


FIG. 8. Dispositivo coprador hidráulico en dos ejes.

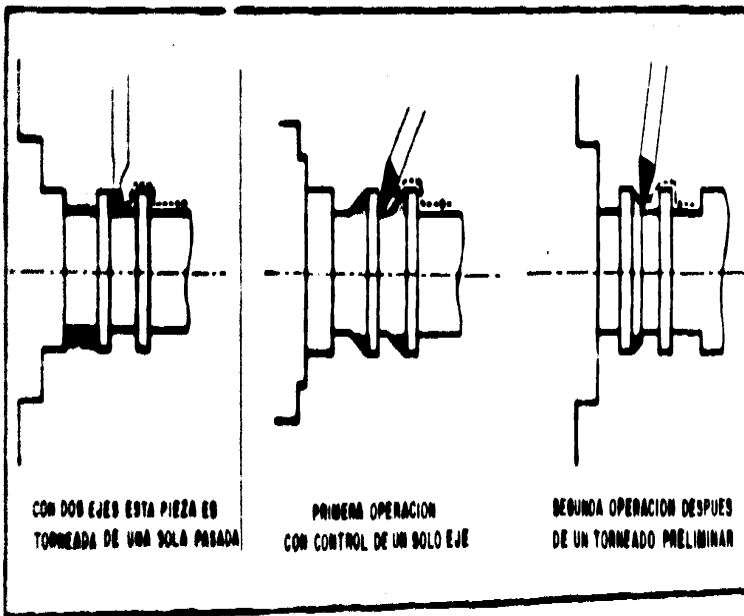


FIG. 9.

FIG. 10. Unidad barrenadora Famas.

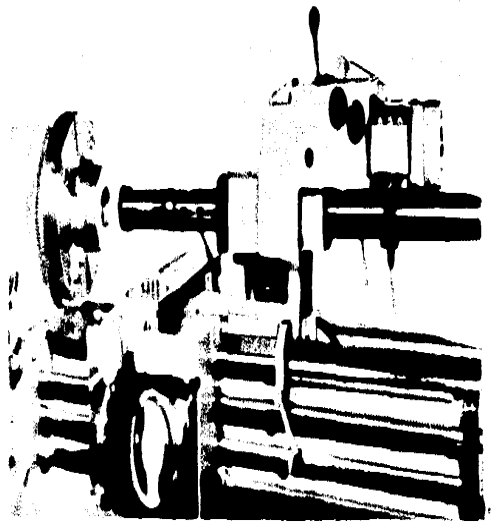




FIG. 11. Torreta revolver. .

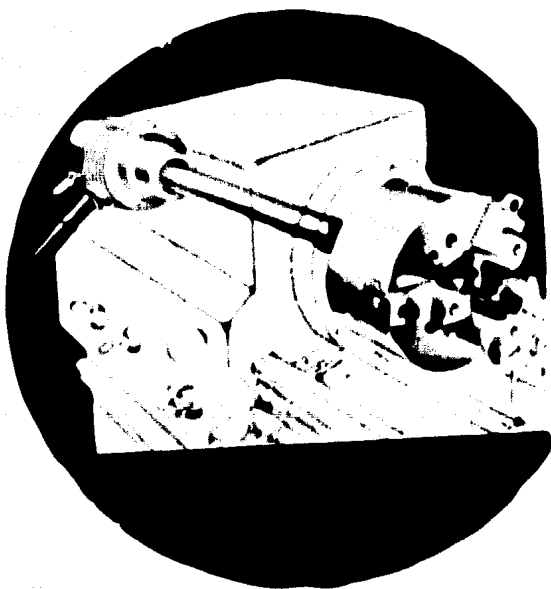


FIG. 12. Chuck
hidráulico.

e) DOBLE CORREDERA DE CARROS PORTAHERRAMIENTAS TRANSVERSALES.- Este aditamento es accionado por medio de una palanca manual, desplazando la corredera y avanzando alternadamente los portaherramientas trasero y delantero hacia la pieza de trabajo. Este aditamento nos permite utilizar herramientas de forma para torneados atrás de hombros y cuchillas de corte para desprender la pieza de trabajo.

f) CHUCK HIDRAULICO.- Este aditamento de sujeción se utiliza principalmente en trabajos de producción en serie. La mayor ventaja en el uso de este chuck es que el tiempo que tarda el operador en montar y desmontar la pieza de trabajo prácticamente se elimina y en consecuencia el tiempo total de fabricación de la pieza será menor (Fig. 12).

Otra aplicación importante para este chuck es en trabajos de precisión, donde la pieza de trabajo o la herramienta debe sujetarse con extrema precisión.

Su funcionamiento es muy sencillo y como su nombre lo indica consiste en un sistema hidráulico para el accionamiento de las mordazas controlado por una válvula manual. El rango de compresión deberá mantenerse dentro del límite elástico del metal.

VENTAJAS IMPORTANTES QUE SE OBTIENEN UTILIZANDO CHUCKS HIDRAULICOS.

- Precisión de .0025mm. (.0001")
- Fuerza de sujeción controlada fácilmente.
- Completamente sellado evitando la introducción de rebaba y material extraño.
- Una mejor sujeción para maquinados, rectificados y operaciones de inspección en donde se requieren tolerancias cerradas.

g) ADITAMENTO QUE CONVIERTE TORNO MANUAL EN TORNO DE PRECISION.- El aditamento de corredera de dos ejes y tres ciclos "Slide Matic" convierte un torno manual en una máquina automática para barrenar, torrear y refrentar con precisión. El mecanismo es accionado neumáticamente, tiene velocidades variables desde 0 a 508 mm/miñ.

y una perilla selectora del ciclo que nos determina cual de las tres pautas transversales se seguirá: recta, ciclo "L" o ciclo en "Caja". Las posiciones finales de la herramienta para el diámetro, el corte inferior y el corte frontal se ajustan mediante tres micrómetros de lectura directa (Fig. 5).

h) RECTIFICADORA (AMOLADORA) PARA TORNOS.- Este aditamento está diseñado para efectuar un rango muy variado de operaciones de rectificado interior y exterior con precisión dentro de .01mm. es adaptable para utilizarse prácticamente en tornos de todos tipos y tamaños y se puede equipar con un sistema refrigerante especial para permitir cortes prolongados y operaciones de rectificado continuo. Sus principales aplicaciones son: rectificado interno y externo, corte, ranurado y rectificado de roscas (Fig. 6).

II TORNOS PARA PRODUCCION EN SERIE

II.1. TORNOS REVOLVER.- El torno revolver es una máquina herramienta especializada para la fabricación de piezas idénticas que requieran operaciones múltiples. Su característica principal es que las herramientas para operaciones consecutivas pueden disponerse en forma continua utilizando los portaherramientas múltiples con que está equipado: la torreta hexagonal y la torreta cuadrada (Fig. 13). Indexando las torretas y desplazándolas hacia adelante y hacia atrás se van colocando las herramientas de corte en posición en una secuencia predeterminada. -- Aún cuando es necesaria cierta habilidad para ajustar correctamente las herramientas no se necesita tanta para operar la máquina, además puede producirse un gran número de partes antes de que sea indispensable ajustarlas nuevamente. Al eliminar el tiempo de montaje entre operaciones se reduce considerablemente el tiempo de producción.

Aún cuando actualmente hay otras muchas máquinas de producción, el torno revólver ha sido en gran parte el que ha originado el desarrollo de la fabricación de piezas intercambiables.

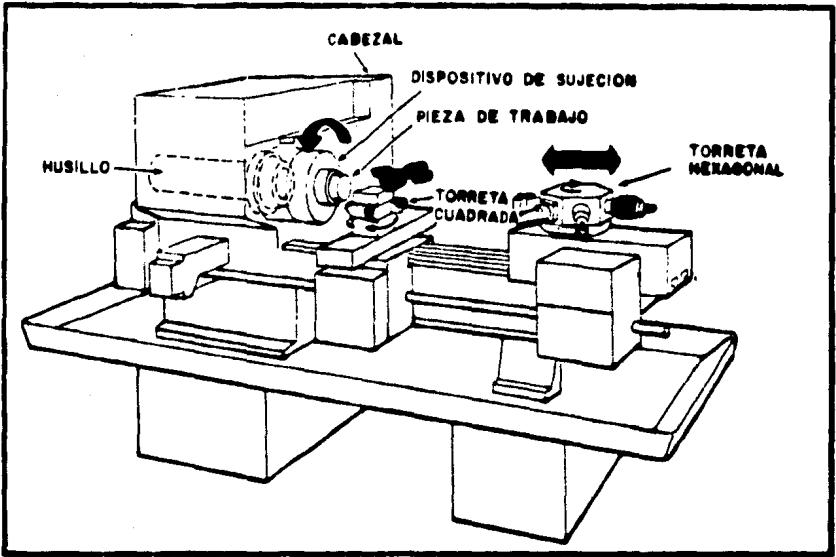
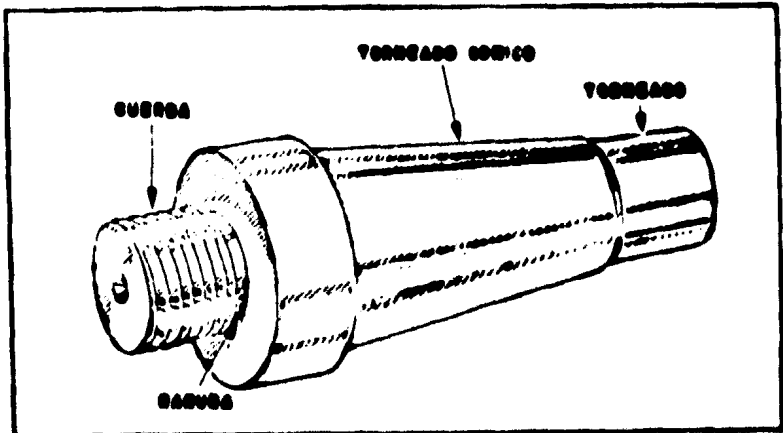


FIG. 13. Torno revólver.



Pieza típica producida en torno revólver.

II.1.1. TIPOS DE PIEZAS MAQUINADAS EN TORNOS REVOLVER.- Básicamente todas las partes producidas en torno revolver se pueden clasificar en dos grupos de acuerdo a la forma en que se sujetan: por medio de boquilla o por medio de platos de mordazas (chuck).

II.1.1.1. LAS PIEZAS SUJETADAS POR MEDIO DE BOQUILLAS.- Son fabricadas a partir de barra sólida o tubo. El material es alimentado a través del husillo de la máquina en la porción requerida para maquinar la pieza. La boquilla lo sujeta y después de cortado, ésta se abre dando paso a otra porción de material. Las barras de material pueden ser además de redondas, cuadradas, hexagonales o perfiles de forma especial.

II.1.1.2. LAS PIEZAS SUJETADAS POR MEDIO DE PLATO DE MORDAZAS (CHUCK).- Son piezas de forma regular o irregular torneadas a partir de partes fundidas forjadas, etc.

Estas piezas son sujetadas por algún dispositivo de sujeción rápido ya sea standard o diseñado especialmente para el tipo de pieza en particular, por ejemplo un chuck neumático o hidráulico.

II.1.2. TIPOS DE TORNOS REVOLVER.- Existen 2 tipos de tornos revolver: HORIZONTAL Y VERTICAL.

II.1.2.1. TORNOS HORIZONTALES

a) TORNOS HORIZONTALES DE CORREDERA (RAM TYPE).- Estos tornos tienen como características principales su rapidez y su fácil manipulación, están diseñados para fabricar piezas pequeñas y compactas. Generalmente estos tornos pueden producir piezas de barra hasta de 3" de diámetro o piezas sujetadas en chuck hasta de 20" de diámetro (Figs. 14 y 15).

b) TORNOS HORIZONTALES DE CARRO O SILLETA (SADDLE TYPE).- Son básicamente máquinas grandes apropiadas para trabajos pesados (Figs. 16 y 17), particularmente aquellos que requieren cortes largos y precisos. Los tornos de carro normalmente pueden realizar trabajos en barra de hasta 12" de diámetro y trabajos montados en chuck hasta de 36" de diámetro.

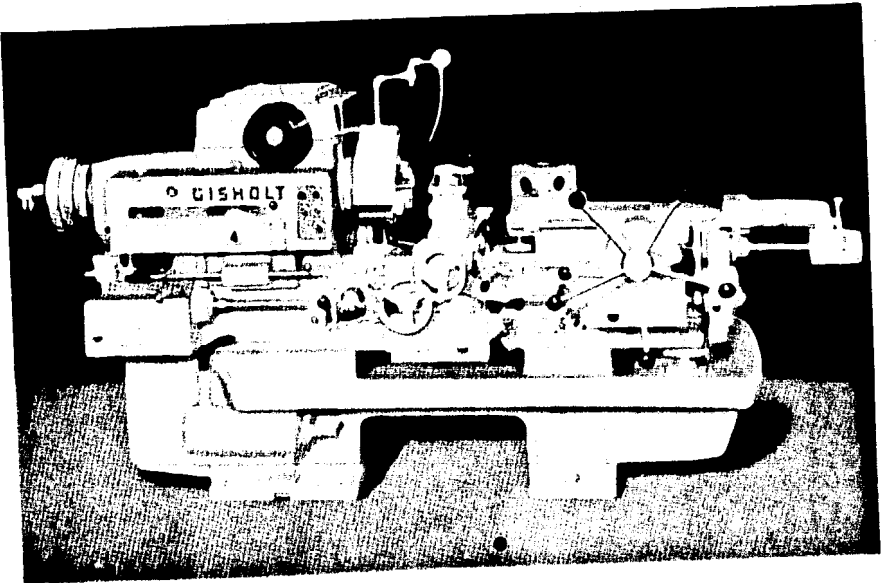


FIG. 14. Torno revólver horizontal de corredera

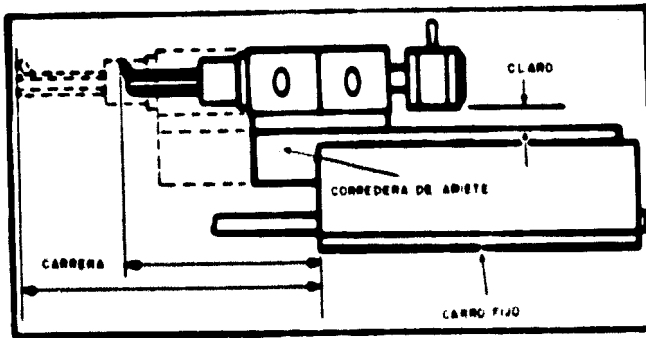


FIG. 15. La corredera se desliza sobre el carro fijo.

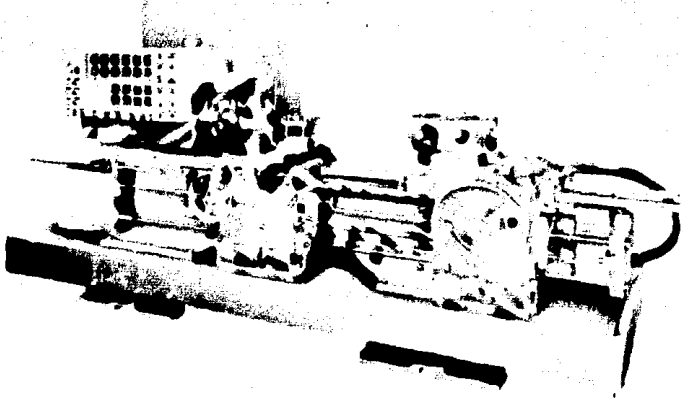


FIG. 16. Torno revólver horizontal de carro

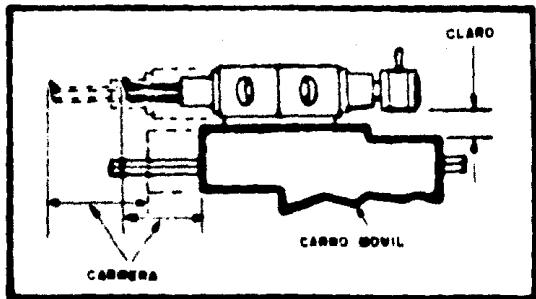


FIG. 17. El carro móvil y la to
rreta se desplazan como una un
dad.

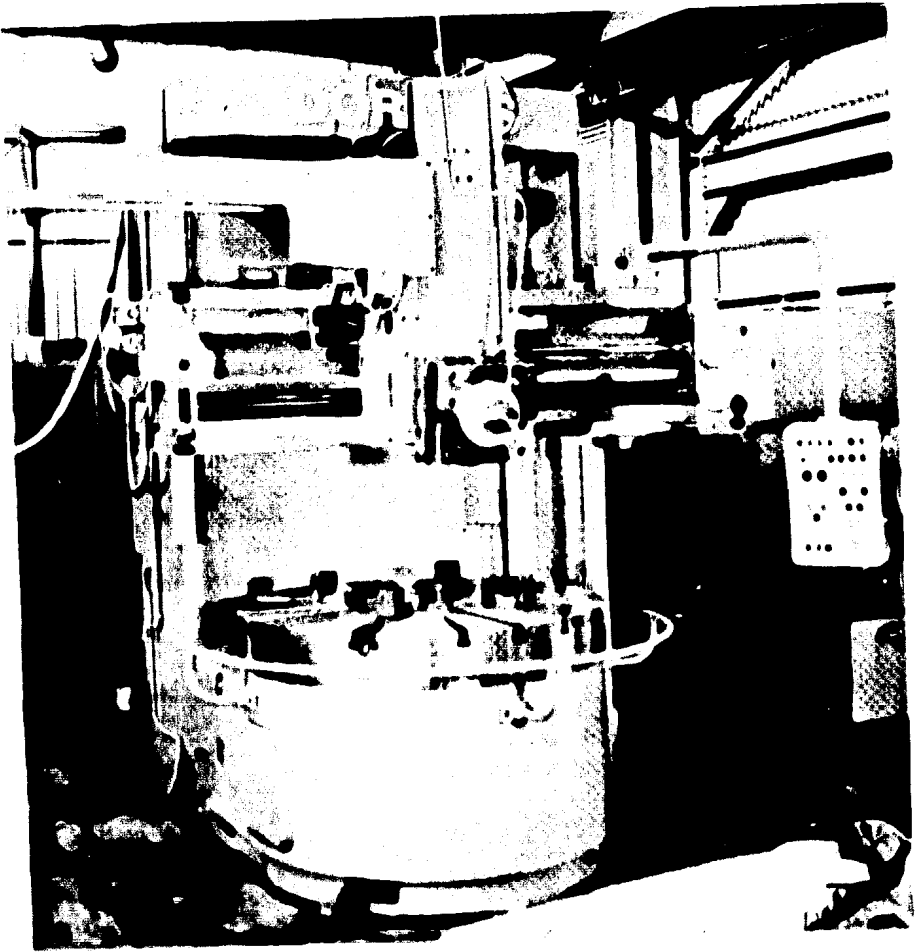


FIG. 18. Torno revólver vertical.

II.1.2.2. TORNOS REVOLVER VERTICALES.- Son máquinas que se asemejan a una taladradora (Fig. 18), pero con la característica de tener una torreta para sujetar las herramientas. Constan de un plato rotatorio de mordazas horizontal, con la torreta montada arriba sobre una corredera transversal. Además, tienen por lo menos un cabezal lateral provisto con una torreta cuadrada para sujetar herramientas. Estas máquinas han sido diseñadas para facilitar el montaje y maquinado de partes pesadas. En este tipo de máquinas se efectúa solamente trabajo sujeto en mordazas.

II.1.3. MAQUINADOS EN TORNOS REVOLVER Y ADITAMENTOS.- Casi todos los trabajos en torno involucran operaciones de maquinado tanto externas como internas. Antes de que se prepare un trabajo se deben determinar los tipos de cortes requeridos y la secuencia en que deben ser realizados. Esto no es tan difícil como parece ya que hasta las piezas más difíciles son producidas por combinaciones de los cortes básicos y con el uso de los aditamentos que se describirán a continuación.

II.1.3.1. OPERACIONES BASICAS DE MAQUINADO EXTERNO.

a) TORNEADO CILINDRICO ARRIBA DEL CENTRO.- Este torneado puede realizarse con la torreta hexagonal utilizando un arreglo como el que aparece en la (Fig. 19) que asegura un soporte rígido a la herramienta en trabajos pesados. Se pueden montar portaherramientas en la cabeza de torneado múltiple mostrada, lo que permite el empleo de varios cortadores en la misma estación de la torreta.

b) TORNEADO LATERAL.- Cuando se combinan operaciones de maquinado se pueden realizar cortes con la torreta cuadrada mientras se está barrenando, mandrinando o hasta torneando con la torreta hexagonal (Fig. 19).

c) TORNEADO DE BARRAS.- Cuando se tornean barras largas con la torreta hexagonal se debe emplear un dispositivo para tornear barras (Fig. 20). Este dispositivo tiene rodillos que centran y dan soporte a la pieza de trabajo permitiendo cortes más pesados y más altos rangos de avance. Si se requiere obtener acabados superficiales finos se colocan los rodillos junto al filo del corta-

dor para bruñir la superficie torneada, como se muestra en la (Fig. 20) y cuando se tornean diámetros concéntricos se montan los rodillos adelante del cortador sobre el diámetro previamente torneado (Fig 21). Este dispositivo tiene un mecanismo para separar el cortador de la pieza de trabajo por medio de una palanca. Con el cortador retraído se puede retirar el dispositivo de la barra sin dejar marcas de corte en la superficie acabada. Empujando la palanca hacia adelante se coloca el cortador en posición para la siguiente pieza.

d) FORMADO Y CORTE.- El formado es un método rápido para producir acabados en diámetros y formas. La mayoría de las ranuras, chaflanes y gargantas son hechas con la torreta cuadrada (Fig. 22) la cual puede sujetar cuatro herramientas.

Después de que una barra es maquinada, debe ser cortada por una cuchilla de corte que es montada en el portaherramientas posterior, con objeto de proporcionar máxima rigidez en cortes suaves y rápidos, es conveniente emplear un portacuchillas para herramientas de carburo intercambiables.

e) ROSCADO.- Aunque la elección de los métodos de roscado dependen del tamaño, tipo y precisión de la cuerda, las cuerdas estandarizadas de diámetro pequeño generalmente son maquinadas con cabezales roscadores automáticos (Fig. 23). El resorte del cabezal se abre y libera automáticamente cuando la longitud deseada de la cuerda ha sido realizada.

II.1.3.2. OPERACIONES BASICAS DEL TORNEADO INTERNO.-Las operaciones de maquinado interno realizadas en el torno revólver horizontal incluyen el barrenado y sus operaciones relativas como mandrinado, rimado, machuelado, etc. Estas operaciones se requieren para producir el acabado de la parte mostrada en la (Fig. 24).

El orden o secuencia de operaciones de maquinado interno es más crítico que para el externo. Así, en la (Fig. 24) el mandrinado principal debe ser efectuado antes de rimado; el diámetro interior concéntrico debe ser mandrinado antes de ser machuelado, etc. Las opera

ciones básicas de maquinado interior se describen a continuación en el orden en que normalmente deben ser realizadas.

a) **BARRENADO INICIAL.**- La precisión de un orificio barrenado depende de su inicio, ya que las superficies asperas y desiguales de barras de material, fundiciones y forjas, pueden ocasionar que las brocas largas se flexionen al inicio de una operación de barrenado, por lo tanto, es recomendable el uso de dos brocas: una de inicio o centrado que es corta y rígida, situa un cono exacto en la pieza de trabajo evitando así que la broca espiral se descentre, y otra de mayor diámetro y longitud para obtener el tamaño deseado (Fig. 25).

b) **BARRENADO CON BROCAS DE CORAZON (CORE DRILLS).**- Estas brocas tienen tres o cuatro filos y son usadas para ampliar barrenos o bien en lugar de rimas para corregir la concentricidad o alineamiento de agujeros formados previamente (Fig. 26).

c) **BARRENADO CON BROCAS TIPO ESPADA.**- Estas brocas son cortadores planos sujetos firmemente a una barra de sujeción. Tienen dos filos de corte como las brocas de espiral y son comunmente usadas para producir barrenos mayores de 2" de diámetro. Las brocas de espiral de este tamaño son generalmente muy largas y sobresalen excesivamente de la torreta, mientras que la broca tipo espada con su corto zanco puede ser acomodada sin sobresalir mucho, eliminando así el problema de flexión de la misma (Fig. 27).

d) **BARRENADO PROFUNDO.**- Cualquier barreno mayor que cuatro veces su diámetro es considerado un barreno profundo. La extracción de viruta es el factor más importante cuando se realiza este tipo de barreno. En muchos talleres se emplean brocas con conductos para aceite (Fig. 28), que suministran refrigerante a presión a la punta de la broca, expulsando la viruta y manteniendo fríos los filos.

Para evitar el rompimiento de las brocas cuando se efectuen barrenos profundos de diámetro pequeño, es recomendable retirar frecuentemente la broca para permitir que la viruta salga.

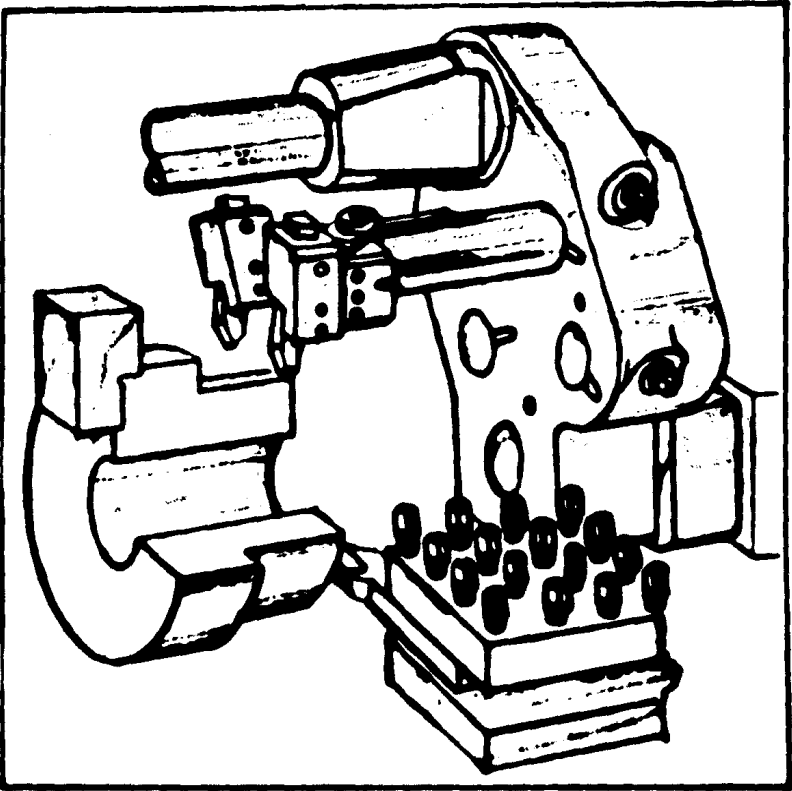


FIG. 19. Dispositivo para torneado arriba del centro.

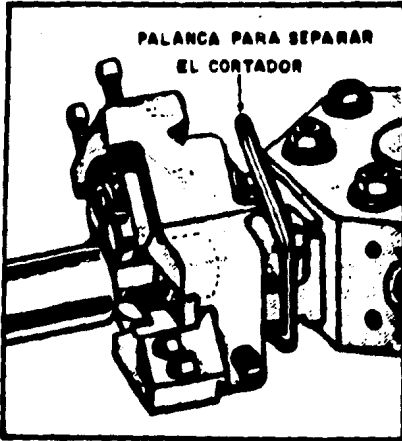


FIG. 21. Disposición de los rodillos para torneado de diámetros concéntricos.

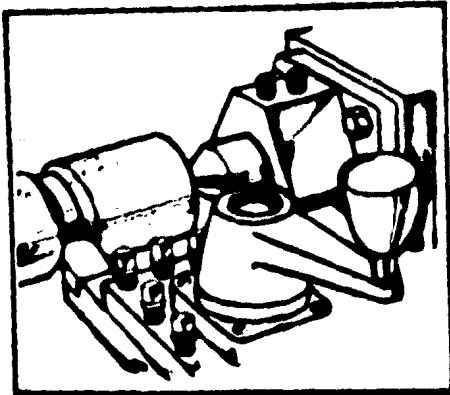


FIG. 23. Cabecal roscador automático.

FIG. 20. Dispositivo para torneado de barras con rodillos para bruñir la superficie torneada.

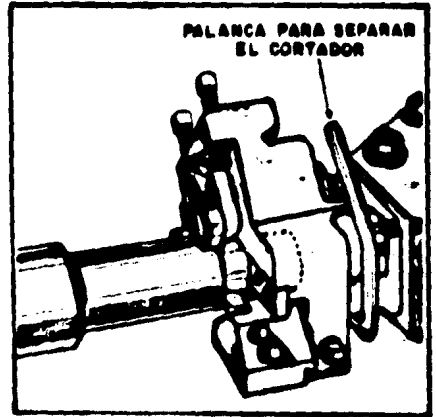
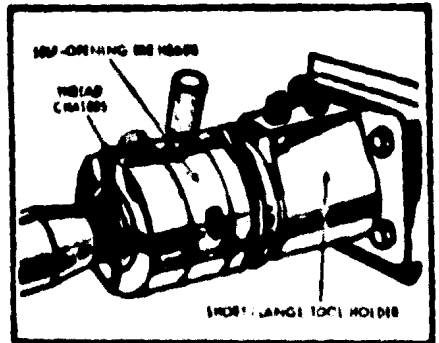


FIG. 22. Torneado de forma utilizando la torreta cuadrada



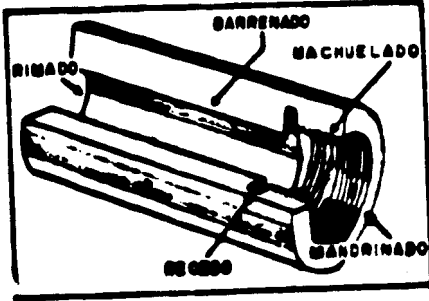


FIG. 24. Operaciones básicas de maquinado interno.

FIG. 25. Operación de barrenado inicial.

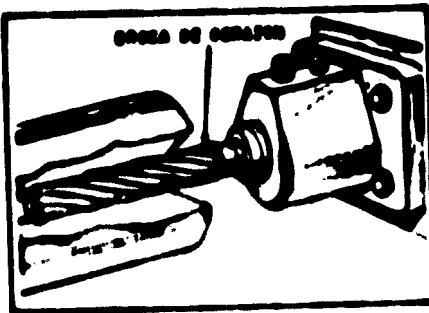
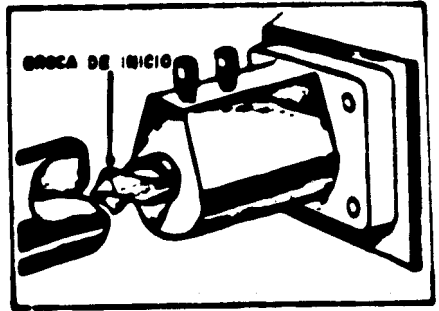


FIG. 26. Barrenado con broca de corazón.

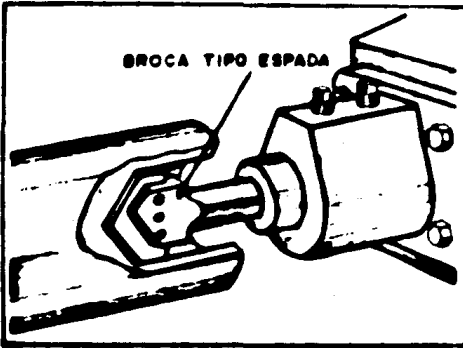


FIG. 27. Barrenado con broca tipo espada.

FIG. 28. Operación de barrenado profundo.

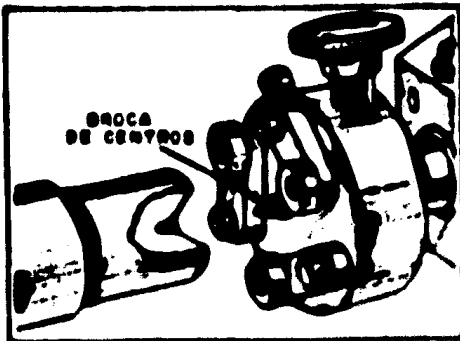


FIG. 29. Barrenado de centros.

e) **BARRENADO DE CENTROS.**- El barrenado de centros proporciona un medio de soporte a la pieza de trabajo durante operaciones de torneado en el torno revólver o en otras máquinas. Para obtener centros de precisión y una mayor duración de la broca es recomendable usar un aditamento para barrenado de centros con rodillos auto-centrables que soporten el extremo de la pieza (Fig. 29).

f) **MANDRINADO.**- Con el mandrinado se obtienen agujeros exactos y dimensiones precisas. Una barra de mandrinado sujeta a una herramienta deslizante montada en la torreta hexagonal asegura la rigidez requerida para trabajos pesados de mandrinado (Fig. 30). Se puede ajustar el tamaño del mandrinado con rapidez y precisión usando el micrómetro de la herramienta deslizante.

g) **RIMADO.**- Las rimas (Fig. 31) son cortadores para dar acabados y están diseñados para remover de .003" a .015" de metal de un agujero previamente barrenado o mandrinado. Las rimas estriadas que se encuentran en la mayoría de los talleres, pueden ser sólidas o de expansión, las sólidas están afiladas a un calibre y no pueden ajustarse, mientras que las de expansión tienen cuchillas que pueden ser ajustadas para compensar el desgaste. Para producir agujeros rectos y propiamente dimensionados se debe montar la rima en un porta rima flotante, el cual permite a la rima alinearse por sí misma con el barreno existente. Es recomendable usar rimas ajustables de cuchilla flotante (Fig. 32) para barrenos profundos. Estas rimas deben montarse sólidamente en un portaherramienta ajustable como el mostrado. Las dos cuchillas de corte proporcionan la acción flotante necesaria para un alineamiento adecuado.

h) **REFRENTADO, ACHAFLANADO Y RANURADO.**- Este tipo de maquinados internos requiere un movimiento longitudinal de la herramienta deslizante para posicionar el cortador en el punto preciso dentro de la pieza de trabajo y también un avance vertical para realizar el corte.

Se puede montar en la torreta hexagonal una herramienta Deslizante de Acción Rápida (Quick Acting Slide Tool) que proporciona el movimiento vertical requerido para estos cortes internos (Fig. 33). La profundidad

del corte se determina con precisión por medio de los tornillos tope.

También es posible hacer estos maquinados, utilizando un cortador sujeto a la torreta cuadrada. Debido a que la rigidez del cortador está en función de su sección y del cantiliver a la torreta, se recomienda que en cortes ligeros se avance a mano.

II.1.3.3. INNOVACIONES EN EL MAQUINADO INTERNO.- Como innovaciones en el maquinado interno podemos mencionar las herramientas de corte combinado que permiten efectuar operaciones de maquinado múltiple (mandrinado, rimado, formado, achaflanado) en un sola operación.

a) HERRAMIENTA COMBINADA PARA MANDRINAR Y RIMAR (BORE-AMER).- Esta es una herramienta compuesta por dos cortadores para mandrinar y dos para rimar (Fig. 34), la herramienta asegura el mismo ahorro de tiempo y durabilidad que se puede obtener en herramientas sencillas. Está diseñada específicamente para trabajos de alta producción, disminuyendo el costo, ya que el número de operaciones requerido para producir una pieza se reduce y los tiempos de preparación y producción también.

b) HERRAMIENTA DE CORTES MULTIPLES.- Esta es una herramienta que se diseña especialmente para las necesidades específicas de maquinado usando cortadores estandar en barras de diseño especial o con cortadores especiales en barras estandar (Fig. 35), con este tipo de herramienta se pueden realizar de seis a ocho operaciones en una sola pasada reduciéndose así el tiempo de producción en 50% a 90%.

Para aplicaciones en barrenos profundos donde la extracción de rebaba es un problema, se diseñan las barras con conductos para aceite (Fig. 36) que permiten llegar el refrigerante directamente a los filos de corte. El flujo de refrigerante asegura una eficiente eliminación de la rebaba, operación ininterrumpida y larga vida de la herramienta.

c) PORTAHERRAMIENTA AUTOMATICO PARA RECESO Y CAREADO POSTERIOR.- Este dispositivo permite realizar cortes profundos para retenes, ranuras para aceite, ranuras para "O-rings", etc., además, careados y achaflanados

posteriores sin necesidad de utilizar otra herramienta (Fig. 37).

Como una de sus características principales se menciona el rango extra de carrera (cortes más profundos) que elimina la necesidad de adquirir varias herramientas con rango de carrera más limitados, reduciendo así, el monto de la inversión en porta herramienta para un mismo trabajo y permitiendo la disponibilidad de posiciones adicionales en la torreta para otras operaciones.

Cuando una herramienta de este tipo realiza trabajo múltiple el tiempo de preparación se reduce considerablemente. Otra gran ventaja que proporciona este dispositivo es la eliminación de los costosos problemas de concentricidad consecuentes a varios montajes. Y debido a que esta herramienta es completamente automática se puede emplear menos personal especializado en trabajo de mayor producción.

El mecanismo de vaivén es accionado por una leva cilíndrica, y un tope de avance microajustable asegura una determinación automática de la profundidad del receso. La localización de la ranura es fijada por un collarín tope y una superficie de referencia (dispositivo o trabajo).

Simple modificaciones permiten adaptar esta herramienta a equipo controlado numéricamente u otro tipo de máquinas herramientas automáticas.

d) DISPOSITIVO NEUMÁTICO PARA ROLAR CUERDA.- Las principales ventajas de este dispositivo se obtienen por la disposición de los rodillos roladores que trabajan simultáneamente en sentido opuesto (Fig. 38) por medio de una cuña accionada por un cilindro neumático. La fuerza balanceada ejercida en direcciones opuestas sobre el material proporciona un patrón con una distribución de carga simétrica. Las dos mayores ventajas que se obtienen son: i) las cuerdas pueden ser roladas a mayores distancias de la boquilla que las que pueden obtenerse con los aditamentos convencionales de carga lateral y en la mayoría de los casos sin soporte

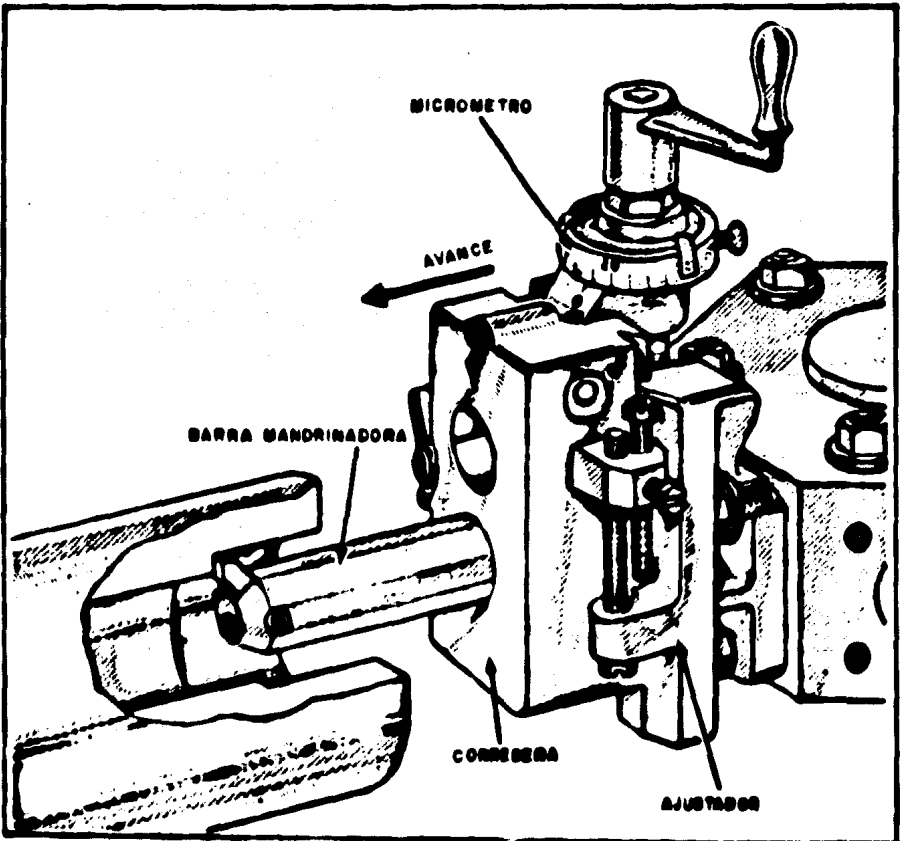


FIG. 30. Dispositivo para mandrinar con corredera ajustable.

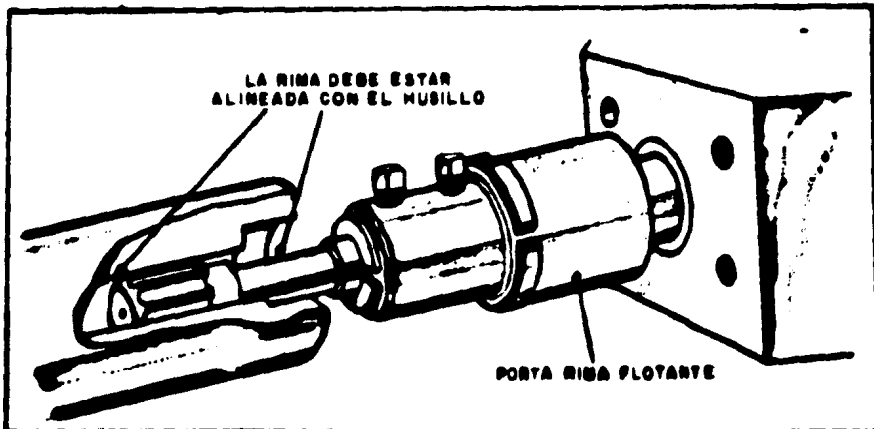


FIG. 31. Rimado empleando porta rima flotante.

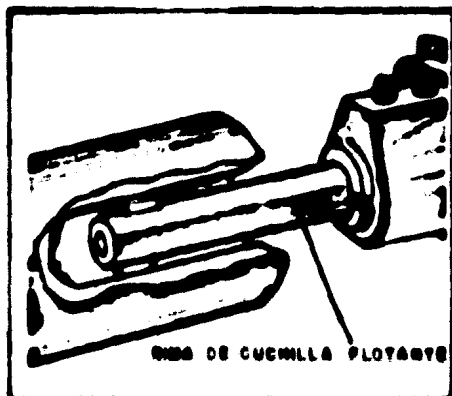


FIG. 32. Operación de rimado empleando rima de cuchilla - flotante.

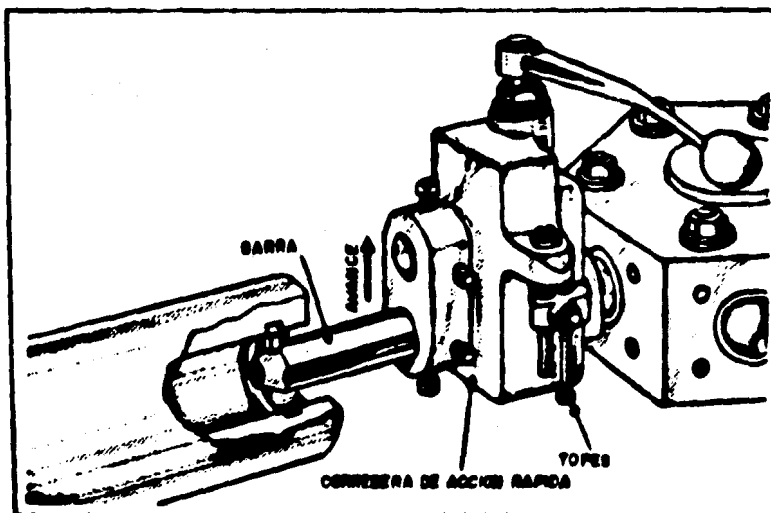


FIG. 33. Dispositivo con corredera de acción rápida.



FIG. 34. Herramienta combinada para mandrinar y rimar (BOREAMER).

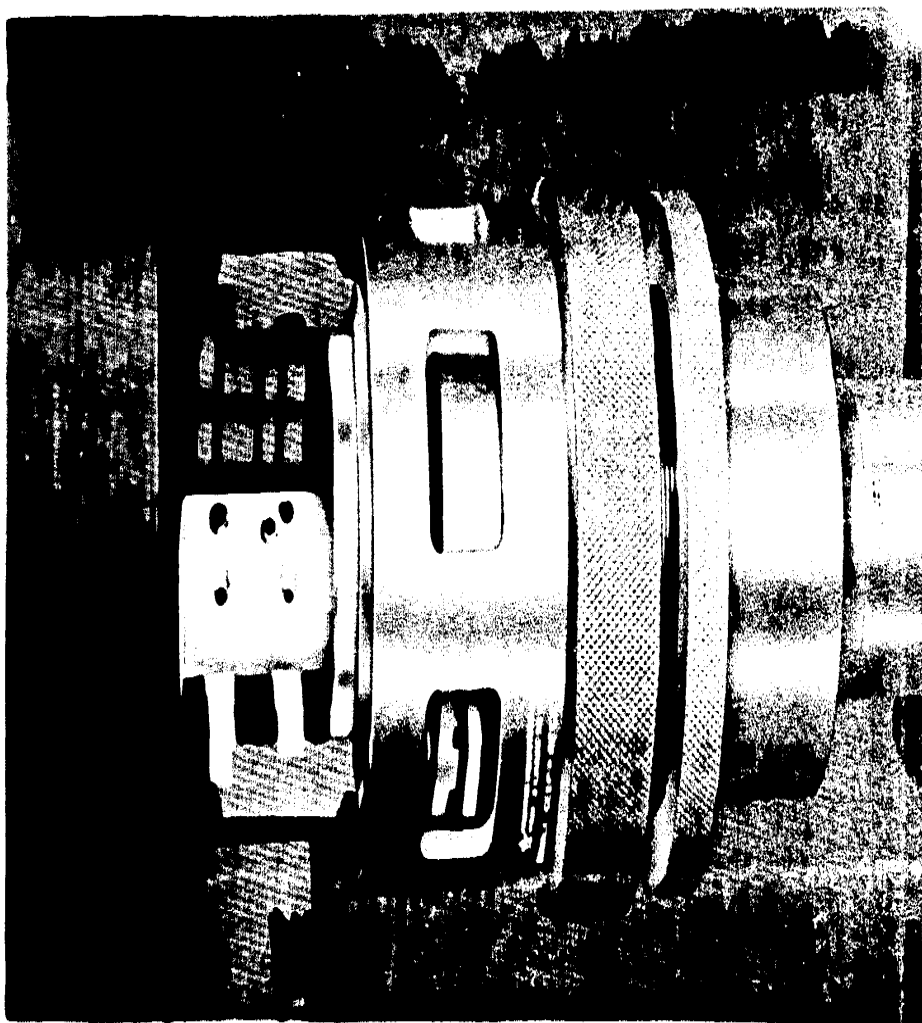


FIG. 37. Portaherramienta automática para receso y careado posterior.

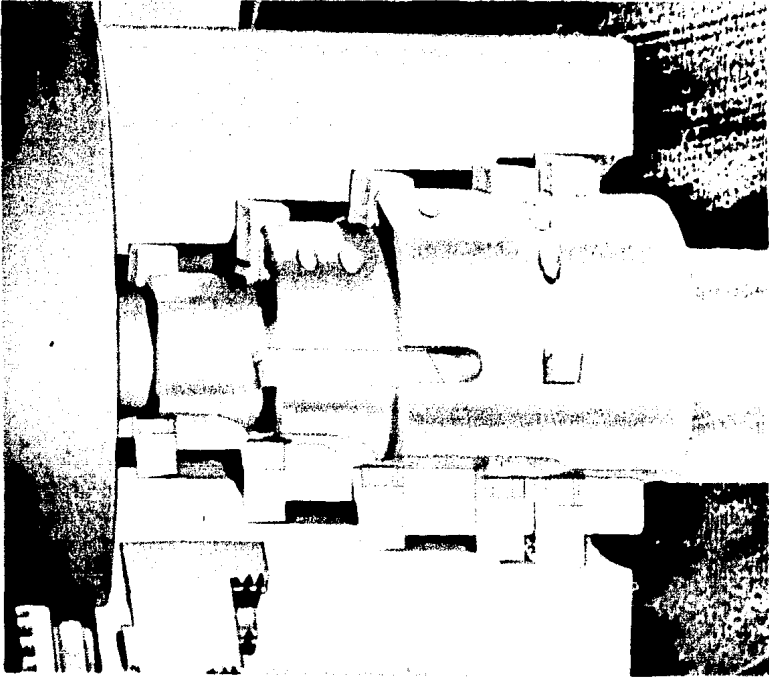


FIG. 35. Herramienta para realizar cortes múltiples.

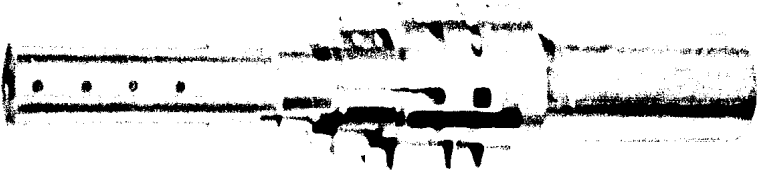


FIG. 36. Herramienta para cortes múltiples con conductos de aceite para aplicaciones en barrenos profundos.

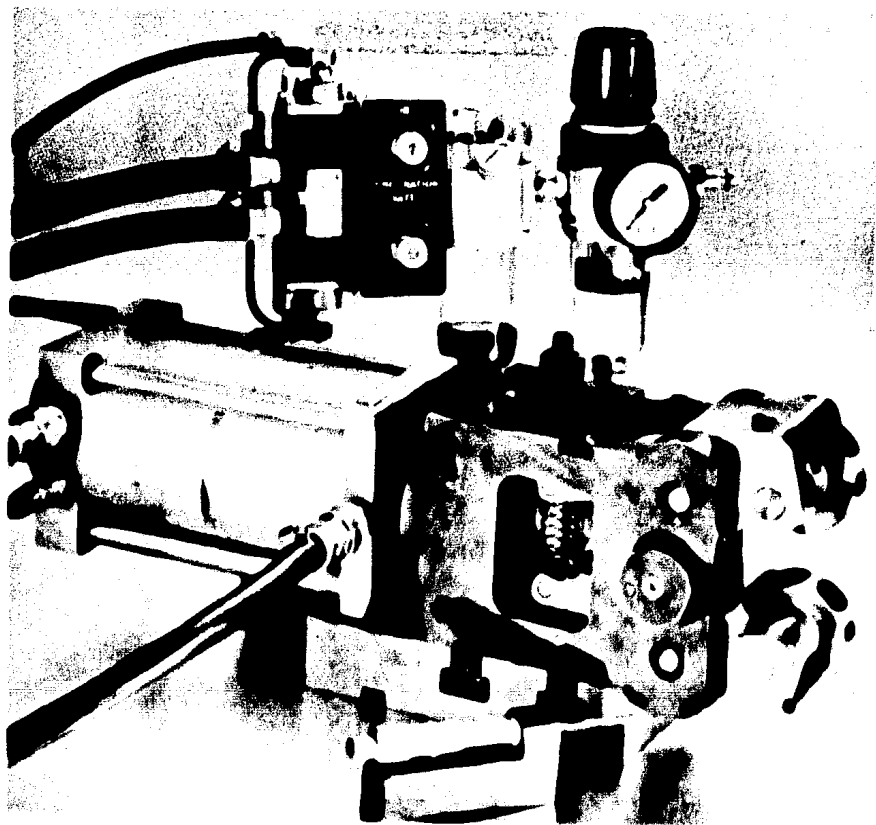


FIG. 38. Dispositivo neumático para rolar cuerda.

auxiliar. 2) además, prácticamente se eliminan los problemas de desprendimiento de material causado por deflexión de la pieza de trabajo o la sincronización incorrecta de los rodillos que sucede comúnmente cuando se realizan roscados sin soporte.

Este dispositivo permite ser ajustado a la mayoría de los parámetros de trabajo. El rango de avance de rodillo, el paso diametral y el intervalo pueden ser cambiados fácilmente con una mínima pérdida de tiempo de producción.

Otra gran ventaja de este dispositivo es que posee su propia fuente de potencia y puede ser fácilmente adaptado a segundas operaciones de rolado de cuerda en diferentes tipos de equipos para torneear.

II.2. TORNOS AUTOMATICOS.- El torno automático, también llamado máquina automática para tornillos (automatic screw machine) es en realidad un torno revólver accionado automáticamente por medio de levas o mecanismos hidráulicos, con capacidad para producir piezas de precisión de diferentes formas en altos volúmenes. La repetibilidad en precisión es excelente, se pueden obtener tolerancias cerradas y el bajo costo por unidad hace este proceso de manufactura ideal para producir grandes cantidades de piezas terminadas. El torno automático es la única máquina automatizada standard diseñada para producir piezas especiales.

Los tornos automáticos pueden tener uno, cuatro, cinco, seis u ocho husillos. Su capacidad para manejar material en forma de barra va desde .4mm (1/16") hasta 60mm (2 3/8") de diámetro; en algunos casos se pueden equipar estos tornos con dispositivos de sujeción especiales, tales como chucks hidráulicos para el maquinado de piezas con forma predefinida, por ejemplo, piezas que provienen de un proceso de fundición o de un proceso de maquinado previo.

Este grupo de máquinas tiene las siguientes características comunes:

- 1) Para la fabricación de una pieza se parte de material en forma de barra (redonda, cuadrada, hexagonal o con algún perfil especial) y tubo.
- 2) La producción de piezas consecutivas es totalmente automática.
- 3) Las operaciones son similares a las realizadas en torno normal (paralelo).
- 4) La automatización de la máquina es lograda por medio de levas (en algunos casos es por medio de mecanismos hidráulicos).
- 5) Los rangos de producción son más altos que en las máquinas manuales.

TIPOS DE TORNOS AUTOMATICOS.- Todos los tornos automáticos caen en alguna de las siguientes tres clases generales:

MONO - HUSILLO
MULTI - HUSILLO
TIPO SUIZO

Como guía general sujeta a excepciones, podemos decir que cuando deseamos maquinar piezas cuyo diámetro exterior no es mayor de 3 ó 4mm (1/8") y tienen además contornos variados, nuestra primera consideración deberá ser un torno del tipo suizo. Para piezas cuyo diámetro sea mayor a 4mm (1/8"), el parámetro inicial al considerar la elección entre un torno mono-husillo o un multi-husillo será la cantidad de piezas que se desean producir por lote de fabricación.

II.2.1. TORNO AUTOMATICO MONO-HUSILLO.- Esta máquina es un torno revólver totalmente automático equipado con un mecanismo alimentador de barras (Fig. 39). Su característica principal consiste en suministrar un movimiento de control a la torreta que gira en un plano vertical, de manera que las herramientas atacan la pieza de trabajo a los avances deseados, se retiran y preparan a la posición siguiente. Otra característica es el mecanis-

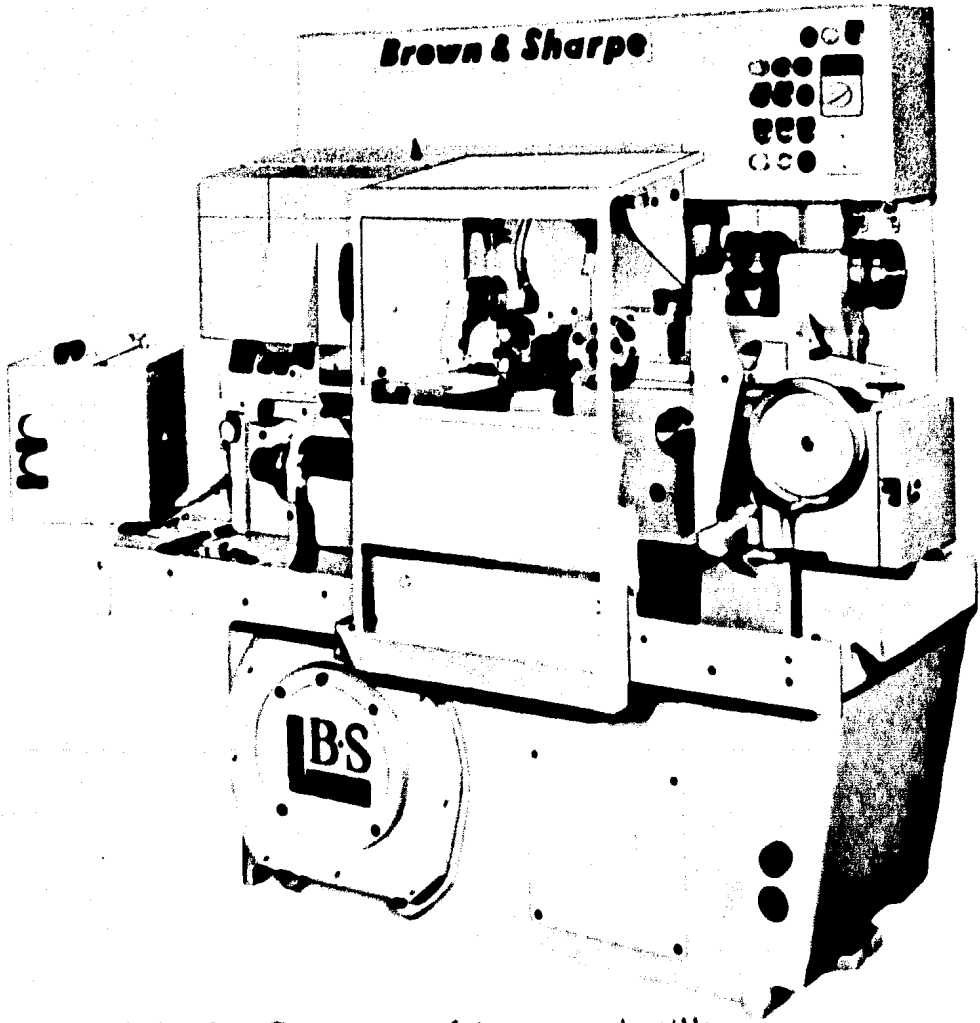


FIG. 39. Torno automático mono-husillo.

mo para sujetar y girar la pieza mediante una boquilla, mientras las herramientas montadas en la torreta y carros transversales y verticales efectúan las operaciones de maquinado en la pieza.

Las correderas transversales y verticales se desplazan en ángulo recto respecto al eje del material de trabajo para maquinar diámetros exteriores de la barra, mientras las herramientas de la torreta realizan maquinados interiores. Una corredera transversal o vertical siempre es usada para sujetar una herramienta de corte que separa la pieza terminada de la barra, después del corte, la barra es alimentada automáticamente por medio de un mecanismo de avance y el ciclo de maquinado se repite.

Generalmente, las partes hechas en tornos automáticos mono-husillo son del tipo mostrado en la Fig. 40, - el diámetro mayor es menor a 2", la pieza requiere operaciones de formado en su diámetro exterior y trabajo interno (barrenos, abocardados, machuelado, etc.). Además otras operaciones de maquinado son posibles, por ejemplo, ranurado, cajeado en el interior del barreno, bruñido, etc.

Una pieza como la mostrada en la Fig. 41, es clasificada como trabajo para torno automático mono-husillo porque no se necesitan más de 10 herramientas para su maquinado. La misma pieza podría ser producida en equipo multihusillo siempre y cuando la producción requerida fuera superior a 20000 piezas por lote, compensando el mayor tiempo de preparación de la máquina y los costos mayores del equipo y las herramientas con el incremento en producción (ciclo de producción más corto).

II.2.1.1. CLASIFICACION DE LOS TORNOS AUTOMATICOS MONO-HUSILLO.- Los tornos automáticos mono-husillo los podemos clasificar de acuerdo a su mecanismo de operación y control como sigue:

- a) DE LEVAS
- b) HIDRAULICOS
- c) HIDRO NEUMATICOS
- d) EQUIPADOS CON CONTROL NUMERICO

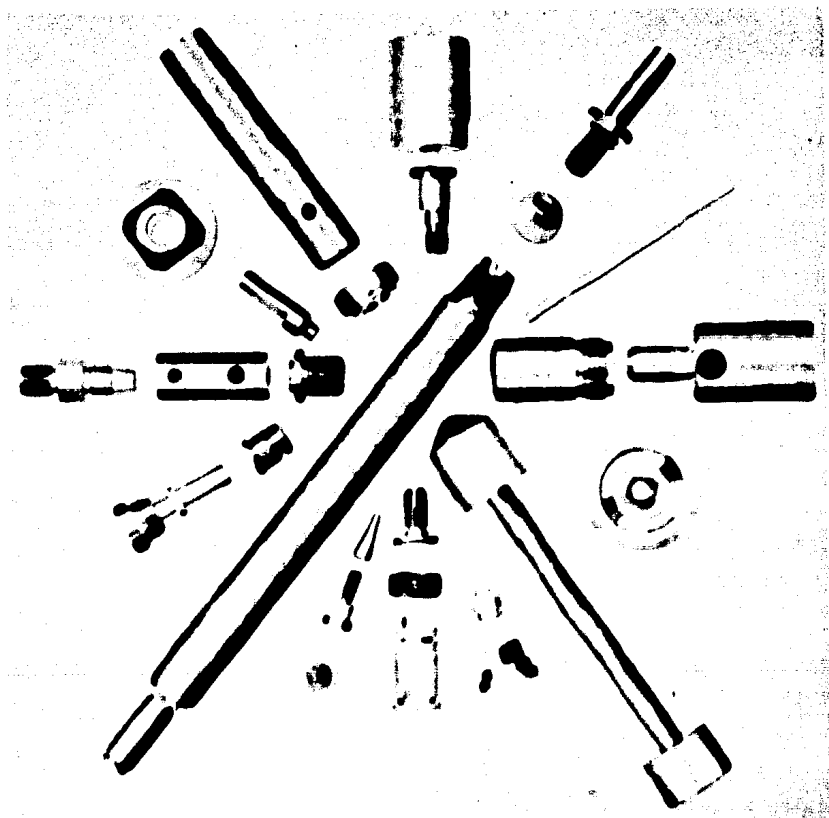


FIG. 40. Piezas típicas producidas en torno automático.

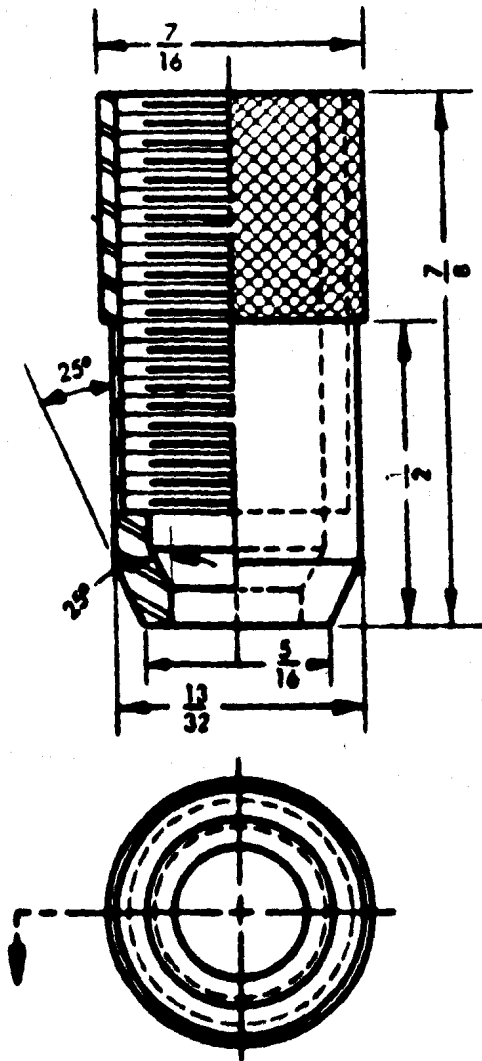


FIG. 41. Pieza típica para torno automático mono-husillo.

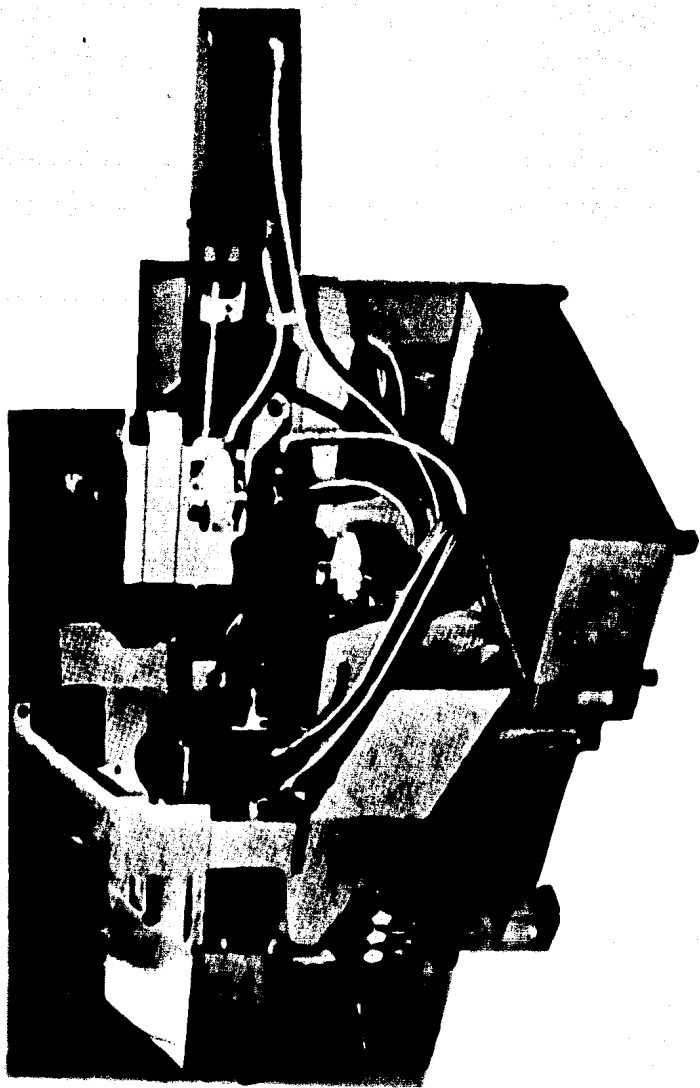


FIG. 42. Torno automático hidro-neumatico.

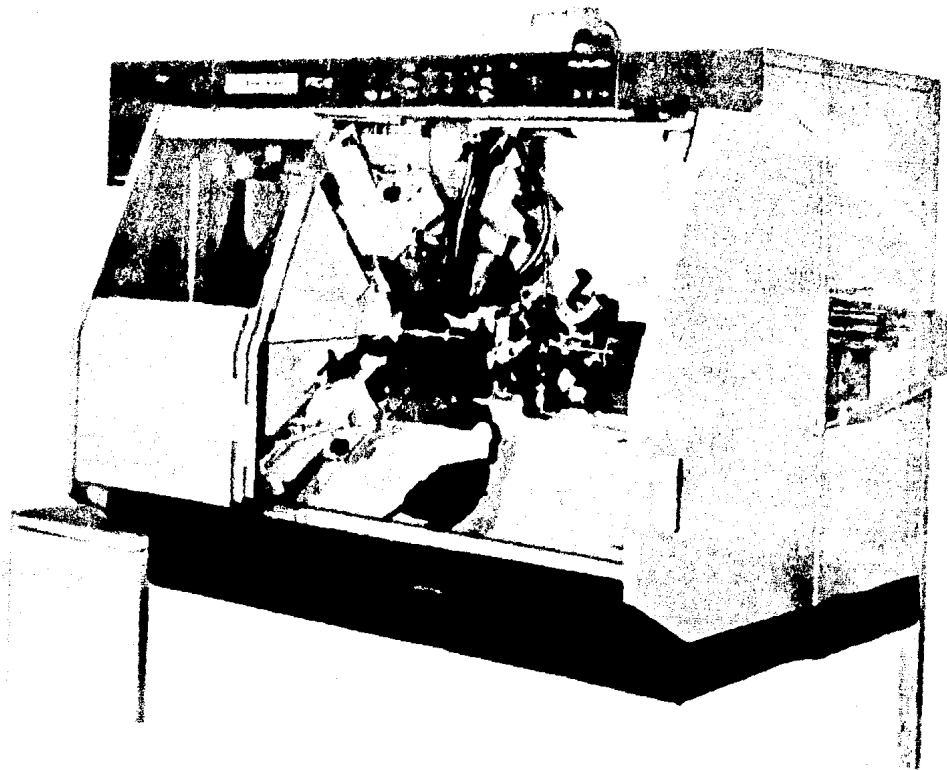
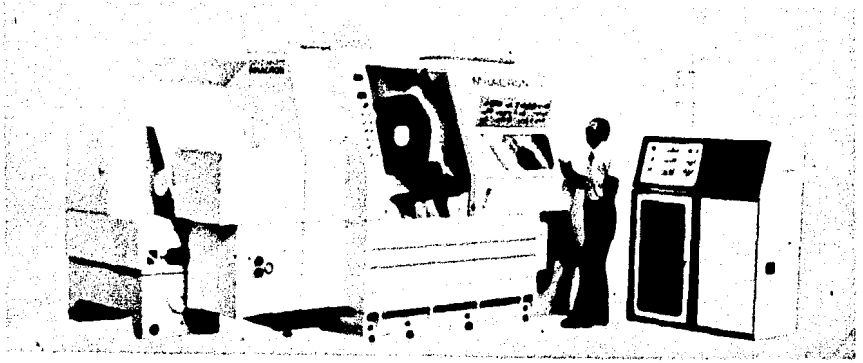
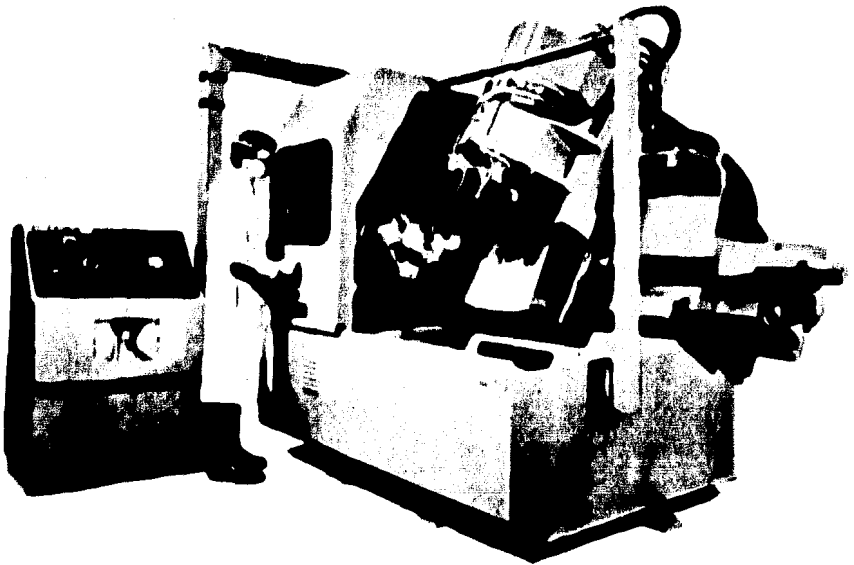


FIG. 43. Centro de torneado con accionamiento hidráulico y controles electrónicos.



CENTRO DE TORNEADO "CINTURN" CON CONTROL NUMERICO.- Equipado con torreta sincronizada Dual de 7 posiciones de herramienta para operaciones de maquinado exterior y 7 para maquinado interior de la pieza de trabajo. Capacidad para trabajar a partir de barra o tipo chuck en cualquier momento. Cabezal de 30 - H.P. y velocidad máxima de 2240 rpm, contrapunto para soportar piezas hasta de 34" de largo.



TORNO "STAR-TURN 12-30 CON CONTROL NUMERICO.- Torreta de 12 Herramientas permanentes, chuck con capacidad hasta de 18" \varnothing , alimentador de barras hasta de 3" \varnothing motor del husillo de trabajo de 30 HP, velocidades y avances controlados con cinta.

FIGS. 44.



1 PARTID GEAR - SPIRAL DEVEL
 2 PARTIT T12 - 1.9125 DRILL
 3 DATAZ(11)/5.0,5.0-3.7903.12,5,0-3.7901
 7(9)-.32,Z(4)-1.765,Z(11),Z(11)
 4 DATAO(11)/2.275,2.3702.9599,3.00,6.5,7.
 5 CALL/SY,MACMOCL3DS,MAFONTI,SPC01.25
 6 DATAO(11)/.00,.00,.03/
 7 S(11)=.020
 8 G(11)=30
 9 S(31)=.020
 10 DR(31)=2.250
 11 M(31)=.25
 12 M(41)=.02



FIG. 45. Pieza maquinada en torno equipado con control númerico.

mostrados en las Figs. 39, 42, 43 y 44.

II.2.2. ACCESORIOS Y DISPOSITIVOS PARA TORNOS AUTOMATIZADOS.- La característica principal de estos accesorios y dispositivos es que permiten hacer maquinados en el torno, que en condiciones normales se efectuarían en segundas operaciones, reduciendo así el costo total por pieza terminada.

II.2.2.1. DISPOSITIVO DE TALADRADO POSTERIOR.- Este dispositivo sirve para taladrar piezas en la parte tronzada o para avellanar piezas barrenadas. El dispositivo opera sobre la pieza mientras la máquina se encuentra maquinando la siguiente; consecuentemente, en la mayoría de los casos, la pieza es terminada totalmente en el mismo tiempo que se emplearía para maquinarla sin esta operación final, eliminando así la necesidad de una máquina adicional. El dispositivo se compone de un husillo - - porta-brocas, que es accionado por un motor eléctrico - independiente y por un mecanismo de transferencia que toma la pieza en los momentos en que está siendo tronzada y la presenta contra el husillo porta-herramienta; este mecanismo es controlado por una leva (Fig. 46).

II.2.2.2. DISPOSITIVO DE RANURADO POSTERIOR.- El principio de operación y los componentes de este dispositivo son similares al anterior, cambiando únicamente el husillo porta-brocas por un cabezal porta-sierra circular. Para evitar deterioros de las herramientas o roturas de piezas componentes de la máquina, en caso de perturbaciones en el funcionamiento del brazo de transferencia, el dispositivo está equipado con un embrague que, al producirse una sobrecarga hace parar el conjunto de la máquina.

II.2.2.3. DISPOSITIVO PARA TORNEADO LONGITUDINAL CON EL CARRO TRANSVERSAL.- Se emplea este dispositivo para el torneado longitudinal cilíndrico o cónico, por ejemplo para mecanizar un mango detrás de un hombro, para responder a la exigencia de un mejor acabado que el que se obtiene con herramienta de forma o bien, si el mango

tiene una longitud que no permite su profundización con otro tipo de herramienta. Como este dispositivo trabaja independientemente del carro porta torreta, el torneado longitudinal se puede realizar simultáneamente con otras operaciones mediante útiles montados en la torreta. Un mecanismo de tope positivo en la corredera permite obtener con este dispositivo una precisión en torneado hasta de 0.013mm (.0005") dependiendo del material, profundidad y longitud del corte (Fig. 47).

11.2.2.4. DISPOSITIVO DE ROSCADO CON PUNTA DE BURIL.- Diseñado para satisfacer los requerimientos de una gran variedad de trabajo, el dispositivo de roscado con punta de buril permite la producción rápida de roscas interiores y exteriores de una o varias entradas, formas especiales y standard con especificaciones críticas en precisión o concentricidad. Este equipo es particularmente adecuado para maquinar roscas detrás de hombros que no se pueden hacer desde la torreta (Fig. 49). Este dispositivo se monta sobre el carro transversal delantero y su accionamiento es derivado del husillo de trabajo asegurando así una perfecta sincronización entre ambos. El movimiento longitudinal del carro porta-buril en ambas direcciones es efectuado por una leva guía, lo que permite un ajuste sencillo. Como en el caso anterior, este dispositivo también trabaja independiente, lo que permite el traslape de operaciones con la torreta y/o los otros carros transversal y verticales (Fig. 50).

11.2.2.5. DISPOSITIVO LOCALIZADOR Y DE CAMBIO DE POSICION (INDEXADO) DEL HUSILLO DE TRABAJO.- Como su nombre lo indica este dispositivo permite detener el husillo de trabajo en alguna posición conveniente, en donde se requiere mantener una relación entre la forma de la pieza y la operación que se va a realizar. El dispositivo permite además hacer determinados cambios de posición del husillo de modo similar a como se realiza con un divisor. Según el disco divisor que se utilice se pueden obtener 2, 3, 4, 5 6 6 divisiones. Estas posibilidades ofrecen el mecanizado automático de un gran número de piezas en una sola sujeción, por lo cual, pueden realizarse operaciones en piezas de material perfilado, pie-

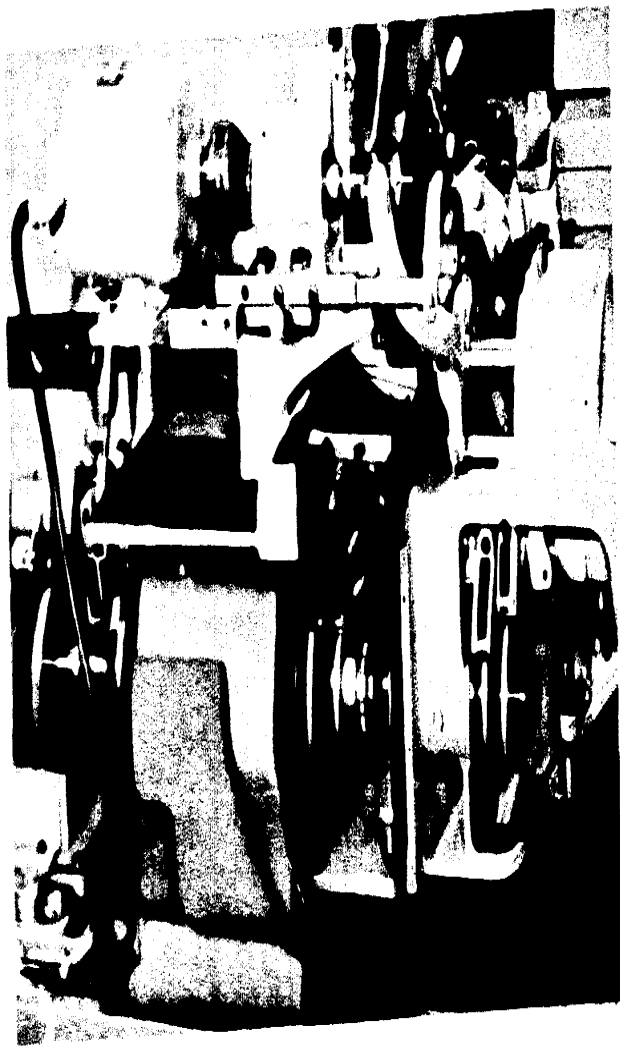


FIG. 46. Dispositivo de taladrado posterior.

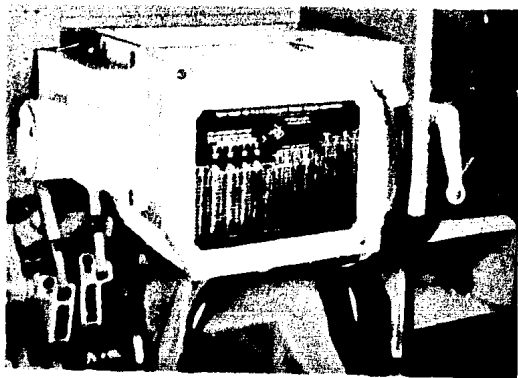


FIG. 50. Dispositivo de roscado con punta de buril.

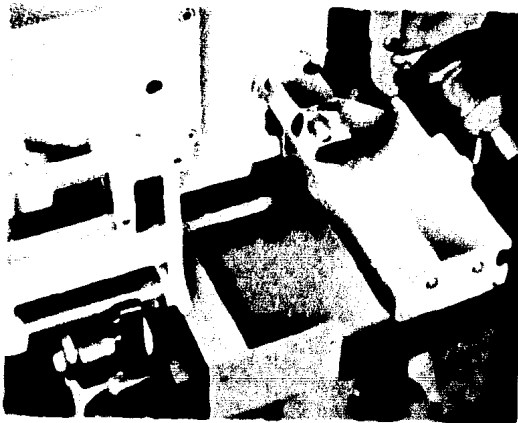
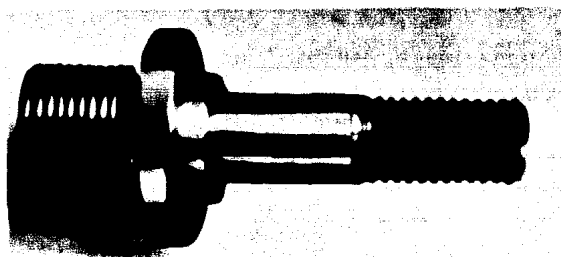


FIG. 49. Ejemplo de trabajo producido con el dispositivo de roscado.



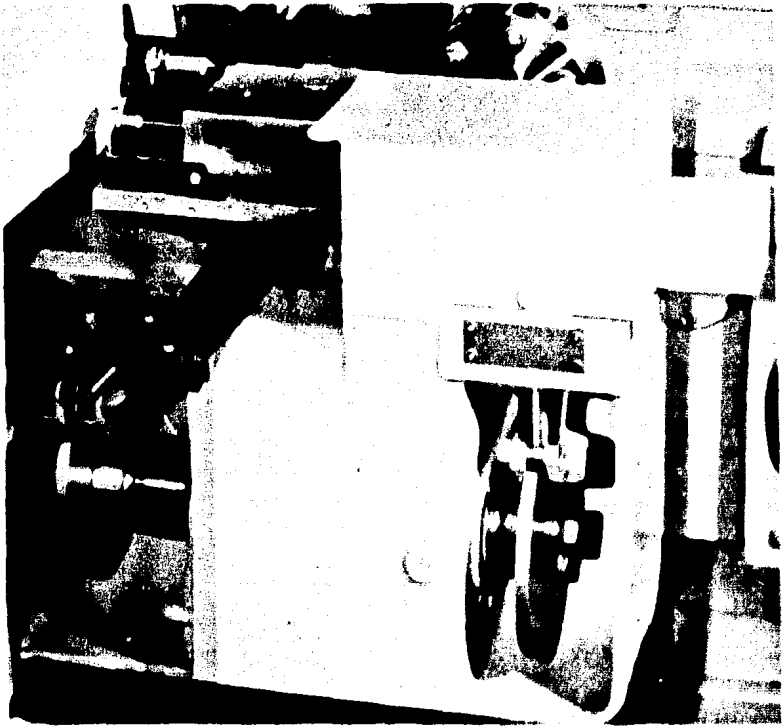


FIG. 47. Dispositivo de torneado longitudinal.

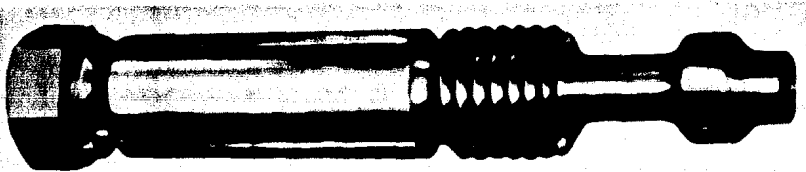


FIG. 48. Pieza maquinada con el dispositivo de torneado longitudinal.

zas estampadas y moldeadas, relacionadas con el perfil o la forma de la pieza a trabajar. Además ofrece la posibilidad de cargar automáticamente piezas semiterminadas de forma regular o irregular al torno automático mediante cargador, suprimiendo así, la carga manual de piezas de este tipo (Fig. 51).

II.2.2.6. CARGADORES DE ALIMENTACION AUTOMATICA PARA SE GUNDAS OPERACIONES.- Se utilizan con gran ventaja para el acabado de piezas que en el primer mecanizado sólo fue posible terminar un lado, así como para el maquinado completamente automático de piezas embutidas, estampadas y moldeadas. Según la forma de la pieza a trabajar y los equipos suplementarios empleados, el cargador de alimentación automática se montará sobre uno de los carros transversales o a la derecha de la torreta o en el costado izquierdo de la máquina. En la mayoría de los casos los cargadores alimentan al torno por gravedad, pero en algunas ocasiones se utilizan cargadores vibratorios (Fig. 52).

II.2.2.7. DISPOSITIVO PARA TALADRADO RAPIDO CON LA TORRETA.- Este dispositivo se utiliza para aumentar la velocidad relativa de la broca respecto a la pieza de trabajo sin que sea necesario aumentar la velocidad del husillo de trabajo. Se utiliza con gran ventaja en la producción de piezas con uno o más agujeros pequeños. Para obtener velocidades de corte económicas es necesario que el barrenado se efectúe a mucha mayor velocidad que la requerida para cualquier otra operación de la pieza. Para lograr esto el dispositivo hace girar la broca en dirección opuesta a la dirección de rotación de la pieza de trabajo. El accionamiento del husillo de taladrado se obtiene de un motor independiente a través de arboles de engranajes cónicos que pasan por el centro de la torreta (Fig. 53).

II.2.2.8. DISPOSITIVO PARA FRESADO CON LA TORRETA.- Su principio de operación es similar al del dispositivo anterior, cambiando únicamente el husillo de taladrado por un cabezal fresador. Se utiliza este dispositivo -

en combinación con su mecanismo de freno positivo del husillo de trabajo que nos permite mantener estática la pieza mientras se realiza la operación de fresado con la torreta revólver. Se pueden montar uno o más cortadores girando en ángulo recto con relación al husillo de trabajo de la máquina (Fig. 54).

II.2.2.9. DISPOSITIVOS PARA FRESADO Y BARRENADO TRANSVERSAL.- Accionados como en el caso anterior por un motor independiente y un mecanismo de transmisión de engranes cónicos, estos dispositivos se montan sobre el carro transversal posterior y su avance es controlado por la leva correspondiente a dicho carro. Estos dispositivos trabajan también con el husillo de trabajo -- frenado y nos eliminan segundas operaciones de barrenado o fresado localizado en ángulo recto con relación al eje de la pieza (Figs. 55 y 56).

II.2.2.10. ALIMENTADORES AUTOMATICOS DE BARRAS.- Este dispositivo operado neumáticamente es un alimentador -- automático de barras, varillas o tubos para el husillo de trabajo de la máquina. Se puede llegar a cargar el dispositivo alimentador con material para trabajo continuo hasta de 8 horas, dependiendo del ciclo de producción de la pieza. El material es alimentado automáticamente una barra tras otra hasta agotar el total de barras del cargador. El alimentador se puede recargar en cualquier momento sin interferir con el ciclo de alimentación.

La utilización de este dispositivo se justifica plenamente cuando la barra de material se consume en 10 minutos o menos, además, se puede obtener una eficiencia de operación del equipo hasta del 90-95% (Fig. 57).

II.2.2.11. ADITAMENTO COPIADOR HIDRAULICO.- Con este aditamento es posible copiar perfiles complicados internos y externos, obteniendo un acabado superficial muy bueno. El aditamento completo se monta en lugar del carro transversal delantero y requiere únicamente de una herramienta de torneado sencilla, colocada en la corredera de copiado a 60° en relación al eje de trabajo de



FIG. 51. Dispositivo localizador del husillo

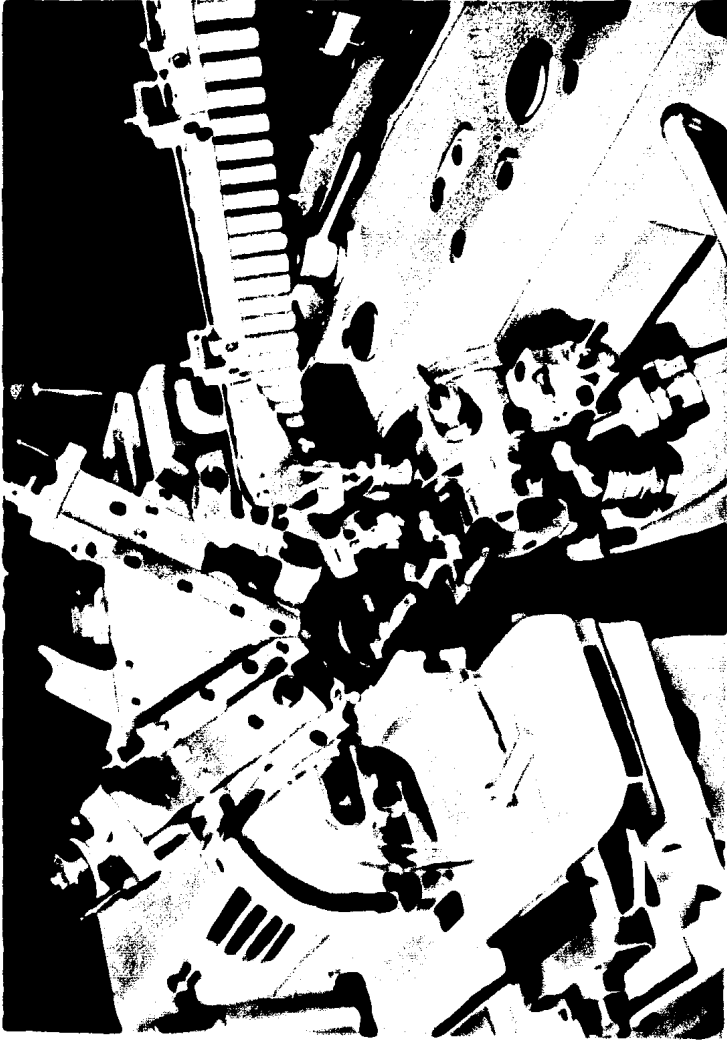


FIG. 52. Cargador para segundas operaciones.

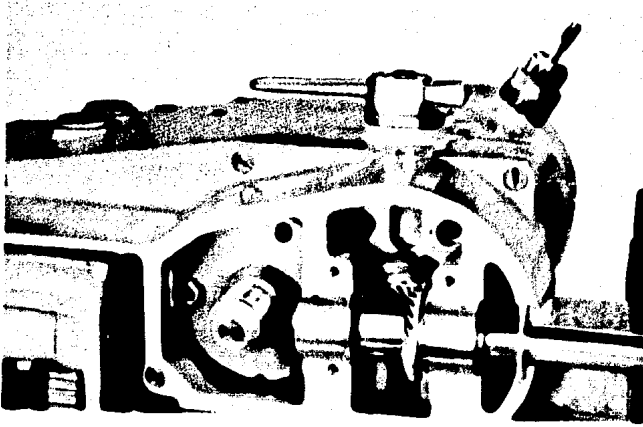


FIG. 53.

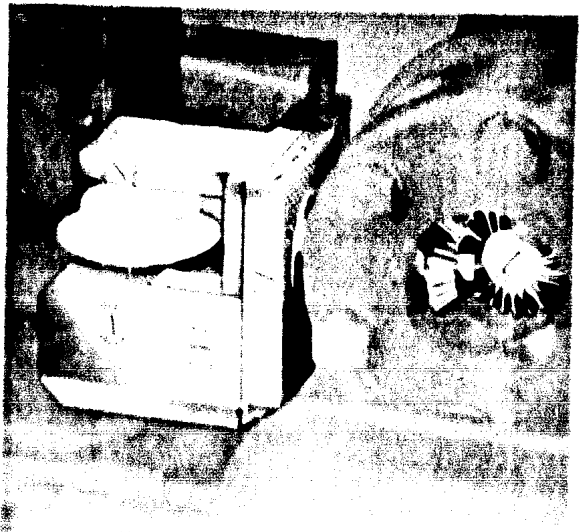


FIG. 54.

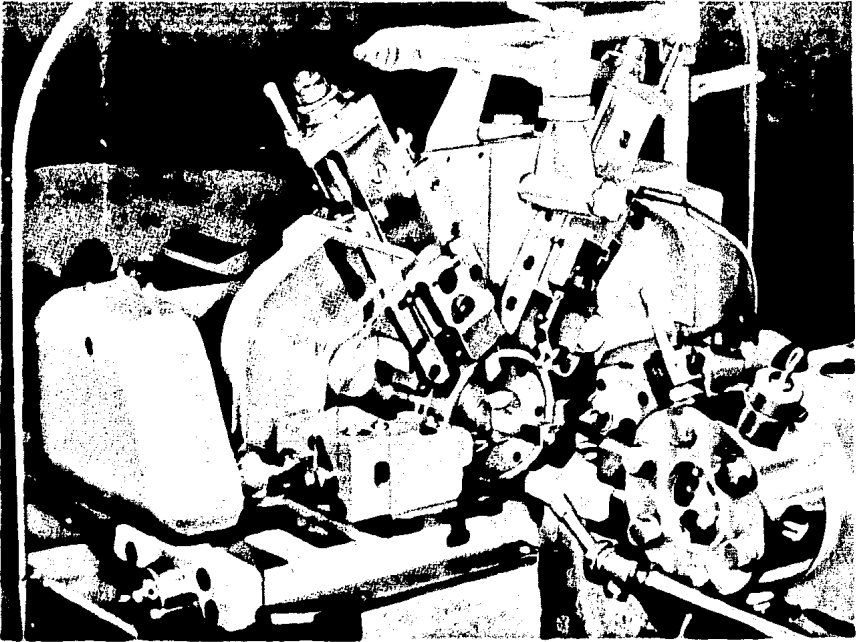


FIG. 55. Dispositivo para barrenado transversal.

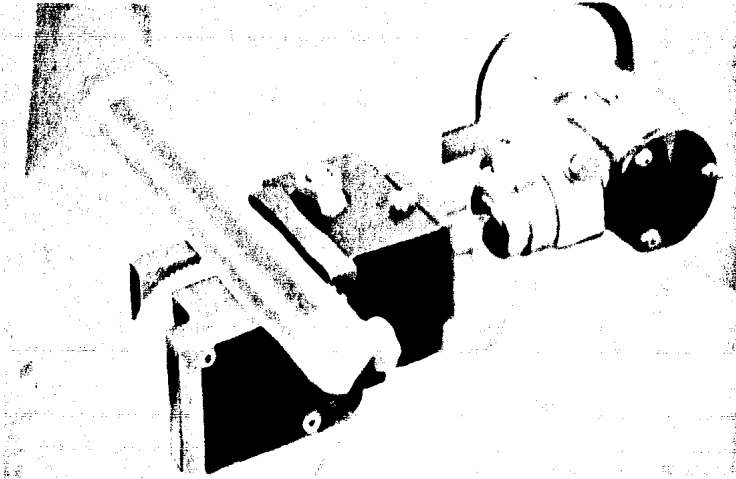


FIG. 56. Dispositivo para fresado transversal.

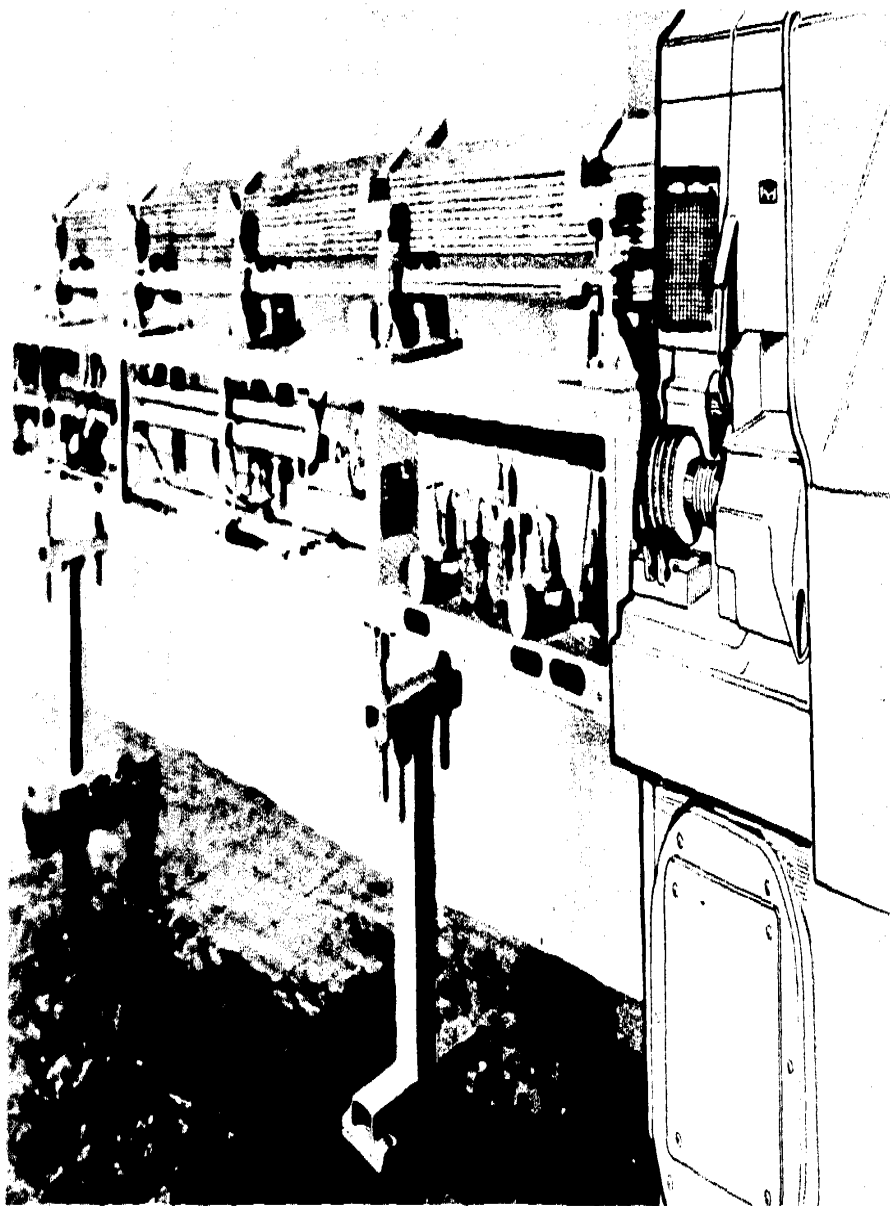


FIG. 57. Alimentador automático de barras.

la pieza. El perfil es copiado de una plantilla plana o cilíndrica, manteniendo una presión hidráulica constante en la corredera porta-herramienta. El movimiento longitudinal es controlado por la leva de torneado longitudinal (o por una leva cilíndrica en algunos equipos) (Figs. 58 y 59).

II.2.2.12. ADITAMENTO GENERADOR DE POLIGONOS.- Utilizando un cortador con el número requerido de cuchillas (filos de corte) y girando con relación al husillo de trabajo de acuerdo a la forma que se desea generar, se pueden obtener con este aditamento dos caras planas, formas triangulares, cuadradas, pentagonales, hexagonales u octagonales. El aditamento se monta sobre la corredera transversal trasera y es controlado por la leva de dicha corredera (Fig. 61). Se ilustra la forma en que se generan los diferentes polígonos (Figs. 62 y 63).

II.2.3. TORNOS AUTOMATICOS MULTI HUSILLO.- El torno automático Multi-husillo (Fig. 64) emplea un sistema de transferencia para presentar un carrusel de barras de trabajo al herramental montado en correderas frontales alineadas con cada uno de los husillos de la máquina. Estas correderas únicamente se deslizan hacia adelante y hacia atrás para llevar las herramientas de trabajo hasta ponerlas en contacto con las barras de material que están girando y retirarlas al terminar su operación. Además de las correderas antes mencionadas, la máquina está equipada cuando menos con una corredera transversal para cada posición del husillo (Fig. 65). Los movimientos de los carros transversales y el indexado del carrusel porta barras están sincronizados con el avance de las correderas frontales por medio del árbol de levas principal. Las barras son sujetadas por boquillas y alimentadas como en los tornos mono husillo (mecánicos accionados por levas). Ya sea que la máquina tenga cuatro, cinco, seis u ocho husillos, el método de operación es el mismo.

Entre las ventajas de este tipo de máquinas podemos señalar como la más importante la división del maquinado de la pieza, de forma tal, que una parte de él se -

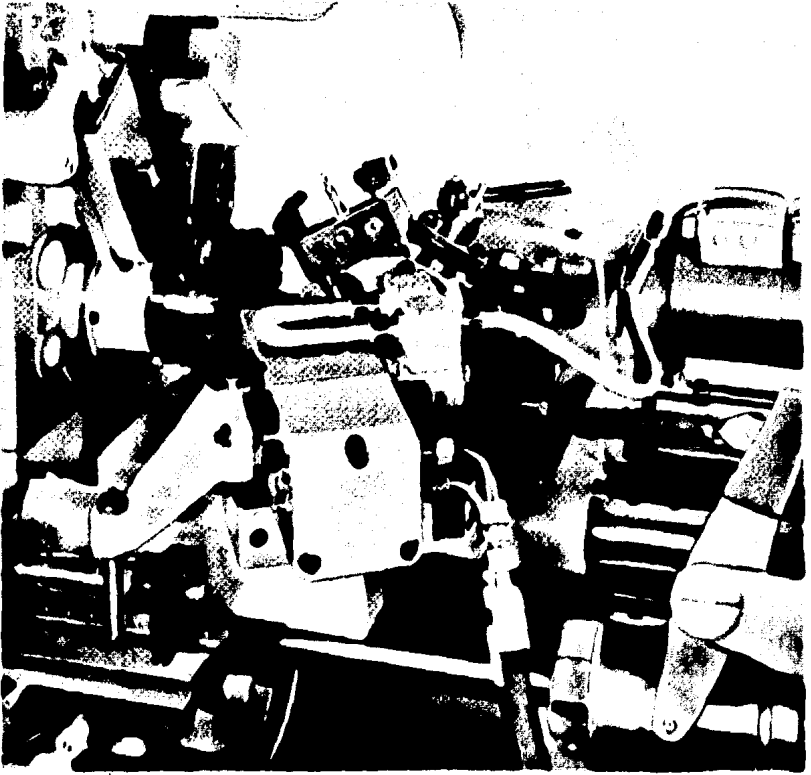


FIG. 58. Copiador hidráulico.

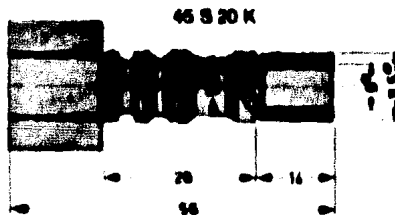


FIG. 59. Pieza torneada con el coprador hidráulico.

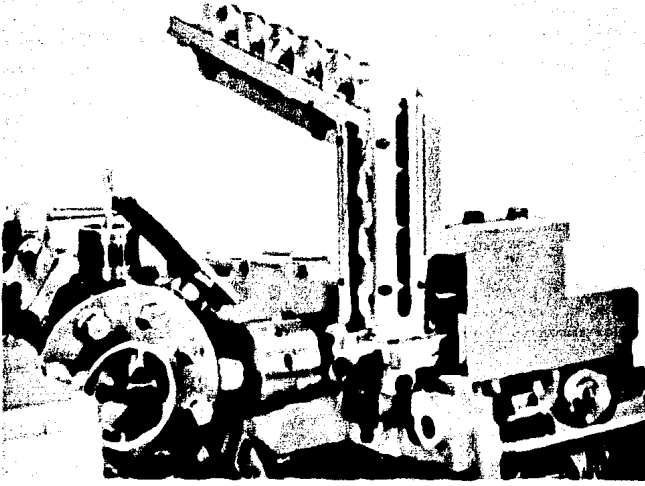


FIG. 60. Cargador para 2das. operaciones

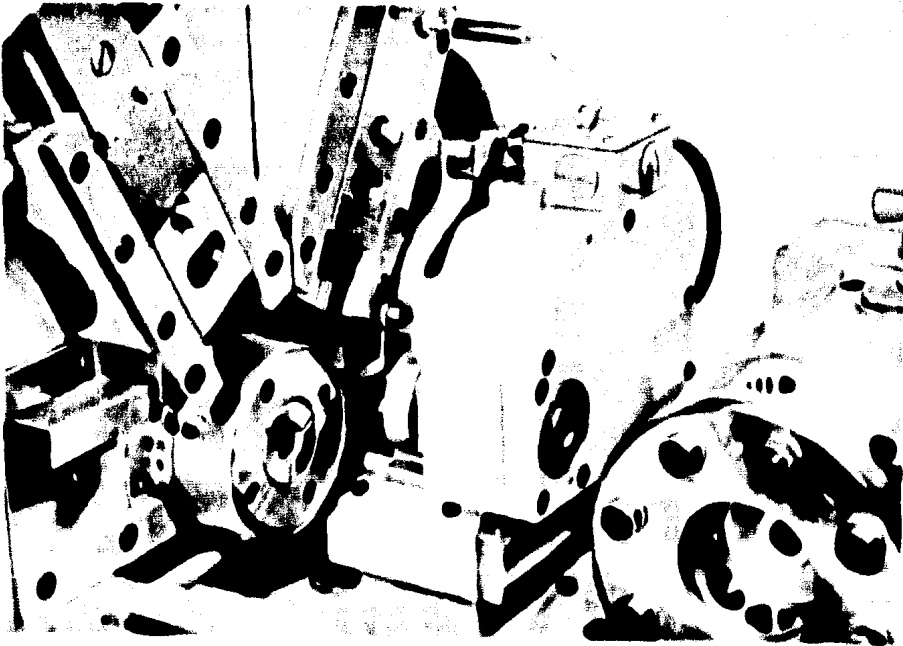
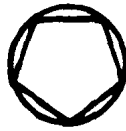


FIG. 61. Aditamento generador de poligonos.



2 CARAS PLANAS
1 Cuchilla en el
cortador
Relación 2:1



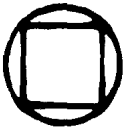
FORMA PENTAGO
NAL
2 Cuchillas
Relación 2.5:1



FORMA TRIANGU
LAR
1 Cuchilla
Relación 3:1



FORMA HEXAGO
NAL
3 Cuchillas
Relación 2:1



FORMA CUADRA
DA
2 Cuchillas
Relación 2:1



FORMA OCTAGO
NAL
4 Cuchillas
Relación 2:1

FIG. 62.

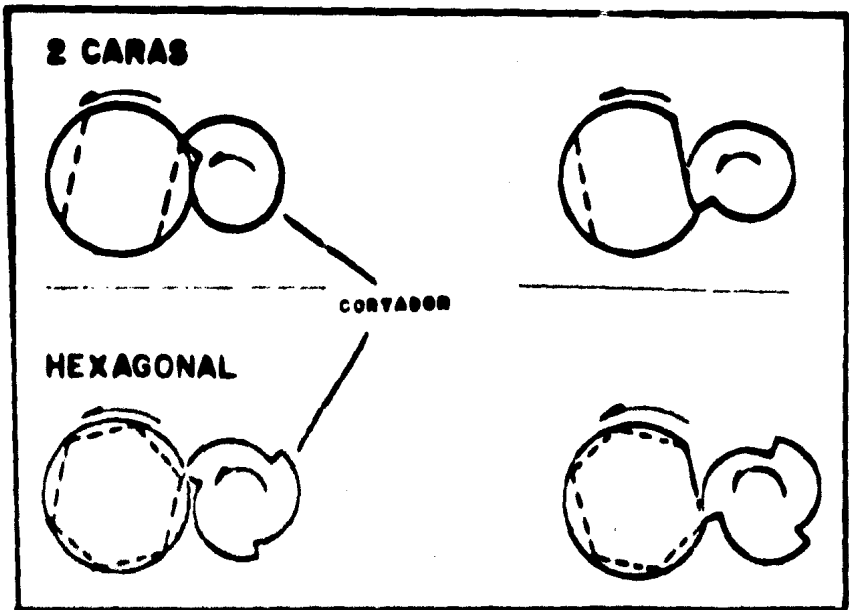


FIG. 63.

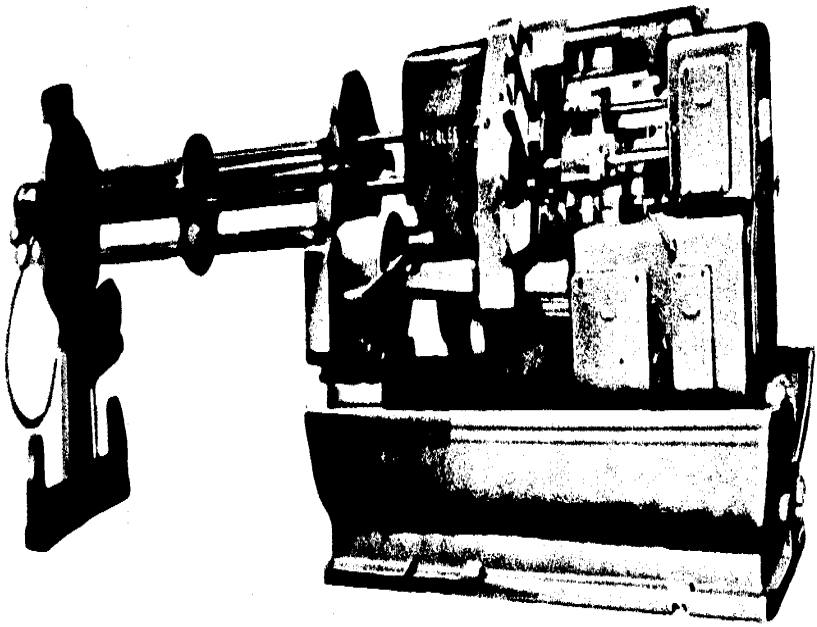


FIG. 64. Torno automático multihusillo

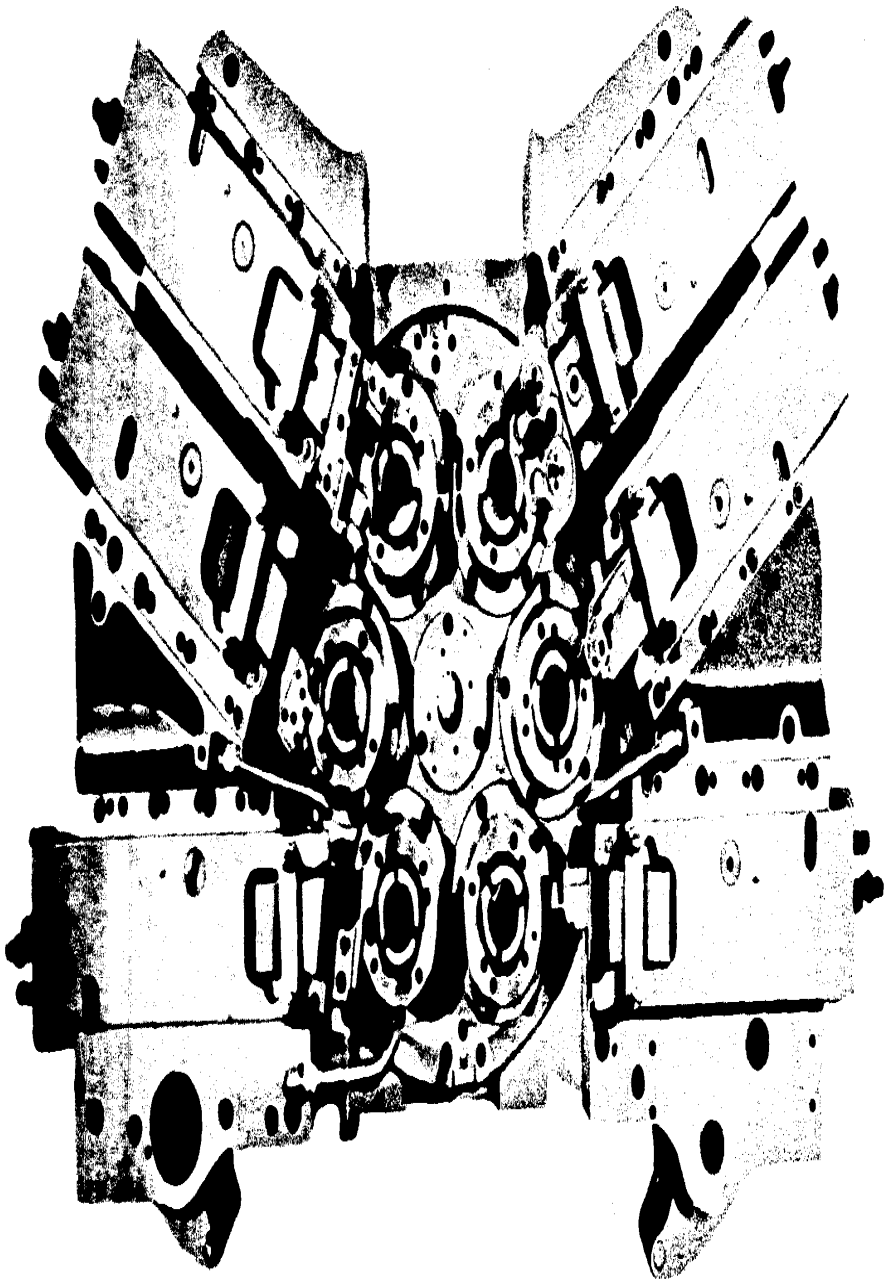


FIG. 65. Disposición de las correderas transversales en un Torno multihusillo.

realiza simultáneamente en cada una de las diferentes estaciones acortando así el tiempo requerido para terminar una pieza. Una parte terminada es separada por cada indexado del husillo.

En la Fig. 66 aparece un perno que aún cuando por sus dimensiones cae en el rango del torno mono-husillo debería ser fabricado en un torno multi-husillo. La cantidad de trabajo en el diámetro exterior y las cerradas tolerancias requeridas necesitan de torneado as pero y fino. El diagrama de herramental (Fig. 67) para esta pieza sugiere el uso de cinco carros transversales y el torno mono-husillo tiene cuatro cuando más. En la Fig. 68 aparece una pieza que por su complejidad puede ser producida más económicamente en un torno multi-husillo, ya que se pueden lograr barrenos con diferentes diámetros, rimado, machuelado, cajeadado, y el diámetro exterior puede ser roscado en uno o más diámetros, inclusive aquellos detrás de un hombro.

Cabe mencionar que no es necesariamente el volumen en sí el principal factor que determina la utilización de un torno multi-husillo, sino que además hay que considerar la complejidad de la pieza, por ejemplo, para una pieza sencilla en donde se requiera herramental simple, es posible que éste se amortice en un lote de 10000 piezas, pero en el caso de que una pieza complicada requiera herramental complejo, es necesario un lote de 50000 ó 100000 piezas para que el herramental sea amortizado.

II.2.3.1. ADITAMENTOS PARA TORNO AUTOMATICO MULTIHUSILLO.

a) ADITAMENTO PARA FRESAR.- Se monta en el carro portaherramientas principal y es accionado por una flecha conectada a la caja de engranes. Se usa para fresar ranuras o planos al final de la pieza (Fig. 69).

Un ejemplo de aplicación de este aditamento se ilustra en la pieza de la Fig. 70 la cual es realizada por medio de dos cortadores. El aditamento es montado en el carro portaherramienta en la cuarta posición y corta dos planos paralelos en el extremo frontal de la

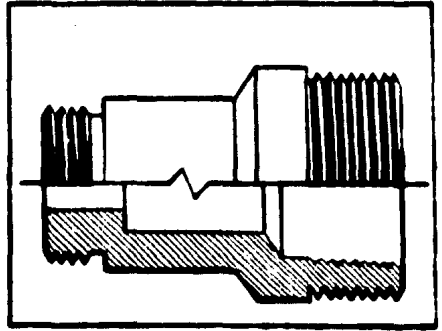
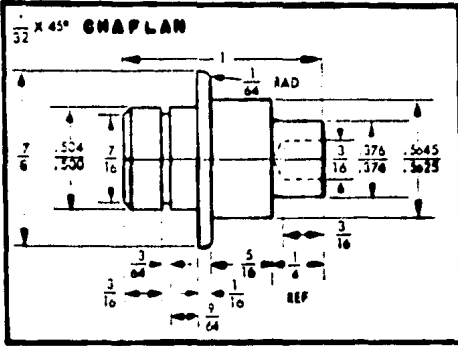


Fig. 68. Pieza típica para maquinarse en torno multi-husillo.

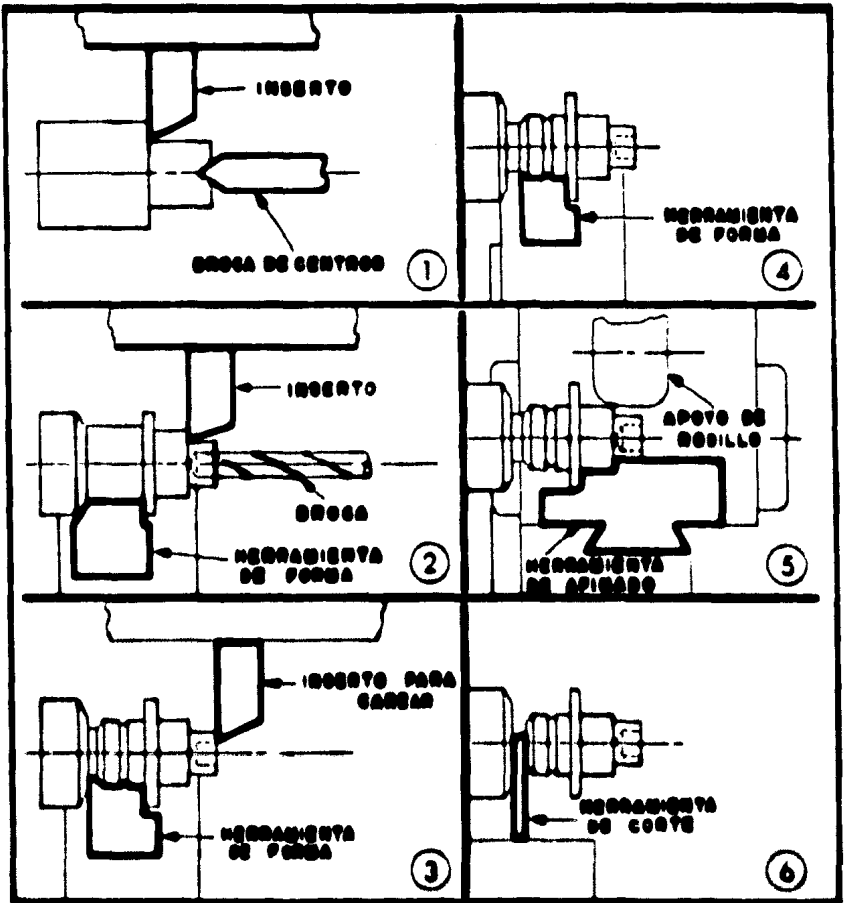


FIG. 67, Diagrama de herramental para la pieza de la Fig. (66).

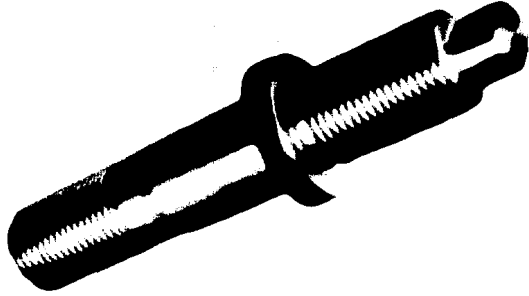


FIG. 70. Pieza realizada con aditamento fresador.

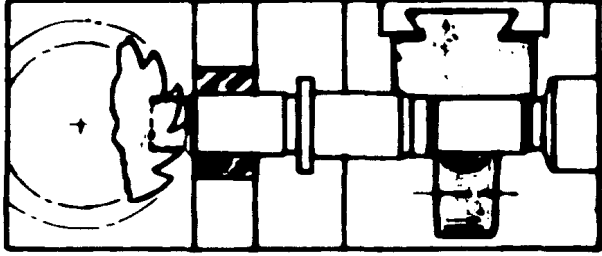


FIG. 71. Diagrama de funcionamiento del aditamento para fresar.

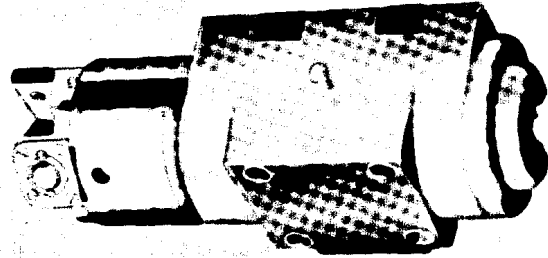
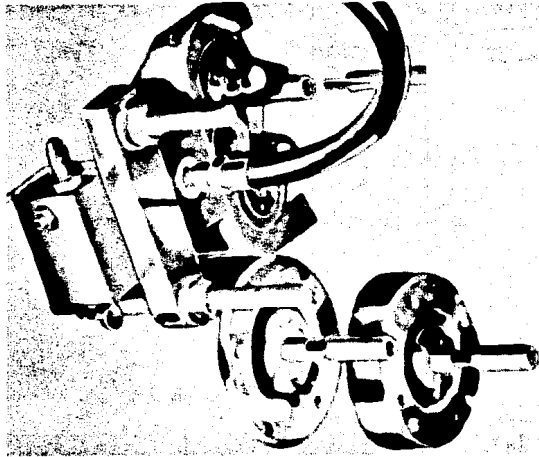


FIG. 69. Aditamento para fresar con torno multihusillo.



pieza mientras el extremo trasero es rebajado al tamaño requerido para el rolado de la cuerda. La cabeza fresadora gira a la misma velocidad que la pieza de trabajo mientras los cortadores son accionados por medio de engranes a la velocidad requerida para el trabajo de frezado (Fig. 71).

b) ADITAMENTO PARA BRUÑIR.- Un método económico para obtener acabados finos como el de la pieza de la Fig. 72 lo proporciona el aditamento para bruñir, eliminando -- así costosas segundas operaciones.

Este aditamento ilustrado (Fig. 73) fue usado en la tercera posición para bruñir el contorno esférico de la pieza (Fig. 74).

El aditamento consta de dos rodillos idénticos endurecidos montados en bloques corredizos que giran sobre un eje en el portaherramienta, dando así movimiento lateral a los rodillos bruñidores. Es fácil su ajuste a un tamaño y presión dadas por medio de dos tornillos de ajuste y el prisionero. También es posible obtener un fino ajuste girando el eje excéntrico del rodillo inferior. El aditamento es más comúnmente usado en la -- tercera, cuarta o quinta posición.

El éxito de la operación de bruñido depende fundamentalmente de la preparación de la superficie por bruñir y de la precisión de los rodillos, la superficie de be estar libre de marcas de herramientas y con tolerancia cerrada, evitando así, sobrecargar los rodillos.

c) ADITAMENTO PARA FORMADO EXCÉNTRICO.- Este aditamento mostrado en la Fig. 75 es otro interesante ejemplo de -- como la aplicación de un aditamento especial elimina se gundas operaciones.

El aditamento para formado excéntrico (Fig. 76) -- consta de un soporte donde está montado el block portaherramientas, la flecha excéntrica y el block de compensación excéntrica. La flecha excéntrica esta conectada a la caja de engranes por medio de una flecha con junta universal que gira a la misma velocidad que el husillo de trabajo. Como la flecha gira, ésta imparte el movimiento excéntrico al block de compensación, el cual pro

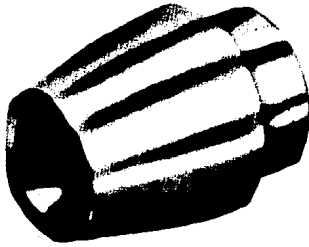


FIG. 72. Pieza realizada con el aditamento para bruñir.

FIG. 73, Aditamento para Bruñir.

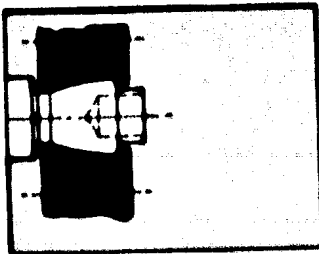
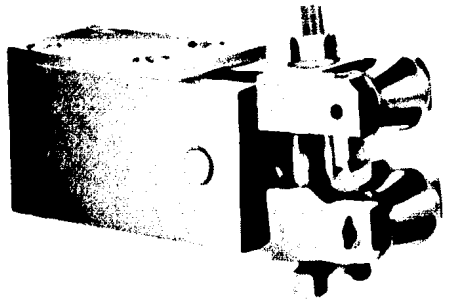


FIG. 74. Diagrama que muestra el funcionamiento del aditamento para bruñir.

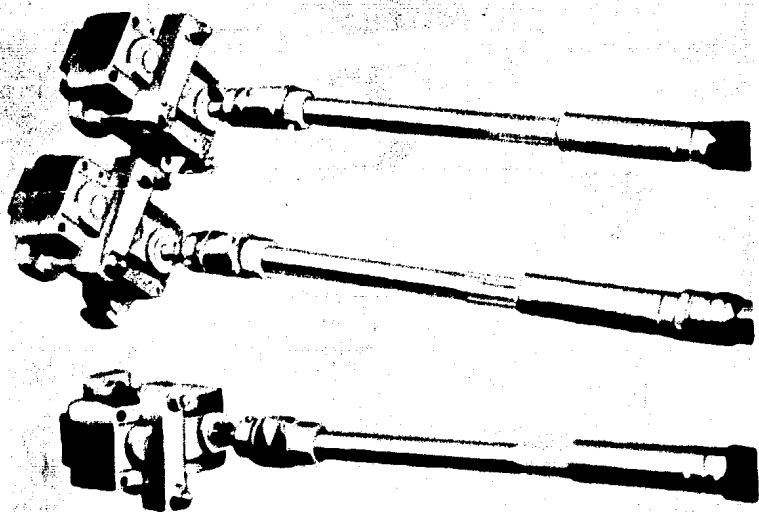


FIG. 75. Aditamento para formado excêntrico.

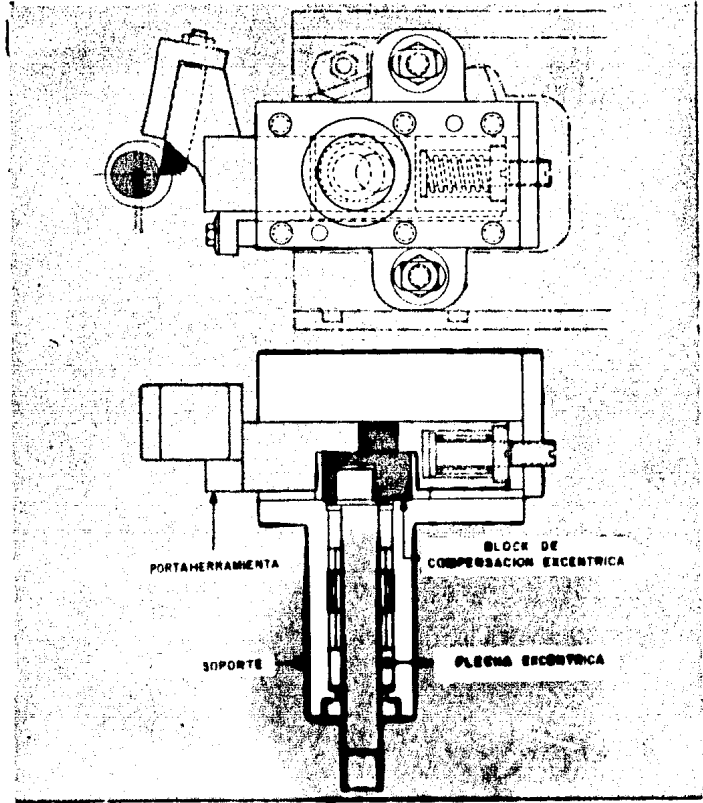


FIG. 76. Diagrama de funcionamiento del aditamento para formado excentrico.

FIG. 77. Pieza realizada con el aditamento para formado excentrico.



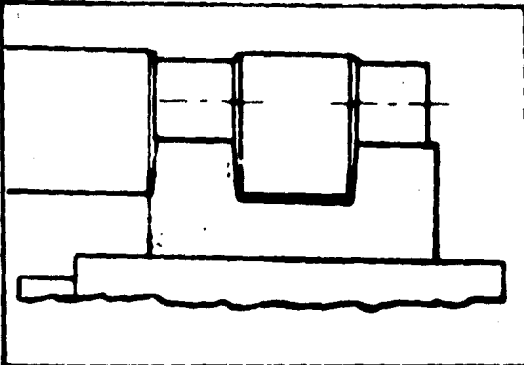
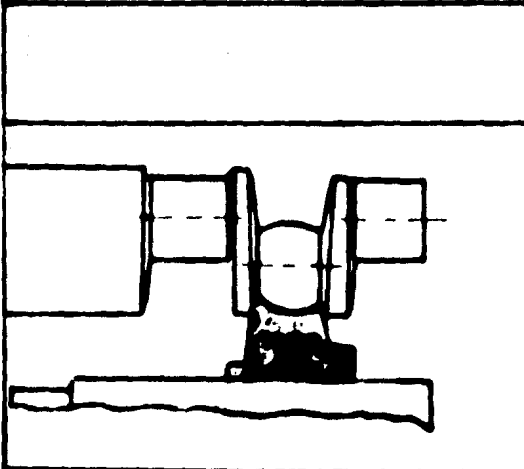
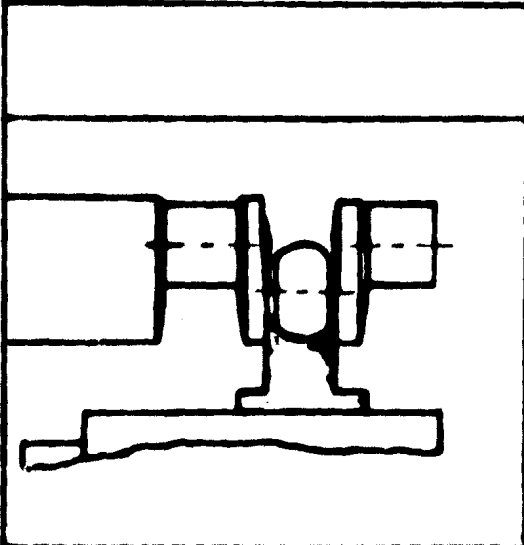
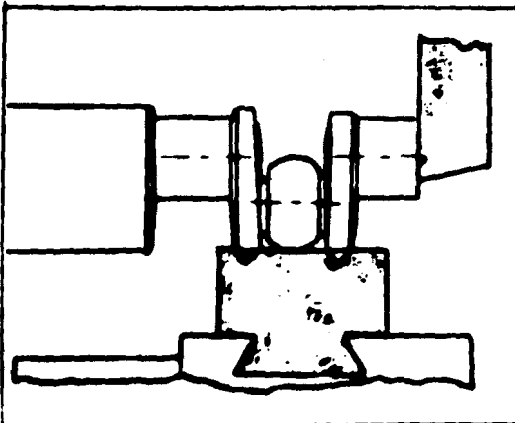
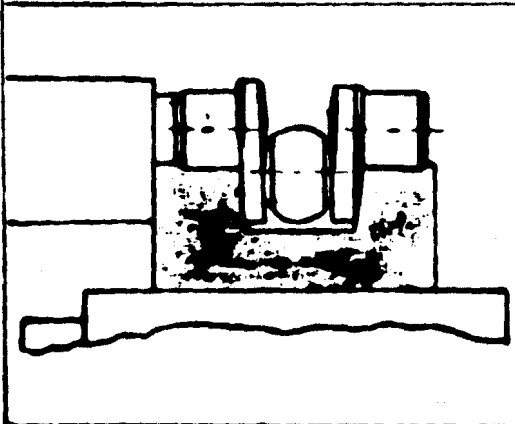
	<p>PRIMERA POSICION</p> <p>Formado excéntrico (desvaste inicial) en diámetro de - - - 0.550" y radio de 1/32".</p>
	<p>SEGUNDA POSICION</p> <p>Formado excéntrico (desvaste inicial) en diámetro esférico de 0.643", formado interior cónico lateral de acabado y radio de 1/32".</p>
	<p>TERCERA POSICION</p> <p>Formado excéntrico de acabado en diámetro esférico de 0.643" y radio de 0.023".</p>

FIG. 78. Proceso de fabricación de la pieza mostrada en la Fig. (77).



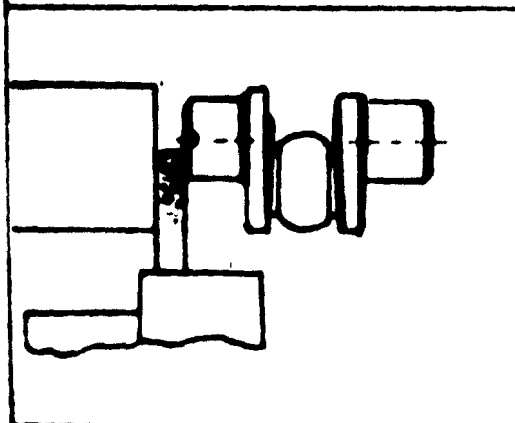
CUARTA POSICION

Refrentado, matar filos en diámetro de 1".



QUINTA POSICION

Formado excéntrico de acabado en diámetro de 0.550", - formado cónico exterior lateral, radio de 1/64", chaflán a 45° en ambos lados y desvaste inicial para corte.



SEXTA POSICION

Corte (tronzado).

duce un movimiento recíprocante a la herramienta. La cantidad de movimiento del block portaherramientas está determinada por la excentricidad requerida por la pieza. La acción del block de compensación asegura que la punta de la herramienta estará siempre en el centro del diámetro excéntrico, proporcionando así un diámetro real.

La pieza mostrada en la Fig. 77 es un ejemplo de formado excéntrico. Tiene dos diámetros excéntricos que son completamente terminados por aditamentos montados en la primera, segunda, tercera y quinta posiciones. La pieza es fabricada a partir de barra de 1 pulgada de diámetro y es sujeta en boquillas concéntricas standard. Es maquinada a una velocidad de 420 R.P.M. produciendo 110 pies superficiales por minuto (S.F.M.) en el diámetro exterior de la pieza. El tiempo de maquinado es de 43 segundos, que da una producción estimada de 83 piezas por hora.

II.2.4. TORNOS AUTOMÁTICOS TIPO SUIZO.- Mientras que los tornos automáticos monohusillo y multihusillo son originarios de los EUA, los tornos automáticos tipo suizo fueron desarrollados por la industria relojera europea para obtener producciones rápidas de piñones, pernos y tornillos miniatura (Fig. 79).

Todos los tornos tipo suizo tienen un mecanismo de cabezal móvil. El material es sujeta por una boquilla dispuesta dentro de un husillo deslizante que puede ser accionado longitudinalmente. Casi todo el herramienta está montado sobre carros transversales. La máquina suiza usa cuatro o cinco herramientas dependiendo del tipo de pieza que será maquinada. Las herramientas están firmemente sujetas en portaherramientas que se encuentran dispuestas radialmente respecto a la pieza (Fig. 81).

Cada herramienta avanza o retrocede para efectuar el corte hacia el centro de la barra. Los movimientos de los portaherramientas son controlados por levas planas que son fabricadas de fierro fundido o acero.

Cada uno de los portaherramientas puede ser ajustado

duce un movimiento recíprocante a la herramienta. La cantidad de movimiento del block portaherramientas está determinada por la excentricidad requerida por la pieza. La acción del block de compensación asegura que la punta de la herramienta estará siempre en el centro del diámetro excéntrico, proporcionando así un diámetro real.

La pieza mostrada en la Fig. 77 es un ejemplo de formado excéntrico. Tiene dos diámetros excéntricos que son completamente terminados por aditamentos montados en la primera, segunda, tercera y quinta posiciones. La pieza es fabricada a partir de barra de 1 pulgada de diámetro y es sujeta en boquillas concéntricas standard. Es maquinada a una velocidad de 420 R.P.M. produciendo 110 pies superficiales por minuto (S.F.M.) en el diámetro exterior de la pieza. El tiempo de maquinado es de 43 segundos, que da una producción estimada de 83 piezas por hora.

II.2.4. TORNOS AUTOMÁTICOS TIPO SUIZO.- Mientras que los tornos automáticos monohusillo y multihusillo son originarios de los EUA, los tornos automáticos tipo suizo fueron desarrollados por la industria relojera europea para obtener producciones rápidas de piñones, pernos y tornillos miniatura (Fig. 79).

Todos los tornos tipo suizo tienen un mecanismo de cabezal móvil. El material es sujeta por una boquilla dispuesta dentro de un husillo deslizante que puede ser accionado longitudinalmente. Casi todo el herramienta está montado sobre carros transversales. La máquina suiza usa cuatro o cinco herramientas dependiendo del tipo de pieza que será maquinada. Las herramientas están firmemente sujetas en portaherramientas que se encuentran dispuestas radialmente respecto a la pieza (Fig. 81).

Cada herramienta avanza o retrocede para efectuar el corte hacia el centro de la barra. Los movimientos de los portaherramientas son controlados por levas planas que son fabricadas de fierro fundido o acero.

Cada uno de los portaherramientas puede ser ajusta

do individualmente en todas direcciones por medio de tornillos micrométricos de precisión. Estos tornillos tienen una carátula graduada que puede ser fijada en ce-ro o en cualquier posición deseada.

No se requieren cálculos para ajustar las diferentes herramientas para el diámetro o longitud de los pasos o centrar la altura relativa al eje de la barra. Las carátulas de los micrómetros se pueden obtener con graduaciones en centésimas de milímetro o milésimas de pulgada.

Otra ventaja del torno suizo es que se le puede adaptar varios dispositivos tales como barrenado transversal, barrenador trasero y ranurador, permitiendo efectuar ciertas operaciones adicionales y eliminando operaciones secundarias.

Las máquinas suizas fabrican partes con tolerancias cerradas y de diámetros tan pequeños como 0.005". Se pueden barrenar y abocardar agujeros de 0.002" de diámetro. Este tipo de máquinas usan un buje de soporte que sigue el material hasta unas cuantas milésimas antes del punto de corte, haciendo posible efectuar trabajos largos y delgados. Usadas para trabajo general, estas máquinas aventajan a otras, sobre todo en la fabricación de piezas pequeñas de formas complejas tipo piñón y piezas que requieren torneados detrás de hombros. Escalones, hombros, radios complicados y configuraciones difíciles de producir por otros medios son relativamente simples en los tornos suizos.

Una pieza típica para torno suizo es la que aparece en la Fig. 80, la cual se sale del rango de las de monohusillo y multihusillo.

CONSIDERACIONES DE PRODUCCION.

Los tiempos de producción en tornos automáticos varían desde menos de un segundo hasta varios minutos por pieza. La producción neta varía del 50% al 90% de la producción teórica. Los factores que contribuyen a esta gran variación incluyen el tipo de material, longitud de la pieza, el número de dimensiones con toleran-

cias críticas y el tipo de máquina usada.

Debido a los altos rangos de producción de estas máquinas, a los tiempos de preparación y tiempos muertos, estos deben ser cargados a cada trabajo. Los lotes pequeños de producción acarrear un cargo proporcional mayor de tiempo muerto por pieza que lotes de alto volumen. De manera similar, las herramientas especiales para cada trabajo deben ser cargadas a él. Las herramientas standard de uso frecuente como brocas, ri-mas, machuelos, moletas, roladores de cuerdas, peines, etc. no son cargadas a un trabajo específico.

La capacidad de reajuste del herramental del torno automático es una ventaja importante. Si son necesarios cambios menores de diseño hasta antes de que se inicie la corrida pueden ser hechos más fácilmente y a menor costo que con muchos otros métodos de fabricación.

Sujetas a limitaciones impuestas por los diferentes tipos de equipo, la naturaleza del material y la forma de la pieza, las tolerancias típicas son: $\pm 0.005''$ en longitud total y $\pm 0.002''$ en diámetro, las que pueden ser más cerradas cuando así se requiera. Los tornos automáticos son capaces de producir tolerancias idénticas, sujetas por supuesto, a desviaciones por desgaste en la herramienta.

Bajo condiciones normales, la concentricidad de un barreno contra un diámetro exterior torneado se encuentra usualmente dentro de un margen de $0.0002''$ (lectura total del indicador T I R) y la concentricidad de un barreno contra un diámetro exterior no torneado estará dentro de un margen de $0.004''$ (T I R).

Las distancias entre hombros a una dimensión interior puede estar dentro de $\pm 0.003''$ sin ocasionar costos excesivos. En la mayoría de los casos es posible obtener tolerancias más cerradas pero se requiere mayor cuidado en el herramental. Durante el diseño del producto, los ahorros en los costos de manufactura se pueden obtener si las partes se consideran dentro de las tolerancias normales de la máquina.

El material de trabajo puede ser casi de cualquier forma: redondo, cuadrado, hexagonal, triangular o cualquier material rolado o extruido. Por medio del uso de herramientas de forma que son rectificadas con precisión se obtienen perfiles torneados a bajo costo.

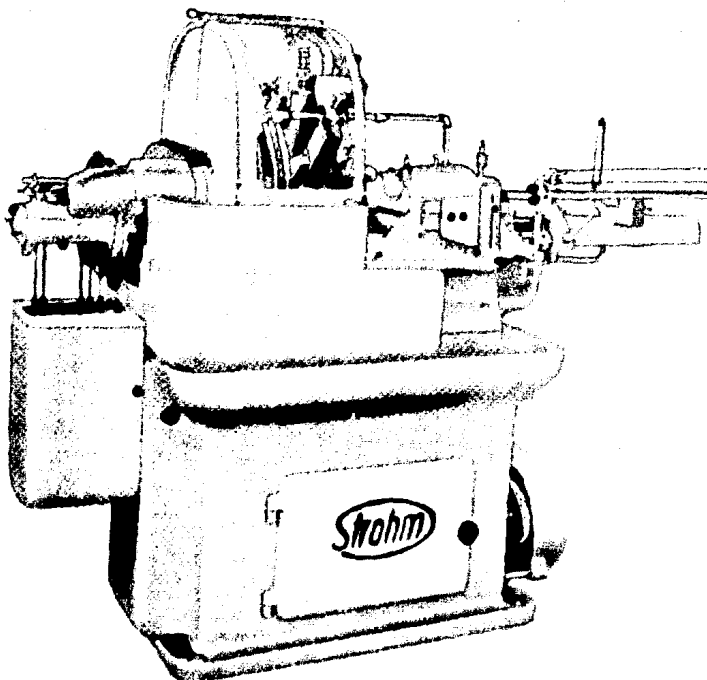


FIG. 79. Torno automático tipo suizo

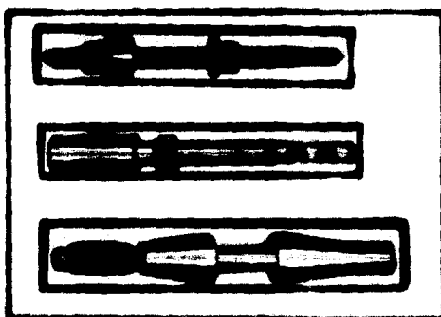


FIG. 80. Piezas producidas en un torno suizo.

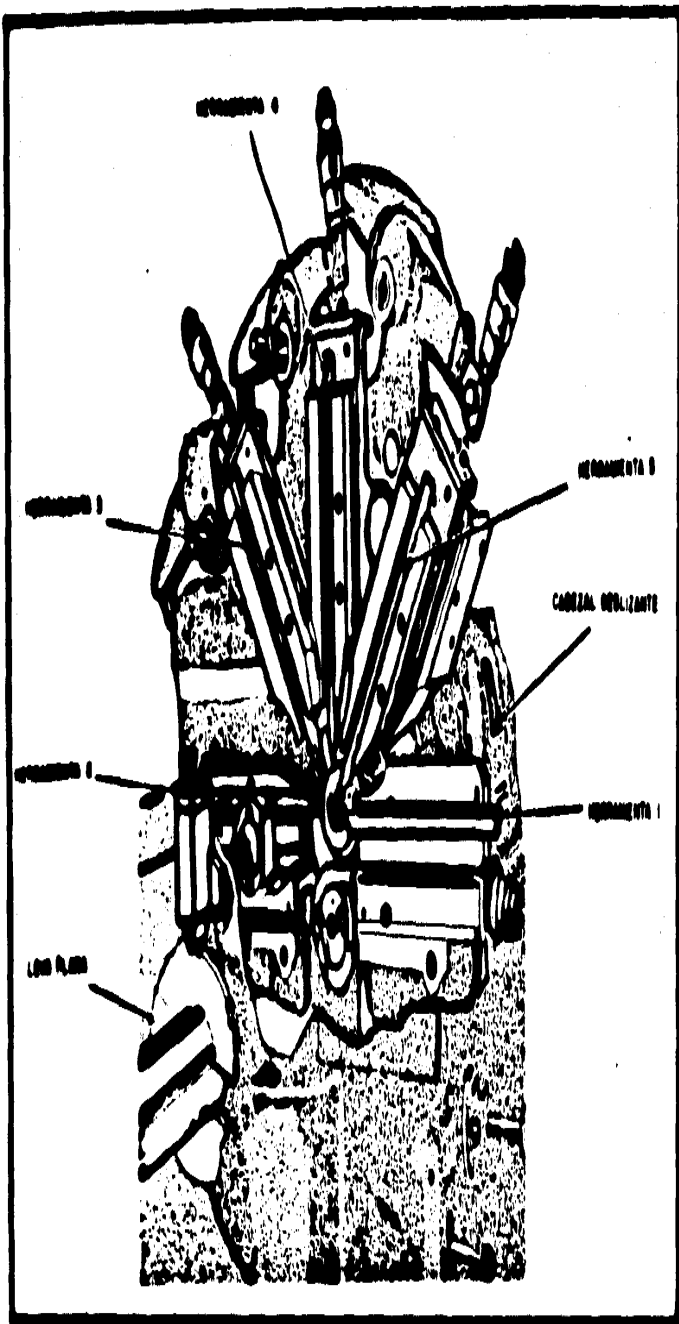


FIG. 81. Disposición de los carros transversales en el torno tipo suizo.

2. FRESADO

C A P I T U L O 2

FRESADO

El proceso de fresado debido a su gran versatilidad que nos permite labrar superficies planas con perfiles determinados, buen acabado y precisión, es uno de los procesos más importantes en la industria. Nueve de cada diez industrias metalmeccánicas lo utilizan y es uno de los medios más eficientes para remover material en una pieza de trabajo. La remoción de material se logra al avanzar la pieza de trabajo contra un cortador rotatorio. Excepto la rotación, el cortador de forma circular no tiene ningún otro movimiento. Una de las principales características de este proceso es que el cortador (llamado fresa) tiene una serie de filos cortantes (dientes) sobre una circunferencia, cada uno de los cuales actúa como un cortador individual en el ciclo de rotación removiendo material en forma de rebabas discontinuas. La pieza se sujeta sobre la mesa de trabajo que controla el avance contra el cortador. En la mayoría de las máquinas existen tres movimientos posibles de la mesa: Longitudinal, transversal y vertical.

La calidad del acabado o la apariencia de la superficie maquinada estarán determinadas por el método de fresado empleado. Existen básicamente dos métodos, el fresado periférico y el fresado frontal o de superficie.

FRESADO PERIFERICO.- La superficie que se obtiene con este método es generada por los filos cortantes (dientes) localizados en la periferia del cuerpo del cortador y generalmente paralelos al eje principal del mismo. La forma de la superficie generada corresponde al contorno del cortador que puede ser plano o de forma. (Figs. 1 y 2).

Este tipo de fresado se efectúa generalmente en fresadoras con husillo horizontal pero puede realizarse también en fresadoras con husillo vertical utilizando por ejemplo, los filos cortantes periféricos de un cortador vertical.

FRESADO FRONTAL: Las diferencias de este método respecto al anterior no son muy grandes, excepto por la

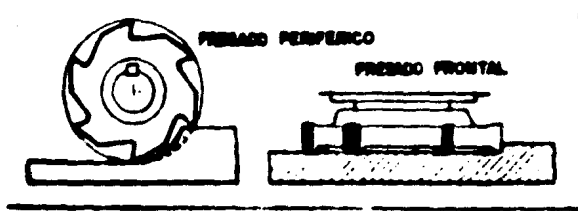


FIG. 1.

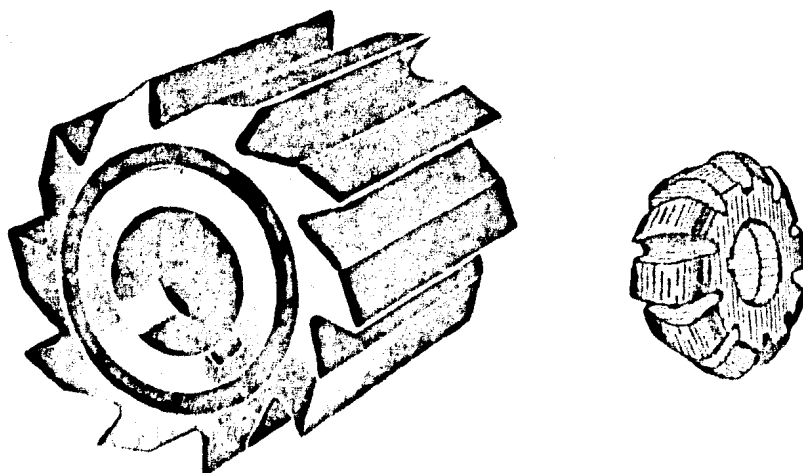


FIG. 2. Corredor plano y de forma.

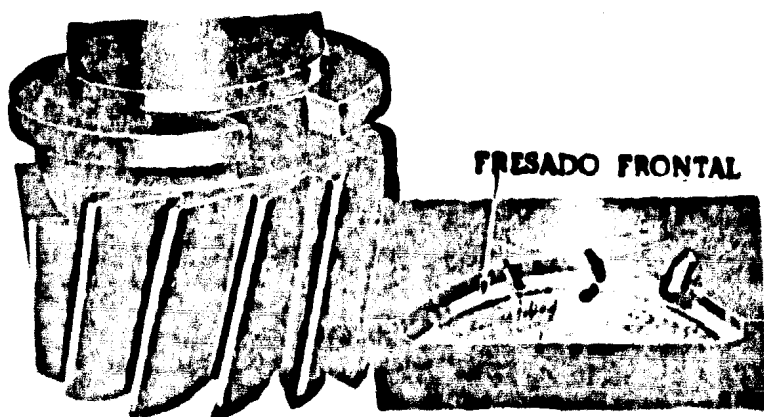


FIG. 3.

forma del cortador. En el fresado frontal (que generalmente se prefiere al periférico) el cortador utiliza la acción combinada de dos diferentes filos cortantes localizados tanto en la periferia como en la cara inferior, logrando así la superficie maquinada deseada. (Fig. 3).

El cortador se sujeta en un eje perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo y mientras los filos localizados en la periferia remueven la mayor parte del material, los filos en la cara nos proporcionan el acabado de la misma.

Las operaciones de fresado frontal se realizan en máquinas con husillo tanto horizontal como vertical.

Desde sus inicios, el desarrollo de las fresadoras, sus herramientas y dispositivos se han orientado básicamente en dos diferentes direcciones: la primera buscando aumentar la versatilidad del equipo y la segunda disminuyendo la flexibilidad de las máquinas que efectúan un trabajo específico con la finalidad de aumentar la eficiencia del trabajo. (Producción).

La forma y construcción de las fresadoras varía enormemente de acuerdo al propósito para el cual han sido diseñadas. Existe una gran variedad de combinaciones de tipos, tamaños y diseños especiales, sin embargo, independientemente de esto, las fresadoras comparten la mayoría, sino todas las siguientes características de diseño:

- a.- HUSILLO.- La fuerza motriz se transmite del motor principal de la máquina a través de una serie de bandas, engranes y/o embragues.
- b.- BASE.- Es la cimentación de la máquina y simultáneamente funciona como depósito del refrigerante. En la actualidad, debido a problemas de contaminación ambiental, la base que generalmente se obtenía de fundición está siendo reemplazada por bases de pla

ca de acero soldada.

- c.- COLUMNA.- Es el soporte principal del alojamiento del husillo y puede en algunas ocasiones soportar el motor del mismo husillo.
- d.- MESA DE TRABAJO
- e.- SILLETA O CARRO (SADDLE).- La silleta soporta la mesa de trabajo proporcionándole apoyo para el movimiento longitudinal. En las fresadoras del tipo rodilla y columna, la silleta descansa en las guías de la rodilla y desplazándose sobre éstas nos proporciona el movimiento transversal de la mesa de trabajo.
- f.- RODILLA (KNEE).- Es el elemento estructural que soporta a la silleta y a la mesa de trabajo, además, desplazándose sobre las guías de la columna nos proporciona el movimiento vertical de la mesa de trabajo. La rodilla es el elemento característico de las fresadoras tipo rodilla y columna.
- g.- BRAZO SOPORTE (OVER ARM).- Se proyecta hacia el frente de la máquina desde la parte superior de la columna, proporcionando soporte a la flecha del husillo en el caso de fresadoras con husillo horizontal y ajuste del ariete en las fresadoras de husillo vertical.
- h.- ARBOL PORTA CORTADORES
- i.- ARIETE (RAM).- El ariete desplaza el husillo transversalmente con relación a la columna, este elemento se encuentra generalmente en fresadoras con husillo vertical.
- j.- MANGUITO (QUILL).- Es el alojamiento del husillo y puede posicionarse manualmente o con movimiento motorizado. Es una característica de las fresadoras con husillo vertical.

Las variantes en el uso y combinación de cada una--

de estas características individuales son casi infinitas, aunado a lo anterior, los aditamentos por si solos pueden cambiar el modo de operación de la máquina a otro enteramente diferente.

CLASIFICACION DE LAS FRESADORAS.- Sin tomar en cuenta aditamentos y agrupando los estilos básicos de fresadoras más populares que se utilizan en la actualidad, éstas pueden ser clasificadas en los siguientes grandes grupos:

- I.- FRESADORAS DE RODILLA Y COLUMNA
- II.- FRESADORAS DE PRODUCCION
- III.- FRESADORAS DE DISEÑO ESPECIAL

I.- FRESADORAS DE RODILLA Y COLUMNA.- Este es el tipo de fresadora más comunmente empleado y su nombre se deriva del diseño de sus dos elementos principales: (1) la columna que es la estructura principal y (2) la rodilla que soporta la silleta y la mesa de trabajo.

CLASIFICACION DE LAS FRESADORAS DE RODILLA Y COLUMNA

I.1 FRESADORAS MANUALES.- Se les llama así porque el avance de la mesa es manual, bien por medio de un volante o de una palanca que puede describir un arco de 180°. Las mesas de trabajo son pequeñas, nunca mayores de 750 x 225mm. Las velocidades del cabezal oscilan entre 100 y 3400 r.p.m. y el accionamiento es por medio de un motor de 2 H.P. o menor. (Fig.4).

I.2 FRESADORAS PLANAS.- Dentro de este grupo, este tipo es el más común. El husillo es horizontal y se proyecta en ángulo recto respecto a la cara de la columna. El alojamiento cónico del husillo nos permite montar los árboles porta cortadores. La rodilla es soportada por un tornillo vertical que le suministra desplazamiento hacia arriba o hacia abajo.

La mesa puede ser accionada manual o mecánicamente y sus avances son longitudinal, transversal y vertical (Fig.5).

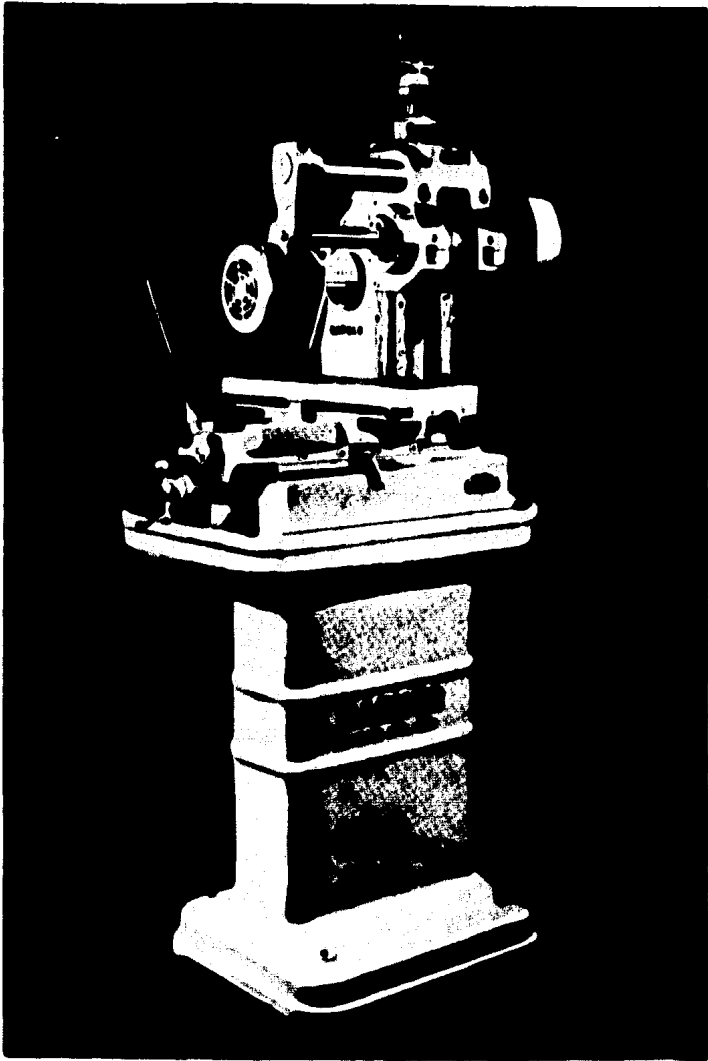


FIG. 4. Presadora manual.

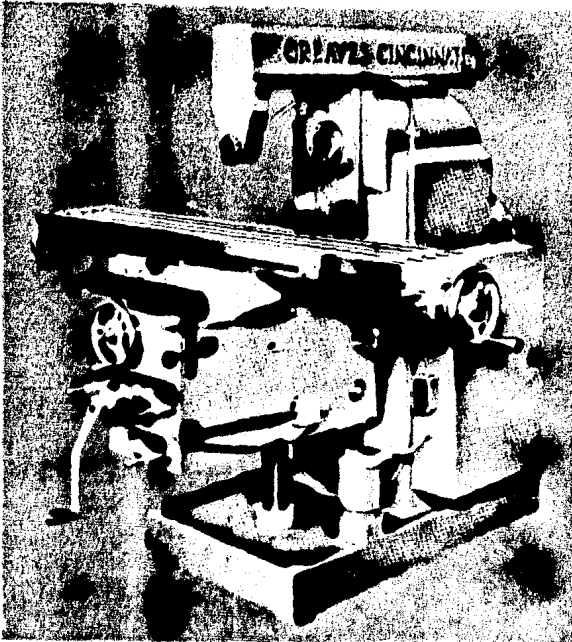
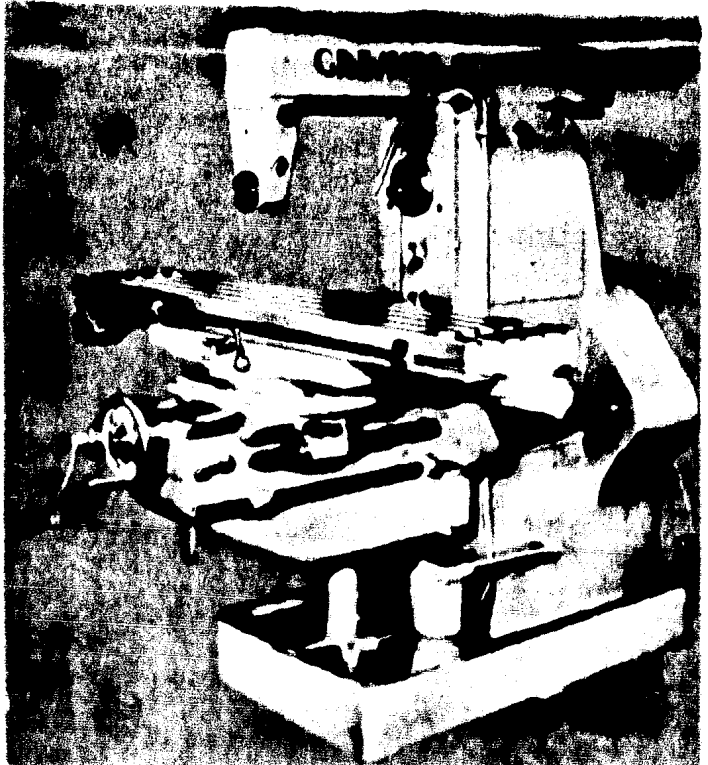


FIG. 5. Fresadora plana

FIG. 6. Fresadora universal.



I.3 FRESADORAS UNIVERSALES.- Su característica principal es la mesa, ya que además de contar con los movimientos de la fresadora plana posee un movimiento giratorio respecto a la columna. En lugar de que la mesa esté montada directamente sobre la silleta está montada sobre un block que gira sobre el centro de la silleta universal (Fig.6).

Utilizando esta máquina se puede realizar económicamente numerosas operaciones de taller mecánico, tales como: generar engranes helicoidales, brocas, cortadores especiales, etc.

I.4 FRESADORAS VERTICALES.- La fresadora vertical es básicamente similar a la horizontal y difiere de ésta en que el husillo está dispuesto verticalmente y montado sobre un cabezal que puede desplazarse hacia arriba o hacia abajo ya sea manual o mecánicamente (Fig.7).

I.5 FRESADORAS VERTICALES TIPO TORRETA Y ARIETE (RAM AND TURRET MILL).- La característica principal de este tipo de máquinas la constituye el ariete, el cual es básicamente un elemento deslizante del brazo soporte, proporcionando al husillo un movimiento paralelo al movimiento transversal de la mesa trabajo, adicional a este movimiento, el ariete completo puede pivotar sobre el eje vertical de la columna describiendo un arco completo sobre la mesa de trabajo.

Otra característica que normalmente posee este tipo de máquinas es la capacidad de inclinar el eje del husillo para realizar maquinados angulares en un plano vertical. Este tipo de fresadora es una de las más útiles para la fabricación de moldes, troqueles y dispositivos especiales.(fig.8).

II FRESADORAS DE PRODUCCION

II.1 FRESADORAS HORIZONTALES TIPO BANCADA (CAMA).- Las máquinas de este tipo (BED TYPE) no poseen una gran versatilidad, su característica principal es la rigidez que les permite remover material en rangos altos, típicos de volúmenes de producción en serie.

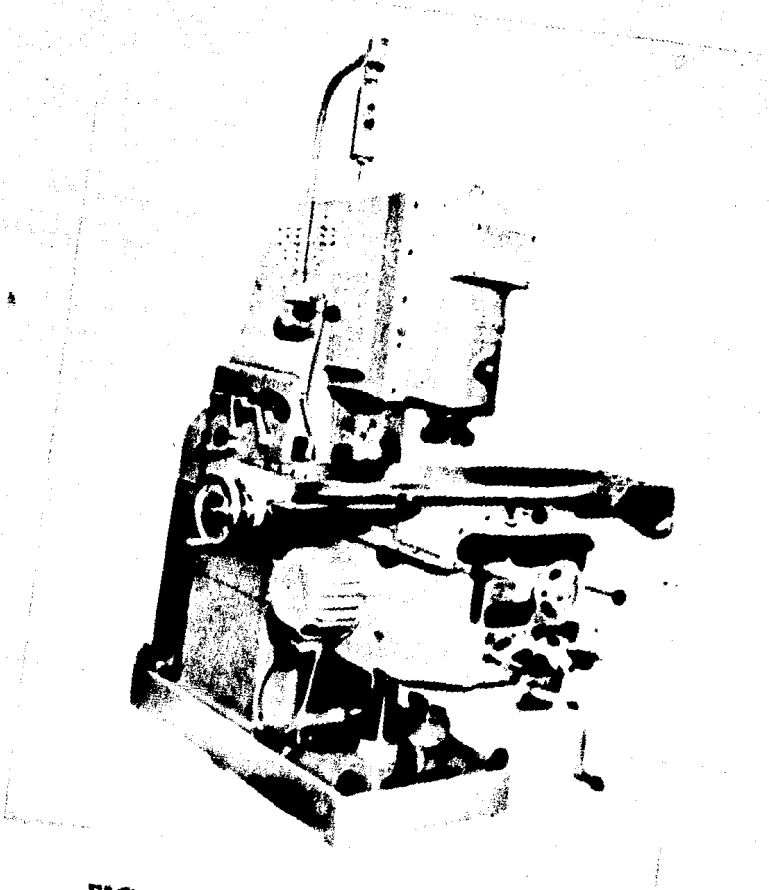


FIG. 7. Fresadora vertical.

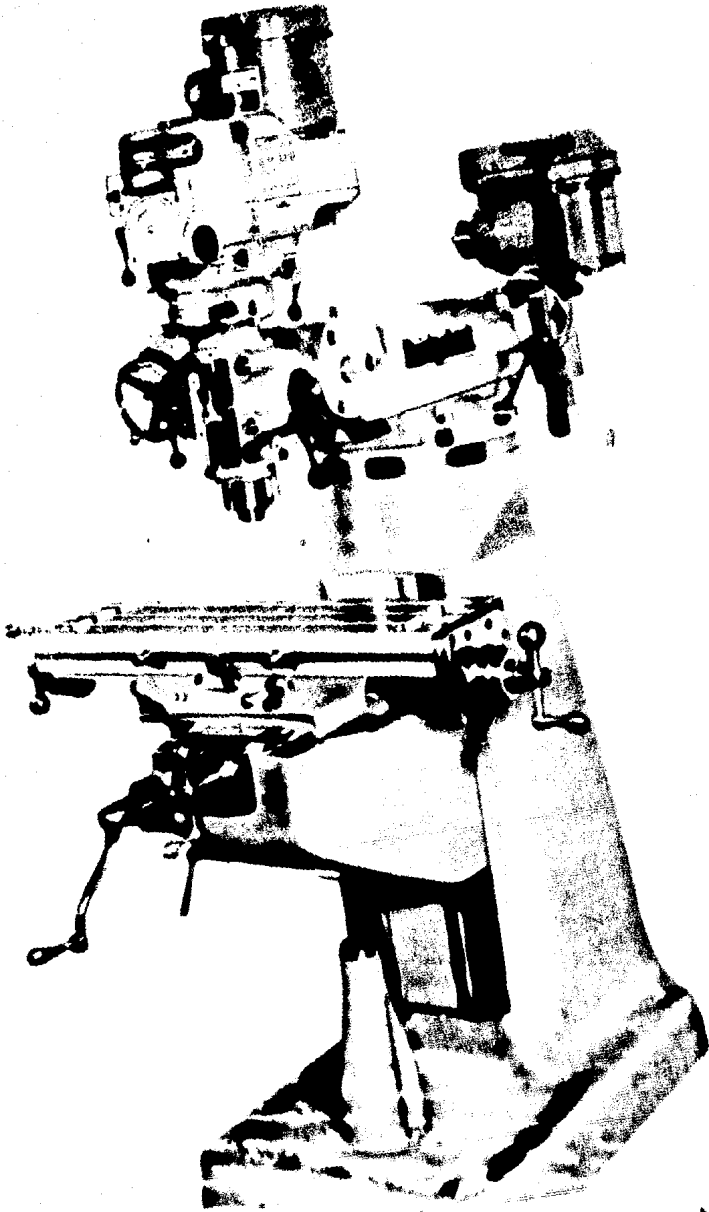


FIG. 8. Fresadora vertical tipo torreta y aris
te.

El husillo soportado por cojinetes, está localizado en un cabezal ajustable que se desplaza verticalmente. La bancada es una pieza rígida, de gran peso que soporta a la mesa de trabajo que únicamente tiene movimiento longitudinal. (Fig.9).

Su diseño les permite una operación continua y eficiente en piezas de tamaño mediano o grande, pueden efectuar cortes de fresado ya sea convencional o hacia abajo (climb milling), utilizando cortadores de alta velocidad o con insertos de carburo de tungsteno. Se pueden suministrar con un husillo de trabajo (simplex), dos (duplex) o tres husillos (triplex). Estos husillos dependiendo de la aplicación se pueden localizar separados a 90° & 180° con lo cual se logran fresados múltiples en la misma pieza en una sola carrera de la mesa de trabajo.

Un buen ejemplo de la aplicación de estas máquinas es el fresado recíproco, en el cual se colocan dos dispositivos de sujeción uno a cada extremo de la mesa y mientras el operario descarga y carga el dispositivo el otro presenta la pieza contra el cortador, logrando así un ciclo continuo de fabricación. (fig.10)

II.2 FRESADORAS TIPO CEPILLO.- Continuando progresivamente hacia el incremento de potencia y capacidad de corte con tendencia hacia una mayor especialización y menor versatilidad, se encuentra la fresadora tipo cepillo de mesa (Planer-Type-Miller). En el cepillo tipo mesa la herramienta de corte se mantiene fija y sujeta a un puente soportado por una o un par de columnas, mientras que la mesa con movimiento recíproco presenta la pieza de trabajo contra el cortador.

En las fresadoras de este tipo, la herramienta del cepillo se reemplaza por un cabezal fresador motorizado. Para aumentar la eficiencia de este equipo se pueden montar varios cabezales fresadores sobre el puente y realizar maquinados múltiples simultáneamente, el avance lo suministra el movimiento longitudinal de la mesa.

La rigidez y demás características hacen que este tipo de máquinas sean adecuadas para piezas grandes. (Fig. 11).

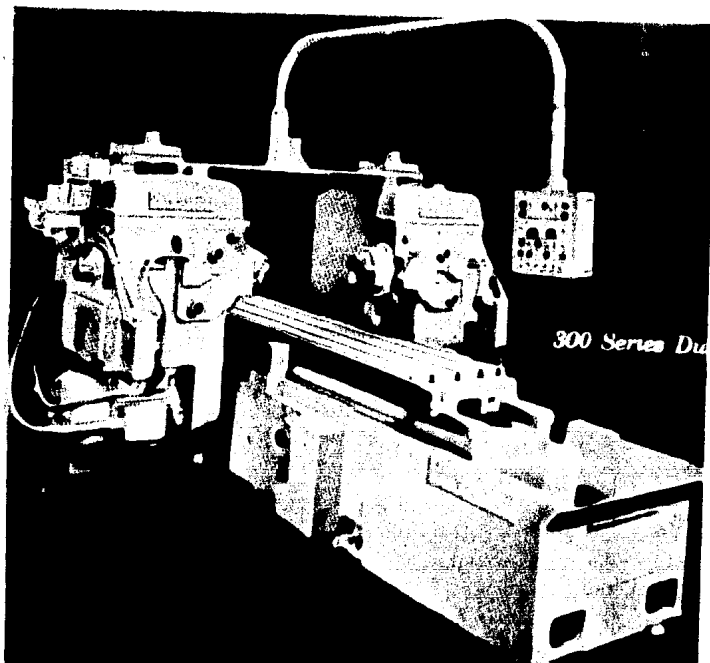


FIG. 9. Fresadora horizontal tipo duplex.

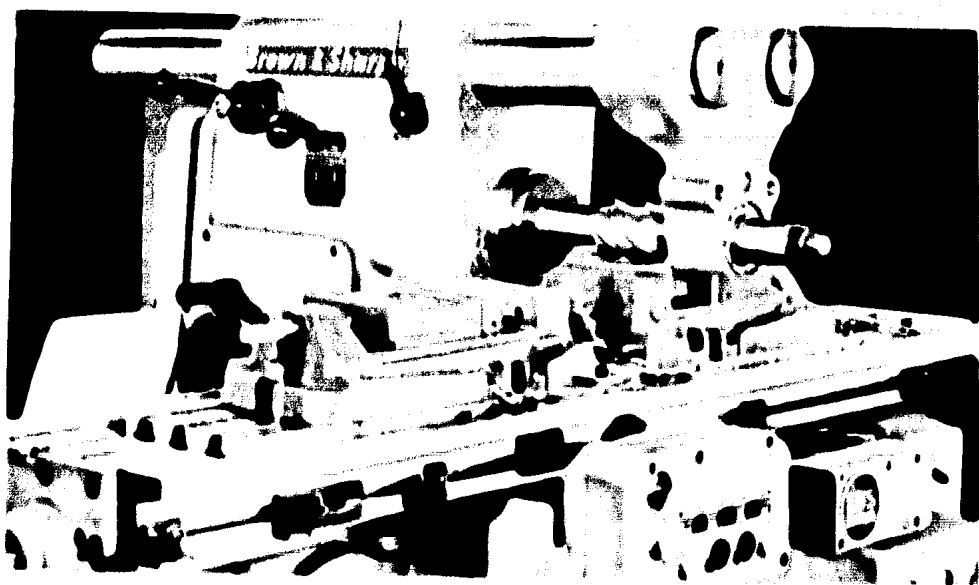
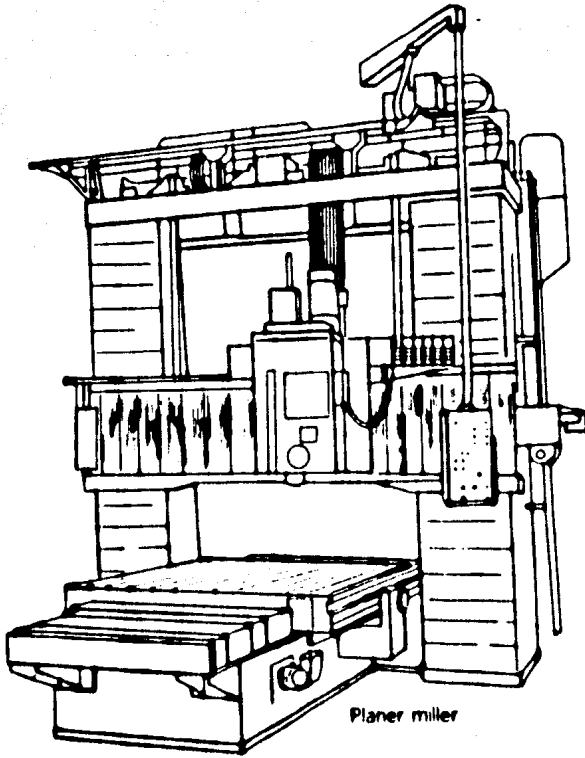


FIG. 10. Fresado recíproco.



Planer miller

FIG. 11. Fresadora tipo cepillo.

FIG. 13. Fresadora-copiadora hidráulica con dos cabezales.



II.3 FRESADORAS TIPO COLUMNA DESLIZANTE.- Un método alternativo para maquinar piezas grandes y pesadas, es sujetarlas con firmeza a una mesa de trabajo fija y avanzar el cortador a lo largo de la misma. Las fresadoras tipo columna deslizante desplazan la columna completa a lo largo de guías paralelas a la longitud de la mesa de trabajo, suministrando el avance longitudinal necesario. Su ventaja principal radica en que la precisión de la pieza de trabajo no se altera por el peso que soporta la mesa. Estas máquinas se utilizan en la industria aeroespacial para maquinar perfiles en los recubrimientos de alas y elementos estructurales que requieren contornos especiales. Para este tipo de aplicaciones las máquinas se suministran generalmente con capacidad para maquinar contornos en cinco ejes. (Fig.12).

II.4 FRESADORAS COPIADORAS Y PERFILADORAS.- Estas máquinas han sido desarrolladas para el maquinado de moldes y matrices, grabado y perfilado. La mayoría de ellas son una adaptación especial de las fresadoras verticales no obstante que algunas trabajan con el husillo en posición horizontal. Los movimientos de la mesa son controlados mediante un palpador que está en contacto con la plantilla o modelo que se desea generar, estos movimientos son accionados por medios hidráulicos, eléctricos o manuales, como es el caso de los pantógrafos. Las fresadoras copiadoras pueden equiparse con uno, dos, tres o más husillos de trabajo o cabezales completos, de acuerdo a los volúmenes de producción deseados, entendiéndose que por cada husillo se obtendrá una pieza idéntica al patrón de copiado (Figs.13 y 14).

III FRESADORAS DE DISEÑO ESPECIAL

Estas máquinas son diseñadas para obtener la máxima eficiencia y economía en la producción masiva de piezas grandes y poco usuales que requieren una operación muy especializada, su aplicación por tanto se limita a esta operación u operaciones similares.

En la mayoría de los casos, las máquinas estándar pueden ser modificadas para satisfacer las necesidades específicas del caso. El costo inicial por la

modificaciones o diseño especial del equipo, se recupera al reducir el costo unitario de fabricación y el tiempo de recuperación estará en función directa de los volúmenes de piezas que se produzcan.

Estas máquinas permiten obtener el rango de producción más eficiente y reducir al mínimo el tiempo requerido por el operador para efectuar ajustes y operaciones adicionales.

IV.- ACCESORIOS PARA FRESADORAS.- Los accesorios para fresadoras se pueden dividir en cuatro categorías principales:

- 1.- Accesorios para sujetar la herramienta de corte.
- 2.- Accesorios para sujetar la pieza de trabajo.
- 3.- Accesorios para incrementar la versatilidad de la máquina.
- 4.- Accesorios para incrementar la productividad de la máquina.

IV. 1. ACCESORIOS PARA SUJETAR LA HERRAMIENTA DE CORTE.- Estos accesorios los podemos dividir en tres grupos:

IV.1.1. ARBOLES.- Son usados para sujetar y transmitir movimiento a los cortadores. Su precisión y confiabilidad tiene gran influencia en la precisión y economía de las operaciones de fresado. Los árboles son herramientas de precisión y como tales deben ser cuidados tanto en su uso como en su almacenamiento.

IV.1.2. BOQUILLAS DE SUJECION.- Estas sustituyen en ciertos casos a los árboles para sujetar la herramienta de corte y al reducir el tamaño del cono del husillo de la máquina, permiten colocar cortadores con zanco más pequeño directamente dentro del husillo. Existen tres tipos de boquillas. El primero se inserta en el husillo y debe removerse para cambiar el cortador. El tipo más común permite cambiar el cortador sin necesidad de remover la boquilla del husillo. El tercer tipo, boquilla de sujeción de muelle, se utiliza para sujetar brocas de zanco recto, rimas y cortadores verticales.

IV.1.3. ADAPTADORES.- Se utilizan principalmente para sujetar fresas frontales.

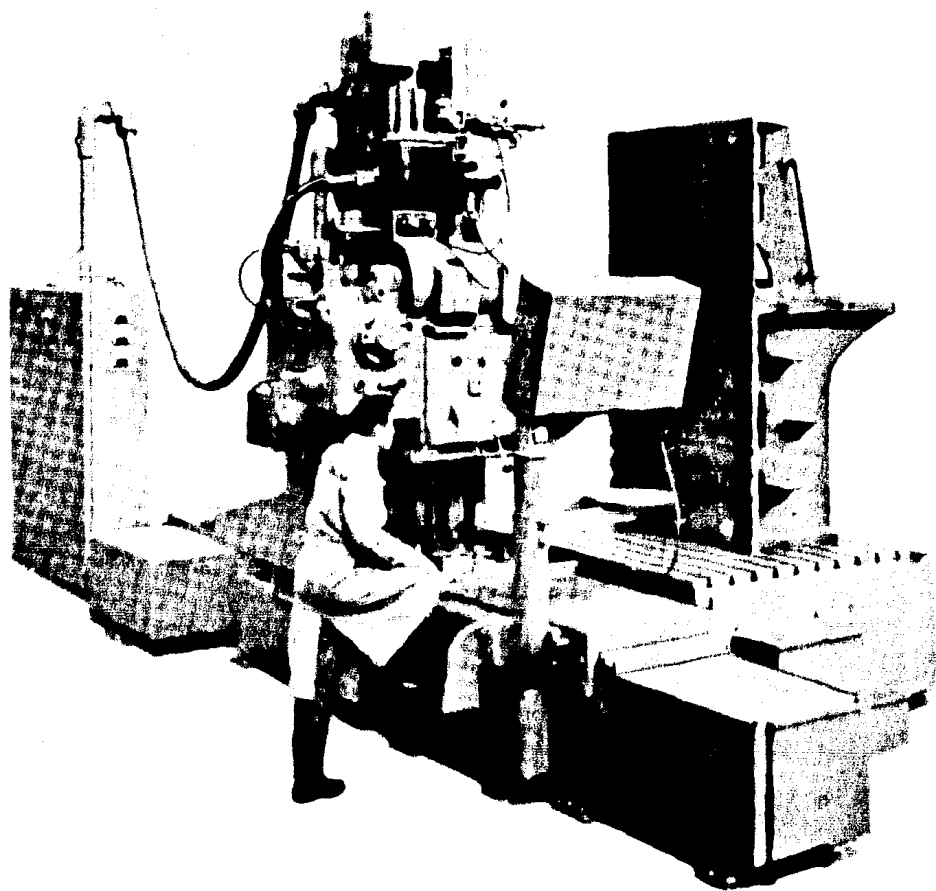


FIG. 12. Fresadora tipo columna deslizando, equipada con control numérico.

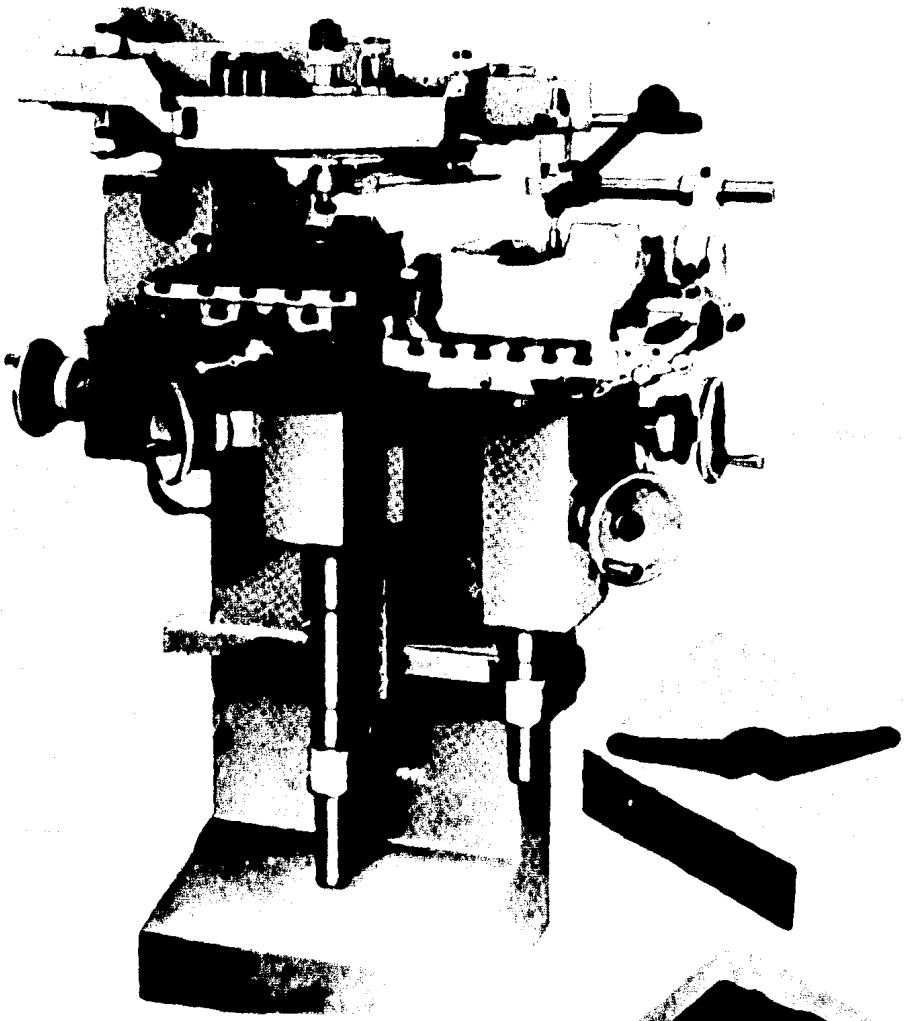
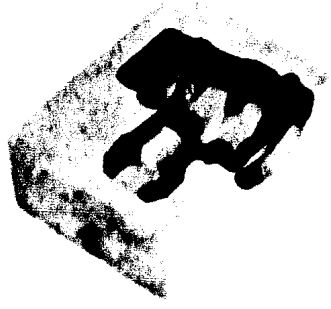


FIG. 13a. Pantógrafo tridimensional con relación 2:1 y ejemplos de cavidades producidas.



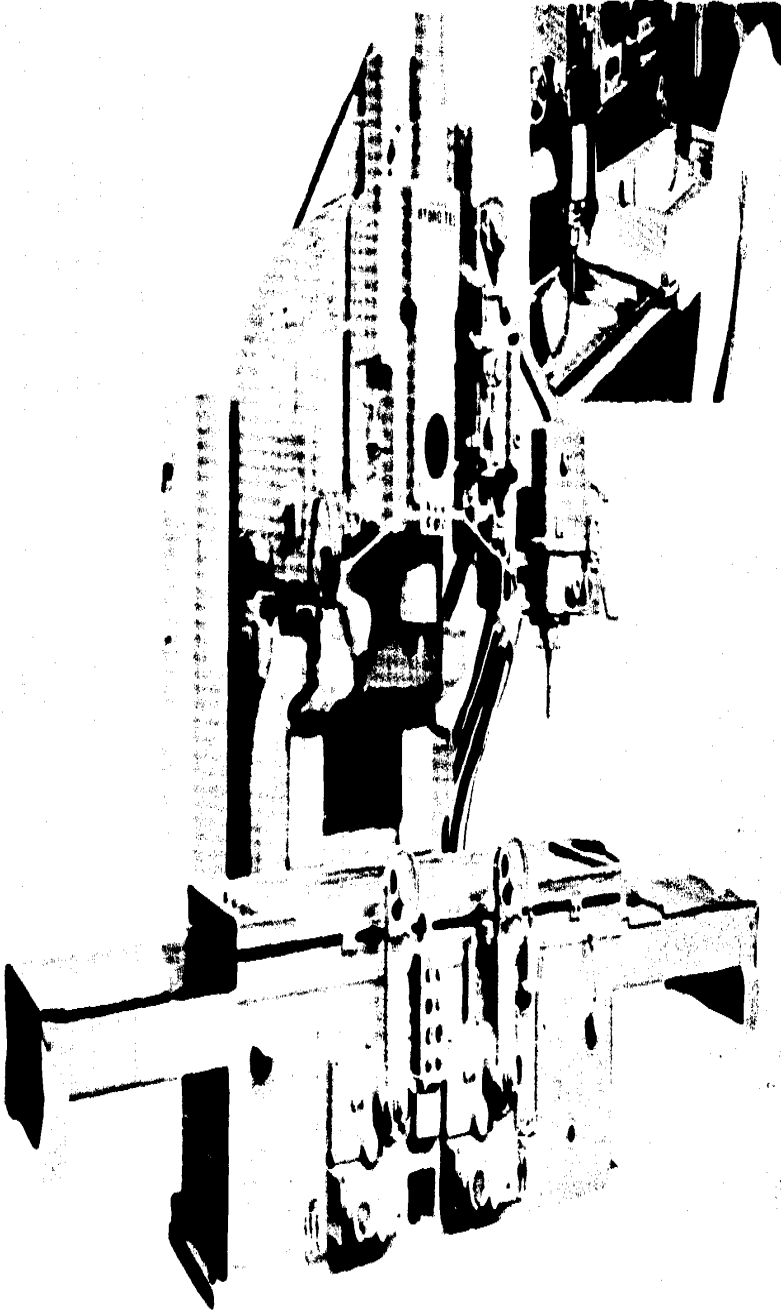


FIG. 14. Fresadora-Duplicadora Hydro-Tel para fabricación de matrices, moldes de fundición para la industria automotriz y copiado de piezas grandes - en general.

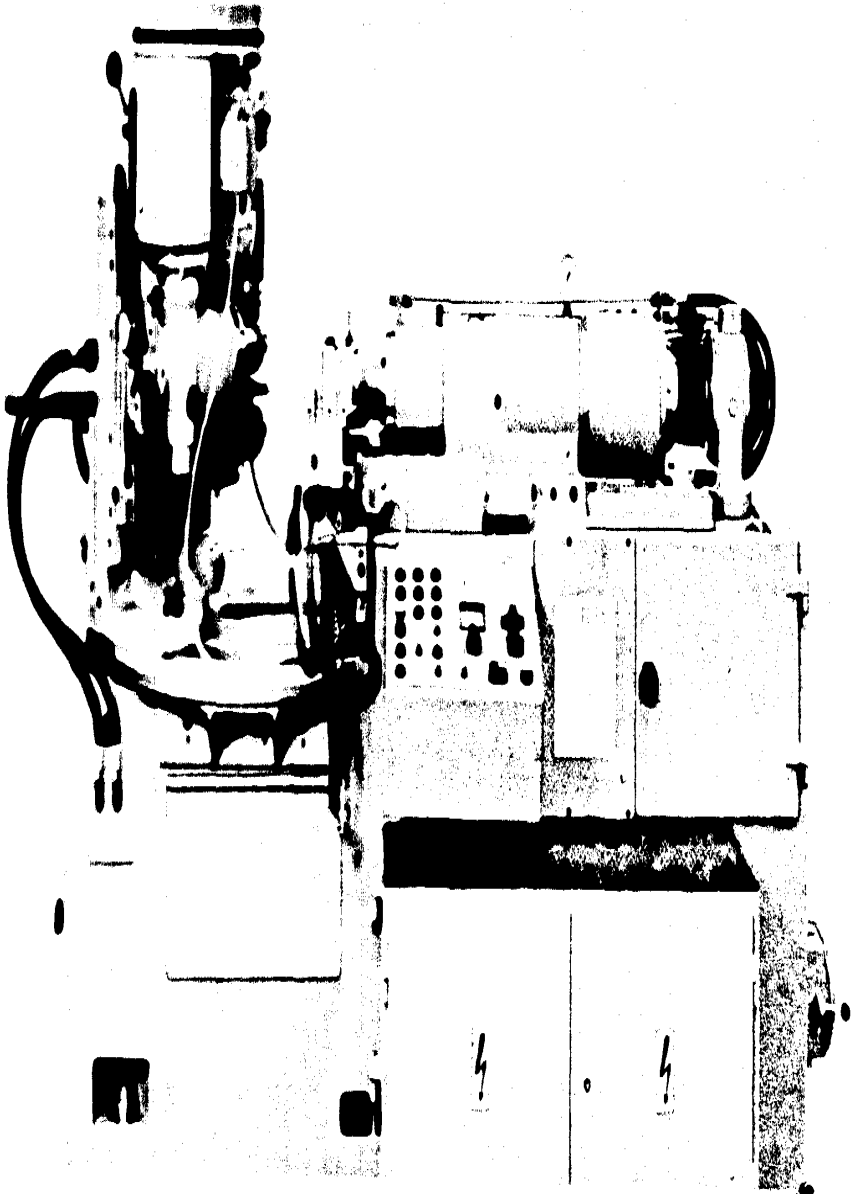


FIG. 15. Fresadora automática para el fresado de canales (flutes) en cortadores verticales y brocas especiales.

IV.2 ACCESORIOS PARA SUJETAR LA PIEZA DE TRABAJO

IV.2.1 BLOCKS TIPO V.- Se utilizan para sujetar piezas de forma cilíndrica.

IV.2.2. PLACAS ANGULARES.- Son piezas con forma de "L", generalmente de acero, maquinadas con precisión a un ángulo de 90° , se utilizan como soportes para maquinar ciertas formas especiales en la pieza de trabajo.

IV.2.3. PARALELAS.- Son barras cuadradas o rectangulares de acero o fierro fundido, templadas y rectificadas a una medida precisa. Se recomienda su utilización en montajes directos sobre la mesa de trabajo y en donde se requiere cierta precisión.

IV.2.4. PRENSA PLANA.- Esta prensa está diseñada de modo tal que al sujetarla a la mesa de trabajo, las mordazas se localizan ya sea paralelas o perpendiculares. Este es el dispositivo de sujeción más comúnmente empleado.

IV.2.5. PRENSA GIRATORIA.- Es una prensa plana montada sobre una base giratoria circular dividida en 360° . Esto permite localizar las mordazas angularmente respecto al eje del cortador.

IV.2.6. MESA ROTATORIA.- Esta mesa permite que una pieza montada sobre ella pueda ser girada 360° o indexada ya sea manual o mecánicamente. Se utiliza para realizar operaciones planas, circulares y angulares sin cambiar montaje (Fig. 16).

IV.2.7. PRENSA UNIVERSAL.- Es el dispositivo de sujeción ideal para producir piezas angulares y con formas diferentes. En realidad esta prensa es una prensa giratoria con movimiento angular de 0 a 90° , lo cual permite que la pieza de trabajo pueda ser inclinada a un ángulo predeterminado además del movimiento giratorio (Fig.17).

IV.2.8. PLATO (CHUCK) MAGNETICO.- Existen algunas va-

riables que limitan la utilización de estos dispositivos, entre las que se pueden mencionar: el material de la pieza de trabajo deberá ser ferromagnético; diferencias en el área de contacto; el perfil de la pieza y la calidad superficial de la misma.

Su principal ventaja radica en la facilidad relativa para montar y desmontar la pieza, característica muy importante en producción en serie.

IV.2.9. CABEZAL DIVISOR.- Es uno de los accesorios más conocido y utilizado desde varios años atrás. Se trata de un dispositivo de medición que mueve y localiza con precisión la pieza de trabajo en series de posiciones, puede ser accionado manual o mecánicamente. Cuando se opera manualmente nos proporciona un espaciamiento preciso por ejemplo, para generar los dientes de un engrane. Operado mecánicamente con el avance automático de la mesa se utiliza para generar formas helicoidales (hélices) o similares (Fig. 18).

IV.3. ACCESORIOS PARA INCREMENTAR LA VERSATILIDAD DE LA MAQUINA.

IV.3.1. CABEZAL MORTAJADOR (SLOTING).- Este aditamento convierte el movimiento de rotación del husillo en movimiento recíprocante vertical con carrera de 0 a 4 pulgadas. Se recomienda para trabajos de cuñeros, estrias, barrenos ciegos, tallados interiores, etc. Dado que no es necesario efectuar un montaje adicional para realizar este tipo de operaciones en otra máquina (generalmente cepillo de codo) el tiempo total de fabricación de una pieza se reduce considerablemente. (Fig. 19).

IV.3.2. CABEZAL FRESADOR DE ALTA VELOCIDAD.- Está diseñado para operaciones de fresado ligero en donde se requiere utilizar cortadores verticales de diámetro pequeño y velocidades del husillo altas. El husillo se puede ajustar angularmente en un plano a 90° con relación al husillo de la máquina y puede operar a velocidades hasta de 3500 rpm. (Fig. 20).

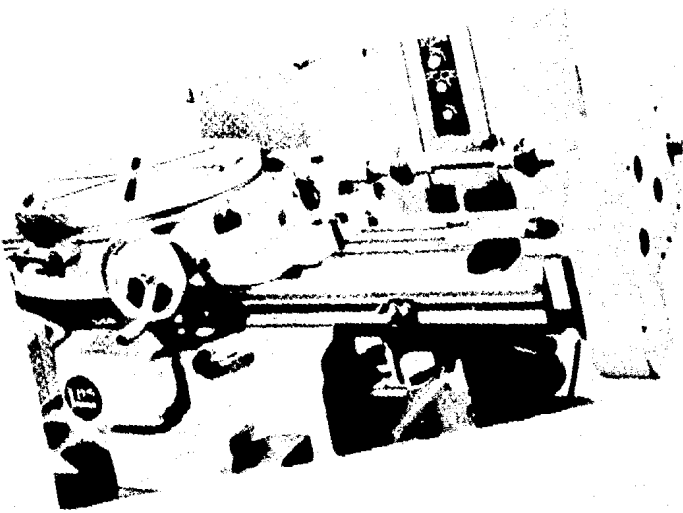


FIG. 16.

FIG. 17. Prensa universal.

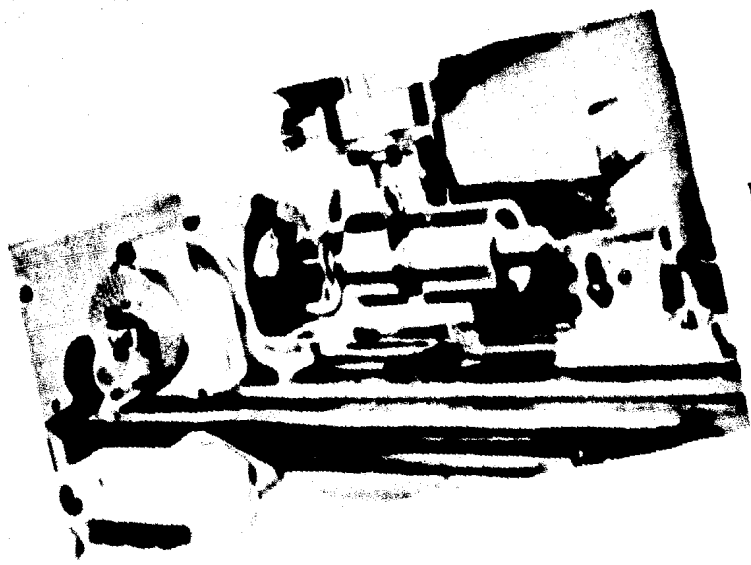
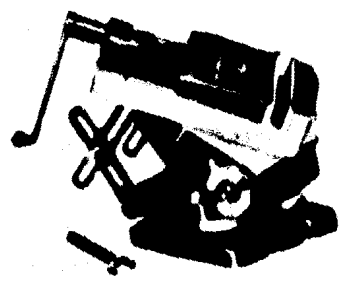


FIG. 18.

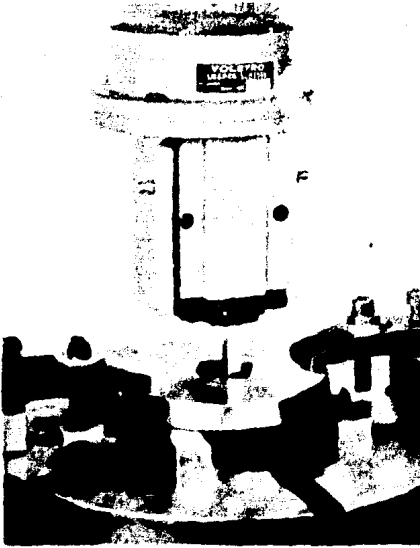


FIG. 19. Cabezal mortajador

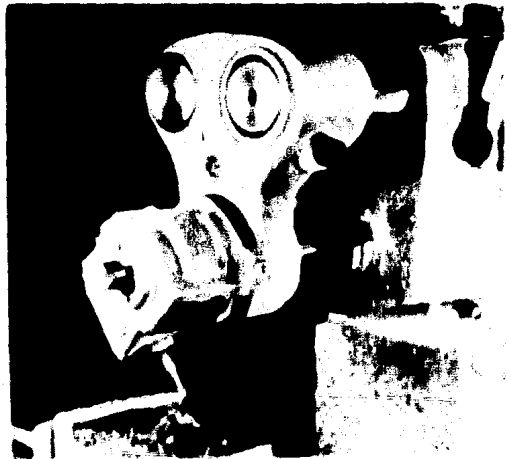


FIG. 20.

IV.3.3. CABEZAL MULTI-ANGULAR.- El husillo de este cabezal puede girar en un ángulo ajustable desde 0 - hasta 90°, posee movimientos de rotación de 360° y -- ajuste vertical telescópico. Cualquier esquina puede ser acabada, fresada y profundizada con herramienta de filo sencillo, con cortadores verticales estandar se pueden fresar chaflanes y ángulos. Por su alta velocidad permite el uso de fresas pequeñas. (Fig.21).

IV.3.4. CABEZAL DE ANGULO RECTO.- Este accesorio se utiliza en fresadoras verticales para trabajos de mecanizado horizontal, tales como cuñeros interiores, cuñeros ciegos, venas de lubricación, etc. El cabezal gira a 360° y tiene movimiento telescópico. Aumenta la capacidad de la máquina 10" en todas direcciones. Nos reduce el tiempo de fabricación y consecuentemente el costo al permitir realizar operaciones diversas en un solo montaje. (Fig. 22).

IV.3.5 SISTEMA DE MEDICION OPTICA.- Es un sistema -- sencillo, preciso y rápido. Las cifras de medición se leen directamente a escala como aparecen en algunos planos. Va provisto de luz para apreciar debidamente la lectura.

IV.3.6. CABEZAL MANDRINADOR AUTOMATICO.- Con este - aditamento se pueden realizar operaciones complejas tales como, combinaciones de ángulos y radios (ángulo tangente a un radio) o radios diferentes en un solo - montaje. En muchas aplicaciones este aditamento puede reemplazar satisfactoriamente a la mesa rotatoria. El movimiento de la corredera transversal se puede - ajustar en posición fuera de centro y girar con movimiento planetario continuo de 360°, este mismo movimiento se puede accionar manual o automáticamente por medio de una banda acoplada al husillo de la máquina.

Este cabezal es ideal para maquinar plantillas y calibres, redondear esquinas con precisión, fresados de forma, herramientas especiales, moldes, modelos, punzones, electrodos, etc. (Fig. 23 y 24).



FIG. 21.

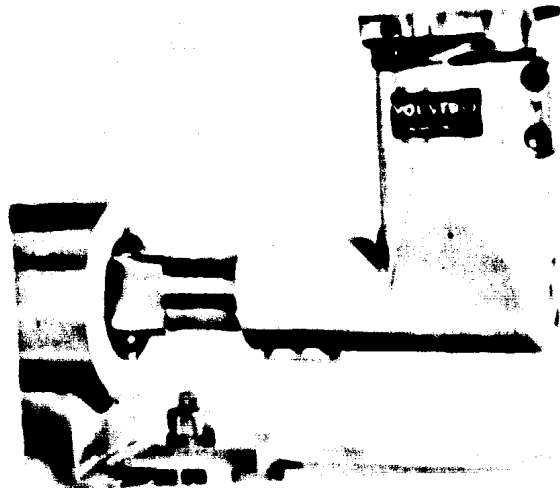


FIG. 22. Cabezal
tipo " L "

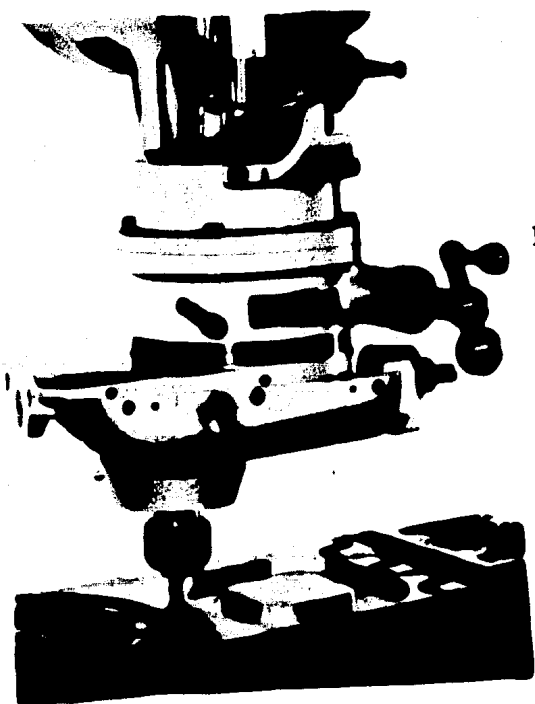


FIG. 23. Cabezal mandrinador automático.

FIG. 24. Piezas típicas producidas con el cabezal mandrinador automático.



IV.3.7. CABEZAL RECTIFICADOR DE CONTORNOS.- Este aditamento que puede ser montado en la mayoría de las fresadoras verticales tipo rodillo columna con sus correspondientes adaptadores, funciona bajo el mismo principio del cabezal descrito en el inciso anterior, es decir posee movimiento planetario continuo de 360° , además cuenta con un motor neumático de .9 H.P. que trasmite a la piedra abrasiva montada velocidades de hasta 23000 rpm.

Sus características y el tipo de operaciones que se pueden realizar con este cabezal, hacen de él una de las aportaciones más importantes para la industria de la fabricación de moldes y herramientas en países de bajo y mediano desarrollo industrial, ya que sustituye parcialmente a equipo de alto costo.

Entre las principales operaciones que es posible realizar con este aditamento se pueden mencionar: el rectificado de contornos que anteriormente solo podían realizarse en una rectificadora de plantillas (Jig Grinder); rectificado de diámetros interiores hasta de 7" ; rectificado de diámetros con avance automático; rectificado de cualquier combinación de ángulos y radios en un solo montaje; rectificado de punzones, dados, cavidades, perfiles, etc. (Fig.25).

IV.4. ACCESORIOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINA.

IV.4.1. TOPE TIPO TORRETA PARA EL HUSILLO.- Este aditamento proporciona una forma sencilla de asegurar la precisión en piezas maquinadas a una, dos, tres o cuatro profundidades diferentes en trabajo de producción. El mecanismo tipo torreta permite un indexado rápido y el indicador de carátula asegura la precisión de la profundidad del corte (Fig.26).

IV.4.2. MESA DE SUJECION E INDEXADO.- Accionados en la mayoría de los casos neumáticamente y en algunas ocasiones hidráulicamente, este tipo de dispositivos disminuye considerablemente el tiempo total de maquinado en piezas que requieren varios fresados en la periferia de las mismas. El operario únicamente coloca la pieza en la mordaza del dispositivo y este cambia de

posición automáticamente al terminar la operación; al finalizar el ciclo la pieza es liberada automáticamente. Estas operaciones automáticas son controladas por micro-switches. (Fig.27).

IV.4.3. MESA GIRATORIA CON MOVIMIENTO ANGULAR.-- Este accesorio nos proporciona considerables ahorros en -- tiempo de montaje en maquinados donde se requiere posicionamiento angular simple o con ángulos compues--- tos. Se puede realizar maquinados múltiples en va--- rias caras de la pieza en un solo montaje y sin necesidad de dispositivos o plantillas especiales costo--- sas. También puede ser utilizada esta mesa para inspección de piezas terminadas en control de calidad. (Fig.28).

IV.4.4. SISTEMA COPIADOR HIDRAULICO TPI-DIMENSIONAL.-- Con este sistema adaptado a la máquina se puede fre--- sar contornos en tres dimensiones automáticamente. El contorno de la pieza se reproduce exactamente con re--- lación uno a uno de acuerdo al modelo copiado.

Este sistema es accionado hidráulicamente me--- diante una unidad de fuerza independiente y controla--- do por una servo-válvula de copiado accionada median--- te el palpador que se mantiene en contacto con el mo--- delo. El sistema se suministra con sus motores hi--- dráulicos para los diferentes movimientos de la máqui--- na, caja de control y demás mecanismos necesarios.

El maquinado total de la pieza se logra median--- te una serie de movimientos del palpador hacia el --- frente y hacia atrás (en forma de greca), que van des--- de el maquinado de desbaste hasta el de acabado. Las principales aplicaciones de este equipo se encuentran en la industria de fabricación de moldes, dados para extruñr, fresado de contornos complejos en producción, etc. (Fig.29). Este sistema se puede adaptar a la ma--- yoría de las fresadoras verticales. (Fig.30).

IV.4.5. SISTEMA DE COPIADO FOTOELECTRICO.- Mediante este sistema se logra el fresado de contornos regula--- res o irregulares planos (ejes X y Y) y el posiciona--- miento punto por punto copiado directamente de un di--- bujo.

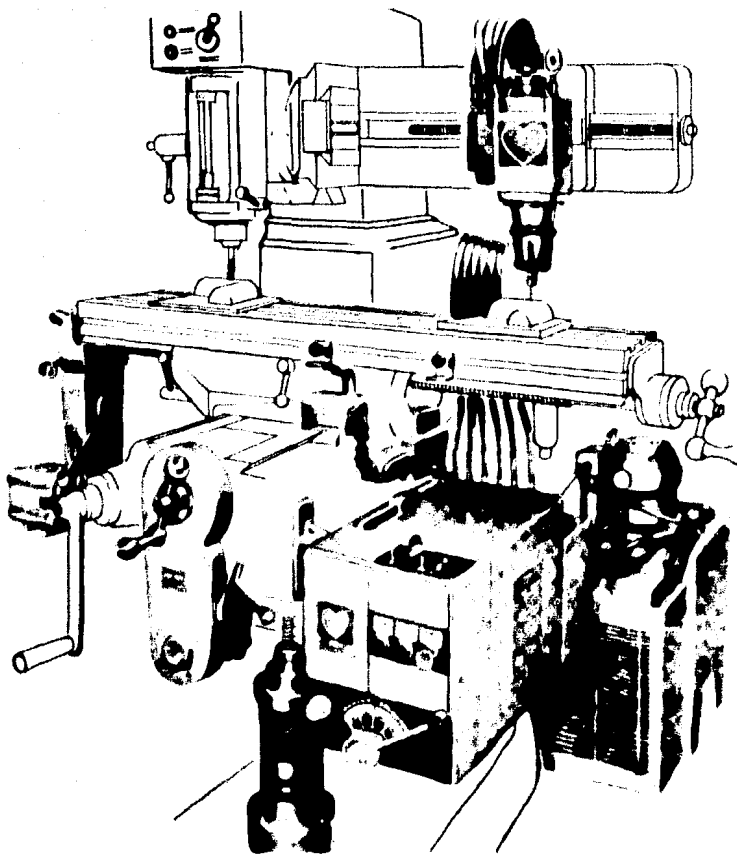


FIG. 29. Sistema de copiado Tri-dimensional.



FIG. 30. Moldes para plastico fresados con el sistema de copiado Tri-dimensional.

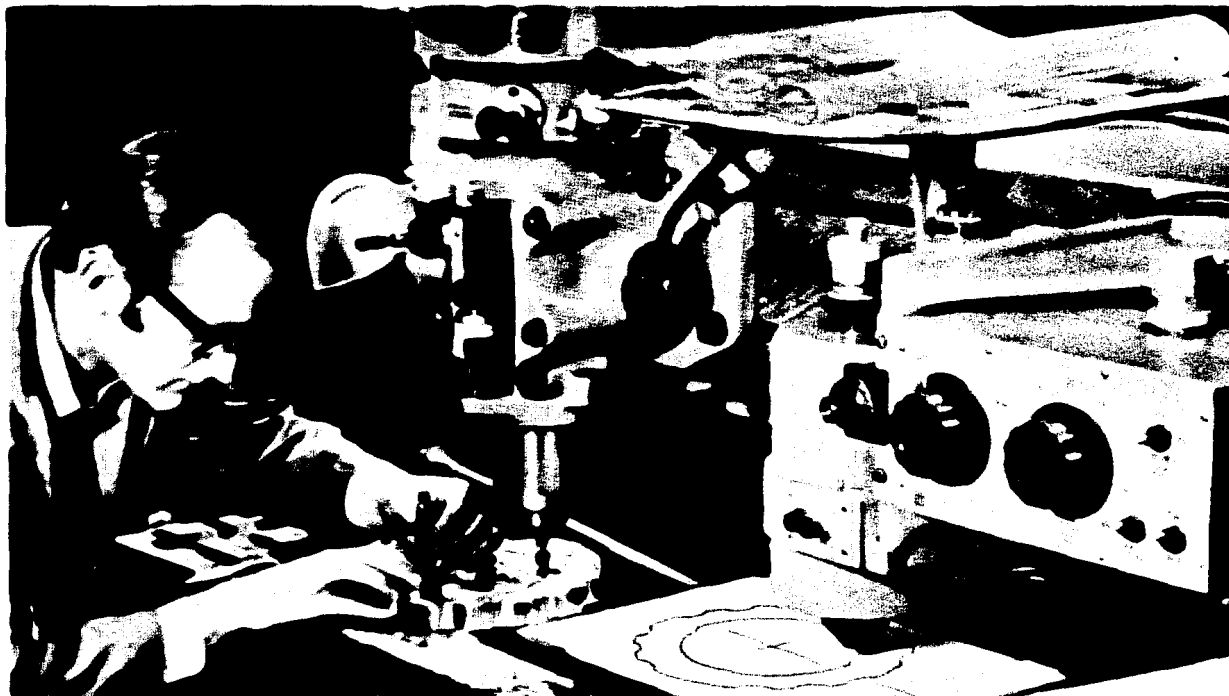


FIG. 21. Sistema de copiado fotoeléctrico Bi-dimensional.

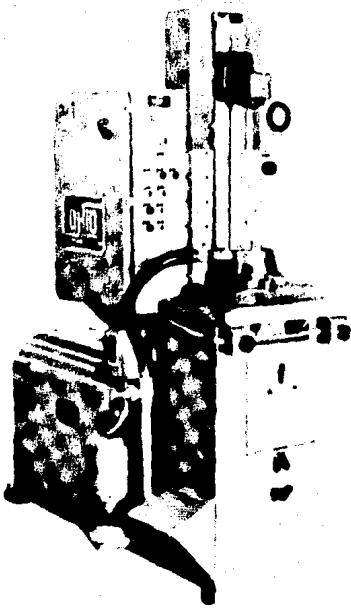


FIG. 32. Brochadora vertical



FIG. 33. Piezas producidas mediante el proceso de brochado.

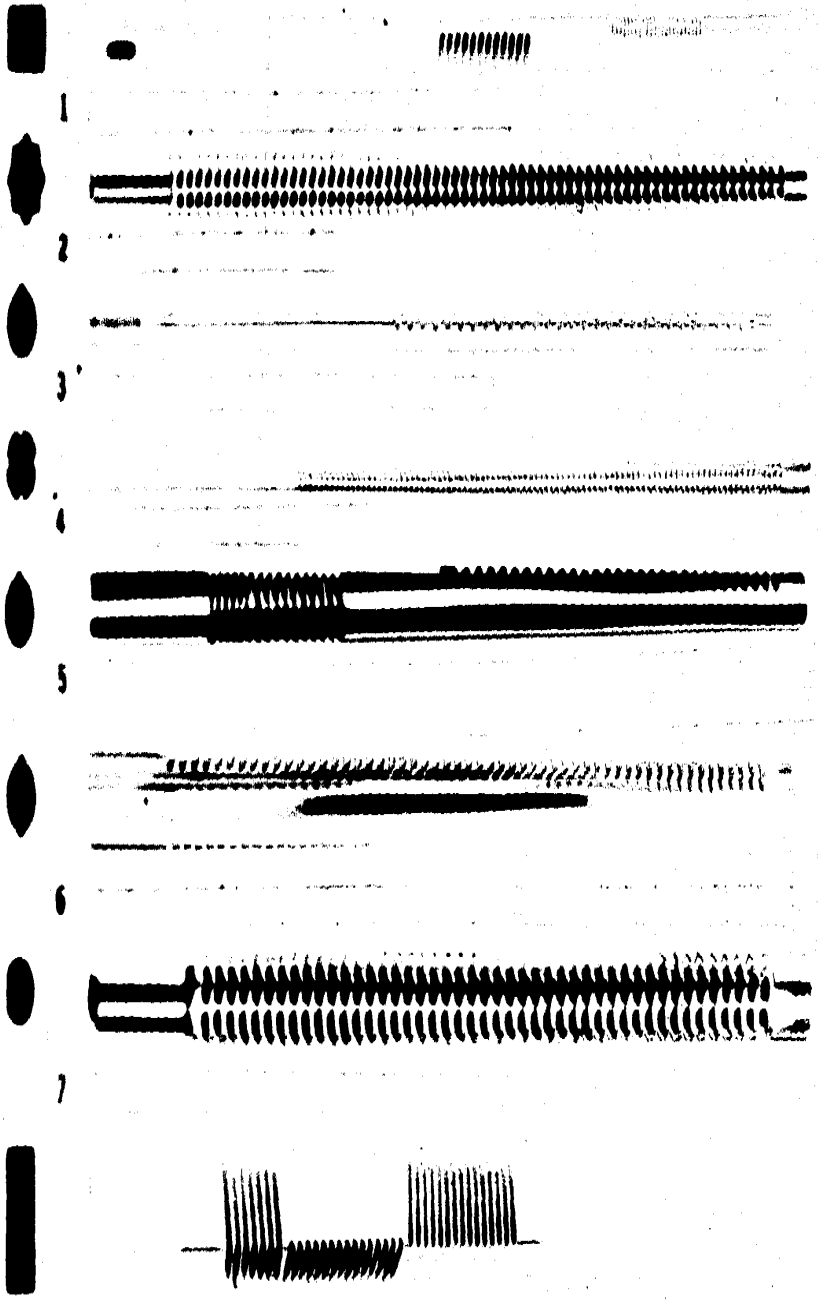


FIG. 34. Ejemplos de herramientas de brochado (brochas) típicas.

El palpador utilizado en el sistema hidráulico es sustituido por una cabeza fotoeléctrica que es guiada sobre el dibujo y controla los movimientos longitudinal y transversal de la máquina de acuerdo al contorno dibujado. Existen sistemas de este tipo en los que se puede dibujar el contorno amplificado 5 a 1, 10 a 1 ó 20 a 1, reduciendo de esta manera el error por dibujo y aumentando la precisión del maquinado.

Algunas de las principales áreas de aplicación de este sistema son la fabricación de levas, plantillas, machos y hembras para troqueles, electrodos para máquinas de electroerosión, corridas cortas en piezas de producción con contornos complejos, etc. (Fig.31).

V BROCHADO

Dado que el brochado es un proceso de alta producción alternativo al de fresado, hemos considerado conveniente incluirlo dentro de este capítulo.

Este es un proceso para remover material con precisión, mediante el cual una herramienta de corte llamada brocha es jalada o empujada a través o sobre la pieza de trabajo que será maquinada para darle una forma predeterminada. La brocha es diseñada con una serie de filos cortantes (dientes) regularmente espaciados, cada uno de estos dientes es ligeramente diferente del anterior. Esta diferencia determina la profundidad, ancho o forma del corte que realizará. Dado que cada diente remueve únicamente unas cuantas milésimas de pulgada de material, se puede maquinar una gran cantidad de piezas antes de que sea necesario afilar nuevamente la herramienta.

Cuando se emplea una máquina cuyas características de diseño proporcionan la capacidad de carrera y carga necesaria, además una herramienta cuidadosamente diseñada e instalada se podrá obtener simultáneamente las operaciones de desbaste y acabado, realizando un corte con mayor rapidez y precisión que cualquier otro método de remoción de material.

Dado que el ariete portabrocha es el único elemento mayor de la máquina que se encuentra en movimien

to, la máquina posee una gran rigidez comparada con otros tipos de máquinas que se utilizarían para realizar estas operaciones. Esta rigidez se refleja en un aumento de precisión en el maquinado de la pieza (Fig.32).

Como resultado de lo anterior frecuentemente se reducen y en algunos casos se eliminan por completo las segundas operaciones de acabado.

En sus inicios el proceso de brochado era un proceso manual, en la actualidad puede realizarse completamente automático. Algunas de las técnicas de automatización del proceso incluyen la alimentación, sujeción y descarga automática, dispositivos de alimentación automáticos de gravedad o vibratorios mesas neumáticas, mesas de indexado y válvulas de accionamiento de estos dispositivos automáticamente controladas de acuerdo al ciclo de la máquina.

Mientras que las aplicaciones iniciales de este proceso fueron confinadas casi exclusivamente al maquinado de cuñeros en poleas y engranes, en la actualidad las aplicaciones incluyen no únicamente operaciones de brochado interno tales como cuñeros, formas redondas, cuadradas, hexagonales, dentadas, estriadas, sino también brochado exterior de casi cualquier forma o contorno. (Fig. 33). Incluyendo un proceso automático para el brochado y corte simultáneo de barras que son alimentadas automáticamente.

Existe una variación en el brochado externo mediante el cual la brocha permanece estacionaria y las piezas son forzadas a través de la herramienta para realizar la operación de corte.

El brochado como proceso moderno de manufactura ofrece la producción económica de partes precisas a alta velocidad. La facilidad con que la brocha puede ser cambiada, hace de la brochadora una máquina de gran flexibilidad.

3. TALADRADO

C A P I T U L O 3

TALADRADO

El propósito básico de este proceso consiste en maquinarse agujeros en un material forzando contra él una herramienta giratoria (broca), siendo el taladro la máquina más usada para tal fin.

El taladro es la máquina herramienta más empleada en la industria metalmeccánica además de ser una de las más simples. Consta de un husillo que imparte movimiento giratorio a la herramienta de corte, un mecanismo para proporcionar el avance a la herramienta, una mesa para soportar el material y un pedestal.

Esta máquina no es muy versátil, más bien es especializada, aún cuando puede realizar cierto número de operaciones con el uso de las herramientas apropiadas, como es el caso de rimado, machuelado, mandrinado, etc.

TIPOS DE TALADROS Y SU CONSTRUCCION

Existen diferentes tipos de taladros que varían en cuanto a su construcción o aplicación, los cuales podemos clasificar en forma general en tres grandes grupos.

- I TALADROS PARA USO GENERAL
- II TALADROS PARA PRODUCCION EN SERIE
- III MANDRINADORAS POR COORDENADAS DE ALTA PRECISION (JIG BORERS)

I TALADROS PARA TRABAJOS EN GENERAL

Sin temor a equivocarnos podemos asegurar que este tipo de taladros es empleado en el cien por ciento de la industria metalmeccánica debido precisamente a su uso general.

Estos taladros pueden variar en tamaño, apariencia o disposición de algunos de sus elementos, pero todos son similares en cuanto a su operación.

I.1. CLASIFICACION DE LOS TALADROS PARA USO GENERAL.- Los taladros para uso general se pueden clasificar en tres tipos:

TALADRO SENSITIVO
TALADRO VERTICAL
TALADRO RADIAL

I.1.1. TALADRO SENSITIVO.- Esta es una máquina pequeña operada manualmente, diseñada para producir barrenos pequeños que usualmente no exceden de 13mm (0.5 pulgada) de diámetro. (Fig.1). Esta máquina puede ser para banco o de piso, con uno o más husillos. Se emplea el término sensitivo porque el operador puede sentir la acción de la broca al penetrar el material mientras controla el avance, que es accionado generalmente por medio de una transmisión de piñón y cremallera colocados en la cubierta que soporta al husillo. Las características de construcción de estos taladros permiten que el operario al dar el avance manualmente reduzca considerablemente el número de brocas rotas de diámetro pequeño.

I.1.2. TALADRO VERTICAL.- Esta es una máquina de piso diseñada para producir barrenos y realizar operaciones afines (Fig. 3). Difiere del taladro sensitivo en que posee un mecanismo motorizado para avance del husillo y tiene capacidad para sujetar brocas con diámetro mayor de 13mm (0.5 pulgada) además de las de diámetro menor. El mecanismo de avance motorizado en el husillo proporciona el empuje requerido para hacer barrenos de gran diámetro. Estas máquinas están equipadas con avance dual, es decir, manual y motorizado, de tal modo que si se van a emplear brocas espirales de diámetro pequeño puede usarse el avance manual a fin de evitar el rompimiento de la broca.

I.1.3. TALADRO RADIAL.- La construcción de esta máquina es tal que permite que el brazo que sostiene al cabezal del husillo pueda girar respecto a la columna como se muestra en la (Fig.2). En otras palabras, el brazo es el radio de un círculo que tiene como centro la columna. Una característica sobresaliente de este tipo de máquinas es que el cabezal del husillo puede ser localizado en cualquier punto a lo largo del brazo, mien-

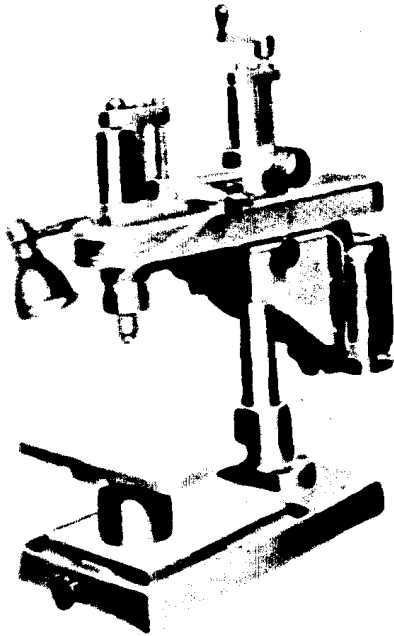


FIG. 1. Taladro sensitivo

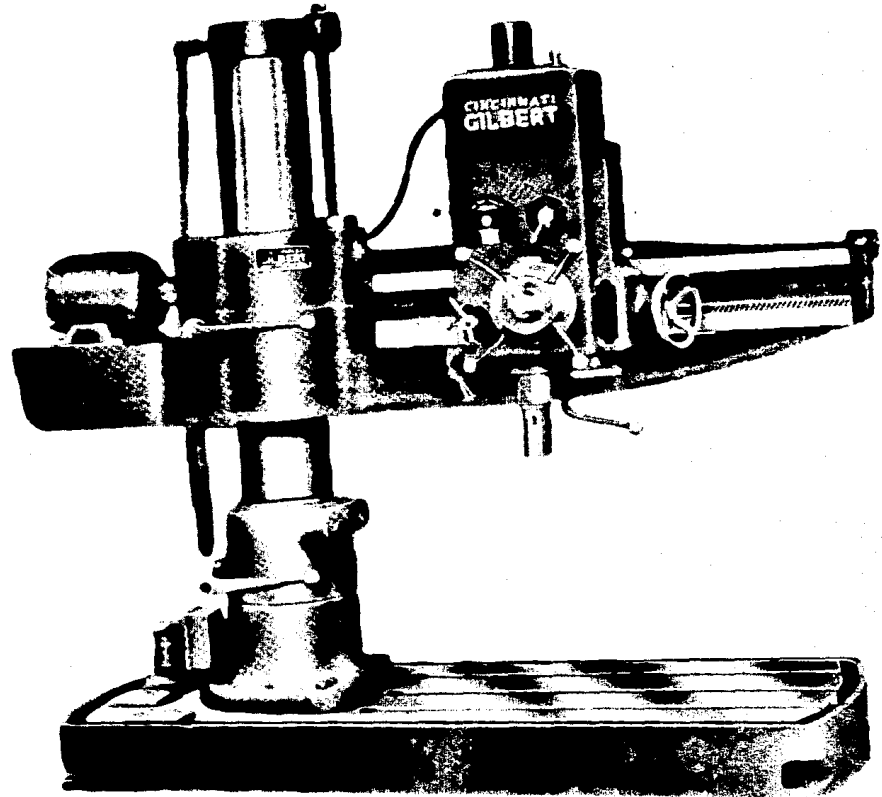


FIG. 2. Taladro radial

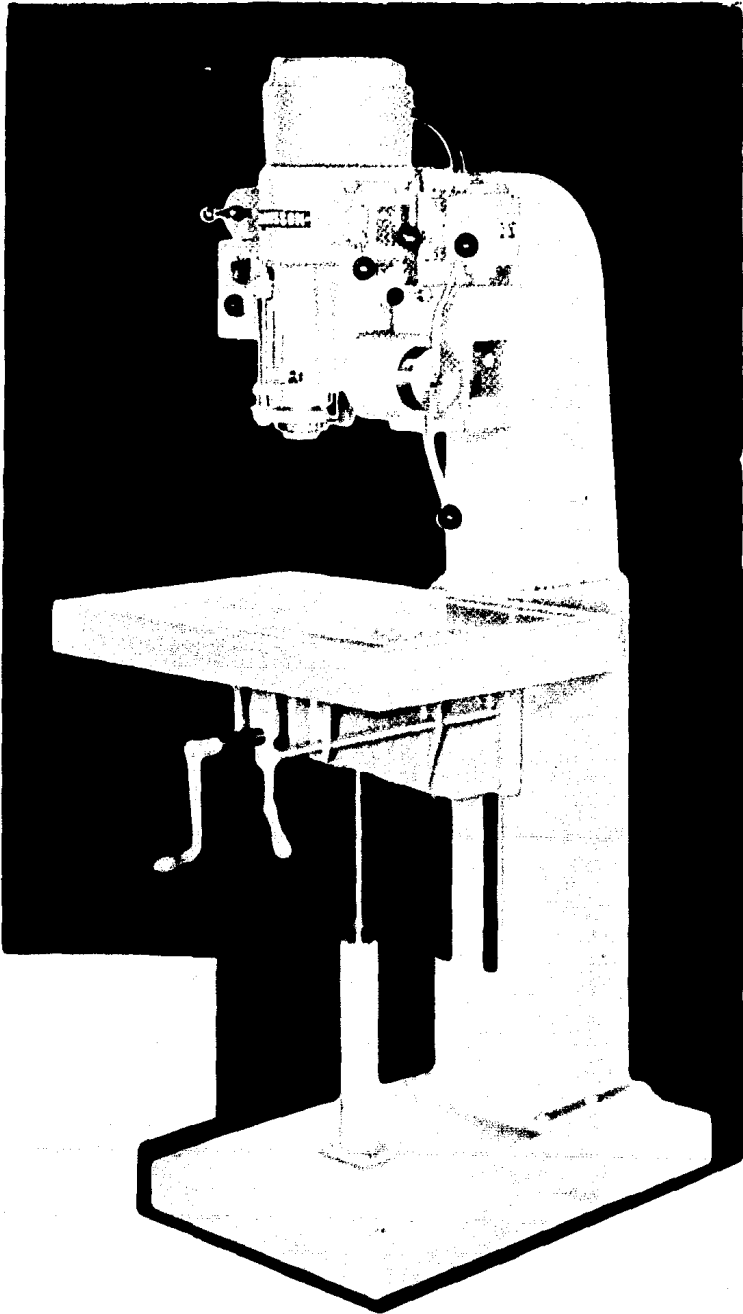


FIG. 3. Taladro vertical

tras que el brazo puede girar en un plano horizontal des-
plazándose hacia arriba o hacia abajo.

Estas máquinas han sido diseñadas fundamentalmente para realizar trabajos pesados ya que resulta más práctico y económico girar el brazo y posicionar el cabezal del husillo sobre la pieza de trabajo, que mover ésta bajo el husillo. Entre las características de estos taladros podemos mencionar: avance manual para trabajos pequeños de barrenado, avance convencional motorizado en el husillo, movimiento motorizado del brazo, posicionamiento manual o motorizado del cabezal del husillo, control de carrera rápida para una rápida reposición del cabezal de husillo, una mesa que se sujeta a la base para efectuar trabajos pequeños que puede ser universal (Fig. 4), y bases especiales que pueden ser usadas cuando la naturaleza del trabajo así lo requiere (Fig. 5).

1.2. ADITAMENTOS.- Existen aditamentos que permiten hacer más versátiles y productivos los taladros. Estos aditamentos se emplean fundamentalmente cuando los lotes de producción son tales que no se justifica la inversión en una máquina especializada.

1.2.1. ADITAMENTO PARA BARRENADO MULTIPLE.- Este aditamento permite realizar dos o más barrenos simultáneamente en una pieza, incrementando así la producción. Es fácilmente adaptable a cualquier taladro vertical. Se encuentra disponible ya sea en cabezal de junta universal redondo o rectangular o bien con cabezal de engrane motriz de brazos ajustables. (Fig. 6).

1.2.2. CABEZAL REVOLVER.- Este aditamento viene equipado con seis posiciones en la torreta permitiendo así realizar varias operaciones que requieren un centro común. Entre sus características se puede mencionar: minimización de montajes, operación simple y segura, facilidad de adaptación a la máquina, operación ya sea manual o automática con un mínimo de alteraciones. Con objeto de cubrir una gran variedad de trabajos, tiene cinco husillos auxiliares que permiten acelerar o desacelerar la velocidad del husillo. (Fig. 7).

1.2.3. CABEZAL MULTIHUSILLO.- Este tipo de dispositivos

permite barrenar y machuelar agujeros con alta precisión. Están diseñados fundamentalmente para satisfacer las necesidades de la industria automotriz. Es un dispositivo muy poco versátil. Sus características principales son:

- Concentricidad de los husillos de 0.0003"
- Bajo nivel de ruido
- Carcaza de fierro fundido
- Engranajes maquinados
- Tolerancia de ± 0.0015 " en localización de los husillos

I.2.4. CABEZAL MACHUELADOR.- Este dispositivo es ideal para el taller mecánico o donde la naturaleza del producto no permite otro proceso que el manual. Es adaptable a todas las marcas y modelos de taladros. Esta unidad es la misma, en cuanto a precisión y construcción, que las usadas en las máquinas automáticas para machuelar verticales e inclinadas. La sensibilidad y rigidez del cabezal permite obtener precisión en el machuelado. Entre sus características de diseño podemos mencionar: distribución lineal de la carga, uso de rodamientos dobles para el husillo que eliminan la flotación lateral, y husillo balanceado. (Fig. 9).

I.2.5. UNIDADES NEUMATICAS INDEPENDIENTES.- Estos dispositivos accionados neumáticamente tienen como característica principal su gran versatilidad en cuanto a adaptabilidad, es decir, pueden ser montados en cualquier máquina herramienta, o bien en máquinas especialmente diseñadas para el trabajo específico por realizar. Son empleados fundamentalmente para ejecutar operaciones de taladrado y machuelado de producción, no restringiéndose exclusivamente a grandes volúmenes de producción sino también a maquinados múltiples simultáneos en diferentes planos, maquinados complejos, por ejemplo, barrenos con un determinado ángulo, etc. Tienen como principal ventaja la eliminación de segundas operaciones y como consecuencia la reducción de costosas inversiones en equipo, tales como máquinas especiales, herramienta y dispositivos de sujeción y localización. Entre sus características técnicas podemos resaltar: avance automático controlado hidráulicamente, carrera del pistón ajustable en cualquier posición dentro de su rango, desarrollo de altas velocidades debido a su accionamiento neumático, lu-

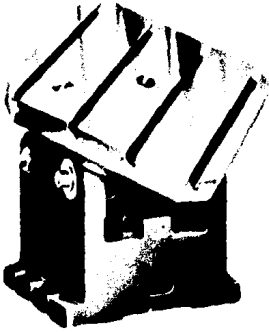


FIG. 4.

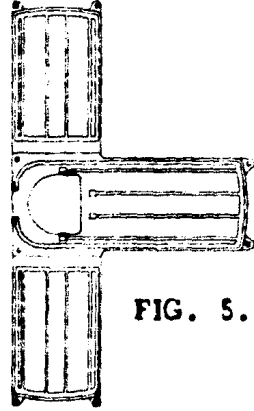


FIG. 5.

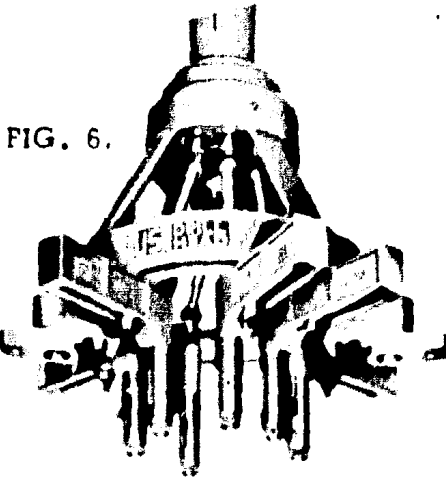


FIG. 6.

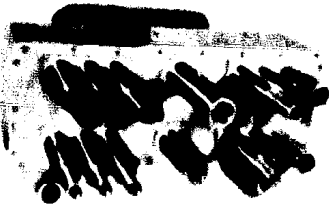


FIG. 8. Cabozal mul
titusillo

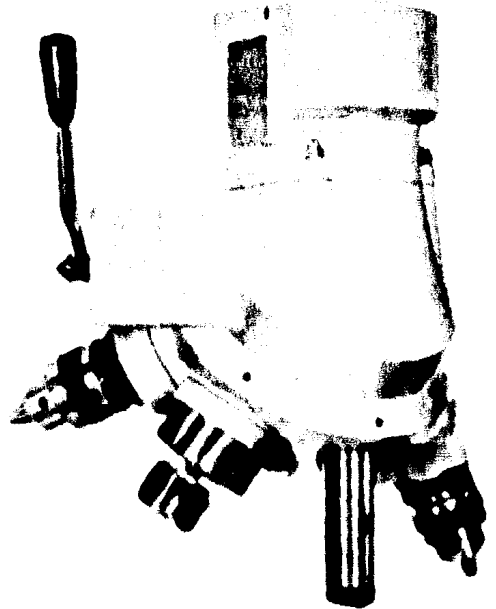


FIG. 7.

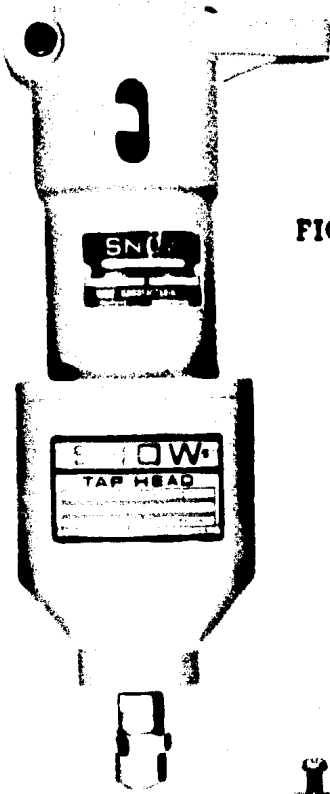
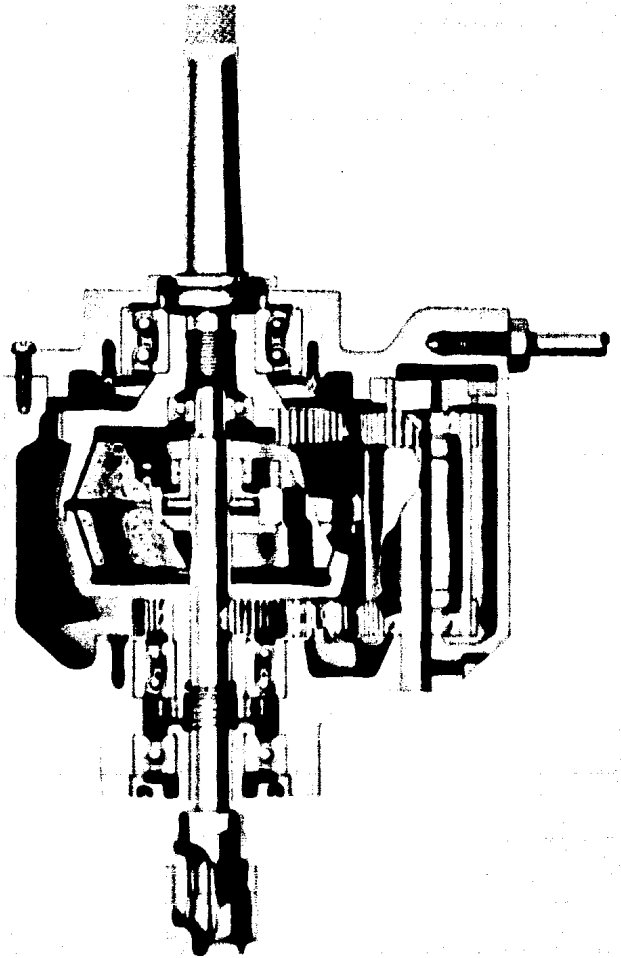


FIG. 9. Cabezal machuelador



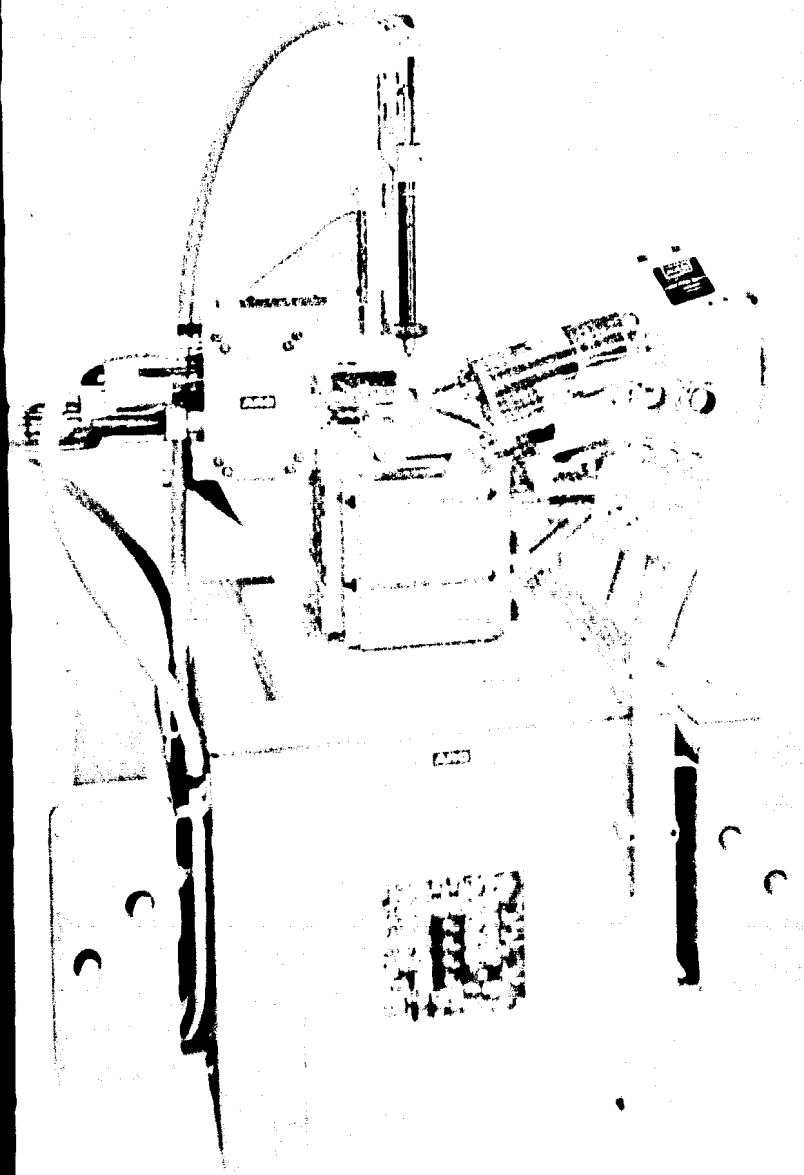


FIG. 10. Unidades neumáticas independientes montadas en una máquina especialmente diseñada.

FIG. 11. Unidad neumática independiente.

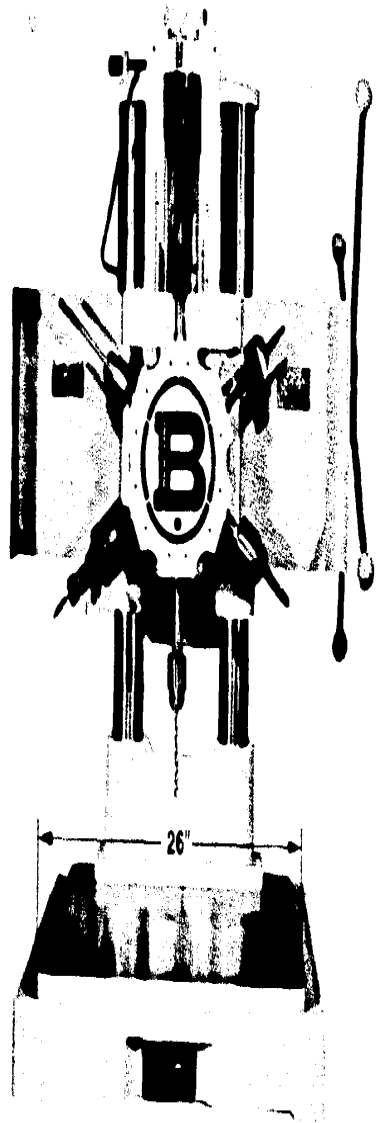
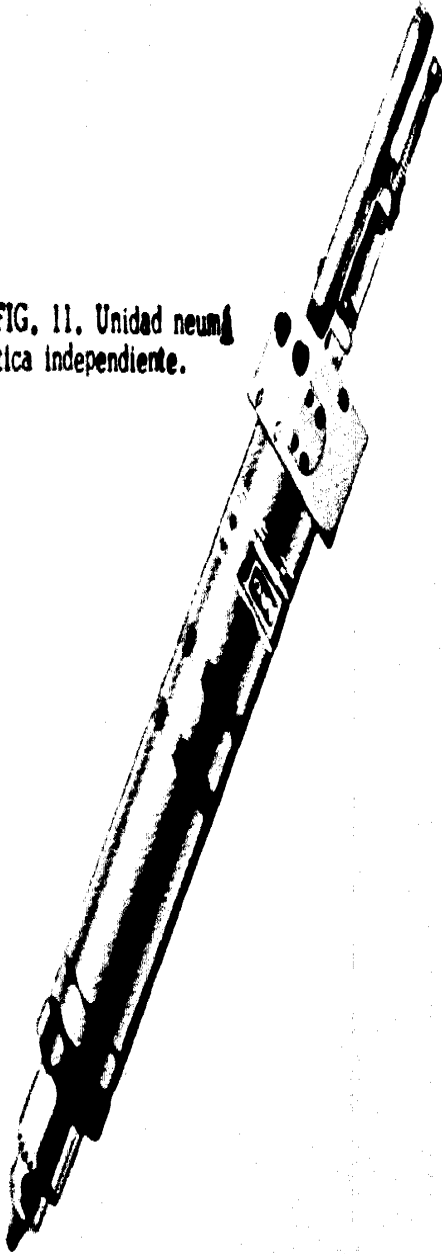


FIG. 12. Taladro revólver.

sillo montado en baleros sellados y lubricados permanentemente, etc. (Fig. 11).

II TALADROS PARA PRODUCCION EN SERIE

La producción en su constante evolución y desarrollo ha ocasionado que casi todos los procesos de maquinado tiendan a la automatización para la producción en serie. El proceso de taladrado no es la excepción y por lo tanto se han desarrollado máquinas cuyas características de construcción y diseño se adaptan a tal fin.

II.1. CLASIFICACION DE LOS TALADROS PARA PRODUCCION EN SERIE.- Estos taladros pueden ser clasificados en cuatro grupos:

TALADROS EN BATERIA O PROGRESIVOS
 TALADROS REVOLVER
 TALADROS MULTIHUSILLO
 MAQUINAS AUTOMATICAS PARA TALADRAR

II.1.1. TALADROS EN BATERIA O PROGRESIVOS.- Los primeros intentos para producir barrenos en serie fue disponer varios taladros juntos sobre una misma mesa, dando por resultado lo que ahora se entiende como taladros en batería o taladro progresivo. Siendo su principal ventaja no requerir cambios de la herramienta para cada agujero distinto. Existen dos tipos: los que tienen los husillos espaciados a distancias fijas a lo largo de la mesa, y los que pueden ser ajustados a distancias variables. Siendo el más común el primer tipo, que permite su empleo para trabajos de alta producción en donde se requieren varias operaciones. El material va siendo posicionado en cada uno de los husillos por medio de un marco que lo sujeta y que facilita su deslizamiento a lo largo de la mesa. Si se requieren varias operaciones tales como barrenar dos diámetros diferentes y además rimarlos se dispondrán cuatro husillos, dos para taladrar y dos para rimar.

Con estos taladros en batería se puede obtener un incremento en la eficiencia del maquinado y una reducción del costo de mano de obra utilizando dispositivos automatizados de control de avance, ya que pueden realizarse dos o más operaciones simultáneamente con la atención de un solo operario. En la (Fig.13) aparece una máquina de

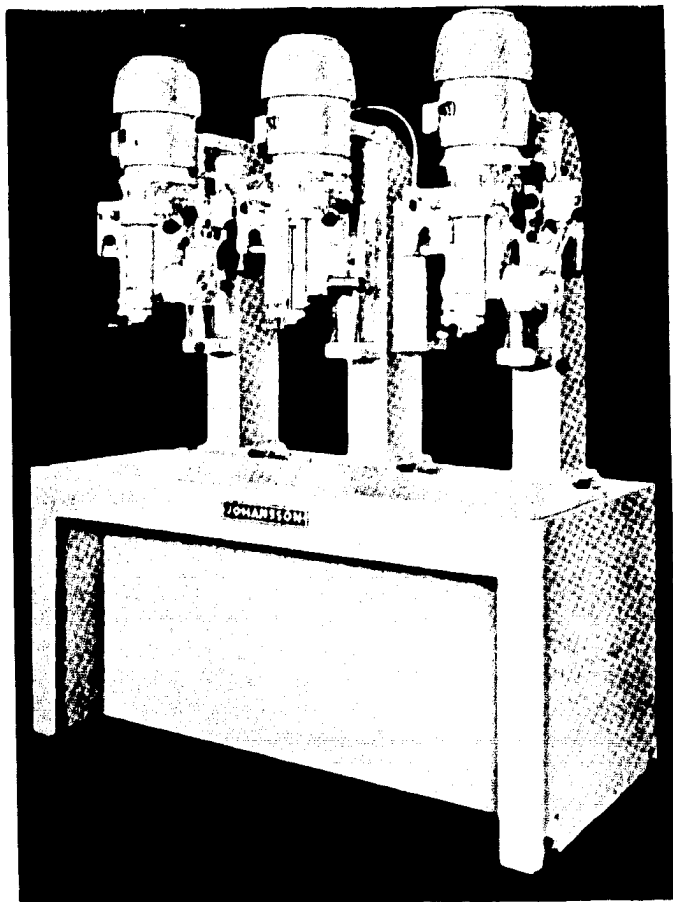


FIG. 13. Taladro en batería.

tres husillos con motores separados para cada husillo y equipada con alimentación motorizada y dispositivo de tornillo de avance para machuelear.

Las máquinas de husillos ajustables se utilizan cuando el trabajo requiere que varios barrenos estén en línea en una pieza larga, de tal modo que los husillos puedan ajustarse al espaciamiento deseado de los barrenos, como en el caso de tubos, canales, piezas fundidas, ángulos y placas.

II.1.2. TALADROS REVOLVER. - Este tipo de máquinas para producción en serie viene a reemplazar a los taladros en batería. Resulta más práctico y económico tener una sola máquina con una torreta revólver de seis husillos que seis máquinas o cabezales independientes, con la gran ventaja de que no hay variación de los centros de las diferentes herramientas. (Fig. 12).

Este tipo de máquinas se aplican con gran éxito para producir piezas que requieren operaciones múltiples con centro común, asegurando alta precisión, confiabilidad y uniformidad en el maquinado de las piezas.

Su operación puede ser manual, semiautomática o automática, las capacidades fluctúan de 1/4" a 3/4". En las máquinas automáticas la torreta se indexa automáticamente siendo éstas las apropiadas para trabajos de alta producción.

En cuanto al diseño, es fundamentalmente el mismo que el del taladro sensitivo con las siguientes diferencias:

- 1) El cabezal se desplaza sobre un par de columnas que lo soportan permitiendo así graduar la altura en función del trabajo por realizar.
- 2) En el cabezal se encuentra la torreta revólver, generalmente de seis husillos cuyo eje de giro es perpendicular al plano de desplazamiento de aquel.

II.1.3. TALADROS MULTIHUSILLO. - En este tipo de máquinas se efectúan operaciones de taladrado en serie en la verdadera acepción de la palabra. Poseen varios husillos -

montados en un solo cabezal lo que permite realizar diferentes operaciones simultaneamente en una pieza de trabajo, o sea que puede montarse cualquier combinación de herramientas, esto es, que mientras se están perforando algunos barrenos otros pueden ser mandrinados, rimados o machuelados. Son de muy variados tamaños, desde aquellas con husillo de 9.5mm (3/8 Pulg.) de diámetro con capacidad máxima de broca de 4mm (5/32 pulg.) hasta las de husillo de 75mm (3 pulg.) con capacidad para brocas grandes. El número de husillos en las máquinas ligeras es de 12 a 24, mientras en las pesadas es de 16 a 36 con velocidades de 200 a 4000 R.P.M. en las primeras y de 70 a 1500 en las segundas. Los avances son por medios hidráulicos y varían de 12 a 760mm por minuto en las máquinas pequeñas y de 12 a 250mm por minuto en las grandes. (Fig. 14).

II.1.4 MAQUINAS AUTOMATICAS PARA TALADRAR. - Como su nombre lo indica, éstas son máquinas herramientas automáticas especializadas para ejecutar operaciones de barrenado, machuelado, rimado, roscado, etc. en grandes volúmenes de piezas idénticas. Entre sus características principales se pueden resaltar: ahorro de tiempo, ahorro de espacio, disminución de costos de herramental y de mano de obra, esto es debido a que una sola máquina puede realizar tres o más diferentes trabajos: barrenado, machuelado, roscado, etc. y que en muy corto tiempo es preparada para realizar dichos trabajos.

Empleando dispositivos de alimentación y sujeción adecuados, estas máquinas pueden llegar a operar totalmente automáticas permitiendo así que el operario se concrete a cargar piezas a granel en los alimentadores, por lo que un mismo operario puede hacerse cargo hasta de cuatro máquinas simultaneamente.

Existen diversos tipos de máquinas automáticas para taladrar, difieren entre si en cuanto a la posición relativa de sus elementos operativos pero su principio de operación es el mismo. Su empleo está definido básicamente en función de las piezas por maquinar. Se pueden clasificar en los siguientes tipos:

MAQUINAS VERTICALES. - Estas máquinas se emplean para rea-

lizar maquinados en piezas cuya forma proporciona una buena superficie de apoyo permitiendo que el maquinado se efectúe sobre un eje vertical perpendicular a dicha superficie de apoyo. (Fig. 15).

MAQUINAS HORIZONTALES.- Son empleadas en el caso contrario de las verticales, es decir, cuando la pieza no tiene una base que proporcione la suficiente estabilidad a la pieza para ser maquinada, tal es el caso de piezas cilíndricas (flechas, bujes, etc.) que requieren maquinados sobre su eje longitudinal. (Fig. 16).

MAQUINAS INCLINADAS.- Estas máquinas fueron desarrolladas inicialmente para satisfacer las necesidades de tuercas machueladas de precisión de las industrias aeronáutica y de fabricación de instrumentos. Actualmente son empleadas a nivel industrial para la fabricación de piezas comerciales, ya sea machuelado de tuercas hexagonales o cuadradas. Utilizando un dispositivo de sujeción estándar esta máquina puede ser adaptada fácilmente para machuelar piezas redondas. Su alimentación puede ser manual o automática y en función del grado de automatización un operador puede hacerse cargo de cuatro a ocho máquinas. La rebaba y las piezas son separadas automáticamente y cuenta con selector de velocidades para cubrir todas las operaciones dentro de la capacidad de la máquina. (Fig. 17).

II.1.4.1. DISPOSITIVOS.- Las máquinas automáticas para taladrar, machuelar y roscar están provistas de controles para sincronizar automáticamente la operación de dispositivos neumáticos controlados electricamente que ayudan a incrementar la producción de segundas operaciones a un mínimo costo y corto tiempo de preparación. Para su mejor aprovechamiento, estos dispositivos se pueden usar en combinación con alimentadores automáticos de gravedad o vibratorios. (Fig. 18).

Un aspecto importante es que estos aditamentos pueden ser adaptados fácilmente a otros tipos de máquinas o aplicaciones, tales como fresadoras o rectificadoras, taladros manuales o automáticos, equipo de banco para ensamble, y máquinas totalmente automáticas.

Existe una gran variedad de dispositivos estándar -

cuyas características de diseño permiten el empleo de herramental simple especialmente adaptado al trabajo particular por realizar, además pueden ser re-herramentados fácilmente y a un bajo costo para otros trabajos.

II.1.4.1.1. PLATO GIRATORIO NEUMATICO.- Este dispositivo es accionado neumáticamente. El número de posiciones de indexado puede ser desde 6 hasta 48 dependiendo del tipo de dispositivo. En cada indexado presenta una pieza diferente a la estación de maquinado (que puede ser una o varias), de alimentación y de descarga, permitiendo así obtener un maquinado continuo. Este plato puede ser vertical u horizontal siendo su única diferencia la disposición del mismo, su utilización depende del tipo de piezas por maquinar. En la (Fig. 19), aparece este dispositivo mostrando un ejemplo típico de aplicación.

II.1.4.1.2. DISPOSITIVOS DE LOCALIZACION Y SUJECION. Estos dispositivos permiten sujetar y localizar piezas durante las operaciones de taladrado, roscado, machuelado, etc. Se pueden utilizar solos o en combinación con platos giratorios de indexado ya sea verticales u horizontales. (Fig. 20).

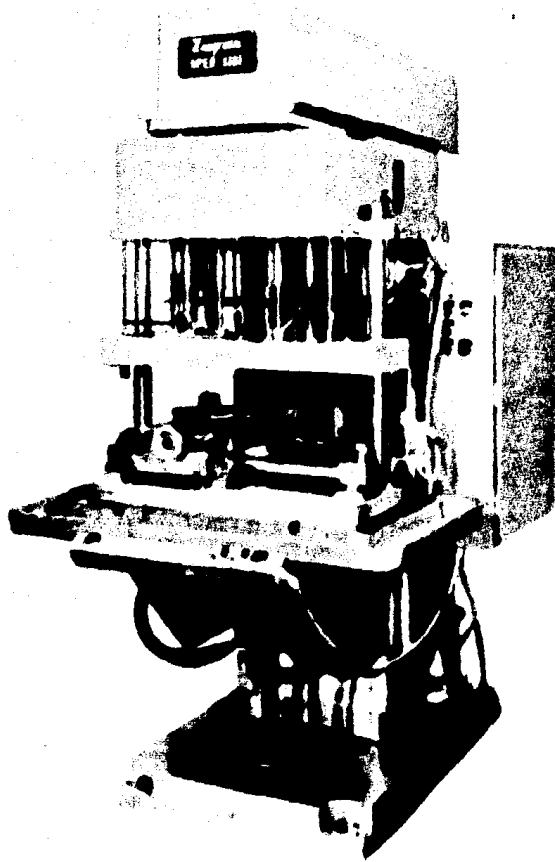


FIG. 14. Taladro multihusillo

FIG. 16.

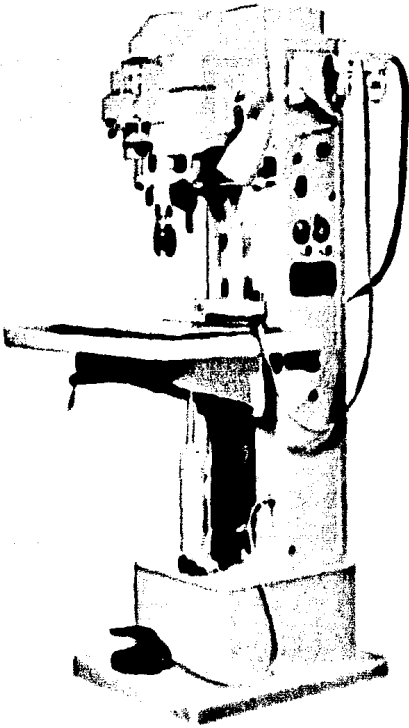
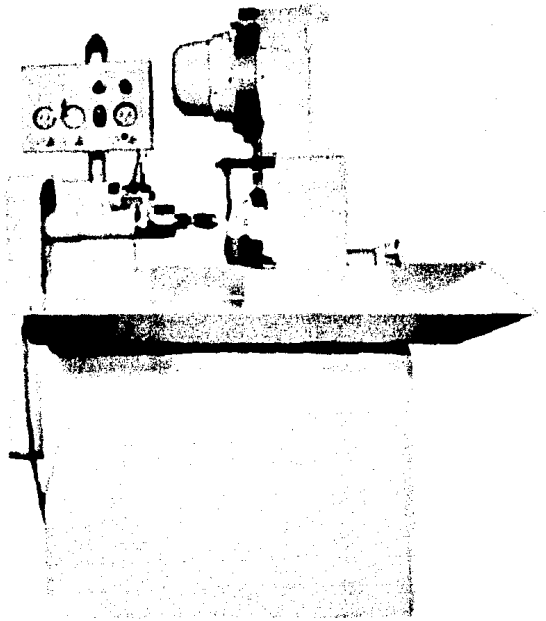


FIG. 15.

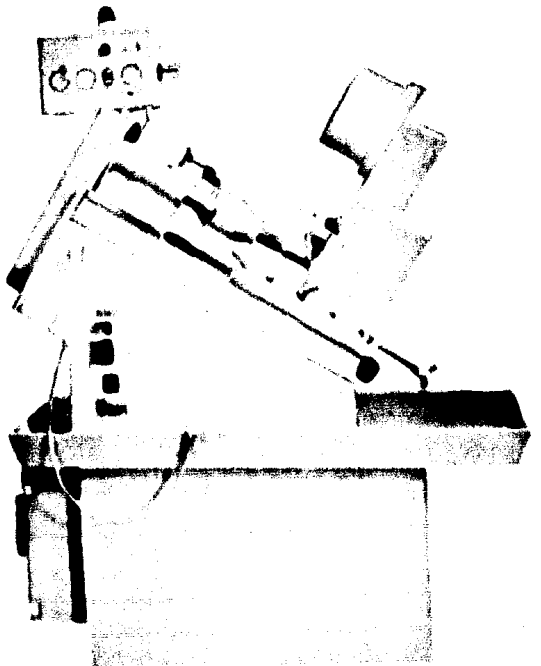


FIG. 17.



**FIG. 18. Alimentador
automático vibratorio.**



FIG. 19. Plato giratorio neumático.

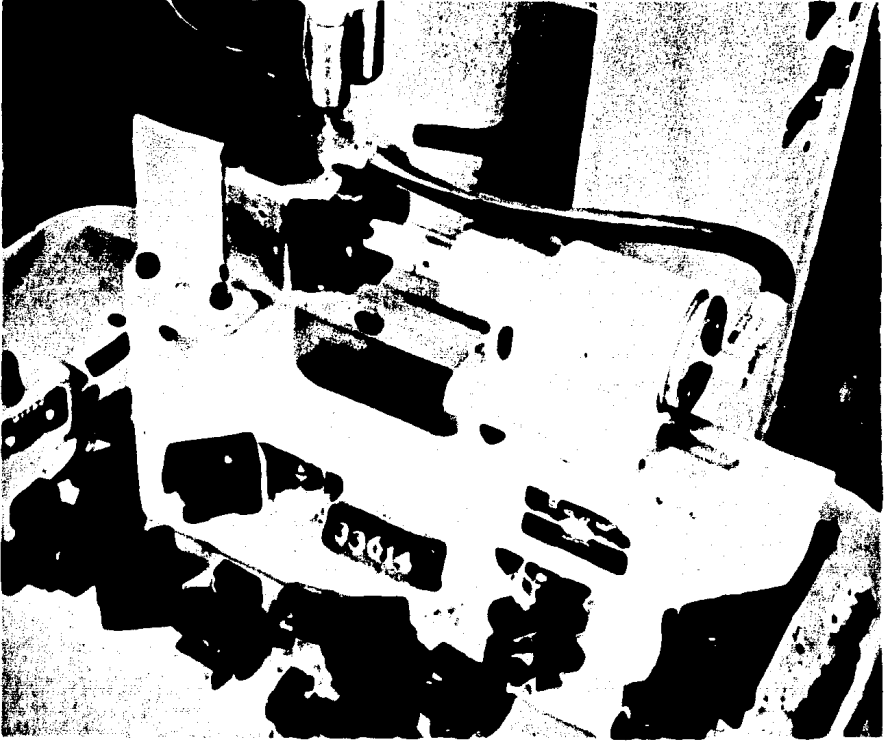


FIG. 20. Dispositivo de localización y sujeción neumático.

III MANDRINADORA POR COORDENADAS DE ALTA PRECISION (JIG BORER)

A diferencia del mandrinado convencional de plantillas, herramientas y moldes de unos cuantos años atrás, en donde los barrenos eran posicionados en el rango de la milésima de pulgada o cuando mucho en media milésima, los nuevos equipos demandan precisión del orden de la diezmilésima y aún de la cienmilésima de pulgada.

Para satisfacer estas necesidades se desarrolló la Mandrinadora por Coordenadas de Alta Precisión (Jig Borer). Con esta máquina herramienta ha sido posible que el fabricante de herramientas cubra la creciente demanda de tolerancias cada vez más cerradas de los moldes, dados, troqueles y dispositivos empleados para producción.

Las características distintivas de esta máquina se apoyan en la facilidad y rapidez con que se alcanza el más alto nivel de precisión en la localización, ya que combina dos funciones esenciales:

- 1) Mandrinado puntual (por puntos), es decir, que la herramienta genera un agujero de precisión en un punto predeterminado mientras está girando sobre su propio eje.
- 2) Establece la localización de los barrenos por medio de coordenadas.

Estos atributos, junto con su versatilidad y eficiencia en la remoción de material, explican su rápida aceptación en la vasta industria metalmeccánica en donde es aplicada en el taller de herramientas, la línea de producción, el laboratorio de experimentación y el departamento de inspección. Cabe aclarar que nos estamos refiriendo a la industria metalmeccánica de los países industrializados, ya que en los países como el nuestro se siguen utilizando los métodos convencionales, haciendo de la fabricación de herramientas un proceso muy lento y altamente dependiente de la habilidad y características artesanales del operario.

Como esta máquina fue desarrollada inicialmente para dar una solución adecuada al problema del fabricante de herramientas (localización de precisión) su mayor aceptación y amplia utilización se dió en el taller de herramientas. Usada sola o en combinación con su complemento, la Rectificadora de Plantillas y Moldes (JIG GRINDER), ha contribuido enormemente en la intercambiabilidad de piezas al permitir la repetibilidad con alta precisión en la fabricación de herramientas. También ha incrementado la capacidad del fabricante de herramientas al relevarlo del tedioso trabajo de localizar barrenos con métodos improvisados, por ejemplo, en la industria relojera donde los métodos para localizar barrenos espaciados correctamente requería procesos muy laboriosos, tales como: trazado, punzonado, taladrado, rimado, etc.

APLICACIONES EN PRODUCCION.- Aún cuando fue concebida como una máquina para el taller de herramientas puede emplearse frecuentemente como una máquina de producción. La misma versatilidad, precisión e impresionante cantidad de remoción de material que la ha hecho indispensable en la fabricación de herramientas, la hace igualmente adaptable a la línea de producción, siendo usada eficientemente en muchas aplicaciones entre las que podemos mencionar:

- 1.- Lotes de producción de insertos para troqueles.
- 2.- Lotes pequeños de producción donde la cantidad no justificaría el costo del herramental.
- 3.- La producción de piezas donde la precisión requerida ya sea en la localización de los barrenos o en la calidad del acabado superficial no puede ser obtenido por métodos tradicionales.
- 4.- Producción de partes que requieran una alta relación de precisión entre operaciones múltiples, las cuales no pueden ser incorporadas en un troquel, tales como mandrinado frontal y fresado ligero.
- 5.- La producción de piezas delicadas o complejas que deben ser mandrinadas para lograr precisión y evitar deformación.

En todos los ejemplos anteriores la flexibilidad de la mandrinadora por coordenadas contrasta con la inflexibilidad y aplicación limitada de las máquinas herramientas especiales, permitiendo así cambiar los diseños de los productos a voluntad sin tener que justificar el re-

traso y el alto costo de la re-herramientación.

APLICACIONES EN INSPECCION.- El potencial de la mandrinadora por coordenadas en operaciones de inspección es reconocido con poca frecuencia, sin embargo, una revisión de sus características de diseño mostrará que efectivamente posee todos los elementos necesarios para considerarla una máquina universal de medición muy precisa. Obviamente, su capacidad para localizar o posicionar con precisión hace posible que inspeccione o efectúe mediciones con la misma precisión.

El uso de esta máquina para inspección se fundamenta en que:

- 1) El inspector puede verificar el trabajo hecho en la máquina con la propia máquina.
- 2) Se puede inspeccionar el trabajo realizado en cualquier otra máquina.

El trabajo realizado en la mandrinadora por coordenadas puede inspeccionarse con mayor efectividad antes de ser desmontado, ahorrando tiempo y además evitando la posibilidad de errores en el re-montaje. Utilizando el sistema de medición de la máquina como patrón y con la ayuda de un indicador se puede verificar la localización de los barrenos y compararla contra su plano de coordenadas, pudiéndose de esta manera, realizar la inspección en mucho menos tiempo que utilizando cualquier otro medio.

La posible objeción de que el trabajo no debiera ser inspeccionado por el mismo equipo usado para producirlo, no es válido en cuanto a la mandrinadora por coordenadas se refiere, debido a las siguientes razones:

- 1) La pieza de trabajo ya ha sido referida a las coordenadas de la máquina y cualquier intento por volver a referirla respecto a un mármol por ejemplo, podría fácilmente generar un error tan grande o mayor como en el que se hubiera incurrido al maquinaarla.
- 2) El sistema de medición de la máquina es cuando menos tan preciso, como cualquier patrón de taller que pudiera ser utilizado para tal fin.

3) La inspección del propio trabajo puede ser realizada en la máquina sin tener que referirse a superficies inapropiadas de la pieza, como usualmente se hace cuando se mide sobre una placa de mármol, ésto elimina otra casi segura fuente de error.

El uso de la mandrinadora por coordenadas exclusivamente como un dispositivo de inspección no es poco común, la facilidad y rapidez en alcanzar mediciones de alta precisión la sitúan muy por encima de cualquier otro dispositivo de medición de la misma capacidad.

A fin de resaltar la importancia que tiene la mandrinadora por coordenadas en la industria moderna, vale la pena mencionar un aspecto de suma importancia que es:

EL PROBLEMA DE LA LOCALIZACION DE PRECISION. - Puede suponerse que el problema de localización es asunto de medición, sin embargo, existe una gran diferencia entre la capacidad de medir con precisión la localización de barrenos, contornos y superficies y el hecho de generarlos también con alta precisión y a un tamaño predeterminado. Esta diferencia radica en el hecho de que la ciencia de la medición (METROLOGIA) se basa en la comparación de una dimensión con patrones aceptados, comparación fundamentada en valores estáticos, mientras que el maquinado de barrenos, contornos y superficies, involucra valores dinámicos en constante cambio, aún cuando su objetivo es obtener el mismo grado de precisión que el esperado de la simple medición. Estos valores cambiantes entre los que podemos mencionar: remoción de material, esfuerzos, deformaciones, cambios de temperatura, etc., representan la diferencia básica entre medición y localización.

Como podemos observar, la tecnología de la localización de precisión presenta problemas de metrología, física, geometría y metalurgia, a los cuales ha tenido que enfrentarse el fabricante de herramientas, implicando un gran esfuerzo y tiempo, por lo tanto, dinero. De aquí salta a la vista el porque del alto costo de la precisión en la fabricación de herramientas.

El desarrollo de nuevos equipos entre los que se encuentra la mandrinadora por coordenadas ha cambiado el concepto de la localización de precisión, es decir, ha trasladado a la máquina la capacidad de localizar y ma-

quinar con precisión en lugar de ser el artesano de la fabricación de herramientas quien la proporcione. Dicha capacidad se ha logrado considerando los requerimientos para la localización de agujeros y radios, siendo el primordial, la elección de un método apropiado en cuanto a diseño, de forma tal que se puede posicionar directamente para el maquinado. Tomando en cuenta que el eje de cualquier barreno o radio es un punto en un plano perpendicular a dicho eje y que la localización de cualquier punto en un plano puede establecerse por coordenadas rectangulares, el sistema de coordenadas rectangulares se ha establecido como el común denominador de la localización. Un ejemplo típico se muestra en la (Fig. 21). Sin embargo no bastan las dos dimensiones para la localización de un barreno o un radio, o sea, no es suficiente que el eje del barreno esté correcto sino que la precisión debe proyectarse en toda la profundidad del barreno, es decir, su forma ya sea cilíndrica, cónica, etc.

Como es de suponer, fabricar una máquina que dé solución a los problemas antes mencionados requiere de una alta tecnología, que como es obvio, implica un costo elevado. Esta inversión se justifica con las ventajas que proporciona, entre las que podemos mencionar:

- 1) Una producción más rápida y económica de herramientas con insertos intercambiables.
- 2) Mejor calidad de las herramientas lo cual implica fabricar productos de mayor calidad y precisión a un costo menor.
- 3) Mayor precisión y menor costo en la elaboración de modelos experimentales (prototipos).
- 4) Eliminación de herramental para realizar producciones piloto de piezas que requieren localización de precisión.

El uso de esta máquina que soluciona desde el punto de vista de la ingeniería los problemas de localización, reduce el costo de la precisión. Ha sido tan significativo el efecto de su introducción en la industria de la fabricación de herramental con intercambiabilidad de sus componentes, que aquellos que han hecho uso de ella go-

zan de grandes ventajas a nivel competitivo respecto a quienes emplean los métodos tradicionales.

En la (Fig. 22) se muestra una mandrinadora por - coordenadas.

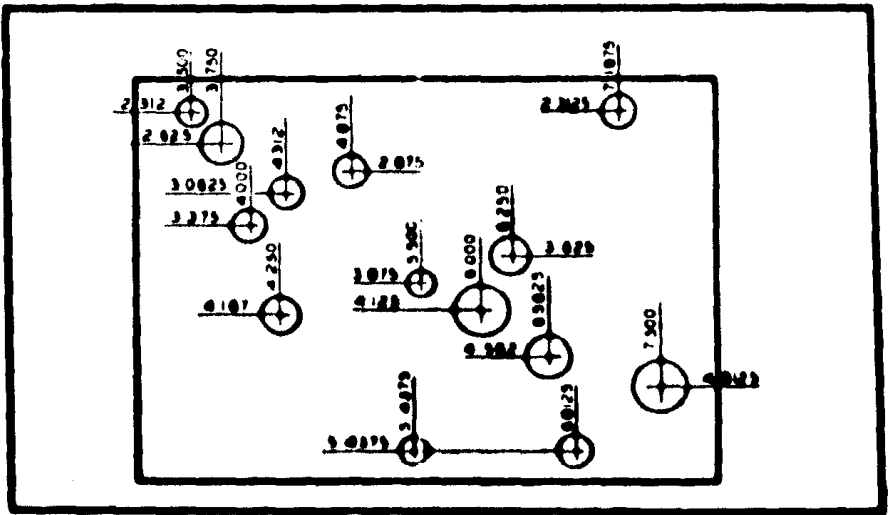
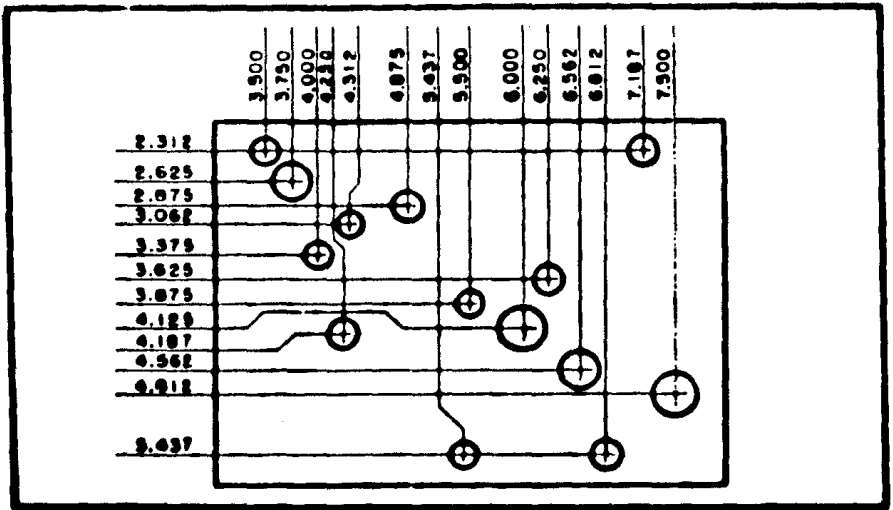
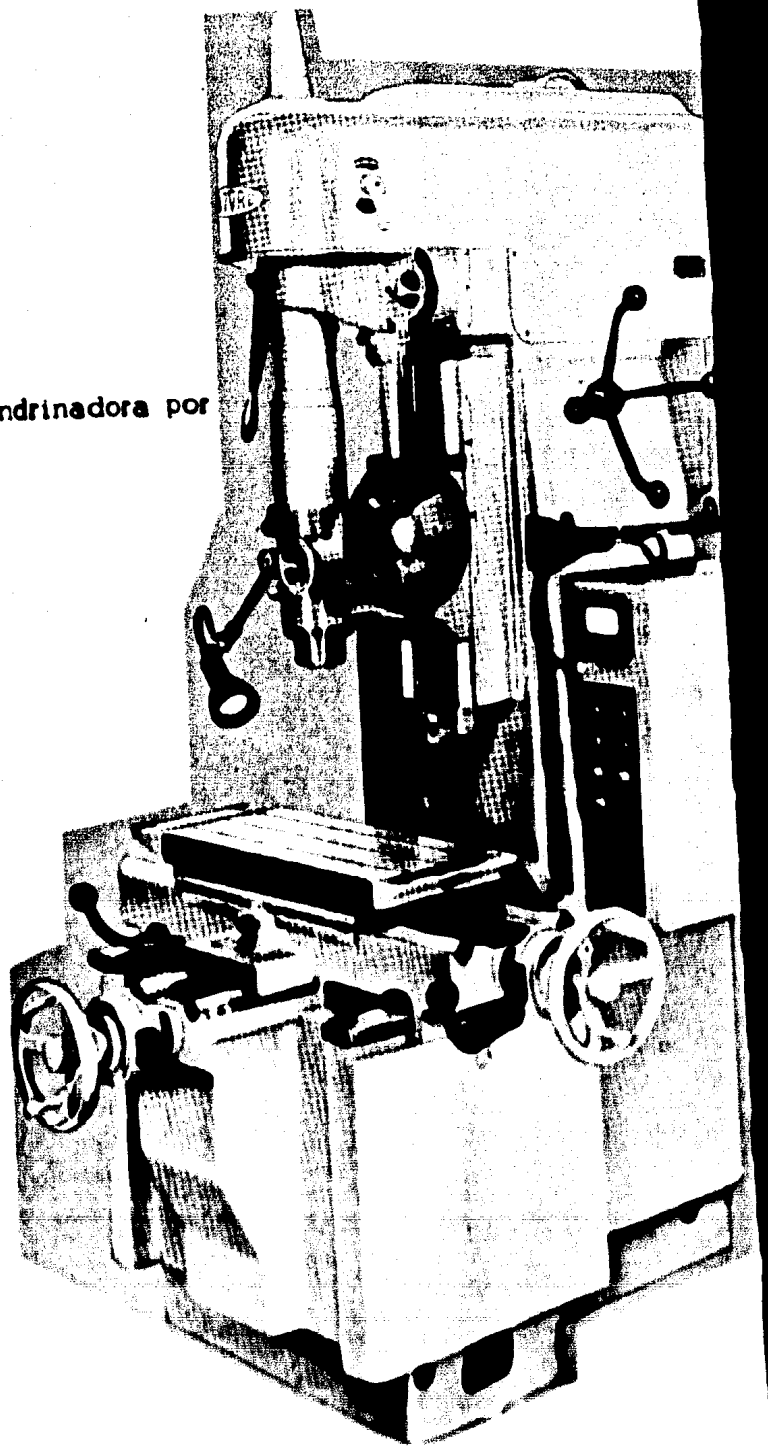


FIG. 21. Planos dimensionados por medio de coordenadas.

FIG. 22. Mandrinadora por coordenadas.



4. RECTIFICADO

C A P I T U L O 4

RECTIFICADO

El proceso de rectificado consiste en la remoción del metal por medio de una rueda abrasiva rotatoria. La acción de la rueda de esmeril es muy similar a la de un cortador de fresadora. La rueda se forma aglomerando gran cantidad de pequeños granos abrasivos, cada uno de los cuales actúa como una diminuta herramienta de corte que desprende una pequeña rebaba del material.

Este proceso se ha convertido actualmente en uno de los más importantes, sin el cual la producción en masa sería imposible. Debido a la rigidez y precisión de las máquinas rectificadoras, se pueden obtener piezas de trabajo terminadas con tolerancias dimensionales extremadamente cerradas y acabados superficiales que no es posible obtener mediante ningún otro proceso de corte, logrando así la intercambialidad de piezas en productos ensamblados, componentes de maquinaria, herramientas de producción tales como troqueles, moldes, etc.

Como las principales ventajas de este proceso sobre los otros procesos de corte se pueden mencionar las siguientes:

- 1.- Es el único proceso convencional para cortar materiales endurecidos. El afilado de herramientas de corte es una aplicación importante de este proceso.
- 2.- Debido a la gran cantidad de pequeñas aristas cortantes de la rueda abrasiva, se producen acabados extremadamente tersos y en consecuencia muy deseables en superficies de contacto y fricción.
- 3.- Se puede obtener piezas terminadas con dimensiones muy precisas, en corto tiempo.
- 4.- El proceso requiere muy poca presión, lo cual permite aplicarlo a piezas muy livianas, que en otra forma tenderían a separarse de la herramienta.

TIPOS DE RECTIFICADORAS

Las máquinas rectificadoras se clasifican de acuerdo al tipo de superficie que pueden maquinar en cuatro grupos:

DE SUPERFICIES PLANAS
 DE SUPERFICIES CILINDRICAS
 DE INTERIORES
 DE PLANTILLAS DE ALTA PRECISION

I.- RECTIFICADORAS DE SUPERFICIES PLANAS.- Como su nombre lo indica con este tipo de rectificado se obtienen superficies lisas o planas.

Existen dos tipos de máquinas, las del tipo mesa -- reciprocante y las que tienen una mesa rotatoria para la pieza de trabajo. Ambos tipos pueden disponer el -- eje de la rueda esmeriladora (husillo), tanto en posición horizontal como vertical.

Las cuatro posibilidades de construcción se ilustran en la (Fig.1).

I.1.- HUSILLO HORIZONTAL MESA RECIPROCANTE.- El tipo -- más común de rectificadora de superficies planas es el -- que utiliza el husillo en posición horizontal y una mesa reciprocante de alta velocidad. En este tipo de máquina la posición del husillo de la rueda de esmeril se mantiene constante y la mesa sobre la cual está montada la pieza de trabajo se mueve longitudinalmente respecto al centro del husillo. (Fig. 2).

Los otros dos movimientos, transversal y vertical-- (alimentación de la rueda) se pueden obtener de varias formas. El movimiento transversal o desplazamiento de la rueda a todo lo ancho de la pieza se puede obtener; desplazando la mesa sobre una corredera, o bien, movien-- do la columna sobre la que está montado el cabezal por-- ta rueda. De igual manera el movimiento vertical se -- puede obtener en la mesa o en el cabezal; sin embargo, en la mayoría de las máquinas de este tipo, el movimiento -- vertical o alimentación de la rueda se realiza despla-- zando el cabezal porta rueda hacia arriba y hacia abajo.

Las rectificadoras de husillo-horizontal, mesa-reciprocante se fabrican en una amplia gama de tamaños que van desde el tipo taller de herramientas con movimiento longitudinal de 254mm (10") hasta máquinas para rectificar bancadas o gufas con carrera de 7.6mts (300") y más. Los avances se pueden suministrar manuales o automáticos con motor hidráulico o motor eléctrico.

I.2.- HUSILLO HORIZONTAL MESA ROTATORIA.- Una variante de la máquina convencional tipo mesa reciprocante, la constituye la máquina de husillo-horizontal equipada con una mesa rotatoria sobre la cual se monta la pieza.

Este tipo de máquina generalmente se utiliza para el rectificado de piezas pequeñas, las cuales son transportadas en dirección opuesta a la de la rueda de esmeril y a velocidades que normalmente van desde aproximadamente un octavo a un quinto de la velocidad de la rueda. Se aplica principalmente en producción en serie.

I.3.- HUSILLO VERTICAL MESA RECIPROCANTE.- Estas máquinas están equipadas con motor de alta potencia y han sido diseñadas específicamente para remover material a gran velocidad. La única diferencia con las máquinas anteriores es el husillo que está dispuesto verticalmente, por lo que la rueda corta con la cara y no con la periferia.

I.4.- HUSILLO VERTICAL MESA ROTATORIA.- La mayoría de las máquinas rectificadoras de husillo vertical utilizan mesa rotatoria, con la opción de que ésta sea inclinable. Al inclinar la mesa se reduce el consumo de potencia en el corte, permitiendo así una mayor relación de alimentación. Esta es una característica de gran aplicación al maquinar materiales dúctiles.

Las máquinas de husillo vertical se han desarrollado básicamente para satisfacer necesidades de rectificado en producción. Su principal limitación es la poca precisión que proporcionan.

Uno de los diseños más interesantes en rectificadoras de superficies planas de husillo vertical, lo constituye la versión orbital. En este tipo de máquina la rueda cilíndrica está unida al husillo central por medio

de un sistema de engranes. El husillo se centra sobre la superficie de la pieza de trabajo y la rueda describe una trayectoria orbital en relación al husillo. Se utiliza un sistema de alimentación normal y es el cabezal portarueda en sí el que suministra el movimiento poco usual de la piedra (Fig. 3).

1.5.- Existen tres razones por las cuales se rectifica la superficie de una pieza:

- 1.- Para obtener planicidad
- 2.- Para lograr una dimensión específica
- 3.- Para generar un perfil

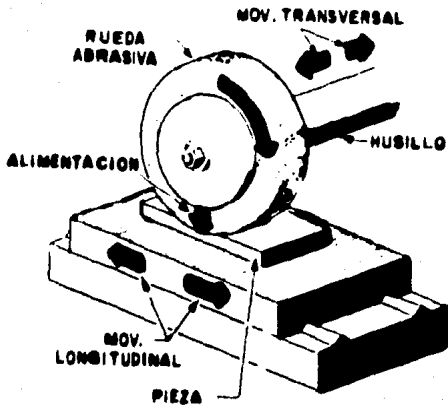
1.5.1.- Uno de los objetivos primarios en el proceso de rectificado es el de obtener una superficie plana, libre de ondulaciones. Todas las máquinas de superficies planas son capaces de producir caras planas pero algunas lo logran con mayor facilidad que otras.

1.5.2.- Una de las características dimensionales más importantes que generalmente se desea obtener al rectificar una pieza es el paralelismo. En todos los tipos de máquinas rectificadoras el paralelismo estará en función de la rigidez de la máquina.

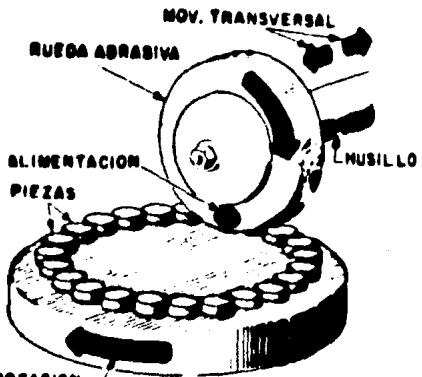
El rectificado de una dimensión en particular se puede efectuar con facilidad o mayor dificultad, de acuerdo a los controles de la máquina. Las máquinas se encuentran disponibles con una gran variedad de dispositivos para controlar la medida que van desde simples volantes graduados hasta circuitos electrónicos de posicionado equipados con visualizadores de cotas. De lo anterior se desprende que el rectificado de precisión de una superficie plana a una medida específica, estará en función de la rigidez de la máquina y de los controles que utiliza.

1.5.3.- El rectificado de perfiles genera una forma o un contorno sobre la superficie de la pieza. Esta forma puede ser, una curva, un ángulo o combinaciones.

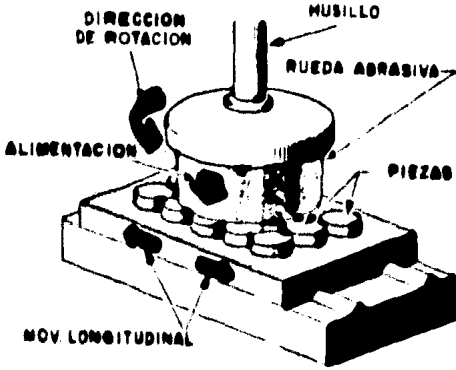
Las formas complicadas generalmente se obtienen con ruedas que poseen el perfil de la forma que desea obtener.



TIPO I



TIPO II



TIPO III

TIPO IV

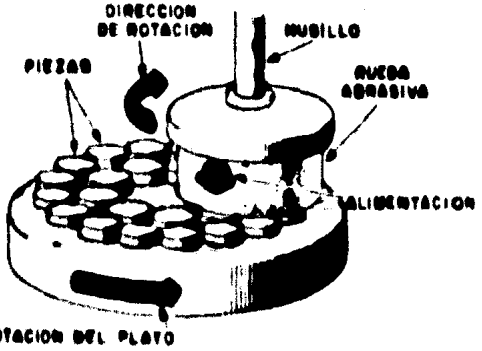


FIG. 1.

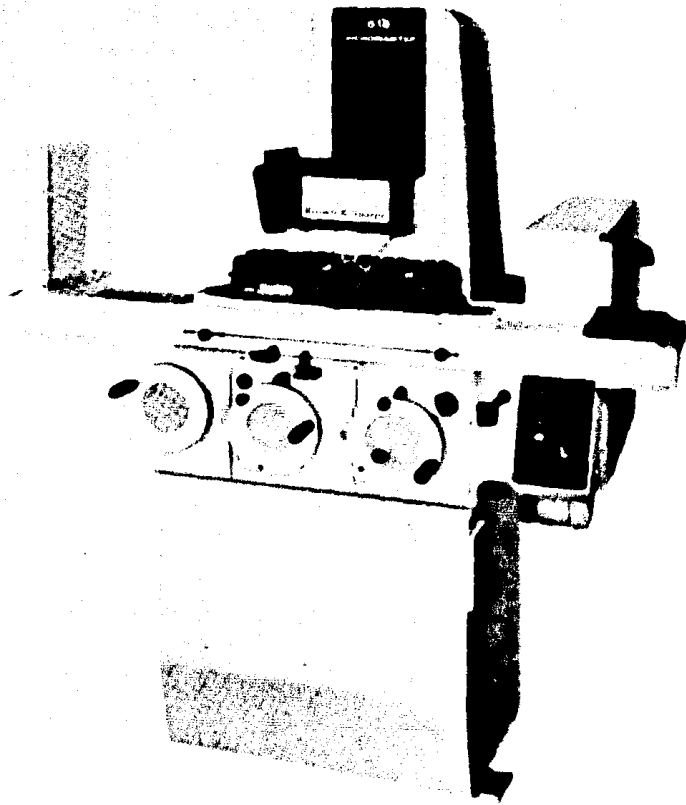


FIG. 2. Rectificadora de superficies planas.

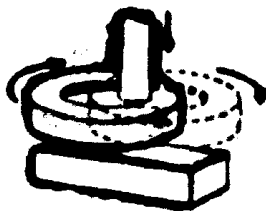


FIG. 3. Principio orbital.

Existen dos métodos diferentes para perfilar una rueda o para mantener el perfil de una rueda pre-perfilada: con una herramienta de punta simple de diamante o con un rodillo de forma (crush roll). Para el formado de ángulos y radios sencillos se utilizan aditamentos que sostienen la herramienta de diamante en una posición predeterminada, pasándola a través de la rueda hasta obtener la forma deseada. (Fig.4). Para formas más complicadas se utilizan aditamentos tipo pantógrafo u otros como se ilustra más adelante.

El rectificado de perfiles es un proceso tan importante, particularmente en la fabricación de herramientas de producción (troqueles, moldes, herramientas de corte, etc.), que durante los últimos años se han desarrollado máquinas rectificadoras especiales para generar perfiles de gran precisión, simples o complejos, en el menor tiempo posible. Algunas de estas máquinas y el tipo de trabajo que se puede obtener con ellas se muestran en las (Figs. 5, 6, 7 y 8).

1.6.- RECTIFICADORAS DE BANDA.- Este tipo de máquinas se utilizan para trabajos de alta producción en serie; su aplicación basada en un proceso de rectificado continuo hace posible que se alcancen incrementos en producción de más de diez veces sobre las máquinas operadas manualmente, además el proceso garantiza repetibilidad en la calidad del trabajo.

El principio de operación de estas máquinas es como sigue; una banda abrasiva sin fin gira sobre un rodillo de contacto y otro de tensión. La pieza de trabajo es forzada a pasar a través de la banda abrasiva mediante una banda transportadora sin fin, dispuesta perpendicularmente en relación a la banda abrasiva. (Fig.9).

El rodillo de contacto se puede ajustar durante el proceso hasta alcanzar la presión de trabajo precisa, sin que ésto ocasione variaciones en el espesor de la pieza.

Además de aumentar considerablemente la capacidad de producción este proceso ofrece las siguientes ventajas:

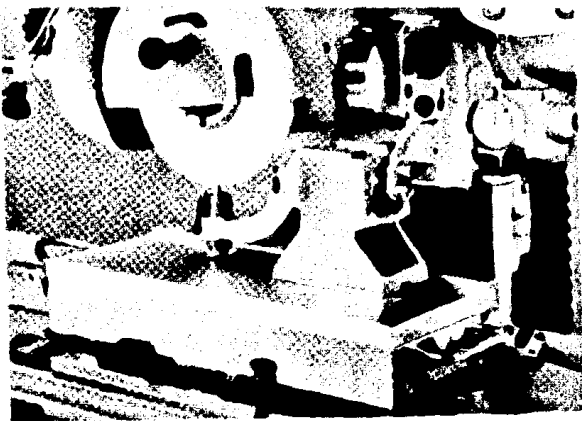


FIG. 4. Dispositivo para perfilar radios.

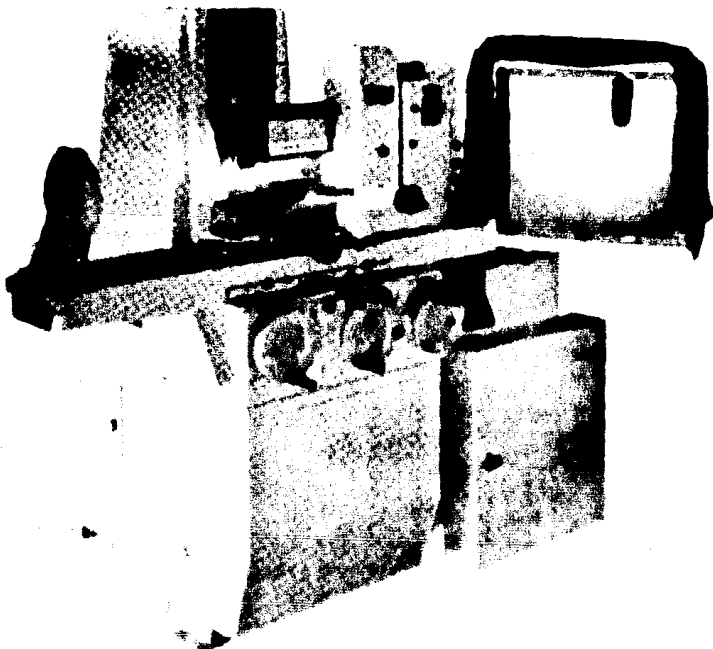
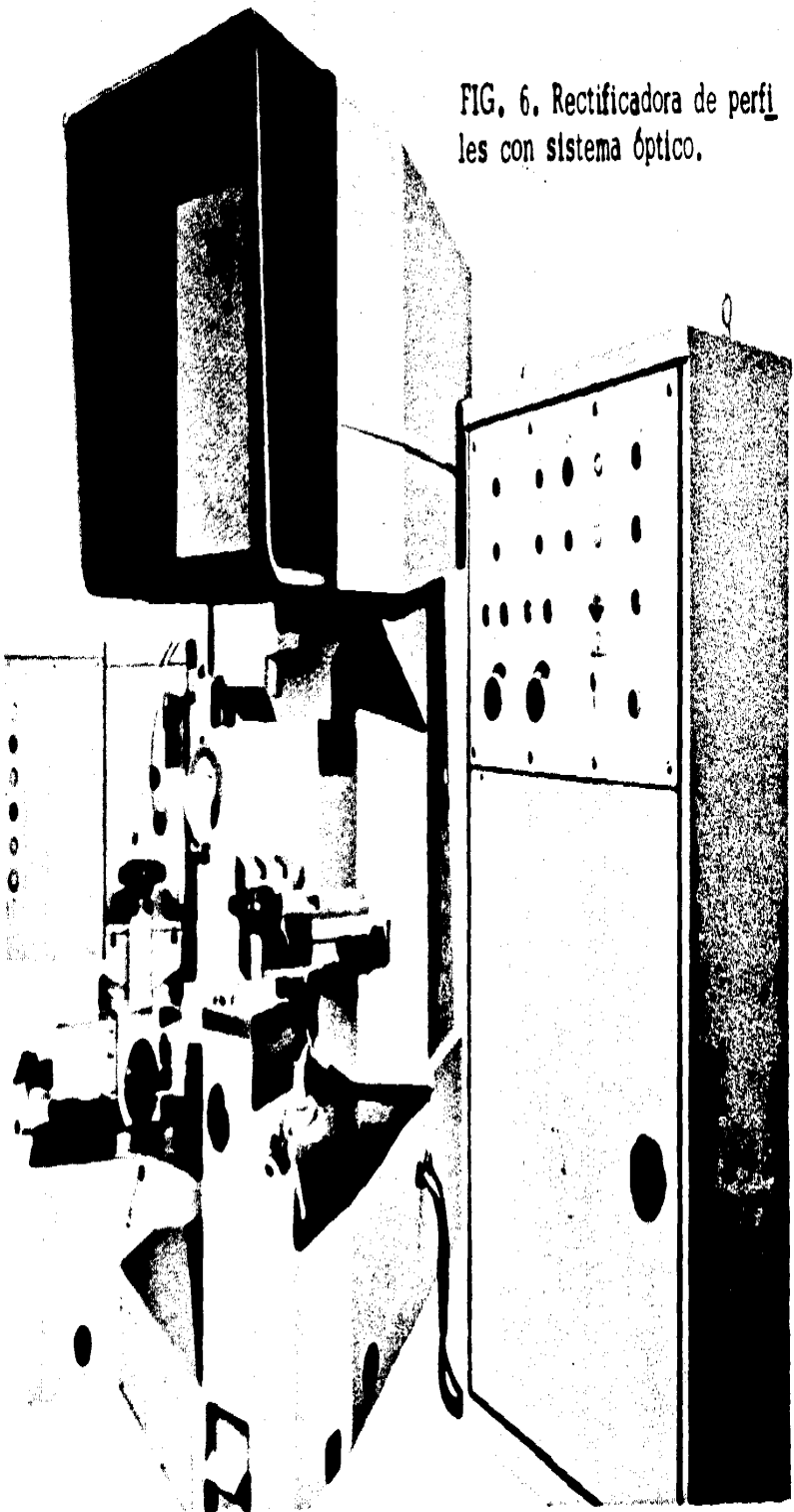


FIG. 5. Rectificadora de perfiles equipada con sistema visual.

FIG. 6. Rectificadora de perfiles con sistema óptico.



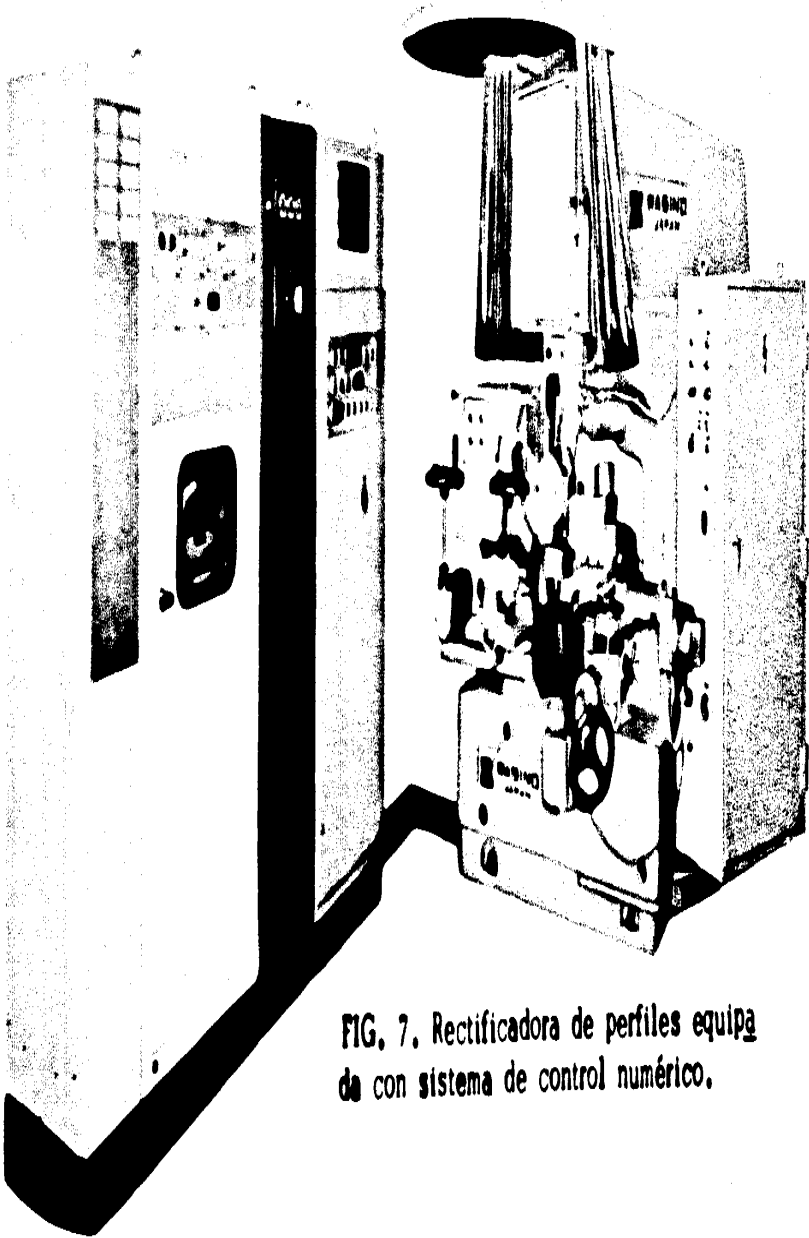
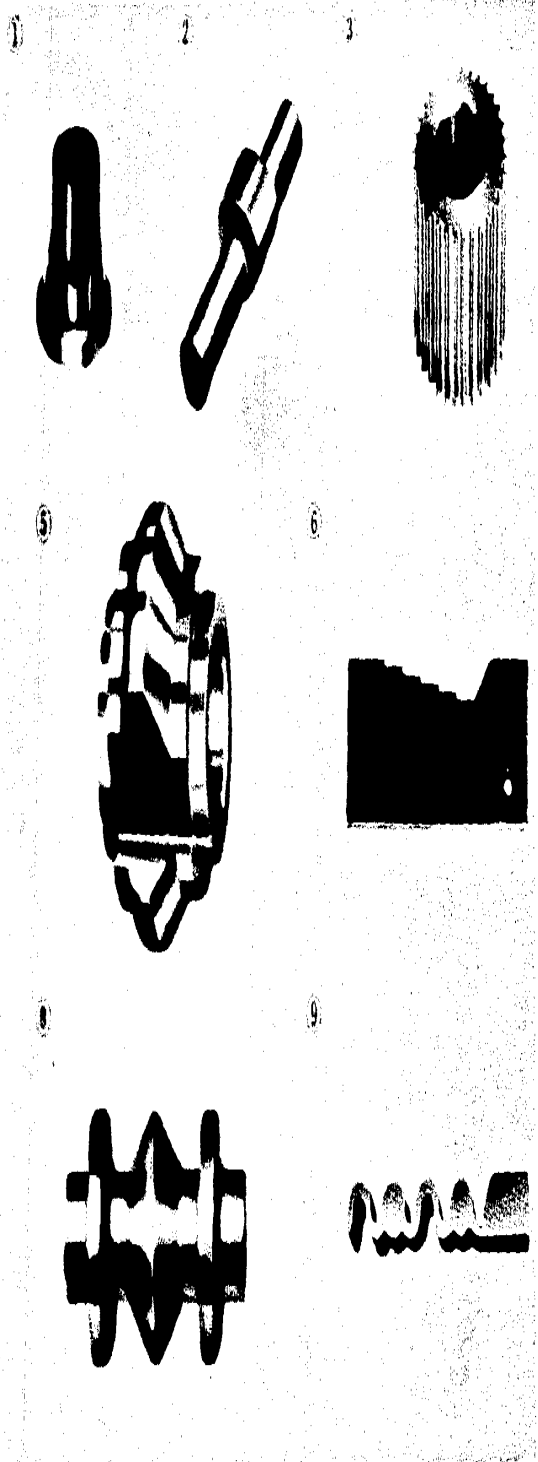


FIG. 7. Rectificadora de perfiles equipada con sistema de control numérico.

FIG. 8. Ejemplo de piezas generadas con máquinas rectificadoras de perfiles.



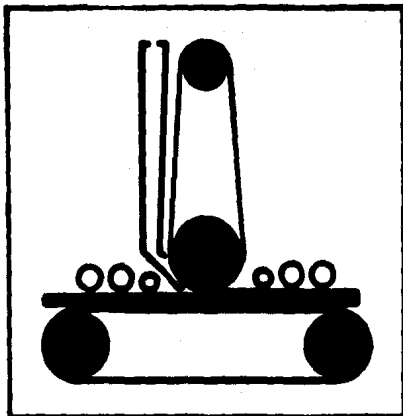


FIG. 9. Principio de operación.

FIG. 10. Máquina rectificadora de banda.

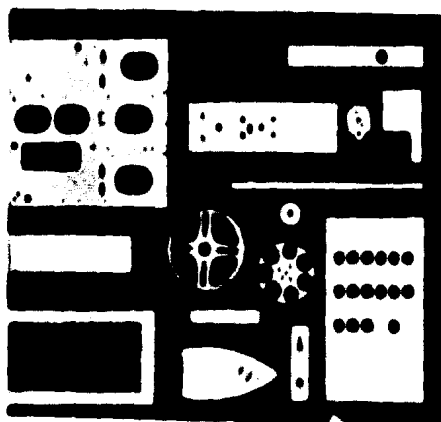
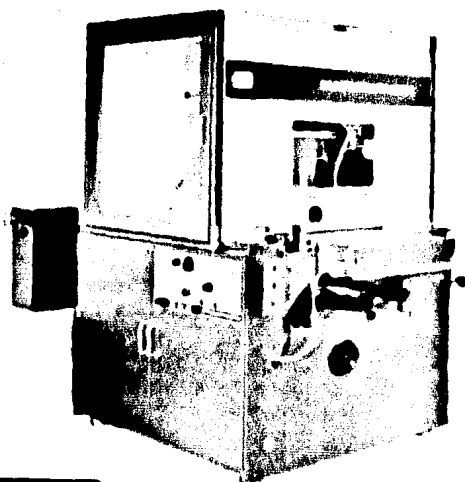


FIG. 11.

- Repetibilidad en calidad. Para todo el proceso únicamente es necesario realizar una sola preparación.

- Se puede obtener diferentes tipos de acabado superficial, variando el tamaño del grano abrasivo y la presión de rectificado.

- La vida útil de la banda rectificadora es larga y puede ser cambiada fácil y rápidamente.

La figura (11) muestra algunos ejemplos de piezas producidas mediante este proceso.

En otra versión de este proceso la banda abrasiva es reemplazada por una rueda abrasiva tipo copa que gira -- sobre su eje vertical. La gran limitación de estas máquinas es que las piezas a rectificar deberán tener una superficie de apoyo plana o de forma regular.

MAQUINADO LIBRE DE ABRASIVO (FREE-ABRASIVE MACHINING).-

Durante los últimos años se ha desarrollado un proceso de rectificado plano que combina una rápida remoción de material con tolerancias cerradas en tamaño preciso, -- paralelismo, planicidad y acabado superficial, en cualquier material sólido y con rangos de producción altos.

El principio de operación se basa en la utilización de la capacidad de corte de partículas abrasivas que se encuentran flotando libremente sobre un plato de apoyo de una aleación y un tratamiento térmico especiales. -- Al girar el plato, las partículas son forzadas hacia -- arriba a través de la cara de la pieza de trabajo, causando que el material sea removido uniformemente y en forma predecible.

El secreto del proceso está en la aleación y el tratamiento térmico del plato. Este factor obliga a las -- partículas abrasivas a girar libremente sobre la superficie del plato, de forma tal que éstas presentan el máximo número de filos cortantes nuevos y agudos sobre la -- pieza de trabajo.

Un sistema de enfriamiento interno del plato de apoyo elimina la distorsión por exceso de calor y el choque

térmico. La pieza o piezas se mantiene en contacto con las partículas abrasivas mediante la presión que ejerce un cilindro neumático sobre ellas . (Fig. 12).

La principal ventaja de este proceso es que se puede obtener una superficie plana en cualquier tipo de pieza metálica o no metálica, de forma regular o irregular. (Figs. 13 y 14).

II. RECTIFICADORAS DE SUPERFICIES CILINDRICAS

Se entiende por rectificado cilíndrico; el rectificado del diámetro exterior de una pieza cilíndrica, mientras ésta gira sobre su eje. Con estas máquinas se puede rectificar, piezas cilíndricas rectas, piezas con diferentes diámetros y piezas cónicas. (Fig. 15).

Existen dos tipos de máquinas para realizar este proceso; las que sujetan la pieza de trabajo y la giran sobre su centro y las que operan por el principio de rectificado sin centros (centerless).

II.1.- RECTIFICADORA CILINDRICA DE CENTROS.- Uno de los tipos más comunes de rectificadoras cilíndricas es la de centros o entre-centros. En esta máquina la rueda de esmeril está montada sobre una corredera perpendicular al eje de trabajo. Su alimentación puede ser manual o automática. En la mayoría, el cabezal porta pieza y el contrapunto están montados sobre una mesa con movimiento horizontal angular que es desplazada longitudinalmente por la mesa de la máquina. El movimiento horizontal angular de esta mesa permite efectuar operaciones de rectificado cónico en la pieza. Como en el torno, ésta se sujeta entre puntos y el motor del cabezal la gira en sentido opuesto a la rotación de la rueda de esmeril.

En el rectificado de piezas cortas, normalmente se utiliza un mandril universal (chuck) de tres mordazas para sujetar la pieza, que es montado en el cabezal motorizado de la máquina

Los elementos principales de estas máquinas son:

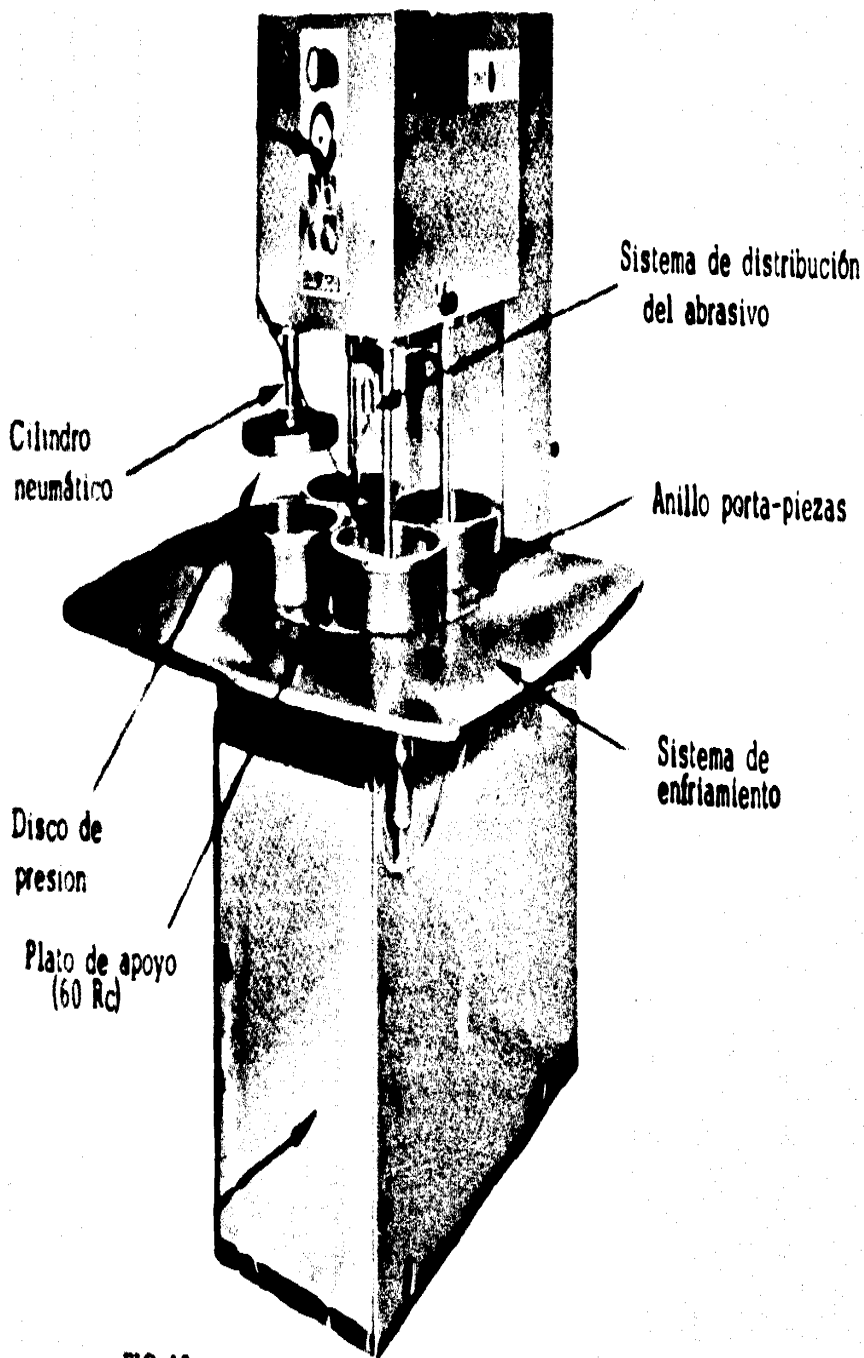


FIG.12.

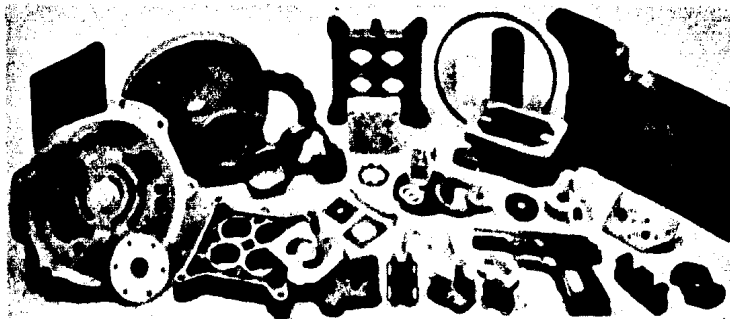


FIG. 13.

FIG. 14. Ejem
plo de piezas
rectificadas con
el sistema de -
Maquinado libre
de abrasivo.



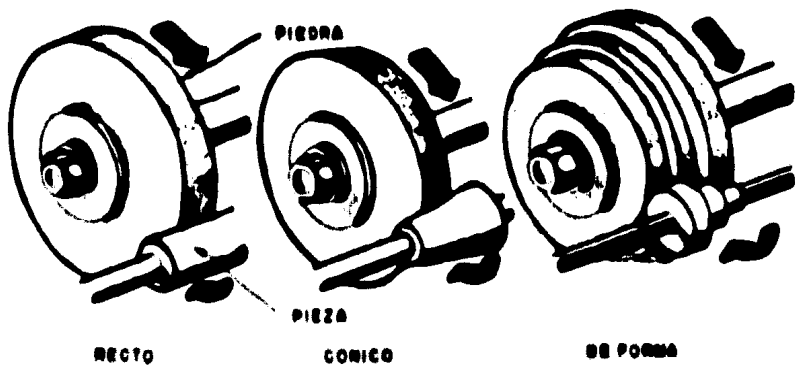


FIG. 15. Tipos de rectificado cilíndrico.

- a.- BASE.- Proporciona rigidez y estabilidad a toda la máquina y soporta las partes montadas en ella. En la parte superior de la base se encuentran guías maquinadas con precisión para el deslizamiento de la mesa. En la parte posterior se encuentra la columna, en donde se montan la unidad de mando de la rueda y el husillo porta rueda.
- b.- MESA.- La mesa tiene una superficie maquinada en donde se montan el cabezal y el contrapunto que sujetan la pieza de trabajo. La mesa se desplaza longitudinalmente, manteniendo en contacto continuo a la pieza con la rueda. El movimiento de la mesa generalmente es automático (hidráulico o eléctrico) y se controla por medio de topes ajustables, de modo tal que cuando la piedra llega a los extremos de la pieza éstos accionan un mecanismo que invierte el movimiento de la mesa. Este mecanismo se utiliza en forma similar en las rectificadoras de superficies planas.
- c.- CABEZAL.- El cabezal está montado a la izquierda de la mesa, y tiene incorporado el motor que hace girar a la pieza de trabajo.
- d.- CONTRA PUNTO.- Es una unidad similar a la usada en el torno paralelo, que puede ser localizado en diferentes posiciones a lo largo de la mesa para soportar un extremo de la pieza de trabajo.
- e.- CABEZAL PORTA-RUEDA.- La rueda de esmeril está montada en el extremo de un husillo de alta precisión, que gira en un cabezal cuidadosamente construido. Este cabezal está montado sobre una corredera transversal que se desplaza en sentido perpendicular a la mesa. El avance del cabezal puede ser manual o automático.
- f.- SISTEMA DE REFRIGERACION.- Este sistema está compuesto de un tanque de almacenamiento del refrigerante, una bomba y los conductos necesarios para suministrar refrigerante continuo en el punto donde la

rueda hace contacto con la pieza. Su principal objetivo es mantener fría la rueda y la pieza de trabajo, eliminando así la posibilidad de distorsión de la -- pieza por temperatura.

RECTIFICADO DE PERFILES

De manera semejante a la utilizada en las rectificadoras de superficies planas (ver inciso 1.5.3.), para producir un perfil o un contorno sobre una pieza cilíndrica se utiliza una rueda de forma cuyo perfil será el negativo del perfil deseado en la pieza.

Las formas que se utilizan para perfilar la rueda son idénticas a las descritas en el inciso 1.5.3.

TIPOS DE RECTIFICADORAS CILINDRICAS DE CENTROS

Existen dos variaciones de este tipo de máquina:

PLANA UNIVERSAL

11.1.1.- RECTIFICADORA CILINDRICA DE CENTROS PLANA.- Estas máquinas han sido diseñadas básicamente para trabajo de producción en serie. La rueda de esmeril está montada en ángulo recto respecto a las guías de la mesa y su eje es paralelo al eje de la pieza de trabajo montada entre centros. El cabezal porta pieza no tiene movimiento angular. (Fig.16).

11.1.2.- RECTIFICADORA CILINDRICA DE CENTROS UNIVERSAL.- La principal diferencia de esta máquina respecto a la anterior es que tanto el cabezal porta pieza como el cabezal porta rueda poseen movimiento angular (giro) respecto a las guías de la mesa. Esta característica hace que la rectificadora universal sea una máquina muy versátil y generalmente adaptable a cualquier tipo de rectificado.

11.2. RECTIFICADORA CILINDRICA SIN CENTROS (CENTERLESS GRINDER).

En este tipo de máquina, como su nombre lo indica no es necesario utilizar centros para sujetar la pieza de trabajo.

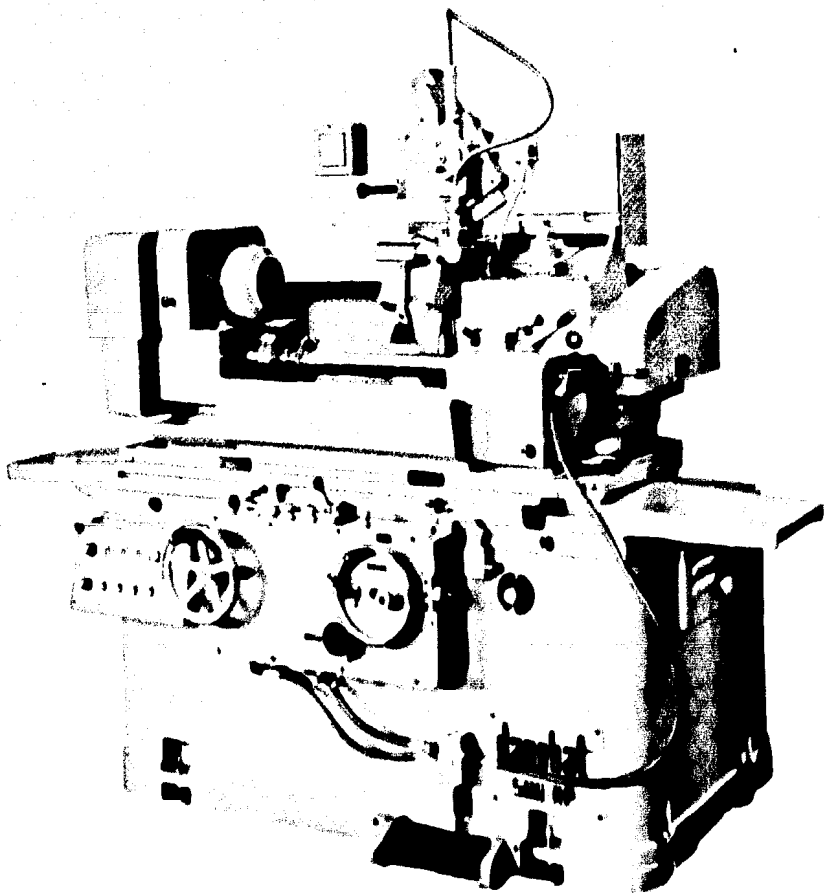


FIG. 16. Rectificadora cilíndrica plana.

Los elementos principales de la rectificadora cilíndrica sin centros son: la rueda de esmeril, la rueda reguladora (o de alimentación) y la hoja soporte montada entre ambas. Estos tres elementos son necesarios para soportar la pieza en posición de rectificado. (Fig.17).

La rueda de esmeril gira a velocidad de rectificado estandard aproximadamente 6,000 pies por minuto. La rueda reguladora gira en sentido opuesto con rango de velocidad periférica de 50 a 200 pies por minuto. La velocidad menor de la rueda reguladora combinada con su sentido de rotación, provocan que, en el punto de contacto, la rueda de esmeril y la pieza de trabajo se muevan en la misma dirección. (Fig.18)

Como ventajas principales de estas máquinas se puede mencionar: (1) Facilidad para producir piezas con tolerancias críticas en redondez; corregir piezas que se encuentran fuera de redondez por maquinados previos. (2) Rapidez en el maquinado. Estas características hacen que estas máquinas se utilicen generalmente para producción en serie equipadas con alimentadores automáticos.

III. RECTIFICADORAS DE INTERIORES

Las rectificadoras de interiores se utilizan para generar superficies internas con acabado de precisión. Por ejemplo, rectificar agujeros con forma y medida precisas, eliminar errores de maquinados previos o deformaciones causadas por tratamiento térmico.

Los agujeros a rectificar en estas máquinas pueden ser rectos, cónicos o con forma especial; agujeros pasados, ciegos o con diámetros diferentes. El rectificado de interiores es el método que generalmente se utiliza para terminar agujeros, es preciso, económico y produce un acabado superficial muy satisfactorio.

De manera semejante a las demás rectificadoras, las de interiores operan con una variedad de movimientos y funciones diferentes, y generalmente se fabrican para cubrir una amplia gama de tamaño o forma de piezas. Pueden ser semiautomáticas para taller de herramientas con control manual del ciclo de operación o totalmente automáticas para producción en serie en las que el operador únicamente monta y desmonta la pieza o abastece un ali-

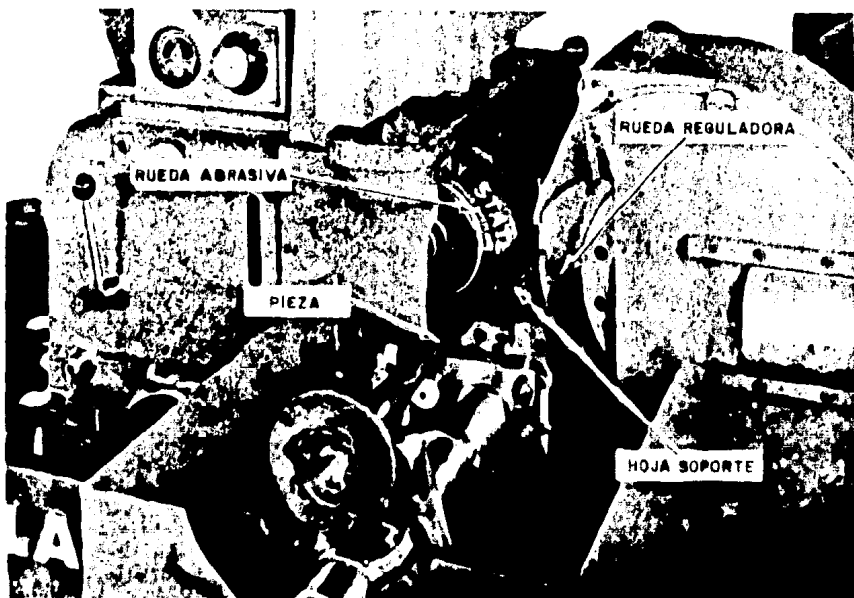


FIG. 17. Rectificadora sin centros.

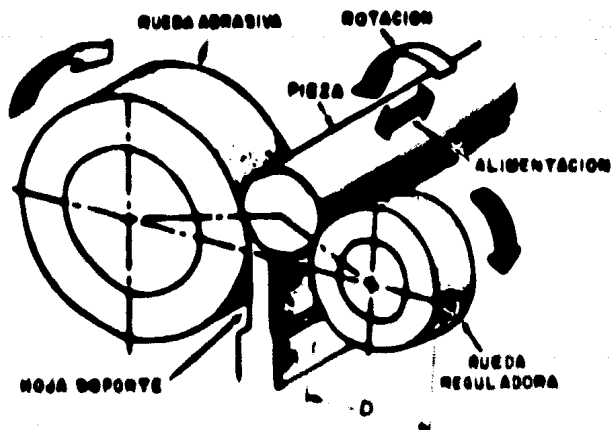


FIG. 18. Principio de funcionamiento del rectificado sin centros.

mentador automático.

III.1.- TIPOS DE RECTIFICADORAS DE INTERIORES.- Existen varios tipos de rectificadoras de interiores, cada una diseñada para satisfacer ciertas especificaciones. Sin embargo, estas máquinas se pueden clasificar en tres grupos de acuerdo a la forma de sujeción de la pieza de trabajo.

III.1.1.- RECTIFICADORAS QUE GIRAN LA PIEZA DE TRABAJO.- Para girar la pieza utilizan un mandril (chuck) de tres o cuatro mordazas, un plato o dispositivos especiales. (Fig.19).

III.1.2.- RECTIFICADORAS TIPO PLANETARIO.- En este tipo de máquinas la pieza tiene movimiento recíprocante pero no gira. El movimiento excéntrico de la rueda (piedra montada) genera la medida correcta del barreno. (Fig.20).

III.1.3.- RECTIFICADORA SIN CENTROS.- La pieza es girada sobre su propio diámetro exterior entre tres rodillos. Un rodillo regulador que gira la pieza, un rodillo soporte y un rodillo de presión. La principal ventaja de este método es que la redondez del diámetro interior de la pieza depende de su diámetro exterior, en lugar de estar en función de la precisión del chuck o dispositivo de sujeción, gracias a esto se puede obtener concentricidad perfecta entre los diámetros exterior e interior de la pieza. (Fig.21). Las piezas normalmente deberán ser cilíndricas en su contorno exterior, sin embargo, en algunos casos se puede rectificar piezas irregulares utilizando soportes especiales.

III.1.4.- RECTIFICADORAS DE PLANTILLAS DE ALTA PRECISION (JIG GRINDERS)

Esta es una máquina diferente a las demás rectificadoras, aún cuando su operación se basa en algunos de los principios de las rectificadoras de interiores. La rectificadora de plantillas se desarrolló para localizar barrenos y rectificarlos con gran precisión, particularmente en materiales duros (acero templado) y carburos. El principio de posicionamiento por coordenadas es semejante al que utilizan las mandrinadoras de alta precisión (Jig Borers) descrito en el tema III del capítulo 3, pero el movimiento del cabezal porta husillo es dife

rente.

Para lograr el rectificado, la máquina utiliza tres diferentes movimientos: (1) movimiento de rotación a alta velocidad de la piedra de esmeril montada en la cabeza de rectificado. (2) movimiento planetario lento de rotación del eje de la piedra alrededor del eje principal del husillo y (3) movimiento recíprocante vertical a través del largo total del barreno. (Fig.22).

Estos movimientos combinados con el posicionamiento rectilíneo de alta precisión, permiten también el rectificado de contornos irregulares como el que se ilustra en la (Fig.23). Esta forma incluye combinaciones de radios, tangentes, ángulos y secciones planas que deben ser rectificadas con gran precisión en tamaño y localización.

La importancia de rectificar barrenos y contornos con precisión en tamaño y localización, después de la distorsión ocasionada por el tratamiento térmico de endurecimiento, es enfatizado por los siguientes puntos:

1.- Las partes que trabajan acopladas tales como punzones y dados (hembra) pueden terminarse congruentemente y de acuerdo a las dimensiones especificadas, en lugar de aproximar y ajustar a mano. Esto reduce el tiempo de fabricación de la herramienta y elimina el tedioso trabajo de ajustar a mano. Igualmente importante es la seguridad de poder obtener duplicado de las partes en cualquier momento (estandarización).

2.- La vida útil de la herramienta aumenta considerablemente, gracias a que; los ajustes son más precisos, se asegura el alineamiento y se mejora el acabado superficial. Además al rectificar las milésimas de material suave (descarburizado), resultante del endurecimiento, se obtiene una superficie de máxima dureza y resistencia al desgaste.

3.- Su capacidad para rectificar barrenos y particularmente contornos cerrados, permite lograr diseños óptimos sin detrimento en resistencia y rendimiento de la herramienta. Se elimina la necesidad de partir secciones que contienen contornos. Estas se pueden rectificar en una pieza sólida, con mayor economía y resistencia.

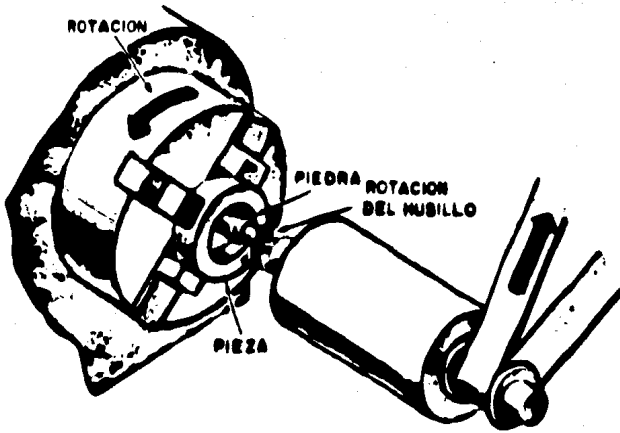


FIG. 19. Rectificado de interiores.

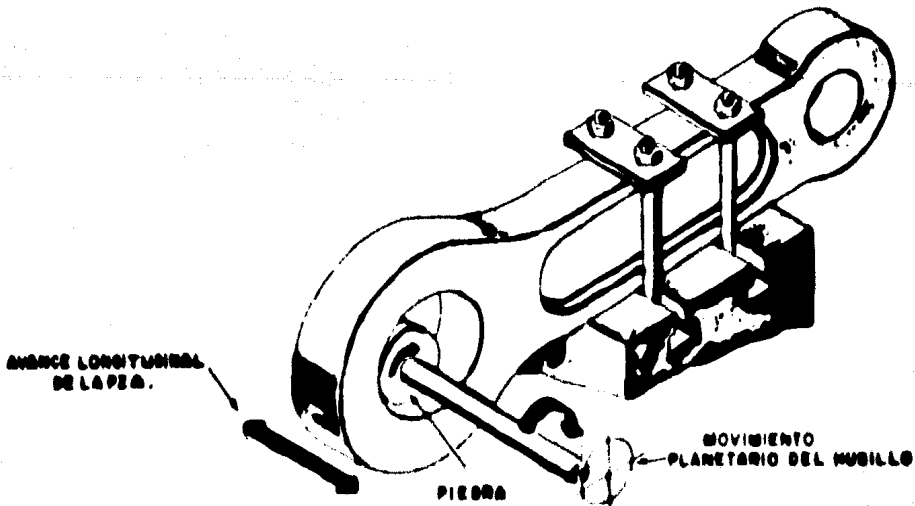


FIG. 20. Rectificado interior tipo planetario.

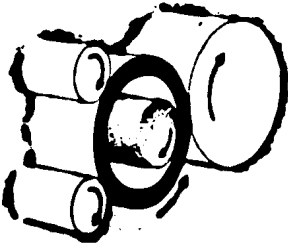


FIG. 21. Rectificado de interiores sin centros.

FIG. 22.

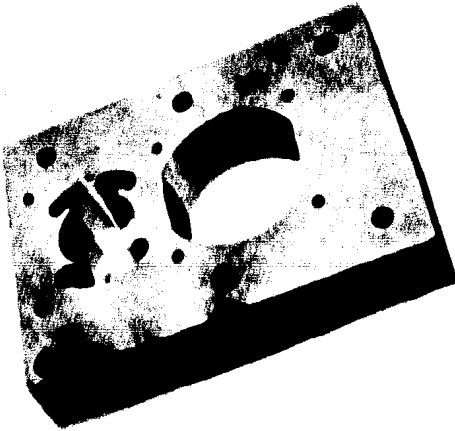
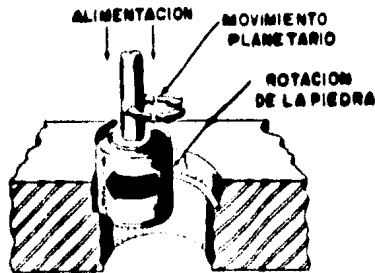


FIG. 23.

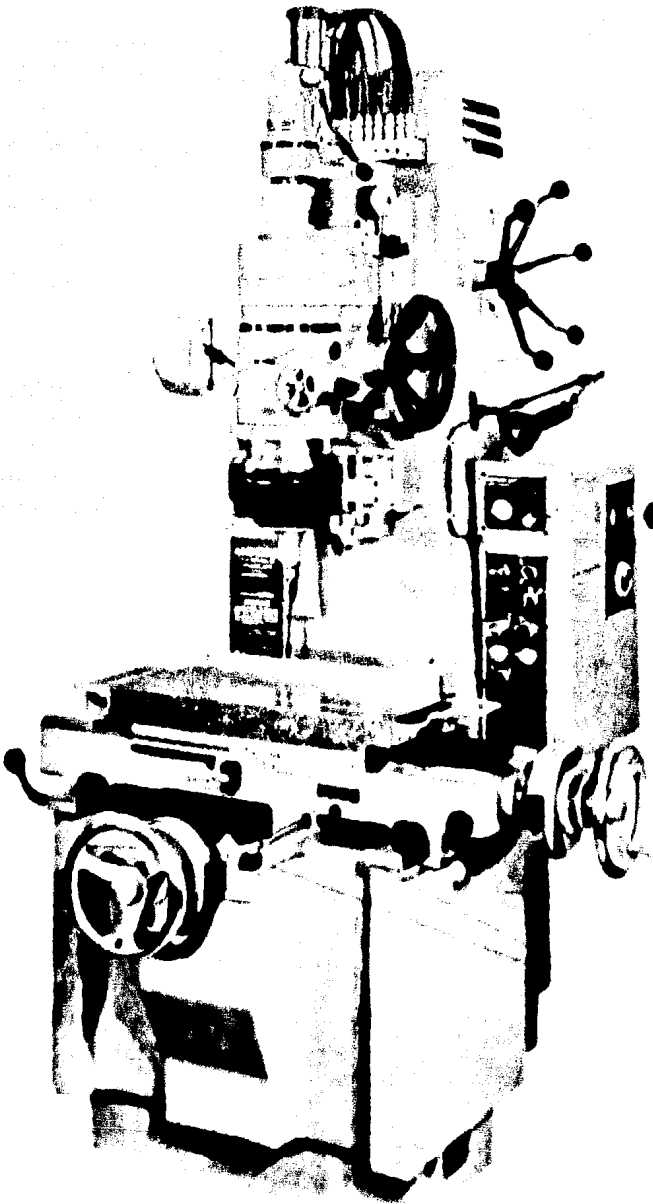


FIG. 24. Rectificadora de plantillas de alta precisión (Jig Grinder).

El área de mayor aprovechamiento de estas máquinas se encuentra, en la fabricación de herramientas de producción tales como: moldes y troqueles, dispositivos de verificación, localización, plantillas para maquinado y en general cualquier pieza de precisión, ya sea prototipo o producción en serie.

IV. ACCESORIOS PARA RECTIFICADORAS

Estos accesorios se pueden agrupar como sigue:

ACCESORIOS PARA SUJETAR LA PIEZA DE TRABAJO.

ACCESORIOS PARA INCREMENTAR LA VERSALIDAD DE LA MAQUINA.

ACCESORIOS PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINA.

IV.1.- ACCESORIOS PARA SUJETAR LA PIEZA DE TRABAJO.

IV.1.1. PLATO MAGNETICO.- Este accesorio proporciona una forma fácil y rápida de sujetar una gama muy amplia de piezas (material ferroso). Generalmente se utiliza para el rectificado de superficies planas.

Existen dos tipos de platos magnéticos; el plato magnético permanente y el plato electro magnético; el primero como su nombre lo indica está construido de una aleación especial de magnetos permanentes que mantienen la fuerza de sujeción indefinidamente; el tipo electro magnético consta de una unidad adicional (transformador) mediante la cual es posible regular la intensidad de la fuerza de sujeción de acuerdo al trabajo que se va a realizar.

IV.1.2. PRENSA DE PRECISION.- La prensa que se utiliza para sujetar la pieza de trabajo en el proceso de rectificado de superficies planas es similar a la utilizada en el fresado, excepto que está fabricada con mucha mayor precisión, los costados y las mordazas son perpendiculares y paralelas dentro de 0.0002 de pulgada.

Para piezas que requieren un rectificado en ángulo, existe la prensa ajustable con movimiento angular hasta 90° en el plano vertical (Fig.25).

IV.1.3. DIVISOR CON CONTRAPUNTO.- Este accesorio permite la división exacta sobre la circunferencia de la pieza de trabajo, facilita el rectificado o afilado de machuelos, rimas, cortadores de forma especial y trabajo similar. (Fig.26).

IV.1.4. MANDRIL (CHUCK) UNIVERSAL DE TRES MORDAZAS.- Este accesorio es similar al utilizado en los tornos -- paralelos y se aplica principalmente en las rectificadoras cilíndricas.

IV.1.5. CHUCK DE BOQUILLAS.- Se utiliza para sujetar piezas delicadas en donde no se aceptan marcas exteriores -- o en trabajo de producción en serie para reducir el tiempo de sujeción (Fig.27).

IV.1.6. MESA SENOIDAL DE SUJECION MAGNETICA.- Se utiliza para rectificadores angulares de gran precisión (Fig.28).

IV.2. ACCESORIOS PARA INCREMENTAR LA VERSATILIDAD DE LA MAQUINA.

IV.2.1. DISPOSITIVO DE RECTIFICADO DE ALTA VELOCIDAD.- Se utiliza en la rectificadoras de superficies planas -- para rectificar ranuras y superficies que por su forma o dimensión no permiten el uso de ruedas de esmeril de diámetro grande (6" o 7").

El husillo de este aditamento gira en un rango de -- 15,000 a 18,000 RPM y se puede utilizar prácticamente en cualquier posición angular alrededor del husillo de la máquina. Una de sus principales aplicaciones está en el rectificado de punzones. (Fig.29).

IV.2.2. DISPOSITIVO PARA RECTIFICADO CILINDRICO J. & S.- Consta de una placa base sobre la cual se monta una plataforma de senos con movimiento angular máximo de 30° -- desde el plano horizontal. Puede producirse cualquier ángulo con precisión. El cabezal porta piezas tiene 3 velocidades y su capacidad máxima entre centros es de -- 127mm. y 114mm. en diámetro máximo de la pieza (Fig.30).

IV.2.3. DISPOSITIVO PARA RECTIFICADO CILINDRICO "DENTRU".- Este dispositivo convierte una rectificadora de superficies planas en una rectificadora cilíndrica sin centros

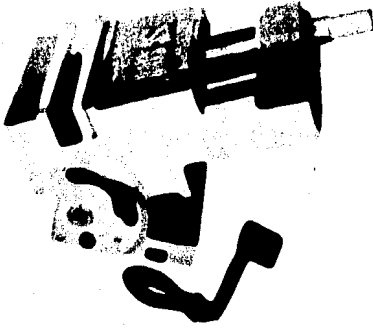


FIG. 25.

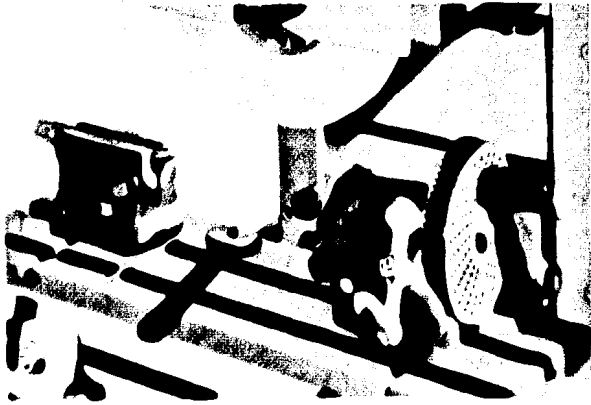


FIG. 26.



FIG. 27.



FIG. 28. Mesa senoidal.

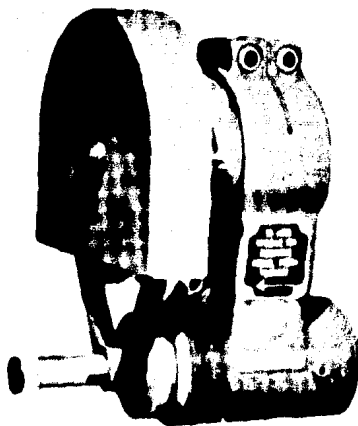


FIG. 29. Dispositivo de rectificado de alta velocidad.



FIG. 30. Dispositivo para rectificado cilíndrico.

con capacidad para rectificar piezas desde 0.005" hasta 2 1/4" de diámetro.

La rueda de esmeril se localiza sobre la rueda reguladora. Esta última es accionada por un motor de corriente directa integrado en el dispositivo, el cual, está compuesto además de una hoja soporte y una guía para la pieza montada sobre la base soporte del dispositivo.

La rueda reguladora posee un control independiente total para compensar cualquier variación en el diámetro de la pieza o de la rueda de esmeril.

Este dispositivo es ideal para segundas operaciones o lotes pequeños de producción, además es muy versátil ya que permite el rectificado cilíndrico de exteriores, interiores o cónico. (Figs. 31 y 32).

IV.2.4. DISPOSITIVO PARA PERFILAR RADIOS Y TANGENTES EN LA RUEDA ABRASIVA. - Esta unidad ha sido diseñada para formar con un movimiento continuo del diamante, radios y tangentes con precisión en la piedra de rectificado. La acción del perfilador es manual y dado que su movimiento es continuo, no se producen marcas por paradas. Se puede generar radios concavos o convexos con tangentes a uno o ambos lados del radio. El dispositivo se sujeta firmemente a la mesada de la máquina. Ver (Fig.4).

IV.2.5. DISPOSITIVO "DIAFORM" PARA PERFILAR LA PIEDRA DE RECTIFICADO. - La unidad "Diaform" se utiliza como un método rápido y preciso para perfilado de piedras. El perfil se transfiere pantográficamente desde una plantilla a la piedra por medio de un diamante de perfil preciso. El operario desplaza un palpador por el perfil de la plantilla de tamaño ampliado y el recorrido del palpador se transmite al diamante que perfila la piedra con la forma y tamaño requeridos. Pueden perfilarse en minutos formas simples y complejas, y la piedra puede ser re-perfilada con la frecuencia requerida.

Este dispositivo es ideal para el rectificado de perfiles en producción, o en la fabricación de un número

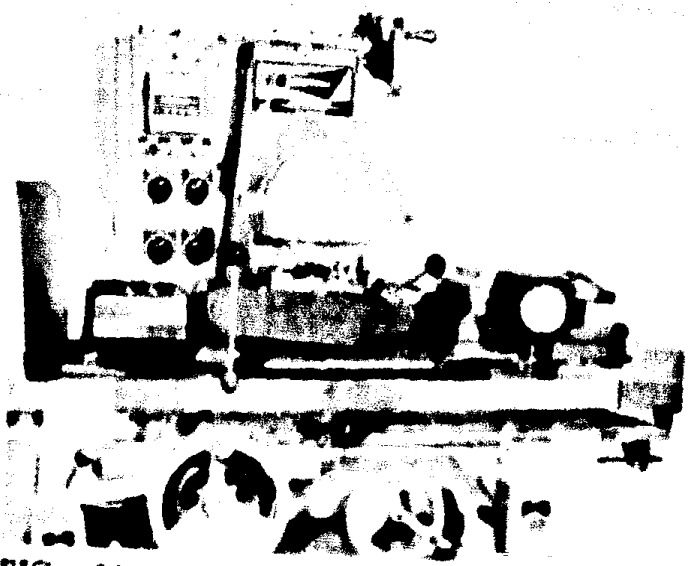


FIG. 31 y 32. Dispositivo para rectificado cilíndrico "DEDTRU".

tal de piezas idénticas, que sea suficiente para amortizar el costo de la plantilla.

Con el dispositivo Diaform pueden rectificarse con precisión matrices seccionadas, punzones y cuchillas de forma. (Fig.33).

IV.2.6. DISPOSITIVO "OPTIDRESS" PARA PERFILAR LA PIEDRA. - El perfilado con este dispositivo se realiza bajo control óptico y mecánico mediante un microscopio para observación de la piedra y el movimiento combinado (radial y tangencial) del brazo porta diamante. Estos movimientos se utilizan para generar una forma precisa y perfectamente uniforme.

El Optidress se emplea para el perfilado de formas sin necesidad de plantillas maestras y mediante la retícula del microscopio (amplificación x 10) se logra una supervisión ocular constante del diamante y del desgaste de la muela minimizando así el número de piezas mal terminadas y el tiempo de rectificado.

Este es un dispositivo muy versátil y su operación es sencilla. Se puede utilizar en rectificadoras de superficies planas o cilíndricas. (Fig.34).

IV.2.7. DISPOSITIVO PARA RECTIFICADO DE INTERIORES. - Este dispositivo se utiliza principalmente en rectificadoras cilíndricas y universales. (Fig.35). Existe también un dispositivo de este tipo que puede ser montado en rectificadora de superficies planas.

IV.2.8. CABEZAL DIVISOR OPTICO P.G. - Es una unidad de precisión para división por medios ópticos, eliminando así la necesidad de discos divisores y tambores. Sobre la pantalla iluminada pueden leerse directamente hasta tres segundos. (Fig.36).

IV.2.9. DISPOSITIVO PROJECTORSCOPE PARA INSPECCION EN EL RECTIFICADO DE PERFILES. - Este dispositivo simplifica el rectificado de perfiles de formas regulares o irregulares y permite efectuar un control visual durante todas las etapas de rectificado. Los perfiles de la muela y de la pieza se encuentran constantemente bajo supervisión óptica. Está diseñado para poder utilizar plantillas

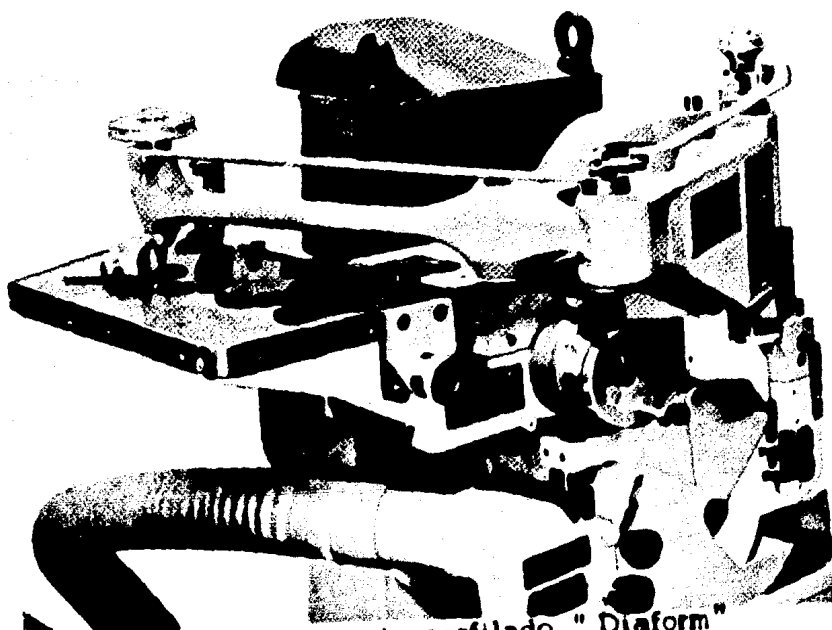


FIG. 33. Dispositivo de perfilado "Diaform"

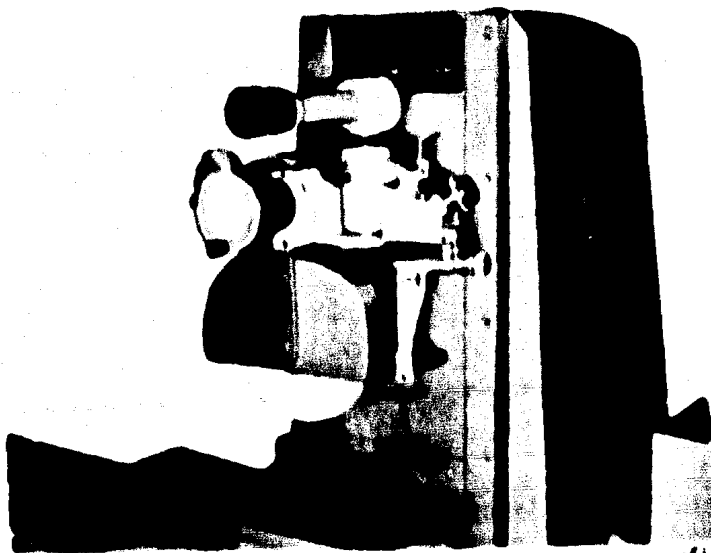


FIG. 34. Dispositivo "Optidress" para perfilar la piedra.

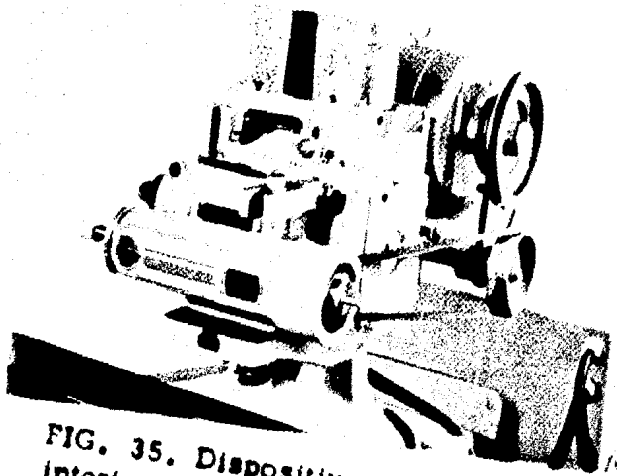


FIG. 35. Dispositivo para rectificado de interiores.

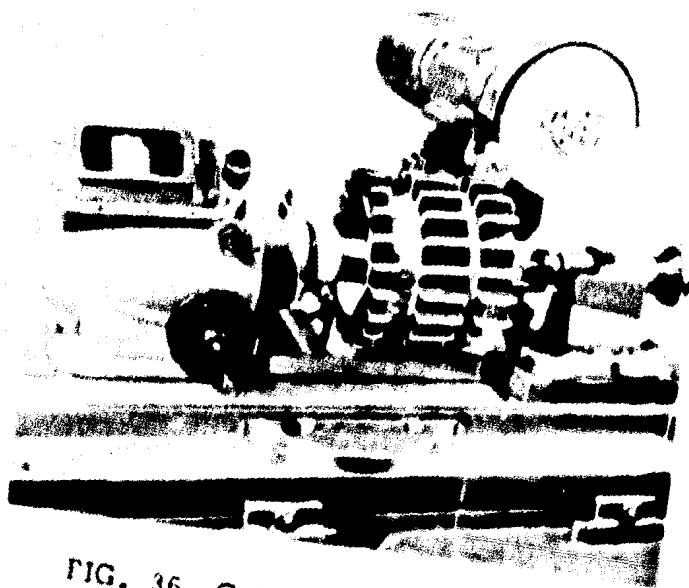


FIG. 36. Cabecal divisor óptico.

translúcidas que se colocan sobre la pantalla. Una fuente luminosa dirige un haz paralelo y proyecta la silueta de la pieza sobre una pantalla para ser comparada con la plantilla que tiene una dimensión 10 ó 20 veces mayor que el tamaño del perfil. Este dispositivo generalmente se utiliza en combinación con el dispositivo de perfilado Optidress. (Fig.37).

IV.2.10. DISPOSITIVOS PARA AFILADO Y DESTALONADO DE HERRAMIENTAS.- Las figuras 38, 39, y 40 muestran algunos de los aditamentos que se utilizan para el afilado y destalonado de herramientas de corte. La mayoría de estos dispositivos se montan sobre afiladoras de herramientas, aunque también se pueden utilizar en rectificadoras universales o de superficies planas manuales.

IV.3. ACCESORIOS PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA MAQUINA.

IV.3.1. SISTEMA DE REFRIGERACION PARA EL RECTIFICADO.- El refrigerante se suministra a la piedra y pieza desde un depósito a través de la mesa y un conducto regresa al depósito en donde se limpia haciéndolo pasar por una serie de vertederos y purgadores, situados en dos compartimentos a fin de obtener la máxima superficie posible para decantación de sedimentos.

Al mantener la pieza y la piedra bajo la acción del refrigerante se pueden obtener cortes más profundos y avances más rápidos sin que esto ocasione deformaciones en la pieza por sobrecalentamientos. Este sistema se utiliza para rectificado en producción y rectificadores de desbaste.

IV.3.2. PERFILADOR HIDRAULICO.- Está montado sobre el cabezal porta-muelas y es accionado por el circuito hidráulico de la máquina. Utilizando este aditamento se pueden rectificar varios diámetros a la vez obteniendo concentricidad y tolerancias muy cerradas, así mismo la piedra puede ser perfilada o aderezada cilíndricamente en el menor tiempo posible. Para cada perfil es necesario la utilización de una plantilla escala 1:1. (Fig. 41).

IV.3.3 DISPOSITIVO PARA CALIBRADO AUTOMATICO.- Este

dispositivo se utiliza para verificar la medida final de la pieza y compensar automáticamente el avance de la piedra de acuerdo a las desviaciones entre la lectura tomada por el dispositivo y la medida final de la pieza (pre-fijada). Se utiliza únicamente en rectificadoras cilíndricas. (Fig.42).

IV.3.4. DISPOSITIVO DE RECTIFICADO FRONTAL.- Este dispositivo permite realizar en un mismo montaje de la pieza el rectificado interior y frontal. Gracias a su sistema garantiza una máxima precisión de perpendicularidad. El conjunto consta de dos husillos uno para rectificado interior y otro para rectificado frontal. (Fig.43).

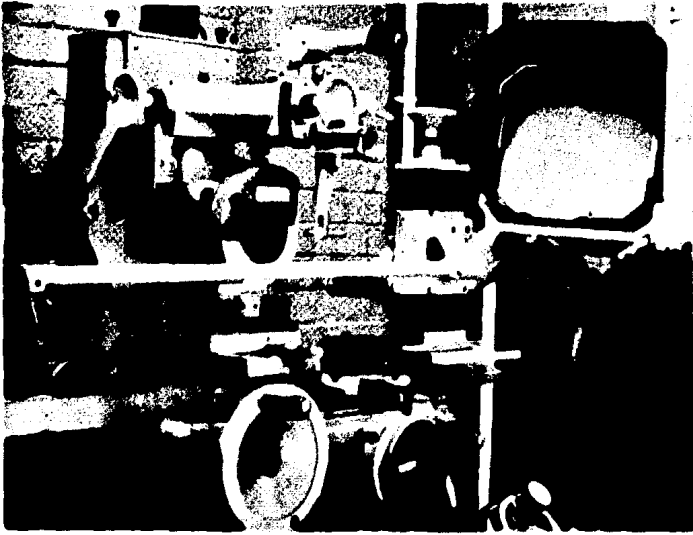


FIG. 37. Dispositivo "Projectorscope"

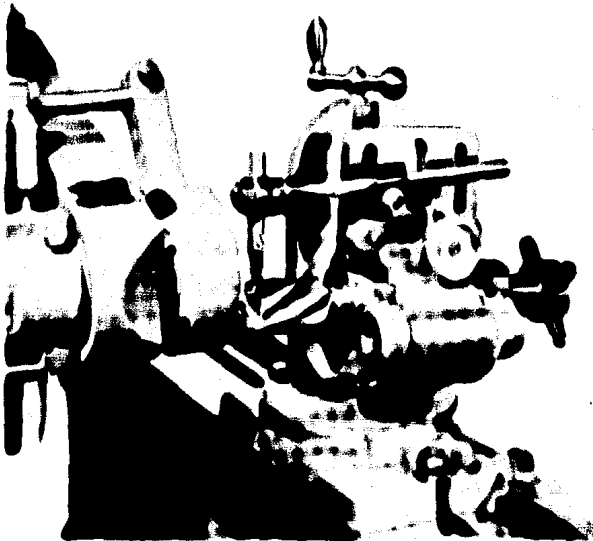


FIG. 38. Aditamento para afilar cortadores verticales.

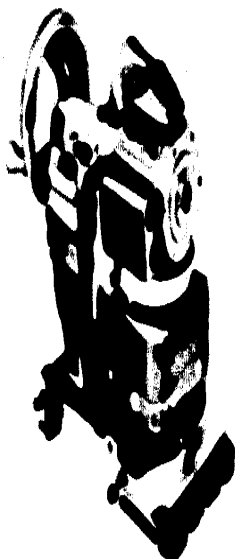


FIG. 39. Dispositivo para
destalonado manual contro
lado por leva.



FIG. 40. Aditamento para afilado de
fresas.

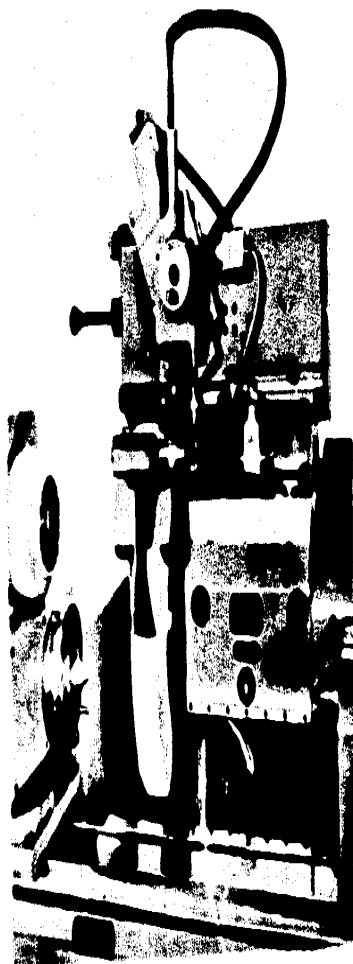


FIG. 41. Perfilador hidráulico pa
ra producción en serie.



FIG. 42. Dispositivo de calibrado automático.

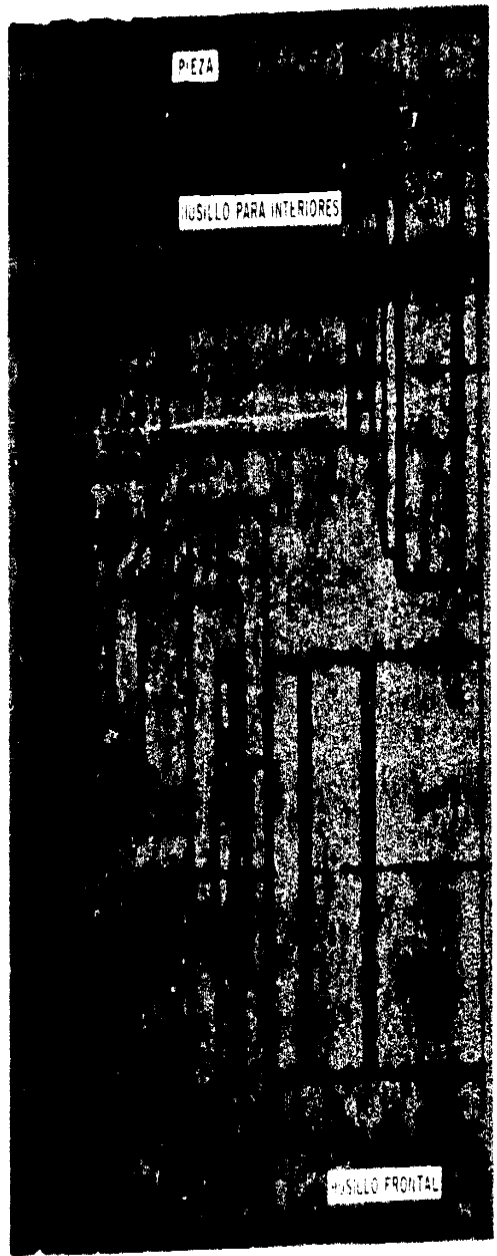


FIG. 43. Dispositivo para rectificado frontal.

5. ELECTRO-EROSION

CAPITULO 5

ELECTRO EROSION

El proceso de maquinado por descarga-eléctrica (EDM) consiste en erosionar o vaporizar una pequeña cantidad de metal mediante una serie de descargas (chispas) eléctricas en una pieza de trabajo que deberá ser conductor eléctrico.

Dado que no existe contacto físico entre el electrodo y la pieza de trabajo, la electroerosión se considera como un proceso en el que la herramienta opera libre de esfuerzo. Sin embargo, existen fuerzas causadas por la acción del flujo de aceite necesario para remover las rebabas de la zona de corte. Por ejemplo, una presión del flujo de aceite de 10 psi (libras por pulgada cuadrada) sobre un electrodo de 10 pulgadas cuadradas producirá una fuerza de separación entre el electrodo y la pieza igual a 100 libras. Con este tipo de fuerzas es obvio que las máquinas de electroerosión deberán ser rígidas y robustas.

Los elementos básicos de cualquier equipo de electroerosión son:

- 1.- ELECTRODO
- 2.- DIELECTRICO
- 3.- FUENTE DE PODER
- 4.- SERVO SISTEMA

En primer término se discutirá la máquina convencional o vertical tipo ariete que además de los elementos anteriores posee un recipiente y un filtro para recircular el dieléctrico. (Fig.1).

OPERACION Y FUNCIONAMIENTO

La pieza de trabajo se coloca dentro del recipiente conectada a una terminal de la fuente de poder, se cubre con el líquido dieléctrico que normalmente es un aceite hidrocarburo simple, el electrodo se baja hasta posicionarlo a una distancia de unas cuantas milésimas de pulgada de la pieza. Se acciona la bomba del dieléctrico, la fuente de poder y el servo-control. Durante la operación de maquinado la posición vertical del electrodo es controlada por el servo-mecanismo, que mantiene una dis

tancia aproximadamente constante entre el electrodo y la pieza de trabajo.

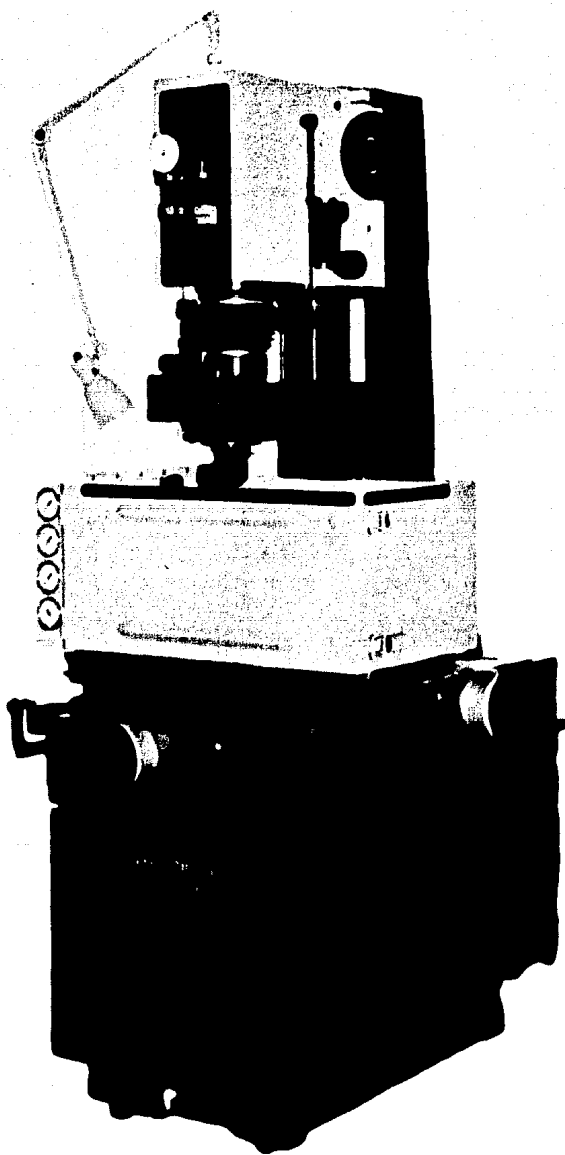
La fuente de poder establece un voltaje potencial -- entre el electrodo y la pieza, de forma tal, que si la distancia entre los dos es correcta será suficiente para penetrar el dieléctrico y provocar el salto de la --- chispa. Si la chispa no salta, el servo acerca el elec trodo para un nuevo intento. Si el electrodo hace con tacto con la pieza provocando un corto circuito, el ser vo automáticamente aleja el electrodo.

Las chispas inciden sobre la pieza sólo una a la vez pero con rango de frecuencia que va desde 100 hasta 500, mil chispas por segundo. Cada chispa sigue la trayecto ria de menor resistencia por lo que el punto más alto de la pieza siempre será el primero en ser electroerosiona do, removiendo así una pequeñísima parte de aquella y -- dejando un pequeño cráter.

De acuerdo a la Ley de Faraday, la cantidad de metal removido será directamente proporcional a la corriente - aplicada. En una situación típica, un ampere de corrien te removerá 0.008 de pulgada cúbica de acero por minuto, utilizando un electrodo de grafito o bien, como regla -- aproximada se puede decir que una corriente de 20 ampe res removerá una pulgada cúbica de material en una hora. (Fig.2).

La dureza o tenacidad del material no afectan su ve locidad de maquinado, ya que ésta se encuentra determina da por la resistencia al calor específico para una co--- rriente dada.

Acabado Superficial.- El parámetro principal que de termina el acabado superficial es la frecuencia. Su fun ción consiste en dividir la corriente en un número ade-- cuado de chispas. Para una corriente dada; a frecuen-- cia más alta corresponderá una menor cantidad de energía para cada chispa. Por lo anterior una superficie erosio nada con alta frecuencia tendrá un mejor acabado que una superficie erosionada con baja frecuencia a la misma co rriente. La cantidad de material removido será la misma en ambos casos. (Fig.3).



**FIG. 1. Máquina de electro-erosión
(Maquinado por descarga eléctrica)**

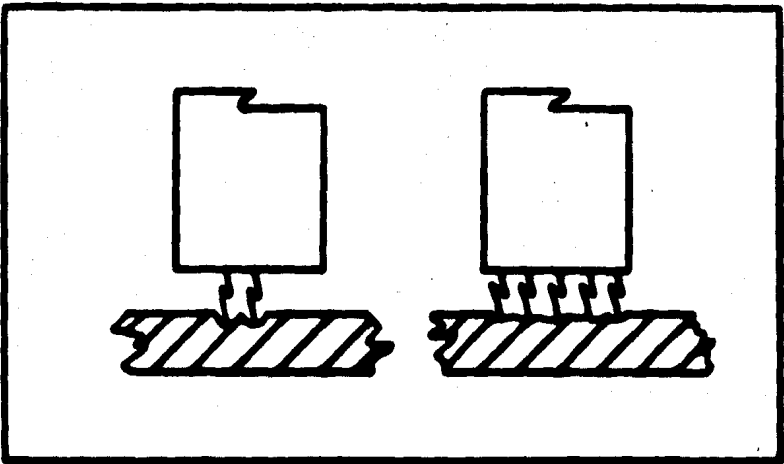


FIG. 3. Superficie de acabado

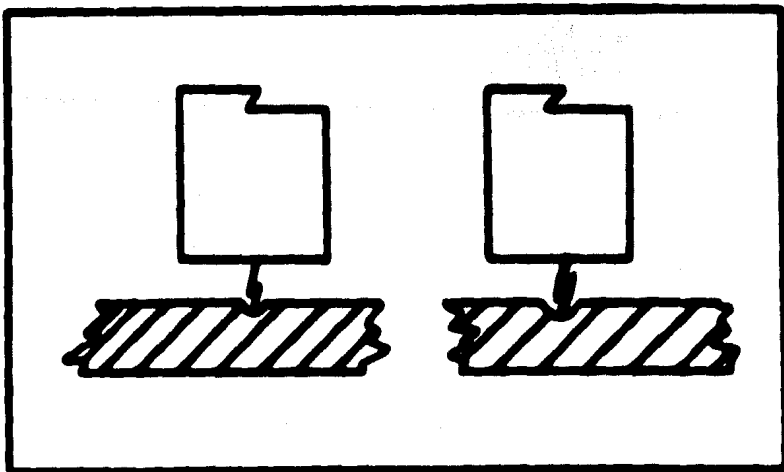


FIG. 2. Metal removido

La distancia o claro entre el electrodo y la pieza normalmente es de 0.001 de pulgada en todos los sentidos de corte. Debido a esto al terminar el corte la pieza quedará aproximadamente 0.001 de pulgada más grande que el electrodo en todas sus dimensiones (sobre corte). El electrodo y la pieza de trabajo nunca deberán hacer contacto.

La pieza de trabajo es una parte esencial de la máquina; una vez que ha sido conectada se convierte en otro electrodo. Dado que la máquina no puede saber cual electrodo es la herramienta y cual la pieza, ambos se desgastarían igual a medida que avanza el maquinado, esto no ocurre si los materiales de cada uno se seleccionan correctamente y se controla la fuente de poder de forma tal que concentre sus esfuerzos en la dirección deseada. Este fue el principal problema de las primeras máquinas que utilizaban corriente alterna sin rectificar. Pero antes de que el proceso se utilizará para maquinar formas complejas, se tuvo que encontrar la forma de minimizar el desgaste del electrodo y maximizar el de la pieza.

ELECTRODOS. - La función del electrodo consiste en transportar las chispas que erosionarán la pieza, con la característica de que su desgaste sea mínimo o no exista.

Además de poseer la característica antes mencionada, la selección del material para la fabricación del electrodo está en función de: costo; maquinabilidad y tipo de acabado que se desea obtener.

El desgaste del electrodo se encuentra relacionado con el punto de fusión del material. Se ha estimado que la temperatura en el punto de impacto de la chispa es aproximadamente 5000°C. La mayoría de los electrodos metálicos tienen puntos de fusión de aproximadamente 1000°C a esto se debe su desgaste relativamente rápido. El tungsteno posee un punto de fusión alto (3400°C), por lo que su resistencia al desgaste es muy buena, pero tiene la desventaja de ser extremadamente difícil de maquinar, normalmente se le utiliza aleado con otros metales por ejemplo, cobre.

Posiblemente el material de mayor uso en la fabricación de electrodos sea el Grafito. Este, a diferencia de los metales no se funde se vaporiza aproximadamente a 3350°C , por tanto, su desgaste es muy lento y bajo -- ciertas condiciones no sufre desgaste, además se puede maquinar tan fácilmente como un metal suave, es relativamente barato y tiene un alto grado de eficiencia eléctrica, sin embargo, no todos los grafitos son iguales, existen diferentes grados de grafito.

Otros materiales que se utilizan como electrodos son el cobre, latón, molibdeno, acero y otros materiales conductores.

DIELECTRICO.- El dieléctrico como se mencionó con anterioridad es un aceite hidrocarburo simple, que fluye continuamente a través del espacio libre (claro) entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte (electrodo), - este aceite es el que solidifica en pequeñas rebabas el material vaporizado durante el proceso.

Estas rebabas quedan suspendidas en el dieléctrico y tienden a interferir con el corte. Este es uno de los problemas más grandes asociados con la electroerosión. - Debido a esto, la mayoría de los sistemas de electro-erosión utilizan una bomba que suministra un flujo de líquido (Flushing) a presión continuo en la zona de corte, este flujo puede suministrarse a través de la herramienta o de la pieza de trabajo. (Fig.4).

Algunos sistemas utilizan vacío o vibración para remover las rebabas de la zona de corte. (Figs. 5 y 6).

FUENTE DE PODER.- La fuente de poder es el elemento más importante del proceso de electro-erosión, podemos decir que es el corazón del proceso. Su función consiste en controlar: la forma de la onda eléctrica; la frecuencia; tiempos para generar la chispa, entrar el dieléctrico y remover las rebabas de la zona de corte; la amplitud y otros parametros (dependiendo del fabricante).

Los primeros investigadores encontraron que dependiendo de los materiales seleccionados para el electrodo y la pieza de trabajo, las descargas eléctricas que polarizaban en una dirección o en la otra podían cambiar la proporción de desgaste entre ambos.

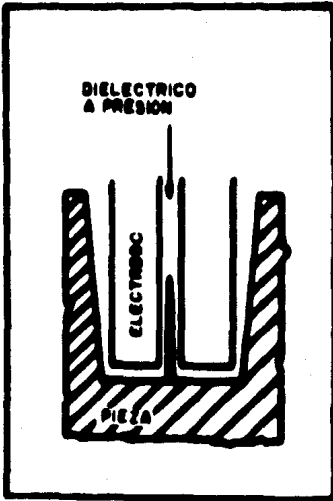


FIG. 4. Flujo de dieléctrico a través de la herramienta.

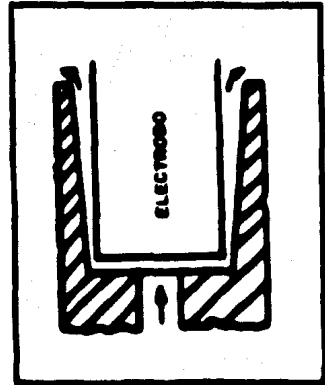


FIG. 4a. Flujo a través de la pieza.

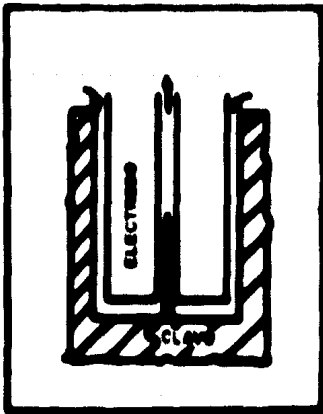


FIG. 5. Flujo por vacío.

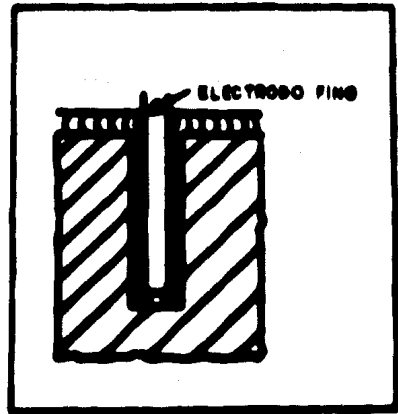


FIG. 6. Sistema por vibración.

Gracias a esto se desarrollaron fuentes de poder que suministraban chispas polarizadas en una dirección, generalmente estas fuentes se equipaban con un switch de cambio de polaridad para diferentes materiales. Las fuentes de poder actuales trabajan bajo el mismo principio.

Si todas las variables que intervienen en el proceso de corte pudieran controlarse, la tarea de la fuente de poder sería bastante simple: proveer un cierto flujo de corriente a un voltaje específico durante un período de tiempo predeterminado, cortar el suministro de corriente e iniciar el ciclo de nuevo una y otra vez. Pero las variables nunca se encuentran completamente bajo control; cada chispa requiere un voltaje inicial ligeramente diferente y el tiempo requerido para ionizar el dieléctrico (en la zona de corte) varía de chispa a chispa. Si se logra alcanzar un corte consistente y eficiente, la fuente de poder deberá suministrar una carga consistente.

La cantidad de metal que es removido por cada chispa depende de la cantidad de energía disipada; esto es, el producto de la corriente y el tiempo de flujo de la misma. Por ejemplo, una corriente de 10 amperes que fluye durante 100 micro segundos (usegs) removerá casi la misma cantidad de metal que una corriente de 5 amps. que fluye durante 200 usegs. Por lo tanto, los cortes más rápidos se logran con pulsaciones largas de alto amperaje.

La fuente de poder efectúa un trabajo de balanceo de las diferentes variables del proceso y aún cuando está haya sido ajustada satisfactoriamente para una cierta combinación electrodo/pieza, no existe razón para esperar que funcione igual en diferentes materiales de electrodo o pieza de trabajo.

Las figuras (7, 8, 9, 10, 11 y 12) muestran en orden cronológico los avances más importantes incorporados a las fuentes de poder.

SERVO-SISTEMA. - Durante el desarrollo de la electroerosión, una etapa muy importante la marcó la incorporación del circuito RC combinado con el servo-sistema; mismos que podían responder al cambio constante de claro entre el electrodo y la pieza de trabajo.

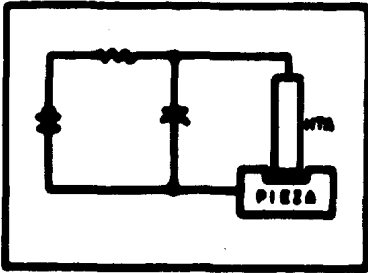


FIG. 7. Fuente de poder tipo resistencia-capacitancia

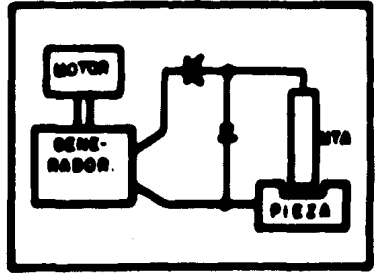


FIG. 8. Tipo generador rotatorio

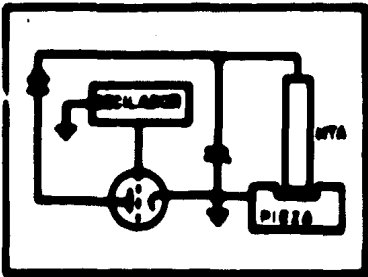


FIG. 9. Tipo generador tubo vacfo

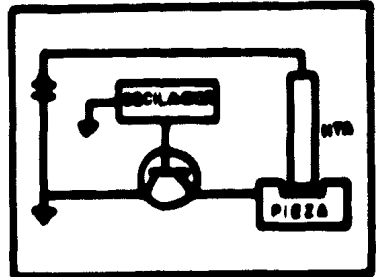


FIG. 10. Tipo generador transistorizado

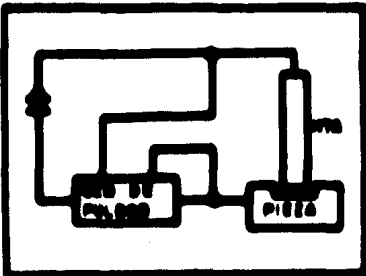


FIG. 11. Tipo generador de pulsaciones retroalimentado.

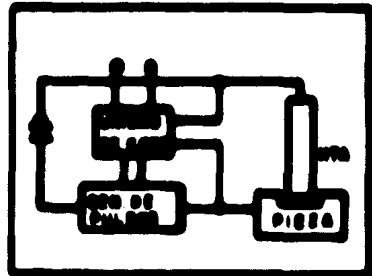


FIG. 12. Tipo control - adaptable servo retroalimentado.

Dado que este claro mide tan solo unas milésimas o en algunos casos diezmilésimas de pulgada, no podía ser medido directamente, sin embargo, se observó que se establecía una analogía de este claro con el voltaje que se presentaba en las terminales de salida de la fuente de poder cada vez que se iniciaba una chispa. Entre más pequeño sea el claro entre el electrodo y la pieza al momento de la descarga, menor será el voltaje requerido para penetrar el dieléctrico y pasar corriente a través de él.

Esta medición indirecta del claro fue aprovechada por los pioneros de la electroerosión que la utilizaron para controlar el sentido del movimiento del servo motor que estaba conectado al cabezal porta electrodo de la máquina. Un circuito sencillo establecía un equilibrio (representado por voltaje cero en las terminales del motor de mando) cuando el voltaje de la chispa se encontraba en el nivel que correspondía al claro correcto. Los incrementos o decrementos del voltaje de la chispa originan polaridades de corriente diferentes en las terminales del servo-control girando al motor en una u otra dirección. Uno de los puntos clave para mejorar la eficiencia de la electroerosión durante los años recientes ha sido el desarrollo de servo-mecanismos de mayor respuesta.

El sistema que se utiliza en la mayoría de las máquinas actuales consta de un accionador hidráulico combinado con servo válvulas electromecánicas o electrodinámicas. Como ventajas de este sistema cabe mencionar que: a) La inercia del fluido hidráulico y del pistón sobre el que trabaja es mucho menor que la inercia generada por una unidad mecánica accionada con motor: b) El rango de respuesta y sensibilidad que se obtiene son mejores.

Cada uno de los componentes del sistema de electroerosión, electrodos, fuentes de poder, dieléctricos y servo mecanismos, han sido desarrollados con la finalidad de lograr una mayor velocidad de corte, resultados más consistentes, mayor eficiencia en términos de desgaste electrodo/pieza, y poder predecir tiempos de maquinado y precisión.

El desarrollo de estos componentes se ha efectuado - sin prestar mayor atención a la falta de un modelo adecuado de lo que está ocurriendo en la zona de corte. Las teorías de cómo la chispa erosiona la pieza de trabajo - (y el electrodo) nunca han sido completamente soportadas por la evidencia experimental, sin embargo, la mejor teoría por el momento sostiene que la acción de erosionado es una combinación compleja de efectos eléctricos y térmicos, esta teoría es conocida como la Teoría Termoeléctrica.

APLICACIONES

El proceso de electroerosión ha logrado su mayor -- aceptación y éxito en la fabricación de herramientas de producción, específicamente; moldes y troqueles. (Fig:13)

La electro-erosión ofrece grandes ventajas sobre los procesos convencionales en el maquinado de formas complejas, particularmente formas o perfiles interiores; los troqueles maquinados con electroerosión generalmente se pueden fabricar de una sola pieza sin importar la complejidad de su forma; la dureza del material no afecta la velocidad de corte o el desgaste del electrodo; en la mayoría de los casos en los que se necesitarían varias o quizás docenas de operaciones independientes de maquinado convencional, éstas se reducen a una o dos con electro-erosión, además, se pueden efectuar prácticamente -- sin atención continua del operador. El operador puede aprender a operar una máquina de electro-erosión en un tiempo relativamente corto comparado con los años que se requieren para entrenar en las máquinas convencionales a un fabricante de herramientas (troqueles y moldes).

Algunas otras ventajas sobre los métodos convencionales son:

- a) Se puede maquinar metales duros y tenaces
- b) No existen cargas por maquinado sobre la máquina, pieza o electrodo.
- c) Se puede maquinar aceros templados sin que sea necesario someterlos a un tratamiento térmico posterior.
- d) No se producen rebabas
- e) El maquinado es automático aún cuando se corte planos

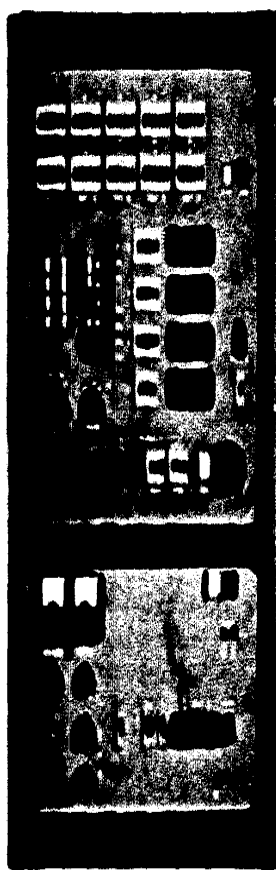


FIG. 12a. Aspecto externo de una fuente de poder actual.

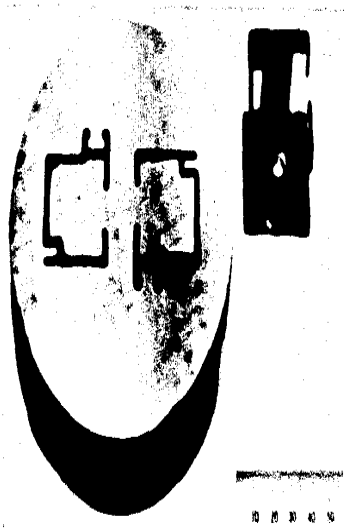


FIG. 13a. Dado de extrusión.



FIG. 13b. Molde para fundición a presión.

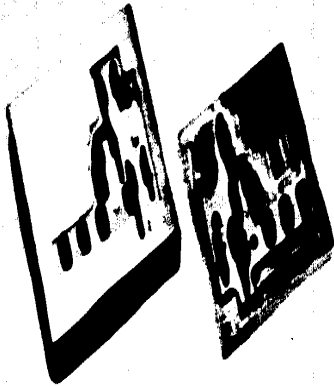


FIG. 13c. Molde para plástico

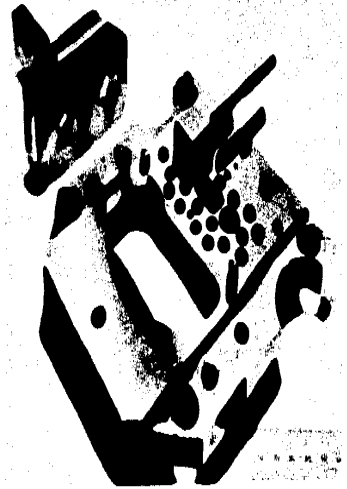


FIG. 13d. Troquel



FIG. 13e. Dado de forja



FIG. 13f. Pieza prototipo

separados o formas tridimensionales.

f) Se puede eliminar segundas operaciones de acabado

Existen también algunas desventajas inherentes a la electroerosión, ellas son:

- a) Los rangos de remoción de material (velocidad de corte) son lentos.
- b) La pieza de trabajo deberá ser conductor eléctrico
- c) Una superficie electroerosionada posee una alta concentración de esfuerzos.
- d) Las cavidades maquinadas con electroerosión pueden quedar ligeramente cónicas con respecto al punto de inicio del electrodo.
- e) El desgaste del electrodo puede provocar secciones transversales imprecisas en la cavidad.

La mayoría de estas desventajas han sido superadas: El desgaste del electrodo se puede eliminar completamente con la nueva tecnología; la conicidad de la cavidad se puede controlar y eliminar totalmente con el aditamento que hace girar el electrodo en una órbita (electrodo-orbital); las superficies maquinadas se pueden asentar (honestar) o pulir para eliminar esfuerzos.

Las aplicaciones del proceso EDM en producción son limitadas debido a su lentitud básicamente, sin embargo, se ha utilizado con éxito en el maquinado de barrenos de diámetro pequeño (menor a 0.10 pulg) en piezas de precisión de acero duro (aleado). Como ejemplo de su aplicación en producción se puede mencionar el maquinado de agujeros en carburadores automotrices, inyectores diesel alabes de las turbinas-jet, cilindros de frenos, lectores de tarjetas perforadas, etc.

Los rangos de remoción de material con un solo electrodo logrados en laboratorio alcanzan hasta 100 pulgadas cúbicas por hora, en la práctica real los rangos de desbaste en muy pocos casos exceden de 20 pulgadas cúbicas por hora.

ACCESORIOS

Dispositivo para Roscar.- Prácticamente se puede maquinar cualquier rosca cuyo diámetro sea menor a 10mm. Incluyendo roscas interiores o exteriores, derechas o iz

quierdas, no existe limitación respecto al número de hilos o paso. Con este aditamento también se pueden maquinar engranes cónicos sin utilizar plantillas. (Fig.14).

Dispositivo Reciprocante.- Este dispositivo se monta sobre el ariete de la máquina y posee un movimiento recíprocante ajustable en longitud de la carrera y velocidad. Es ideal para desbastar material en superficies grandes o varias piezas en tandem. (fig.15).

Aditamento Universal Espiral.- Este aditamento montado en el ariete de la máquina soporta el electrodo en un husillo accionado mediante un resorte. El husillo tiene un seguidor de leva que se mantiene en contacto continuo contra una leva. Al descender el husillo el seguidor copia el perfil de la leva produciendo la configuración deseada ya sea interna o externa. Se utiliza para producir moldes para engranes helicoidales, cortes seccionados y formas especiales en cuñeros. (Fig.16).

Aditamento Orbital (orbiters).- Este dispositivo proporciona movimiento de rotación orbital al electrodo para generar una forma en la pieza. A diferencia de los demás accesorios este es muy versátil, se puede utilizar con ventaja en casi cualquier trabajo de taller de herramientas. (Fig.17).

Con este dispositivo es posible maquinar diferentes tamaños de agujeros con un solo electrodo, o bien, el mismo electrodo se puede utilizar para desbastar y terminar.

Otro beneficio muy importante que se obtiene con este aditamento es una gran mejora en el flujo del dieléctrico en la zona de corte (flushing). Los acabados finos se obtienen con mayor rapidez ya que el desplazamiento del electrodo se puede ajustar en pasos intermedios en lugar de un paso de desbaste y otro de acabado.

Posiblemente la mayor ventaja del aditamento orbital se encuentra en que distribuye uniformemente el desgaste sobre la superficie del electrodo. Aumentando el tamaño de la órbita ya sea en pasos o con trayectoria continua, el aditamento presenta los lados del electrodo a los del corte.

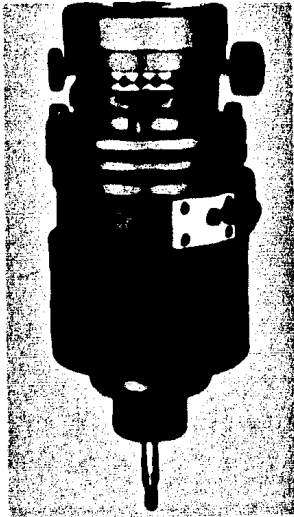


FIG. 14.

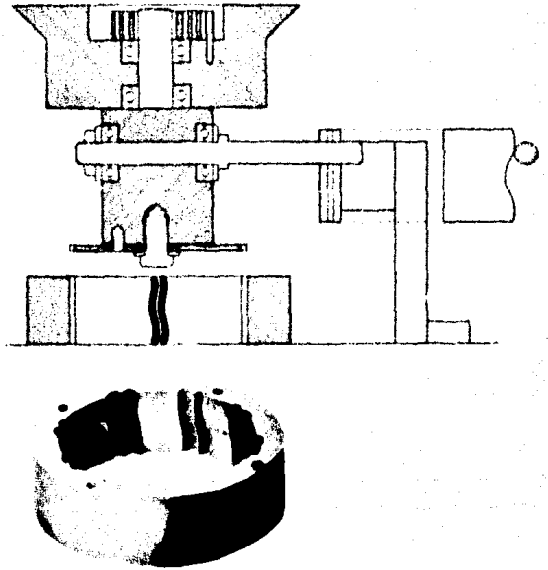


FIG. 16.

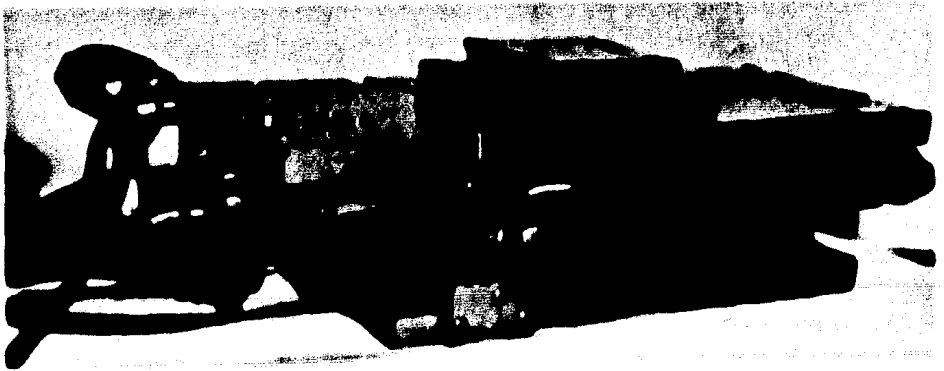


FIG. 15.

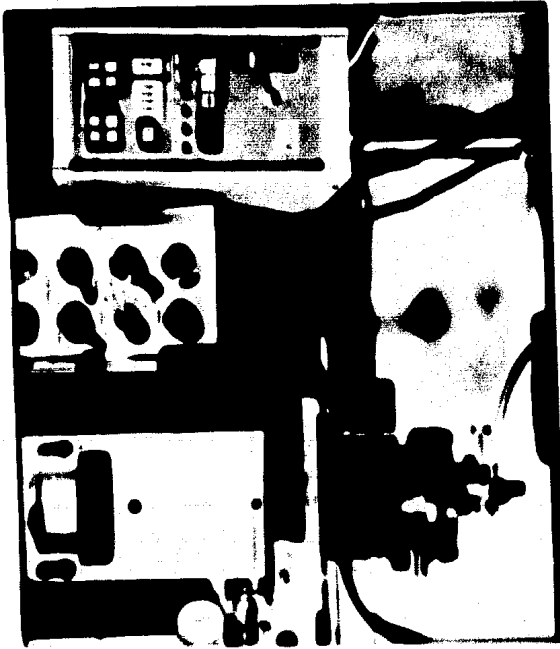


FIG. 17.

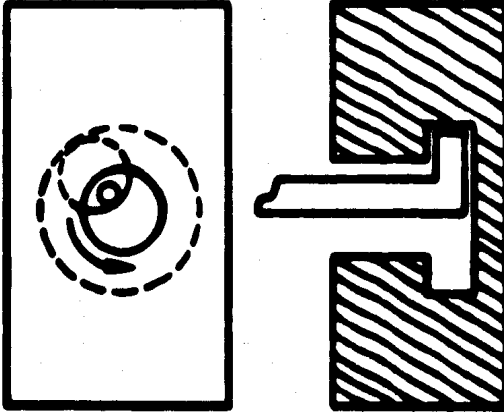


FIG. 17a. Electrodo orbital

Las anteriores ventajas se traducen en ahorro de electrodo de aproximadamente 70% y una mayor precisión de maquinado.

ELECTROEROSION POR MEDIO DE ALAMBRE

El proceso de electroerosión por medio de alambre se inició como un aditamento para las máquinas tipo ariete convencionales, sin embargo, durante la última década se ha desarrollado como una técnica separada con sus propias máquinas especializadas, controlando el posicionamiento por medio de control numérico y con diferentes formas de enfriamiento y flujo en la zona de corte. Al proceso se le puede comparar con la operación de una Sierra-Cinta, con la diferencia de que el alambre en la máquina de electroerosión pasa una sola vez sobre la pieza de trabajo, esto es; el alambre se alimenta de un carrete pasa a través de la pieza de trabajo y se va enrollando sobre otro carrete, siendo este desechado posteriormente.

El principio de operación de la electroerosión por medio de alambre es el mismo que en la electroerosión convencional. La diferencia fundamental está en el electrodo; en lugar de un electrodo de forma se utiliza un filamento con movimiento constante que pasa a través de la pieza sobre su eje vertical y corta un contorno en los dos ejes horizontales, (Fig. 10).

FUNCIONAMIENTO

Esta máquina es mucho más compleja que las de tipo convencional. Los elementos que la integran son:

- a) El mecanismo de alimentación de alambre, el cual consiste de un carrete, varios rodillos para conducir el alambre a través de la máquina, un sensor para parar la máquina cuando se rompe el alambre, el elemento que suministra corriente al alambre, las guías (usualmente de zafiro) que mantiene el alambre recto durante el corte, los rodillos que mantiene la tensión adecuada y el movimiento constante del alambre.
- b) Un sistema de posicionamiento X-Y de alta precisión

(precisión de posicionamiento típica de ± 0.0002 pulg. en la carrera total de la mesa) equipado con sistema de compensación del husillo principal controlado por la computadora del sistema.

- c) Control computarizado para la trayectoria del electrodo. Las primeras máquinas utilizaban un sistema copiador lineal para controlar el contorno que debería seguir el electrodo.
- d) Servo sistema cuya función es copiar la trayectoria del alambre ya sea ésta recta o curva, y mantenerlo a distancia constante del corte.
- e) Sistema Dieléctrico.- Este sistema es más sencillo en las máquinas de alambre. No es necesario sumergir completamente la pieza en el dieléctrico. El dieléctrico utilizado con mayor frecuencia es agua, ésta produce un desgaste rápido del electrodo por lo que no se utiliza en el método convencional pero su baja viscosidad y rápido enfriamiento la hacen ideal para el proceso por medio de alambre.
- f) Fuente de poder.- Estas no son muy diferentes de las utilizadas en las máquinas convencionales, excepto que son de menor capacidad y orientadas a pulsaciones de alta frecuencia. La corriente utilizada normalmente es de 2 a 3 amperes contra 5 a 100 amperes que suministran las fuentes convencionales.

Las velocidades de corte en este proceso también son lentas, pero lo que realmente cuenta es el tiempo de maquinado de la forma o perfil completo. Las máquinas actuales pueden cortar aproximadamente de 2 a 4 pulgadas por hora en placa de acero aleado (duro) de 1 pulgada de espesor, sin embargo, el rango de velocidad ideal es de 1.2 a 1.5 pulgadas por hora ya que con este rango se elimina la necesidad de una atención constante del operador.

La mayoría del alambre que se utiliza en este proceso es de cobre, aunque en algunos casos se recomienda utilizar latón en diámetros menores de 0.005 pulgadas, la recomendación es utilizar alambre de tungsteno.

VENTAJAS:

La electroerosión con alambre ofrece ventajas muy importantes que justifican su alto costo. Esto se ilustra mejor con un ejemplo:

En la fabricación de un troquel el primer paso sería hacer el programa que describe el perfil o contorno. Este programa producirá el juego completo de herramientas punzón, matriz y separador (stripper). La diferencia de tamaño entre punzón y matriz se logra ajustando el control de la máquina sin alterar el programa básico. Aumentando la escala del perfil en el control se corta el separador con lo cual se completa el juego de herramientas. La mayoría de las máquinas actuales poseen un sistema integrado para generar conicidad con lo cual se obtiene la salida o desahogo de la pieza. Cada componente del troquel se fabrica de una pieza, con un solo paso de corte y con un electrodo únicamente.

Dado que el alambre se utiliza una sola vez, el problema por desgaste del electrodo se elimina, las condiciones de corte son en consecuencia más definidas. En términos generales las máquinas de electroerosión con alambre son más sencillas de operar que las convencionales. Una vez que la máquina ha sido preparada la operación se realiza completamente automática. Se puede dejar la máquina operando sin atención durante toda la noche o durante todo un fin de semana sin ningún peligro ya que si el alambre se rompe o ocurre algún desperfecto la máquina está diseñada para parar automáticamente.

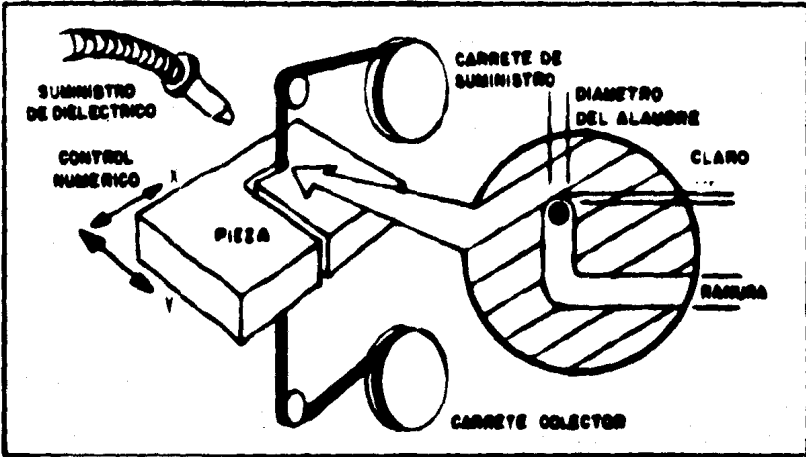


FIG. 18.

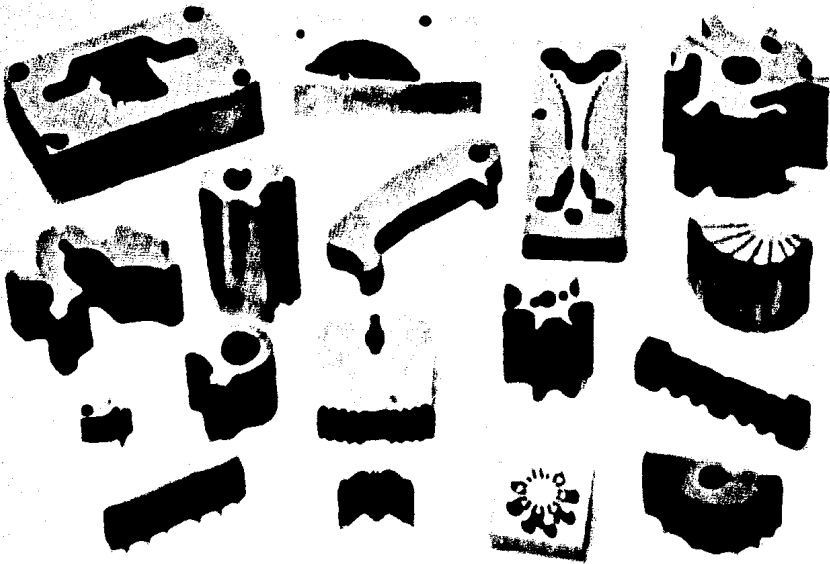


FIG. 19. Ejemplo de piezas fabricadas con electro-erósión por medio de alambre.

6. PROCESOS DE MAQUINADO NO CONVENCIONALES

C A P I T U L O 6

PROCESOS DE MAQUINADO NO CONVENCIONALES

Se aplica el término de proceso no convencional a aquellos procesos que están surgiendo o que no han sido usados en forma extensiva anteriormente y que emplean formas de energía nuevas o poco utilizadas.

Fueron desarrollados inicialmente para ser aplicados en la industria aeroespacial pero actualmente su utilización es mucho más amplia, debido a varias razones, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- 1.- Diseño de piezas con formas complejas.
- 2.- Uso de materiales más resistentes.
- 3.- Costo elevado de los materiales.
- 4.- Sometimiento de los materiales a mayores esfuerzos.
- 5.- Optimización del material utilizado.
- 6.- Incremento de las presiones socioeconómicas sobre los fabricantes.
- 7.- Demanda de mayor confiabilidad en el producto debido a su creciente consumo.
- 8.- Menor precio para productos elaborados con materiales difíciles de formar y maquinar.

Estos procesos no resuelven todos los problemas como una solución en paquete pero sí algunos y además presentan mayores oportunidades para estar en un mejor nivel competitivo y rentable.

Aún cuando se han desarrollado muchos procesos de maquinado no convencional sólo vamos a describir los que se encuentran en uso y están en disponibilidad comercial. Estos pueden ser clasificados en los siguientes grupos de acuerdo a la principal fuente de energía utilizada pa

ra la remoción de material:

I. PROCESOS DE MAQUINADO QUIMICO

Maquinado químico (CHM)

Maquinado fotoquímico (PCM)

Maquinado termoquímico (TCM)

Electropulido (ELP)

II. PROCESOS DE MAQUINADO ELECTROQUIMICO

Maquinado electroquímico (ECM)

Rebabeado electroquímico (ECD)

Rectificado electroquímico (ECG)

III. PROCESOS DE MAQUINADO TERMICO

Taladrado por rayo laser (LBM)

I. PROCESOS DE MAQUINADO QUIMICO

Este tipo de procesos se caracteriza por ausencia de esfuerzos inducidos en la pieza de trabajo como resultado del proceso. Esto es benéfico cuando se van a maquinar partes delgadas o delicadas o donde la distorsión debe ser minimizada. Los procesos que serán descritos en este grupo utilizan una reacción química como principal medio de remoción de material aún cuando se puedan utilizar otras formas de energía para tal fin.

I.1. MAQUINADO QUIMICO.- Es la disolución controlada de material de la pieza de trabajo por contacto con un fuerte reactivo químico. La pieza es cubierta con una película resistente a la corrosión excepto las áreas que deben ser atacadas. La pieza es sumergida en el reactivo en donde el material será removido en igual cantidad de todas las áreas expuestas. La solución química debe ser agitada y elevada su temperatura a unos 93°C con objeto de obtener una acción más efectiva. Una vez removido el

material la pieza es lavada y eliminada la película anti corrosiva. Se pueden maquinar varias piezas simultáneamente en el mismo tanque. En la (Fig. 1) se muestra este proceso en forma esquemática.

APLICACIONES.- Casi todos los materiales pueden ser maquinados por este proceso, sin embargo la profundidad de corte tiene un límite que es de 1/4 a 1/2 pulgada. Las áreas largas y delgadas son las más adecuadas para este proceso debido a que la remoción de material es uniforme y simultánea. También se obtienen muy buenos resultados en cortes delicados con espesor máximo de 1/16 de pulgada. No se pueden producir radios agudos. El tamaño de la pieza sólo está limitado por las dimensiones del tanque.

I.2. MAQUINADO FOTOQUIMICO.- Es una variante del maquinado químico y la diferencia radica en que la película anticorrosiva se aplica a la pieza de trabajo por un método fotográfico. Se aplica un negativo fotográfico sobre la pieza de trabajo que posteriormente será revelado, dejando de esta forma libres las zonas que deberán ser expuestas al efecto químico. El registro preciso del negativo sobre la superficie es esencial para la exactitud del maquinado de las partes expuestas.

APLICACIONES.- Este proceso se aplica fundamentalmente en materiales delgados que requieren maquinados con diseños complicados, por ejemplo: circuitos integrados, microcircuitos, etc. El costo del herramental es bajo y los cambios de diseño pueden realizarse rápidamente.

I.3. MAQUINADO TERMOQUIMICO.- Este proceso remueve material sobrante de la pieza de trabajo -normalmente rebabas- por la exposición de la pieza a gases corrosivos a alta temperatura que se forman por la detonación de una mezcla explosiva durante un tiempo muy corto. La ignición del explosivo normalmente hidrógeno o gas natural y oxígeno origina una onda de transiente térmico que vaporiza las rebabas. Las características mecánicas de la pieza no sufren alteraciones debido a la baja relación superficie masa y al corto tiempo que está expuesta a alta temperatura. En la (Fig 2) se muestra este proceso en un esquema.

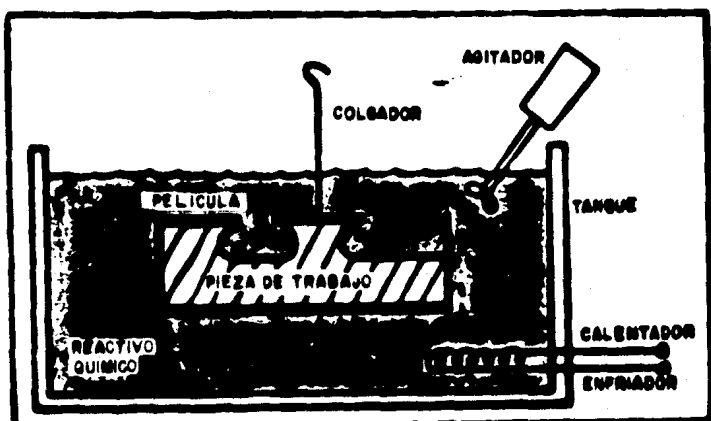


FIG. 1. Maquinado Químico

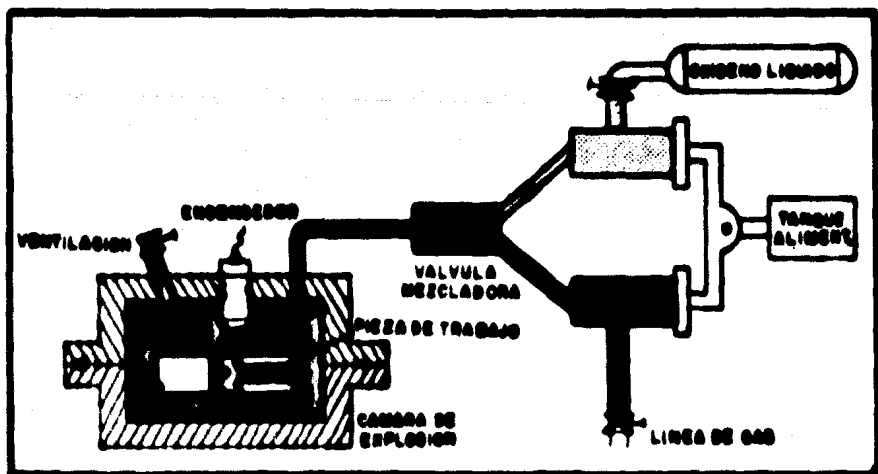


FIG. 2. Maquinado Termoquímico

I.4. ELECTROPULIDO.- Es una forma especial de maquinado químico que emplea la ionización eléctrica para provocar la remoción del material. La acción química de los fuertes ácidos concentrados efectúa el trabajo pesado mientras que la acción eléctrica pule las irregularidades. - Un cátodo (que normalmente no es perfilado de acuerdo a la superficie por pulir) es conectado a una fuente de poder de corriente directa de bajo voltaje y baja corriente e introducido en el baño químico cerca de la pieza de trabajo. El corte se efectúa sobre toda la superficie expuesta, por lo tanto, se requiere un flujo adecuado de ácido precalentado para asegurar un acabado uniforme. - La acción de corte se concentra primero en las rebabas y aristas afiladas, y posteriormente sobre las irregularidades menos ásperas. También se emplea una película anticorrosiva, como en el caso del maquinado químico, para evitar el corte en áreas no deseadas. Para incrementar la potencia de corte de la corriente y la velocidad del proceso es conveniente hacer una selección adecuada del electrolito. La precisión y las tolerancias se controlan regulando el tiempo de exposición. Casi todos los materiales conductores eléctricos pueden ser maquinados por este proceso. En la (Fig. 3) se ilustra este proceso.

APLICACIONES.- La acción moderada de remoción de material que no provoca alteraciones mecánicas en la pieza de trabajo permite que este proceso sea aplicado para obtener acabados de alta calidad con ausencia de esfuerzos inducidos en la pieza.

II. PROCESOS DE MAQUINADO ELECTROQUIMICO

En estos procesos interviene más de una forma de energía para remover material de la pieza de trabajo, siendo la electroquímica la predominante. Los principios en que se basan son las leyes de electrólisis de Faraday tal como se aplican en el galvanizado, es decir, un ánodo y un cátodo inmersos en una solución electrolítica originan que partículas metálicas en forma de iones fluyan del ánodo al cátodo, pero en este caso, debido a la selección apropiada de los electrolitos, los iones metálicos son convertidos en hidróxidos que son separados.

por el flujo de la solución electrolítica, siendo el cátodo la herramienta y el ánodo la pieza de trabajo.

II.1. MAQUINADO ELECTROQUIMICO. - En este caso, la herramienta (cátodo) está perfilada para dar la forma deseada a la pieza de trabajo (ánodo) sobre la que avanza con una alimentación constante. Una fuente de poder de corriente directa de bajo voltaje (5 a 20V) suministra la energía por medio de cables conectados; el polo negativo a la herramienta y el polo positivo a la pieza de trabajo. La solución electrolítica es bombeada a alta presión (300 p.s.i.) sobre el claro (que varía de 0.003 a 0.030 de pulg.) entre la herramienta y la pieza de trabajo. La densidad de corriente (50 a 1000 amperes por pie cuadrado) es el factor clave para determinar el avance y la obtención de un buen acabado; a mayor avance se obtienen mejores acabados. Los electrodos normalmente son de cobre o latón y deben ser diseñados para soportar corrientes elevadas. Los electrolitos son soluciones acuosas de sales inorgánicas tales como cloruro de sodio, cloruro de potasio, nitrato de sodio o mezclas con ciertas propiedades que les permitan actuar a temperaturas de 40°C a 50°C. En algunas aplicaciones particulares se emplean ácidos. Debido a que se origina un volumen considerable de sedimentos es necesario filtrar la solución, ya sea por decantación o centrifugación, además, debe enfriarse para controlar su conductividad. Para obtener tolerancias cerradas, al diseñar la herramienta se deben compensar las variaciones de densidad de corriente que ocurren al variar el contorno de la herramienta o la conductividad del electrolito.

APLICACIONES. - Se utiliza ventajosamente en la producción masiva de contornos complicados en materiales difíciles de maquinar, también para producir barrenos pequeños y profundos menores de 1/8 de pulgada. Se elimina la distorsión de la pieza debido a que este maquinado no causa esfuerzos. La herramienta nunca toca la pieza, no hay fricción y tampoco desgaste en la herramienta, la concentración de densidad de corriente en las aristas de la pieza de trabajo produce redondeo automático y ausencia de rebabas.

La cantidad de material removido es independiente de la dureza del mismo y es proxímadamente de 0.1 pulga.

da cúbica por minuto por 1000 amperes. La precisión para cavidades es de 0.002 pulgadas y 0.0005 pulgadas para cortes frontales o realizados con herramientas muy precisas. Se obtienen normalmente acabados superficiales de 16 a 63 micropulgadas y se mejoran con mayores avances, los acabados a espejo se obtienen fácilmente en cortes frontales sobre aleaciones de níquel. En la (Fig.4) aparece en forma esquemática este proceso.

II.2. REBABEADO ELECTROQUIMICO.- Es una versión especial de maquinado electroquímico que fue desarrollado para remover rebabas o para redondear aristas agudas. El cátodo (herramienta) es estacionario y se perfila, se posiciona de tal manera que exista un claro estrecho, normalmente de 0.005 a 0.050 pulgadas entre el cátodo y la superficie por rebabear. Para obtener la máxima concentración de la acción electrolítica sólo es expuesta una pequeña porción del cátodo. La solución electrolítica fluye a baja presión (15 a 50 p.s.i.), el voltaje es el mismo que en el maquinado electroquímico (7 a 25V C.D.), con requerimientos de corriente bajos de aproximadamente 15 amperes por pulgada lineal de arista.

APLICACIONES.- Cualquier material conductor puede ser rebabeado electrolíticamente. Este proceso toma segundos mientras el rebabeado manual se efectúa en minutos. Sus aplicaciones incluyen bielas automotrices, engranes dentados, troqueles, puertos de válvulas, etc., también se utiliza para rebabear interiores y lugares de difícil acceso. (Fig. 5).

II.3. RECTIFICADO ELECTROQUIMICO.- Es una forma especial de maquinado electroquímico en donde el material conductor de la pieza de trabajo es disuelto por acción anódica y cualquier residuo es removido por una rueda abrasiva conductora con movimiento giratorio. El arco eléctrico entre la rueda y la pieza está determinado por las partículas abrasivas ya que estas sobresalen de la piedra aproximadamente una milésima de pulgada. El espacio entre la pieza y la rueda siempre debe estar lleno de electrolito, el cual es bombeado a presión y dirigido por una boquilla. El electrolito empleado con mayor frecuencia es el nitrato de sodio, cuya proporción varía de 1/2 kg. a 1 kg. por 4 litros de agua, también se emplean . .

otras sales con diferentes grados de corrosión. La corriente directa es suministrada a la rueda por medio de anillos colectores sobre el husillo aislado. La velocidad de la rueda tiene un rango de 4000 a 6000 pies superficiales por minuto (sfpm). El arco de contacto rueda/pieza es crítico y la densidad de corriente en el claro es el principal factor de control de avance. Los valores típicos de corriente están dentro del rango de 500 a 2000 amperes por pulgada cuadrada, la longitud máxima del arco de contacto debe ser aproximadamente de $3/4$ a 1 pulgada para prevenir sobrecalentamiento del electrolito. Los valores de operación más usuales son 1000 amperes por pulgada cuadrada para un avance de una pulgada por minuto sobre un corte de una décima de pulgada de profundidad, operando a 6V con una velocidad de la rueda de 5500 (sfpm) y con un gasto de electrolito de 2 galones por minuto. Estas condiciones pueden producir una presión de unas 150 libras por pulgada cuadrada entre la pieza y la rueda, por lo que se requieren herramientas, dispositivos de sujeción y husillos, con rigidez suficiente para minimizar la deflexión. El abrasivo de la rueda no corta sino que elimina cualquier película residual formada sobre la pieza de trabajo proporcionando superficies limpias para una buena acción electroquímica. El trabajo del abrasivo debe ser menor al 10% de material removido y de preferencia menor que el 5% y en algunas aplicaciones hasta el 0.5%. La más rápida remoción de material se obtiene utilizando las más altas densidades de corriente disponibles sin que hierva el electrolito. Las herramientas y el equipo deben ser cuidadosamente lavadas después de ser usadas. (Fig. 6).

APLICACIONES. - Pueden ser maquinados por este proceso materiales conductores de alta dureza, tales como insertos de carburo de tungsteno para herramientas, partes frágiles como agujas quirúrgicas, etc. En este proceso se eliminan las deformaciones causadas por calor, las rebabas y los esfuerzos residuales sobre la pieza de trabajo. Los rangos de corte pueden competir con los procesos mecánicos y la poca frecuencia con que es recondicionada la piedra aumenta la productividad. Se puede obtener un corte de contorno de $1/4$ de pulgada de largo y 0.324 pulgadas de profundidad en Inconel 718, con un acabado de 6 micropulgadas en 35 segundos de ma-

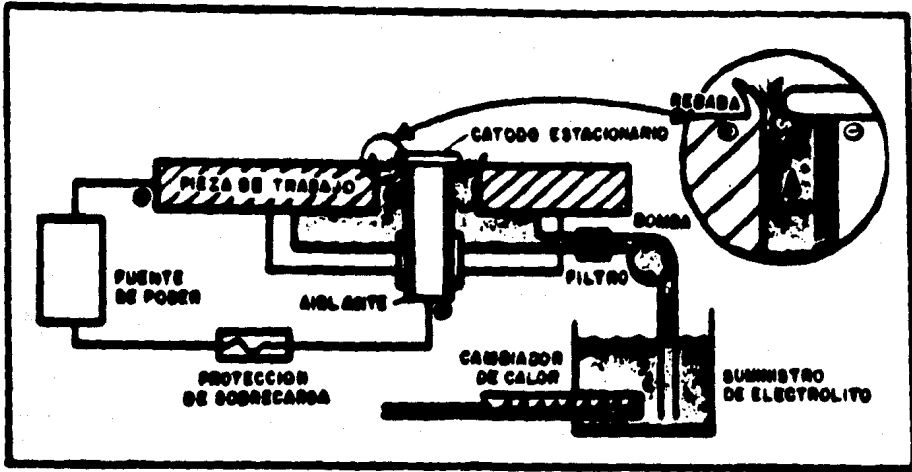


FIG. 5. Rebabeado Electroquímico

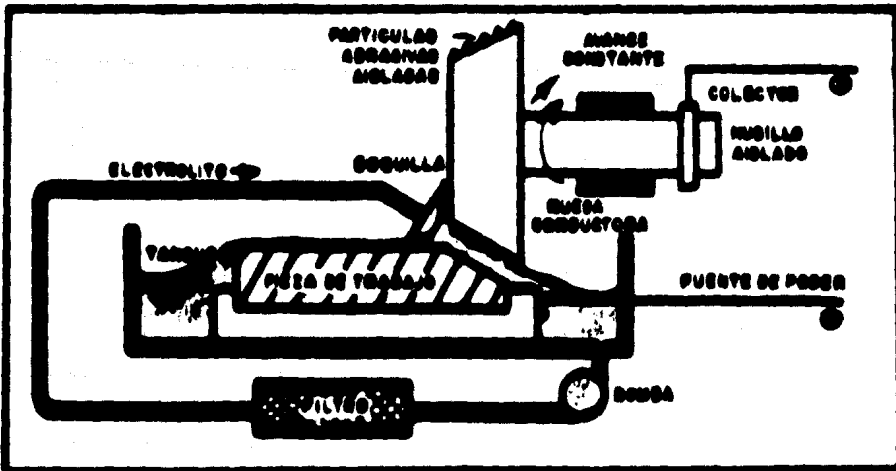


FIG. 6. Rectificado Electroquímico

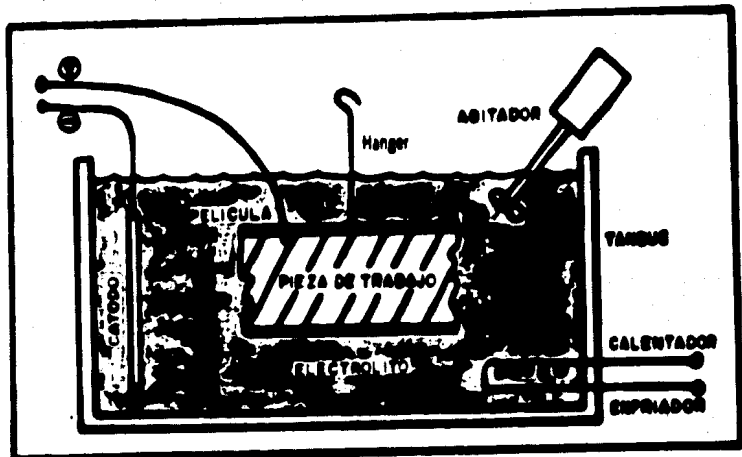


FIG. 3. Electropulido

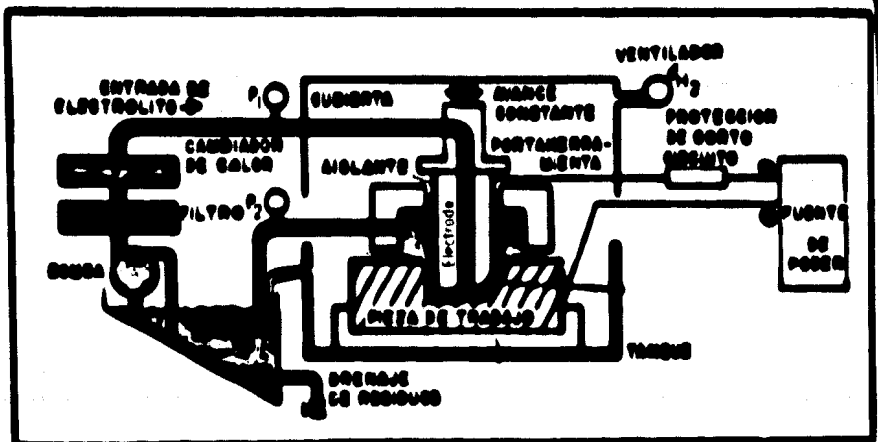


FIG. 4. Maquinado Electroquímico

quinado. Los rangos de remoción de material son de aproximadamente diezmilésimas de pulgada cúbica por minuto por 100 amperes. Se pueden obtener acabados de 8 a 32 micropulgadas AA con una textura similar a la lograda con el pulido metalúrgico sobre materiales con dureza hasta de 45 Rockwell C.

III. PROCESOS DE MAQUINADO TERMICO

Estos procesos utilizan la energía calorífica como medio de remoción de material y como fuente de concentración de calor: una descarga eléctrica, un haz de electrones o un haz de luz, que al aplicarse sobre la pieza de trabajo eleva a tal grado la temperatura del material que lo funde y/o evapora produciendo así el corte.

Los procesos de maquinado térmico no convencional son:

MAQUINADO POR RAYO LASER
 MAQUINADO POR HAZ DE PLASMA
 MAQUINADO POR HAZ DE ELECTRONES

El único proceso de este grupo que será descrito es el maquinado por rayo laser, ya que los otros debido a su carácter experimental y poca disponibilidad tienen es ca aplicación a nivel industrial por el momento.

III.1. MAQUINADO POR MEDIO DE RAYO LASER.- Este proceso está alcanzando popularidad debido a las características de precisión y bajo costo en la producción a gran escala de cortes o barrenos pequeños de precisión. Laser es una palabra formada con las iniciales de "light amplification by stimulated emission of radiation" (amplificación de luz por emisión de radiación estimulada).

III.1.1. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.- El laser es un dispositivo que produce un estrecho haz de luz con una longitud de onda específica (color) de muy alta intensidad y alta colimación, teniendo como resultado una gran concentración de energía en un punto determinado. Para tener una idea de la energía proporcionada, el laser puede concentrar energía en el orden de los 10,000 kilowatts por centímetro cuadrado mientras que la flama de oxiacé-

tileno sólo concentra un kilowatt por cm^2 . Debido a esto, el material sobre el cual se aplica puede fundirse y/o evaporarse sin afectar el material adyacente al punto de concentración. Para barrenar se emplea un pulso muy corto de luz laser, el cual calienta tan rápidamente la superficie del material que produce la evaporación del mismo. Las presiones de gas y vapor generadas durante el proceso expulsan el material evaporado y fundido dejando una perforación en el material. El laser puede ser controlado permitiendo obtener cortes muy limpios en diversos materiales, tales como metales de alta dureza, cerámica, plástico, tela, papel y madera. La pieza de trabajo no necesita ser conductor eléctrico. El único material sobre el cual no podría concentrarse la energía laser sería aquel cuyo coeficiente de reflectividad luminosa fuera del 100%, lo cual no sucede, ya que hasta las superficies altamente reflectivas de acero inoxidable o aluminio pueden ser tratadas para efectuar cortes en ellas.

III.1.2. PRINCIPIOS TEORICOS.- Los átomos y moléculas existen en niveles altos y bajos de energía. Aquellos que se encuentran en los niveles bajos pueden ser excitados a niveles altos, usualmente por medio de calor. Cuando éstos han alcanzado el nivel alto y comienzan a descender producen luz. En las fuentes luminosas ordinarias la multitud de átomos emiten luz independientemente y en diversas longitudes de onda (colores). En un laser la fuente de poder emite un pulso corto de alta intensidad sobre los reflectores que a su vez producen un flujo luminoso que es concentrado en el material laser excitando los átomos, los cuales decaen a un nivel de estabilidad donde permanecen por un período relativamente largo de aproximadamente un milisegundo, produciendo así, energía luminosa a una misma frecuencia. La luz monocromática (de una misma frecuencia o color donde todos sus componentes están en fase entre sí) es amplificada por medio de reflexiones sucesivas a través de espejos dando por resultado un haz tremendamente potente que incide sobre lentes, las cuales permiten enfocarlo sobre la superficie de la pieza de trabajo, logrando así el maquinado deseado. Los materiales laser comúnmente utilizados son: rubí, cristal neodimio, granate neodimio itrio aluminico y dióxido de carbono.

III.1.3 APLICACIONES.- La principal aplicación del laser para taladrado está enfocada a la producción en gran escala de barrenos de diámetro muy pequeño (0.020") con precisión de ± 0.001 pulgada. En la (Fig. 7) se muestran algunas piezas típicas maquinadas por medio de este proceso, así como un diagrama del mismo.

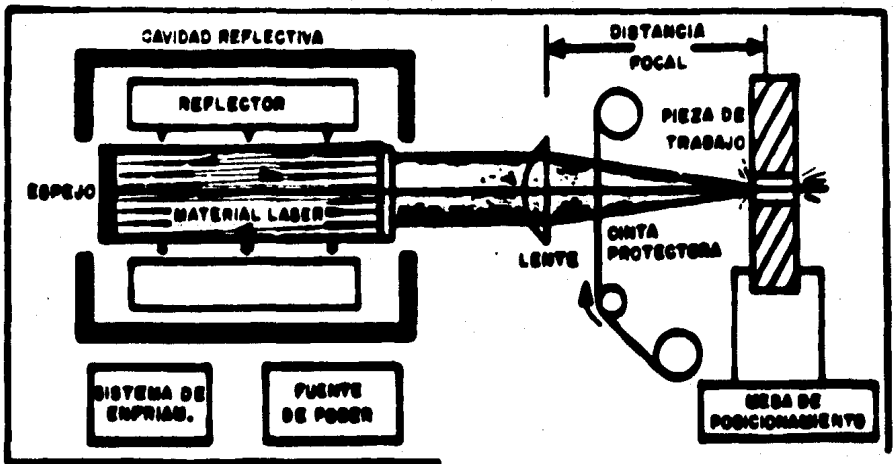


FIG. 7.

FIG. 7a. Tobera de Inyección con barrenos de 0,008"

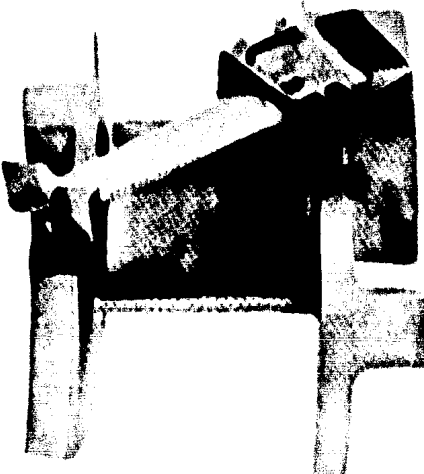
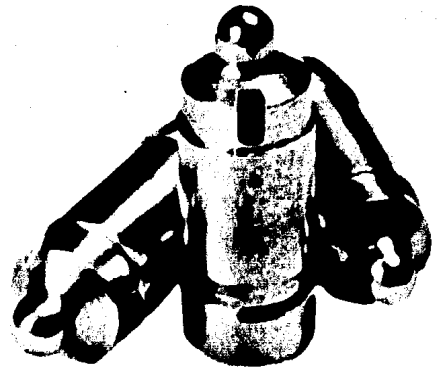


FIG. 7b. Ala de la turbina de un motor jet con barrenos de 0,020" de diámetro.

APENDICE I

**VISUALIZADORES DIGITALES DE COTAS
(DIGITAL READOUTS)**

En el tema III del capítulo 2 hablamos del problema de localización para el maquinado de herramientas y dispositivos de precisión, también se mencionó la localización por coordenadas como elemento principal para resolver dicho problema.

Durante los últimos años y gracias a la incorporación de la electrónica en las máquinas herramientas y equipos de medición en general, se han desarrollado los dispositivos conocidos como Visualizadores Digitales de Cotas (DIGITAL READOUTS), estos dispositivos han venido a resolver el problema de localización, no sólo en las máquinas de alta precisión, sino prácticamente en cualquier máquina herramienta en donde se requiera localizar con precisión.

DESCRIPCION GENERAL:

Son dispositivos que constituyen sistemas para medición y localización. Constan básicamente de dos elementos: Elemento de medición y unidad visualizadora.

El elemento de medición esta formado por una escala lineal y una cabeza lectora. Es colocado en la parte móvil de la máquina herramienta para medir su desplazamiento real en uno o más ejes. La medición es entonces desplegada en la unidad visualizadora ya sea en pulgadas o milímetros. Dichos sistemas reducen la probabilidad de error e incrementan la velocidad, eficiencia y exactitud durante el posicionamiento, aumentando así la productividad de la máquina.

APLICACIONES.- Se aplican casi en todo tipo de máquinas herramientas entre las que podemos mencionar:

- Mandrinadoras verticales y horizontales (Boring - mills)
- Mandrinadoras de precisión por coordenadas (Jig - Borers)
- Rectificadores de plantillas y moldes (Jig Grinders)
- Tornos revólver verticales

Fresadoras verticales y horizontales
 Tornos paralelos
 Rectificadoras planas
 Máquinas de medición por coordenadas
 Máquinas automáticas para dibujar
 Máquinas trazadoras en dos ejes
 Comparadores ópticos
 Equipo fotográfico
 Equipo para medición

PRINCIPIOS DE OPERACION Y DESCRIPCION DEL SISTEMA

Los principales componentes del sistema son:

- a) Escala Lineal
- b) Cabeza Lectora
- c) Visualizador Digital

ESCALA LINEAL.- Es una escala de acero inoxidable de alta precisión con líneas negras que absorben la luz, grabadas en una superficie altamente reflectiva. Las líneas negras y los espacios reflectivos son de igual grosor. Cada escala es calibrada contra un patrón (master) para asegurar la exactitud, que puede obtenerse en tres grados: una diezmilésima (.0001"), cincuenta cien milésimas (.000050"), y veinticinco cienmilésimas (.000025") de pulgada.

Una cubierta de aluminio extruido con cejas especiales de neopreno que la sellan, protege la escala y la cabeza lectora contra el polvo, rebabas y aceite.

CABEZA LECTORA.- Contiene cuatro celdas lectoras a través de las cuales se proyectan cuatro haces luminosos colimados, que se reflejan en los espacios reflectivos de la escala y regresan a través de las mismas celdas lectoras para incidir finalmente en cuatro celdas solares de silicón. El movimiento relativo de la escala respecto a la cabeza lectora o viceversa, ocasiona variaciones continuas en la intensidad de la luz sobre las celdas solares; estas variaciones luminosas son transformadas en señales eléctricas por dichas celdas, las que son interpretadas por el contador en donde aparecerán desplegadas. Debido a que no hay contacto fisi

co entre la cabeza lectora y la escala de precisión, la exactitud original del sistema se mantendrá indefinidamente, además, prácticamente se elimina la necesidad de mantenimiento.

VISUALIZADOR DIGITAL.- En este elemento se encuentran los dispositivos de control y operación así como los circuitos de estado sólido que interpretan las señales eléctricas y despliegan las lecturas en medidas convencionales.

CARACTERISTICAS GENERALES:

La mayoría de los equipos en el mercado ofrecen las siguientes características de funcionamiento:

- Cero flotante con indicador de signo (-).- Esta propiedad permite al operador fijar en cero el visualizador en cualquier punto de la carrera del sistema y usar dicho punto como una nueva posición inicial de referencia.
- Resoluciones de 0.001", 0.0005" y 0.0001".- Se entiende por resolución al menor incremento de movimiento, tal que el sistema sea capaz de detectar y desplegar.
- Exactitud.- Se puede definir como la capacidad de un sistema para medir a un valor definido dentro de una tolerancia especificada.
- Repetibilidad.- Es la consistencia con que se obtienen las mismas lecturas respecto a los mismos desplazamientos.
- Lectura bi-direccional.- Es la capacidad para leer incrementos en cualquier dirección respecto al origen, ya sea (+) o (-).
- Prefijación de valores (PRESET).- Permite prefijar en el visualizador cualquier medida deseada sin necesidad de mover la máquina y usarla como referencia para las subsecuentes.
- Impresora interconectada

- Conversiones de Sistema Inglés a Métrico y viceversa.
- Memoria
- Posibilidad para mediciones hasta en 6 ejes.

APLICACION Y JUSTIFICACION DE LOS VISUALIZADORES DE COTAS

Para considerar la aplicación de un sistema de medición de este tipo en cualquier máquina, es necesario analizar algunos factores importantes. A continuación se menciona una serie de ellos, que de presentarse uno o varios, hará pensar en la utilización de dicho sistema.

- Si están desgastados los tornillos de avance, engranes o las guías provocando que la exactitud del posicionamiento de los elementos de la máquina se dificulte y la repetibilidad no sea confiable.
- Si es muy alto el tiempo de preparación para producción.
- Si el tiempo de posicionamiento es alto en relación al tiempo de maquinado.
- Si se pudiera aumentar la utilización de la máquina - realizando un mayor número de operaciones en una pieza mientras está montada.
- Si se requiere un operador altamente capacitado para operar la máquina.
- Si es alta la cantidad de piezas rechazadas debido a errores de posicionamiento.
- Si se requiere mayor capacidad productiva.
- Si los indicadores o escalas de posicionamiento se encuentran obstruidos por rebabas, polvo, etc. provocando que el tiempo de montaje (cálculo de dimensiones, fijación de topes y posicionamiento de la máquina) sea demasiado largo.

BENEFICIOS

Los beneficios que se obtienen al utilizar los visualizadores digitales son los siguientes.

- Se incrementa la productividad al reducir:

Tiempo de montaje
 Errores de medición
 Tiempo de inspección durante el proceso
 Tiempo de utilización de la máquina
 Rechazos

- Mayor utilización de la máquina al permitir realizar operaciones previamente impracticables y antieconómicas, por lo tanto una mayor recuperación de la inversión.
- Aumento en la exactitud debido a que el sistema de medición es independiente de la máquina y no hay errores ocasionados por los tornillos de avance o juego entre engranes.
- Incremento en la eficiencia del operador ya que la posición respecto a cada eje siempre aparece desplegada traduciéndose en menos errores y menor fatiga.
- Mayor versatilidad ya que se dispone de mediciones en sistema métrico o inglés.

Los visualizadores ópticos se aplican en máquinas de control numérico (NC), máquinas automáticas, máquinas para trazar, sin embargo, su mayor aprovechamiento se logra en casi todo tipo de máquinas operadas manualmente, excepto taladros radiales. En rectificadoras cilíndricas y de superficie su aplicación es menor debido a que el tiempo de posicionamiento es mínimo.

No existe limitación en cuanto el tamaño de la máquina; estos dispositivos han sido aplicados satisfactoriamente en máquinas con carreras hasta de 26 metros. Así mismo no hay limitación debido a la interferencia de partes de la máquina. Cuando dichas limitaciones existen se utilizan convertidores telescópicos que pue-

den ser montados libres de obstáculos.

JUSTIFICACION

Para evaluar los ahorros que proporcionan los visualizadores digitales se requiere un análisis de los procedimientos actuales de manufactura así como de los métodos de producción. Los ahorros se pueden observar:

- Al eliminar el trazado de la pieza de trabajo, ya que se le proporciona al operador de la máquina las dimensiones críticas y el plano de coordenadas referidas a cero. Haciendo posible el maquinado directamente en la pieza de trabajo, eliminando así, los costos improductivos y demoras relacionadas con la transferencia del trabajo de trazado a la máquina.
- Al reducir el tiempo de preparación y localización de la pieza de trabajo, ya que se eliminan muchos dispositivos especiales de localización debido a que el operador sólo necesita localizar su punto cero de referencia y trabajar directamente a partir de él.
- Al disminuir el tiempo de posicionado, los ahorros sobre los métodos convencionales de posicionamiento se incrementarán a medida que el número de operaciones sea mayor.
- Al poder efectuar operaciones adicionales en una máquina, por ejemplo, en una mandrinadora horizontal equipada con visualizador digital se pueden realizar operaciones críticas de fresado económicamente. Los cálculos, chequeos, mediciones y rechequeos previamente requeridos, hacen esas operaciones imprácticas y costosas en una máquina sin este dispositivo.

JUSTIFICACION ECONOMICA

Se han desarrollado fórmulas para ayudar en la justificación económica de los visualizadores digitales. Una fórmula es:

$$\text{Ahorro Anual} = \frac{\text{HNC}}{60} (\text{Td-Tr})$$

DONDE:

H = Horas de trabajo anuales

N = El número promedio de posicionados por hora

C = Costo por hora de labor más beneficios del operario (en pesos)

Td = Tiempo de posicionado, en minutos, usando indicadores convencionales.

Tr = Tiempo de posicionado, en minutos, usando visualizador digital.

Veamos un ejemplo, para una máquina usada en dos turnos - 4000 horas anuales - la mesa se desplaza una vez cada 10 minutos (6/hr), el costo del operador es de \$32.00/hr y el tiempo de posicionado fue reducido de 2.7 min. a 1 min.

El ahorro anual es de:

$$\frac{4000 \times 6 \times 32}{60} (2.75 - 1.0) = \$22,400.00$$

Debido a que los ahorros por posicionamiento no se pueden conocer cuando la justificación está siendo calculada, se puede aplicar otra fórmula basada en el incremento de productividad:

$$\text{Tiempo de amortización} = \frac{\text{Inversión}}{\text{R H P}}$$

(recuperación)

DONDE:

R = Utilidad de la máquina en pesos/hr.

H = Horas trabajadas por día

P = Porcentaje del incremento en la productividad

Los incrementos que se han medido en muchos talleres van del 33% para trabajos repetitivos en producción, --

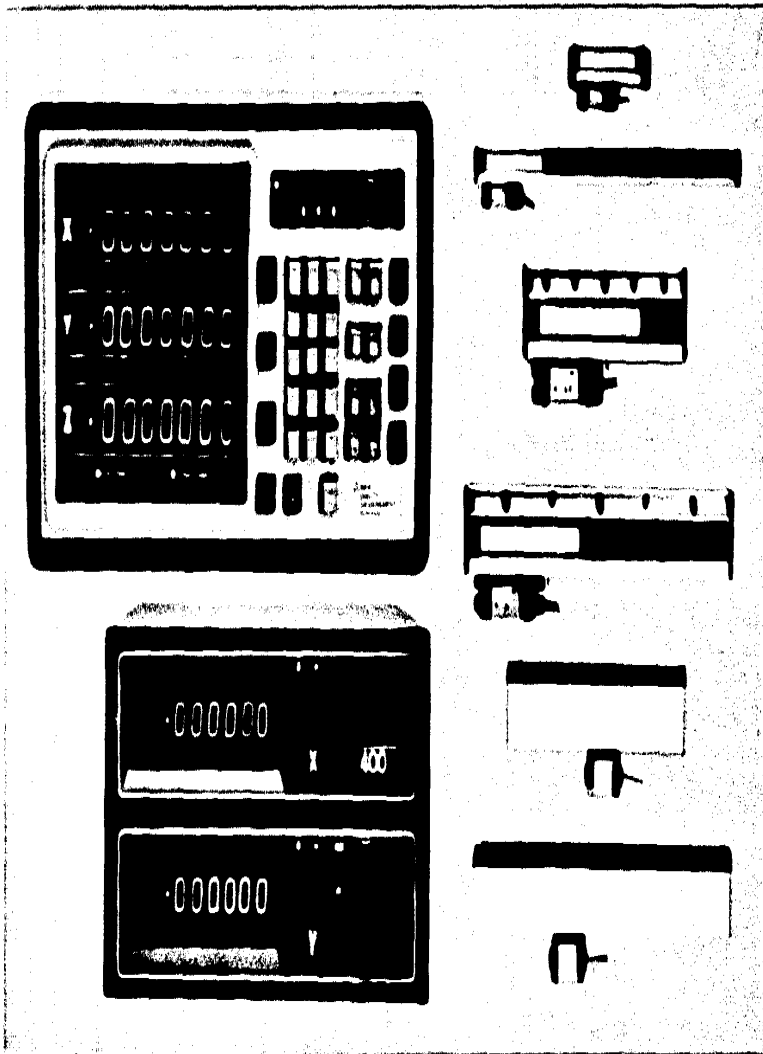
hasta 88% en operaciones de preparación compleja. Asumamos un mínimo de 25% de incremento en la productividad y veamos un ejemplo:

Supongamos la compra de un sistema de 15" x 30", - para instalarse en una fresadora vertical ligera - que tiene una utilidad de \$200.00/hr. en turnos de 7.5 hrs. efectivas. La inversión en el sistema básico incluyendo instalación será de aproximadamente de \$60,000.00.

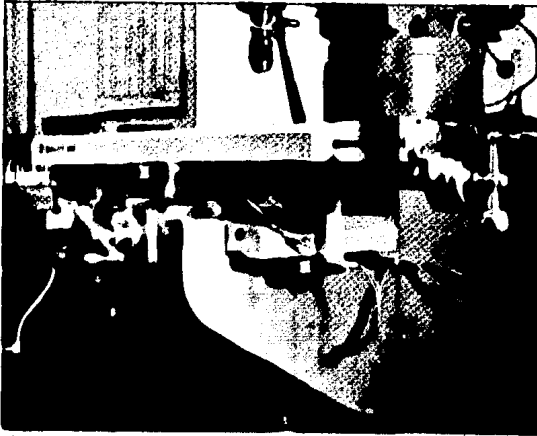
$$T.A. = \frac{60,000.00}{200 \times 7.5 \times .25} = \frac{60000}{375} = 160 \text{ días}$$

Esto quiere decir que la productividad adicional - ocasiona una recuperación de la inversión en menos de - seis meses, es decir en 160 días.

Existen otros métodos para justificar estos sistemas de medición y localización pero su aceptación dependerá de las políticas de la empresa.

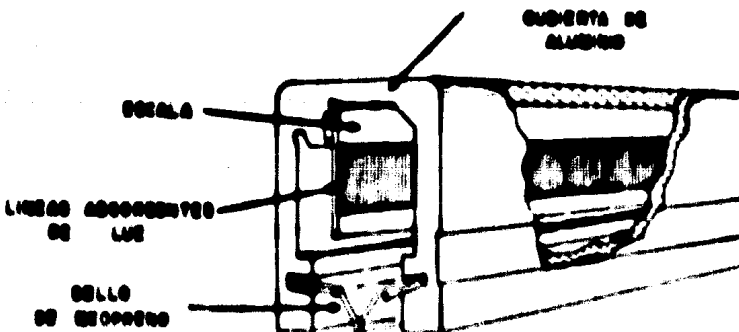


La figura muestra 2 tipos de visualizadores así como varios tipos de escalas con sus cabezas lectoras.



escalas montadas en una águina

Visualizadores adaptados en una fresadora



Detalle de una escala

APENDICE II

CONTROL NUMERICO

Durante la última década el control numérico (C/N) dejó de ser una forma sofisticada de maquinar contornos complejos en componentes para la industria aero-espacial para incorporarse como equipo estandar en la mayoría de las máquinas-herramienta.

Por definición C/N es la operación de una máquina -- herramienta por medio de números. Esto significa, que algunas o todas las operaciones fundamentales de una máquina herramienta son dirigidas por claves numéricas traducidas a una forma utilizable. Mandos numéricos ordenan todas las funciones de la máquina desde la localización del husillo en relación con la pieza de trabajo (la función más importante) hasta el flujo del refrigerante. -- Los números son instrucciones codificadas que se refieren a una distancia específica, posición, movimiento o funciones que deberá seguir el equipo al maquinar la pieza.

El control numérico representa una salida completa - de la forma convencional de operar una máquina-herramienta, por medio del cual el operador estudia el dibujo ingenieril de la pieza y guía la herramienta de corte (o la pieza de trabajo) basado en la información del dibujo. Operar una máquina-herramienta con éxito en la forma convencional depende en gran parte de la habilidad (conocimientos prácticos) del operador.

Con C/N el primer paso será estudiar cuidadosamente los dibujos y posteriormente convertir toda la información que contiene en una serie apropiada de claves numéricas, este trabajo normalmente lo lleva a cabo un programador de piezas o lo puede realizar el mismo operador de la máquina previamente capacitado. Las claves numéricas representarán un recorrido (trayectoria) o una acción que la máquina deberá efectuar para el maquinado correcto de la pieza descrita en el dibujo. La serie completa de claves para producir una pieza en una máquina - herramienta se conoce como Programa de la Pieza (Programa Parte).

La selección y decisión de los movimientos y funciones de la máquina-herramienta pasarán a ser ahora responsabilidad del programador, mientras que el papel del operador cambiará drásticamente. Así, el funcionamiento básico de la máquina no recaerá sobre el hombre que está vigilando la operación al pie de la misma, sino, en la persona que está alejada de la máquina y que ha visualizado y codificado en una secuencia lógica las claves numéricas que guían y dirigen la pieza que se está maquinando.

La máquina-herramienta por sí sola no puede leer números, por lo que la lectura de las instrucciones codificadas es realizada por una lectora de programas que es parte de la Unidad de control de la Máquina (MCU). La función de la unidad (MCU) es actuar sobre las instrucciones codificadas por el programador y transmitidas por la lectora de programas, convirtiendo estas instrucciones en movimientos y operaciones mediante servomecanismos que pueden ser electrónicos, hidráulicos o mecánicos.

El programa manuscrito se traslada a un medio tal, que la lectora pueda interpretar. Algunos de estos medios son; cinta perforada, cinta magnética, tarjetas perforadas etc. El medio de suministrar la información dependerá totalmente del tipo de lectora que utilice la unidad de control e independientemente de la forma en que se suministre la información los conceptos básicos del C/N no se alteran. Lo mismo sucederá con la unidad de control la cual puede variar ligeramente en sus características de operación pero sus principios no se alteran.

Actualmente la forma más común de suministrar información en este tipo de equipos es la cinta perforada, a grado tal que se le considera como standard en todos los equipos C/N. Esta cinta es de 1" de ancho y está provista de ocho canales. Los agujeros se perforan en los canales en posiciones predeterminadas y estandarizadas para designar claves numéricas específicas. Estos agujeros son detectados por la lectora de la unidad de control a través de dedos, escobillas, celdas foto-eléctricas o por medio de vacío, y luego convertidas por la

MCU en señales que son transmitidas a los servo-mecanismos que actúan la operación de la máquina herramienta.

No debemos perder de vista que la máquina-herramienta tiene ciertas características, capacidades y limitaciones por lo que todos los programas deberán estar dentro del marco de trabajo aceptable del elemento productor que se está controlando.

Es muy importante conocer lo que es el control numérico, pero, de igual importancia será conocer lo que no es:

El C/N no es un cerebro mecánico, es decir, no piensa, evalúa, juzga o discierne. En algunos casos puede escoger entre algunas alternativas predeterminadas o se pueden prefiar límites de modo tal que no se sigan instrucciones erróneas o falsas, o detectar condiciones de sobrecarga en las instrucciones programadas, pero todas estas condiciones con su posible selección de alternativas deberán ser incluidas en las instrucciones por el programador.

La programación y operación del C/N no es competencia exclusiva de ingenieros, así como no es únicamente para las grandes industrias con fuertes recursos económicos. El C/N es aplicable al rango completo de industrias desde los grandes complejos industriales hasta los talleres simples. En la actualidad encontramos equipos con C/N en plantas de todos tamaños incluyendo talleres de maquila compuestos por cinco empleados. Además hay operadores manejando estas máquinas entrenados completamente en unos cuantos días. Se pueden elaborar programas simples después de dos días de entrenamiento y prácticamente cualquier persona que desarrolle cualquier función de ingeniería o con capacidad a nivel supervisor puede comprender a fondo los fundamentos del C/N sin mayor dificultad.

A diferencia de la automatización que es inflexible, el control numérico añade flexibilidad a las posibilidades de las máquinas, y la producción en serie o de piezas únicas se puede hacer con costo y esfuerzo mínimos. El factor limitante será la capacidad de la combi-

nación Máquina/Unidad de Control. Por ejemplo: No podemos fresar una ranura de 36" de largo en una máquina cuyo desplazamiento máximo es de 24". De igual forma si las revoluciones máximas del husillo son 1800 rpm no existirá ninguna unidad de control que lo haga girar a 2400 rpm aún cuando la unidad haya sido programada para que el husillo gire a 2400 rpm.

Otro factor que se debe tener presente es que a la máquina con C/N deberá suministrársele la información en forma tal que pueda ser aceptada, cualquier instrucción que se suministre en forma incorrecta dará como resultado un rechazo de las instrucciones o una operación defectuosa. Al dar instrucciones correctas dentro de las capacidades de la máquina el C/N ofrece al programador una confianza completa de que su programa se realizará exactamente como fue desarrollado ya sea que se ejecute una o varias veces; además se realizará a velocidades óptimas con la precisión inherente de la máquina y dentro de un tiempo completamente predecible.

Las máquinas con C/N no son diferentes en el sentido que involucren nuevos conceptos de maquinado; para barrenar se utilizan brocas como siempre se han utilizado y encontramos los mismos tipos de cortadores para fresado tanto en una máquina con C/N como en una fresadora convencional. La principal característica que distingue a una máquina-herramienta es su utilización. El C/N puede suministrar instrucciones tan eficientemente que el rango de utilización será mucho más alto comparado con una máquina operada manualmente; de aquí que una máquina equipada con C/N deberá construirse con la suficiente rigidez y fuerza para aceptar y ejecutar durante periodos sostenidos las instrucciones rápidas y precisas ordenadas por las unidades de control.

Los fabricantes de unidades de control pueden producir unidades que ordenen instrucciones que involucren movimientos tan pequeños como una millonésima de pulgada; esto, por supuesto va mucho más allá de lo que cualquier máquina-herramienta existente puede ejecutar, lo cual demuestra que el factor limitante de tolerancias es la máquina por sí misma y no la unidad de control.

Contrariamente a la suposición inicial al hablar de

C/N, el operador no será removido de su posición; si bien, es cierto que su función y papel se verán alterados considerablemente también lo es que él continúa --- siendo una parte muy importante dentro del proceso de fabricación. Su función será ahora la de montar y desmontar la pieza de trabajo, colocar el programa en la unidad de control (generalmente cinta perforada) e iniciar el ciclo de operaciones. En algunos casos dependiendo del grado de automatización y sofisticación, --- pueden existir operaciones que no están integradas en el programa de C/N en estos casos el operador tendrá --- que efectuarlas manualmente. Por ejemplo, en la operación de barrenar algunos agujeros sencillos el programa en cinta puede posicionar la mesa y localizar los barrenos pero no avanzar el husillo hacia la pieza, operación que se puede ejecutar manualmente.

El tiempo nos ha puesto de manifiesto que la teoría de que el operador será relegado a segundo o tercer plano no es totalmente errónea. Si bien, es cierto que él no será responsable del control directo del proceso de maquinado y que no necesita ser un operador muy hábil o altamente especializado también lo es que tendrá la responsabilidad de controlar el proceso para corregir cualquier funcionamiento erróneo y además tendrá la función muy importante de servir como retroalimentador de información para que junto con el programador simplifiquen y mejoren las técnicas de programación.

La creciente utilización del C/N en los diferentes procesos de maquinado radica en que ofrece grandes ventajas:

1.- En procesos que requieren múltiples montajes.- Una de las mayores reducciones en costo posible con C/N ha sido la eliminación o reducción de montajes costosos. Muchos dispositivos y plantillas (Jigs) se han reemplazado con sujetadores (clamps) simples. Debemos recordar que es el programa-cinta el que posicionará la herramienta de corte en el lugar correspondiente al último dígito de la dimensión dada, por lo que, los dispositivos y plantillas no serán necesarios. Existen muchos casos en donde la mayor parte o el total

del costo del equipo C/N se ha recuperado en esta área únicamente. Ahora bien, los ahorros no sólo comprenden el diseño y la fabricación de los dispositivos, también encontramos ahorro en no tener que mantener y almacenar dispositivos costosos y pesados.

2.- En procesos de maquinado muy complejo.- Con los recursos disponibles en la preparación del programa y las características y capacidades de las máquinas modernas, las operaciones complejas frecuentemente se pueden hacer con mayor rapidez con cinta programada y controles precisos electrónicos o mecánicos que con esfuerzo físico.

3.- Cuando se presente el caso en que el tiempo de maquinado es menor que el tiempo de preparación y montaje. Entre menor sea el tiempo que se utilice en preparar la máquina y montar la pieza esto significará una mayor utilización real de la máquina y consecuentemente el número de máquinas requeridas disminuirá.

4.- Donde existe la necesidad de reducir los tiempos de fabricación.- Es obvio que si reducimos notoriamente la necesidad de herramental, dispositivos y plantillas y esto significa tiempo, el tiempo total también se verá reducido.

5.- Cuando tenemos que maquinar piezas complejas que deben hacerse en corridas cortas con algunos cambios.- Es mucho más sencillo modificar un programa que fabricar o modificar el herramental y los dispositivos adicionales. Si el contenido del programa se encuentra en una cinta magnética o perforada lo podemos modificar rápidamente duplicando las secciones de la cinta que no cambiarán e insertando cambios únicamente en donde sea necesario.

6.- Cuando la pieza a fabricar es tan compleja que es fácil incurrir en el error humano.- Una vez, que el programa está hecho y verificado para asegurar su exactitud, trabajará sin ningún error indefinidamente, exceptuando un mal funcionamiento de la máquina o de la unidad de control. En la actualidad tanto la máquina como la unidad de control se fabrican con un alto grado de confiabilidad y en la mayoría, en caso de ocurrir un mal funcionamiento, la máquina parará automáticamente antes de dañar la pieza que se está maquinando.

7.- Cuando los problemas de diseño son tales que un inventario adecuado de partes sería altamente costoso.- Es mucho más fácil almacenar una serie de programas que una cantidad de partes con sus dispositivos y jigs para fabricarlas.

8.- Cuando la competencia está tomando ventaja debido a que están equipados con C/N.

A manera de guía para la aplicación del C/N, a continuación enumeramos las condiciones que se presenten - una o varias harán que se considere el C/N como solución viable.

1.- Cuando los costos de los dispositivos (Jigs) y herramienta para producir las piezas por métodos convencionales son muy altos.

2.- Cuando los tiempos de preparación y montaje convencionales son demasiado largos.

3.- Lotes de producción pequeños y variados.

4.- Una variedad grande (o mediana) de diferentes piezas que requieren cambios frecuentes de preparación y montaje y que implican un gran inventario de herramienta convencional.

5.- Producción intermitente debido a demandas cíclicas.

6.- Partes complejas con tolerancias cerradas.

7.- Contornos que se pueden definir matemáticamente.

8.- Cuando existe una necesidad crítica de repetibilidad entre las piezas y entre los lotes de piezas.

9.- Cuando se maquinan piezas muy caras en donde el error humano sea muy costoso.

10.- Partes con prioridad alta en donde el tiempo es muy importante.

- 11.- Cambios anticipados en diseño.
- 12.- Partes que requieren muchos montajes y muchas operaciones.
- 13.- Cuando se requieren condiciones de corte no uniformes.
- 14.- Cuando los requerimientos de inspección son del 100% o se tiene que verificar muchos puntos.
- 15.- En familias de piezas.
- 16.- Piezas del tipo imagen-espejo.
- 17.- Partes nuevas para las que no exista aún herramienta convencional.

TIPOS DE SISTEMA DE CONTROL.- Todos los sistemas de control numérico están comprendidos en dos categorías:

- a) Sistema de Lazo-abierto
- b) Sistema de Lazo-cerrado

El sistema de lazo-abierto (Fig.1). Es aquel en el que el elemento desplazable de la máquina por ejemplo, la mesa o el husillo recibe instrucciones para desplazarse a uno o más lugares precisos. Sin embargo, no posee sistemas para verificar si el elemento móvil de la máquina arribó a la localización establecida, esto deberá verificarlo el operador de la máquina y corregirlo si no ocurre, o el elemento móvil continuará su recorrido programado con posibles errores en posicionado u operando incorrectamente.

La mayoría de las máquinas-herramienta equipadas con C/N operan bajo el principio de lazo-cerrado o servo-mecanismos, (Fig. 2). Este sistema incorpora un dispositivo sensor en el elemento móvil de la máquina para indicar su posición exacta. Si existe alguna discrepancia entre la posición donde debería estar y en donde está, el dispositivo sensor ordena a la unidad de mando para que haga el ajuste necesario.

SISTEMA DE LAZO ABIERTO

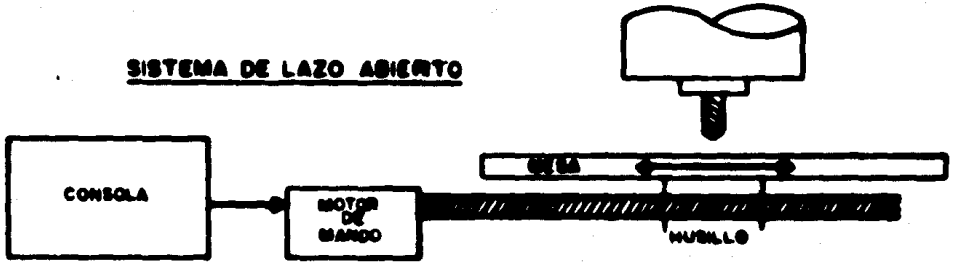


FIG. 1.

SISTEMA DE LAZO CERRADO

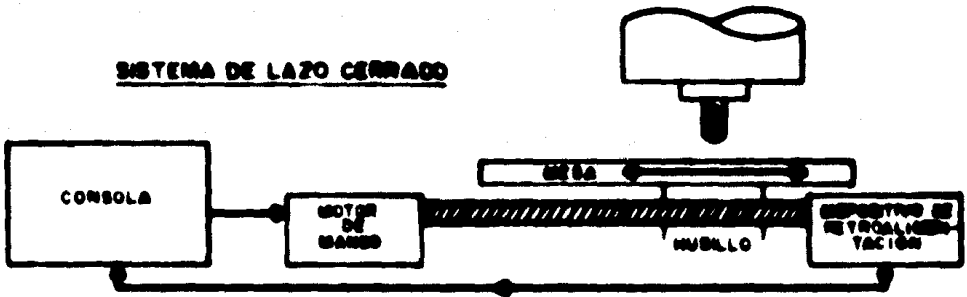


FIG. 2.

RETROALIMENTACION.- El campo de la electrónica ha aportado posiblemente la contribución más significativa al desarrollo del control numérico, ya que ha hecho posible el alto rango de intercambio de información que se requiere.

La información codificada contenida en la cinta es convertida en pulsos electrónicos, cada uno de los cuales es equivalente a un pequeño incremento de movimiento del elemento de la máquina (normalmente .0002 pulgada). Dado que es posible que los pulsos se puedan perder durante el servo proceso, se convierten en corrientes eléctricas con forma de onda similar a la forma de onda de la corriente alterna común.

El patrón de onda de entrada es comparado con un patrón idéntico generado por el dispositivo de retroalimentación. Una diferencia de fase entre estos dos patrones de onda, indica una discrepancia en posicionamiento y como resultado una corriente de ajuste que acciona el motor de mando. Al alcanzar la mesa la posición correcta, las fases de los dos patrones de onda coinciden y la corriente generada por esta diferencia termina parando en consecuencia el motor de mando.

TIPOS DE CONTROL NUMERICO.- Los sistemas de C/N se clasifican en dos tipos básicos:

- 1) Sistema de posicionado o de punto a punto
- 2) Sistema de Trayectoria continua

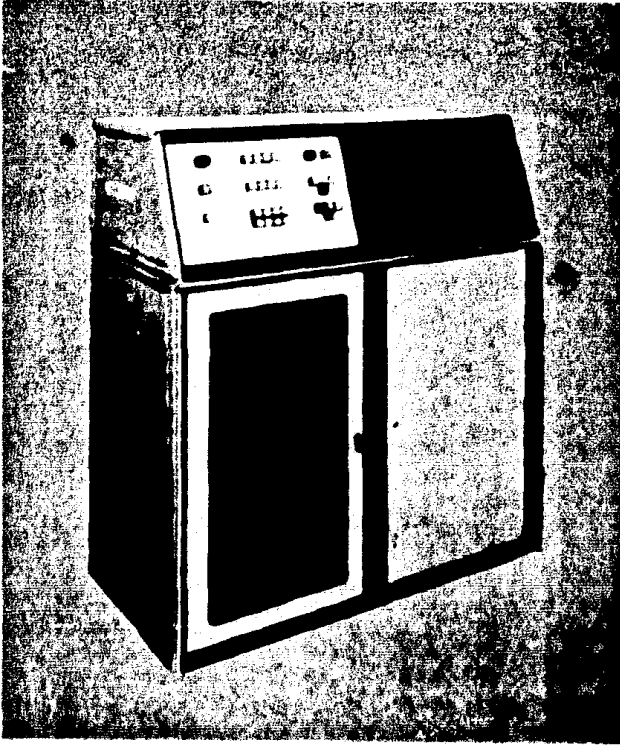
El sistema de punto a punto (point-to-point) se utiliza para controlar máquinas que efectúan operaciones únicamente en puntos específicos de la pieza, por ejemplo, operaciones de barrenado, mandrinado, etc.

El sistema de Trayectoria continua se utiliza para controlar máquinas que remueven material de la superficie de la pieza en forma continua, tales como, tornos o fresadoras. Este sistema es más complejo y requiere de una información detallada de entrada considerablemente mayor que el sistema de punto a punto. Debido a esto es casi indispensable que el programador de máquinas equipa

das con este sistema cuenta con la ayuda de una computadora electrónica.

CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC).- Como su nombre lo indica el control numérico computarizado utiliza el sistema de control numérico integrado con un microcomputador. Esta combinación efectúa muchas funciones -- que no se pueden lograr con el C/N convencional; estas funciones incluyen el almacenamiento del programa de la pieza, edición del programa, despliegue de información en una pantalla (cathode ray tube) y diagnóstico de mantenimiento, lo cual reduce considerablemente el tiempo de reparación.

Otras grandes ventajas de este sistema sobre el control numérico convencional son: la reducción en tiempo del manejo y lectura de la cinta, su capacidad para mejorar el manejo de datos y su procesamiento, pero posiblemente la principal ventaja está en que el CNC permite al operador y a la máquina interactuar para una mayor productividad y eficiencia, es decir, el operador puede modificar cualquier paso del programa para mejorarlo de acuerdo a resultados sin que sea necesario modificar la cinta. (Fig.3).



**FIG. 3. Consola de control numérico
computarizado.**

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Los principios básicos de maquinado son los mismos - que en el pasado. Sin embargo, las máquinas-herramienta actuales con sus nuevos controles, nuevos mecanismos de mando y la incorporación de la electrónica son bastante diferentes que las anteriores.

Muy esporádicamente se han presentado métodos de manufactura verdaderamente nuevos o formas nuevas de maquinar o formar metales. Los procesos tradicionales en las fábricas actuales se han empleado casi desde sus inicios y continúan sin modificarse. Lo que es realmente nuevo es el flujo continuo de desarrollo tecnológico que ha -- optimizado los procesos antiguos, incorporando además -- accesorios, herramientas, aditamentos y controles, de forma tal que sea posible producir piezas más rápidamente, con mayor precisión y a un costo menor.

Por otro lado, la producción en serie de las industrias automotriz y de productos duraderos de consumo y las estrictas normas de las nuevas tecnologías aeroespaciales y de energía nuclear, así como la necesidad general de alcanzar una mayor exactitud, han sido factores importantes que han influido en el crecimiento y avance de las máquinas-herramienta de control numérico y, en fecha más reciente controladas por computador o automatizadas. Así mismo, cabe resaltar la incorporación durante los últimos años de los procesos de maquinado no convencionales en la solución a problemas de maquinado complejos.

Por último, la tendencia mundial hacia la automatización cada vez es mayor, y la destreza básica de los operarios está siendo transferida a la máquina, esto podría parecer como una tendencia a la eventual desaparición -- del artesano de la escena industrial, lo que no es el caso, pero sí, a una menor dependencia hacia éste.

B I B L I O G R A F I A

Lascoe, Nelson, Porter
Machine Shop Operations and Setups
American Technical Society, 1976

Myron L. Begeman
Procesos de Fabricación
C.E.C.S.A. 1969

Brown & Sharpe
Automatic Screw Machine Handbook
B. & S. MFG. Co. 1974

Greenlee
Multi-spindle Automatics Handbook
Greenlee Bros. And Co. 1971

True-Trace Operation Manual
True-Trace Corp. 1964

Jablonowski, J.
Fundamentals of Milling
American Machinist, Feb. 1978

Machinery's Handbook
Industrial Press Inc. 1973

Operation Manual
The Ohio Broach and Machine Co.

Moore, Richard
Holes, Contours and Surfaces
The Moore Special Tool Co. 1966

Harig, Herbert
Basic Precision Machining
National Tool, Die & Precision
Machining Association 1976

Machining Data Handbook
Machinability Data Center 1977

Igualador, A.
La Electroerosión en el Momento Actual
Conacyt - Infotec

Electrical Discharge Machines Manual
Easco-Sparcatron Inc.

Jablonowski, J.
Fundamentals of Grinding
American Machinist, Feb. 1976

Gettelman, K.M.
Let's Discuss N/C
Modern Machine Shop, Feb. 1965

Faust, C.L.
Electrochemical Machining of Metals
Metal Finishing Conference, London 1964

Bayer, J.

Electrolytic Machining Development

USAF Air Systems Div. Report 7-6486, 1963

Huntress, Edward

Electrical Discharge Machining

American Machinist, Aug. 1978

4.2.3.- Algoritmo.....	125
4.2.4.- Ejemplos, graficas obtenidas y propuestas de balanceo.....	136

CAPITULO V. ANALISIS DE LOS SISTEMAS MAS COMUNES Y - PROPUESTAS DE SOLUCION.....	176
---	-----

BIBLIOGRAFIA.....	180
-------------------	-----