



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



FALLA DE ORIGEN

"ANALISIS GENERAL Y FABRICACION DE PIEZAS EN UNA  
MAQUINA DE CONTROL NUMERICO DIDACTICA MARCA DENFORD  
MOD. STARMILL EN EL LABORATORIO DE MANUFACTURA  
DE LA F.E.S.C."

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:  
SERGIO MARTIN DURAN GUERRERO  
LUCIO MAXIMILIANO HERNANDEZ TLATENCO  
GUILLERMO SANTOS OLMOS

A S E S O R :  
ING. JOSE ANTONIO SANCHEZ GUTIERREZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN N. A. M.  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION CECILAR FACULTAD DE ESTUDIOS  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"Análisis general y fabricación de piezas en una máquina de control numérico  
didáctica marca Denford mod. Starhill en el laboratorio de manufactura de la  
F.E.S.C."

que presenta el pasante: Sergio Martín Durán Guerrero  
con número de cuenta: 8339680-9 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista , en colaboración con :  
Lucio Maximiliano Hernández Tlatenco y Guillermo Santos Olmos

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL EBSPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 6 de enero de 1995

PRESIDENTE Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez  
VOCAL Ing. Antonio Trejo Lugo  
SECRETARIO Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez  
PRIMER SUPLENTE Ing. Humberto Neri Mondragón  
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Socorro Carmona Estrada

[Firma] 12/1/95  
[Firma] 12/1/95  
[Firma] 12/1/95  
[Firma] 12/1/95  
[Firma] 12/1/95



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

C. U. A. S. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEG-CUAUTITLÁN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Análisis general y fabricación de piezas en una máquina de control numérico  
diédrica marca Donford mod. Starmill en el laboratorio de manufactura de la  
F.E.S.C."

que presenta el pasante: Lucio Maximiliano Hernández Tizanco  
con número de cuenta: 8333801-8 para obtener el TÍTULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista ; en colaboración con:  
Sergio Martín Durán Guerrero y Guillermo Santos Olmos.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 6 de enero de 1995

PRESIDENTE Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez

VOCAL Ing. Antonio Trejo Lugo

SECRETARIO Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez

PRIMER SUPLENTE Ing. Humberto Meri Mondragón

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Socorro Cantona Estrada

*[Firma]* 12/2/95  
*[Firma]* 12/1/95  
*[Firma]* 12/11/95  
*[Firma]* 12/1/95



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN A. M.  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR FACULTAD DE ESTUDIOS  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
PRESENTE.

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA: "Análisis general y fabricación de piezas en una máquina de control numérico didáctica marca Bedford mod. Starnill en el laboratorio de enseñanza de la F.E.S.C."

que presenta al presente Guillermo Santos Olaso  
con número de cuenta: 8429652-g para obtener el TÍTULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista; en colaboración con:  
Lucio Maximiliano Hernández Tlatenco y Sergio Martín Durán Guerrero  
Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE.  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 6 de enero de 1995.

PRESIDENTE Ing. José Antonio Sánchez Gutiérrez  
VOCAL Ing. Antonio Trigo Lugo  
SECRETARIO Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez  
PRIMER SUPLENTE Ing. Humberto Nori Mondragón  
SEGUNDO SUPLENTE Sr. Socorro Carmona Estrada

*[Firma]* 12/1/95  
*[Firma]* 13/1/95  
*[Firma]* 15/1/95  
*[Firma]* 17/1/95  
*[Firma]* 18/1/95

## ***RECONOCIMIENTO***

Como un agradecimiento por el apoyo brindado en la realización de este trabajo a:

***Ing. Ramón Osorio Galicia***  
***Ing. Jesús García Lira***  
***Ing. Jose J. Contreras Espinoza***  
***Ing. Jose A. Sanchez Gutiérrez***  
***Ing. Humberto Neri Mondragón***  
***Ing. Marco A. Hernández Rodríguez***

por las palabras siempre de aliento, por los consejos y sugerencias.

**GRACIAS.**

***A MIS PADRES FRANCISCA Y NORBERTO:***

*Por haberme dado vida, sustento y estudio para poder realizar mis metas.  
Siempre estare agradecido.*

***A MIS HERMANOS FRANCISCO NORBERTO, GABRIELA TERESA, MARIO IVAN Y SAUL  
EDUARDO:***

*Por su cariño, ayuda y motivacion para termnar mis estudios, y que sigan adelante en sus  
deseos y ambiciones.*

***A NOEMI:***

*Por todo el cariño, amor, paciencia y ayuda que me dió para sacar adelante este trabajo.*

*A todas aquellas personas que directa e indirectamente influyeron en mi vida para terminar estos  
estudios y formarme como profesionista.*

**GRACIAS**

***Sergio Martín Durán Guerrero***



**A MIS PADRES  
TRINIDAD Y BRAULIO**

Por el apoyo, cariño y sacrificios .

**A MIS HERMANOS**

**JUAN  
MARIA DE LA LUZ  
MINA  
ADOLFO  
MERCEDES**

A todos ellos por su gran apoyo, cariño, comprensión  
y aguante.

**GRACIAS.**

**A MI JARDIN DE NIÑOS**

**EDUARDO MONICA IVAN RUBEN  
ALBA DANIEL CARLOS GUSTAVO  
los que faltan y a los no tan niños NORA, RICARDO  
y JUAN MANUEL.**

Que esto sirva como un pequeño ejemplo de lo que se  
puede lograr con dedicación, constancia, un poco de sacrificio  
y alguno que otro baile.

**A MI LILI**

Por todo su cariño, amor, apoyo y comprensión  
por que significas todo para mí  
**GRACIAS LILI**

**A LOS COMPAÑEROS DE LA GEN. 87**

Por su amistad y todas la aventuras que pasamos  
juntos en nuestra querida FES-C.

*Lucio M. Hernández J.*



## **A MIS PADRES**

### **ALFREDO Y FELISA**

Porque siempre me dieron su apoyo  
y me brindaron todo su cariño  
y los sacrificios siempre fueron pocos  
Que gracias a su entereza y decisión  
supieron guiarme por el camino de la verdad  
y ahora en este proyecto se ve plasmada  
mi eterna gratitud.

## **A MIS HERMANOS**

**CLAUDIA CAROLINA  
MARIO ALFREDO  
MARIA DEL ROSARIO  
EDUARDO**

Gracias por el apoyo invaluable que me brindaron  
cada uno en su momento.

## **A VICKY**

Mi eterna enamorada  
Por que en esta última etapa  
Con su amor, su ternura y comprensión  
Fue la luz que iluminó mi sendero  
Gracias por caminar a mi lado.

*Guillermo Santos O.*

## **INDICE**

<b>PROLOGO</b>	<b>1</b>
<b>PRIMERA PARTE</b>	
<b>1. INTRODUCCION</b>	
<b>1.1 Bosquejo histórico del dibujo</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Interrelación de las gráficas (dibujos) de ingeniería y el diseño</b>	<b>10</b>
<b>1.3 Las gráficas de ingeniería actuales</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Las gráficas y la computadora</b>	<b>12</b>
<b>1.5 El presente y el futuro</b>	<b>12</b>
<b>1.6 El papel de la computadora y de la trazadora en la sala de dibujo</b>	<b>14</b>
<b>1.7 Valor educacional de las gráficas</b>	<b>15</b>
<b>2. FUNDAMENTOS DE DIBUJO MECANICO</b>	
<b>2.1 Dibujo Industrial</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Dibujo mecánico o dibujo instrumental</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Dibujo de ingeniería o delineado</b>	<b>20</b>
<b>2.4 Dibujo de trabajo</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Dibujo técnico y ramas especializadas</b>	<b>20</b>
<b>2.6 Normas de dibujo</b>	<b>21</b>
<b>2.7 Equipo básico para la construcción de dibujos</b>	<b>22</b>
<b>2.8 Tipos de líneas para dibujar</b>	<b>25</b>
<b>2.9 Teoría de descripción de la forma</b>	<b>28</b>

2.9.1	Representación de objetos por medio de vistas	28
2.9.2	Denominación de las vistas	28
2.9.3	Posición de las vistas	29
2.9.4	Vistas	30
2.10	Acotación básica	31
2.11	Rayado de sección	39
2.12	Límites y ajustes	40

### 3. FUNDAMENTOS DE FRESADO

3.1	Introducción	45
3.2	La fresadora	45
3.2.1	Clasificación de las fresadoras	46
3.2.2	Descripción de la máquina fresadora	47
3.2.3	Fresadora universal	49
3.2.4	Fresadora vertical	51
3.3	Utiles de fresado	53
3.3.1	Clases de fresas	56
3.3.2	Diámetros de las fresas	62
3.3.3	Anchura o longitud de las fresas	62
3.4	Fijación de las piezas	63
3.4.1	Dispositivos de fijación	63
3.4.2	Diferentes medios de fijación de las piezas	67
3.5	Ajuste del número de revoluciones	68

<b>3.6</b>	<b>Ajuste del avance</b>	<b>69</b>
<b>3.7</b>	<b>Fresado de desbastado y de afinado</b>	<b>71</b>
<b>3.8</b>	<b>Refrigeración durante el fresado</b>	<b>71</b>
<b>3.9</b>	<b>Normas para el fresado</b>	<b>72</b>
<b>3.10</b>	<b>Prevención de accidentes durante el fresado</b>	<b>73</b>
<b>3.11</b>	<b>Cálculo del tiempo principal en el fresado</b>	<b>73</b>
<b>3.12</b>	<b>Operaciones en una fresadora</b>	<b>74</b>
	<b>3.12.1 Ejecución de un cuadrado</b>	<b>74</b>
	<b>3.12.2 Fresado de una cavidad</b>	<b>75</b>
	<b>3.12.3 Fresado de un chaffán o de una superficie inclinada</b>	<b>78</b>
	<b>3.12.4 Fresado de un cuadrado en el extremo de una pieza circular</b>	<b>79</b>

#### **4. CONTROL NUMERICO**

<b>4.1</b>	<b>Introducción</b>	<b>85</b>
<b>4.2</b>	<b>Clasificación de los sistemas de control numérico</b>	<b>87</b>
<b>4.3</b>	<b>Arquitectura general de un control numérico</b>	<b>91</b>
	<b>4.3.1 Unidad de entrada-salida</b>	<b>91</b>
	<b>4.3.2 Unidad de memoria interna</b>	<b>93</b>
	<b>4.3.3 Unidad de cálculo</b>	<b>95</b>
	<b>4.3.4 Unidad de enlace</b>	<b>100</b>
<b>4.4</b>	<b>El control numérico para máquina-herramienta</b>	<b>102</b>
	<b>4.4.1 Historia del control numérico</b>	<b>102</b>
	<b>4.4.2 Ambito de aplicación del control numérico</b>	<b>104</b>

4.4.3	Ventajas del control numérico	108
4.5	Programación de un control numérico para máquina-herramienta	111
4.5.1	Programación manual	112
4.5.2	Programación con ayuda de computadora	117
4.6	Tendencias actuales en control numérico	124
4.7	Sistemas DNC	129

## 5. FUNDAMENTOS DE CAD Y CAM

5.1	Panorama general de las gráficas por computadora	137
5.2	Diseño con ayuda de la computadora	137
5.3	El uso de la computadora en el dibujo técnico	141
5.4	Sistemas CAD	141
5.5	Sistemas CAM	143
5.6	Sistemas de fabricación flexible	144
5.7	Relación de los sistemas CAD/CAM	145

## SEGUNDA PARTE

## 6. FUNDAMENTOS DE AUTOCAD

6.1	Introducción	151
6.2	AutoCAD	152
6.3	Equipo necesario	152
6.4	Operación y comandos utilizados	153
6.4.1	El área de dibujo	159
6.4.2	El área de menú	160

**6.4.3 El área de órdenes 160**

**6.4.4 Comandos 160**

**7. UTILIZACION DEL PAQUETE MCAAM**

**7.1 Introducción 185**

**7.2 Requisitos de hardware y software 185**

**7.3 Definición de perfiles en AutoCAD 186**

**7.3.1 Definición 186**

**7.3.2 Como trabajar 187**

**7.3.3 Sugerencias para trabajar en AutoCAD 187**

**7.4 Preparación para dibujar perfiles en AutoCAD para fresado en AutoCAM 188**

**7.5 Preparación de un archivo para AutoCAM después de dibujar los perfiles en AutoCAD 189**

**7.6 Menú principal de comandos para fresado 189**

**7.6.1 Como cargar un archivo DXF 190**

**7.6.2 Cargar y salvar perfiles 192**

**7.6.3 Construcción de un programa CNC 194**

**7.6.4 Cambio de variables 195**

**7.6.4.1 Unidades 196**

**7.6.4.2 Cambio de herramienta X, Y y Z 198**

**7.6.4.3 Profundidad de trabajo 199**

**7.6.4.4 Tolerancia 200**

**7.6.4.5 Capa base 201**

**7.6.4.6 Cambio de trayectoria 202**

	<b>7.6.5 Información</b>	<b>204</b>
<b>7.7</b>	<b>Menú de cambio de información (Tecla F2)</b>	<b>205</b>
	<b>7.7.1 Ciclo</b>	<b>206</b>
	<b>7.7.2 Compensación de la herramienta</b>	<b>207</b>
	<b>7.7.3 Herramienta</b>	<b>209</b>
	<b>7.7.4 Velocidad de rotación del husillo</b>	<b>210</b>
	<b>7.7.5 Velocidad de avance</b>	<b>211</b>
	<b>7.7.6 Profundidad superficial</b>	<b>212</b>
	<b>7.7.7 Profundidad en Z</b>	<b>213</b>
	<b>7.7.8 Ciclos</b>	<b>214</b>
<b>7.8</b>	<b>Salir de AutoCAM</b>	<b>216</b>
<b>7.9</b>	<b>Mensajes de error con AutoCAM y sus significados</b>	<b>217</b>
<b>8.</b>	<b>UTILIZACION DEL PAQUETE DE CONTROL NUMERICO FANUC</b>	
<b>8.1</b>	<b>Introducción</b>	<b>221</b>
<b>8.2</b>	<b>Como correr el paquete</b>	<b>221</b>
<b>8.3</b>	<b>Definición de teclas</b>	<b>223</b>
	<b>8.3.1 Teclas de funciones</b>	<b>224</b>
	<b>8.3.2 Teclas auxiliares para edición y control de trabajo</b>	<b>226</b>
	<b>8.3.3 Teclas de dirección de los ejes</b>	<b>228</b>
	<b>8.3.4 Teclas del movimiento del husillo</b>	<b>229</b>
	<b>8.3.5 Refrigerante</b>	<b>229</b>
<b>8.4</b>	<b>Definición de comandos</b>	<b>229</b>

## **9. PROGRAMACION MANUAL**

<b>9.1</b>	<b>Introducción</b>	<b>237</b>
<b>9.2</b>	<b>La comunicación de las órdenes a la máquina</b>	<b>238</b>
<b>9.3</b>	<b>Fases de operación</b>	<b>239</b>
<b>9.4</b>	<b>Estructura del programa</b>	<b>241</b>
<b>9.5</b>	<b>Programación de los movimientos de los ejes de la máquina herramienta</b>	<b>242</b>
	<b>9.5.1 Eje Z de movimiento</b>	<b>244</b>
	<b>9.5.2 Eje X de movimiento</b>	<b>245</b>
	<b>9.5.3 Eje Y de movimiento</b>	<b>245</b>
	<b>9.5.4 Programación de velocidades</b>	<b>248</b>
	<b>9.5.5 Programación de la herramienta</b>	<b>248</b>
<b>9.6</b>	<b>Programación del modo de funcionamiento de la máquina herramienta y del control numérico</b>	<b>250</b>
<b>9.7</b>	<b>Formato de hoja de proceso</b>	<b>251</b>
<b>9.8</b>	<b>Formato de hoja de programación</b>	<b>252</b>

## **10. MAQUINA DE CONTROL NUMERICO**

<b>10.1</b>	<b>Capacidad y características de la máquina de control numérico</b>	<b>255</b>
<b>10.2</b>	<b>Vistas y secciones</b>	<b>257</b>
<b>10.3</b>	<b>Comandos específicos de la máquina fresadora</b>	<b>260</b>
<b>10.4</b>	<b>Programación de palabras</b>	<b>261</b>
	<b>10.4.1 Detalles de palabras</b>	<b>261</b>
<b>10.5</b>	<b>Función preparatoria (códigos G)</b>	<b>261</b>

<b>10.6</b>	<b>Lista de códigos G para fresadora Denford</b>	<b>262</b>
<b>10.7</b>	<b>Lista de códigos M para fresadora Denford</b>	<b>266</b>
<b>10.8</b>	<b>Definición de utilerías</b>	<b>269</b>

### **TERCERA PARTE**

<b>11.</b>	<b>DISEÑO DE PIEZAS</b>	
<b>11.1</b>	<b>Proceso de pieza tipo</b>	<b>275</b>
	<b>11.1.1 Procedimiento para programación automática</b>	<b>279</b>
	<b>11.1.2 Procedimiento para programación manual</b>	<b>307</b>
	<b>11.2 Pieza 2 Bloque escalonado</b>	<b>351</b>
	<b>11.3 Pieza 3 Tintero</b>	<b>375</b>
	<b>11.4 Pieza 4 Brida</b>	<b>397</b>
	<b>11.5 Pieza 5 Puma</b>	<b>413</b>

<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>431</b>
------------	---------------------	------------

<b>APENDICE 1</b>	<b>435</b>
-------------------	------------

<b>APENDICE 2</b>	<b>437</b>
-------------------	------------

<b>APENDICE 3</b>	<b>445</b>
-------------------	------------

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>449</b>
---------------------	------------

## PROLOGO

Debido al constante crecimiento de la población, la demanda de los diversos satisfactores que requiere ésta se ha incrementado, por lo que la industria ha tenido que enfrentar el problema de satisfacer estas necesidades en los tiempos programados y en las cantidades necesarias tratando además de reducir los costos de producción.

Estos problemas se han podido solucionar con el perfeccionamiento e introducción de las computadoras a los procesos de producción, ya que a través de éstas se ha podido controlar de una manera más precisa máquinas-herramientas como son: tornos, cepillos, fresadoras, taladros, centros de maquinado, inyectoras de plástico etc.

Al lograr la interacción de ambas se ha tenido como consecuencia la reducción de los costos de producción, una disminución de tiempos y por lo tanto una mayor producción con una mejor calidad del producto con un ahorro de materiales, que es el objetivo primordial que busca el industrial.

En base a la implementación del nuevo Plan de Estudios en esta Facultad es muy recomendable que las nuevas generaciones tengan un desarrollo integral en los procesos de automatización, ya que en nuestros días es imprescindible tener conocimientos de computación y su relación con las máquinas-herramientas.

Uno de los objetivos principales de este trabajo es de dar una panorámica general en cuanto al manejo y la aplicación de la manufactura asistida por computadora en primera instancia.

No se pretende que esta tesis sea un manual de operación, sino que se han de asentar las bases teóricas y prácticas para manejar una máquina-herramienta de control numérico.

Este trabajo se desarrolla de la siguiente manera:

La primera parte contendrá los conocimientos generales para la aplicación de los procesos a realizarse.

La segunda parte se destinará para la explicación de los manuales y paquetes utilizados para la realización de las piezas a maquinarse.

La tercera y última parte está destinada para la realización práctica de las piezas, donde se desarrollaran los dibujos y programas para el maquinado.

A continuación se da una breve explicación del contenido de cada tema.

El primer tema consta de los conocimientos básicos del dibujo para el diseño de piezas, dando un bosquejo histórico del desarrollo del dibujo desde sus inicios hasta nuestros días, pasando por la interrelación de los dibujos de ingeniería y el diseño para llegar a la realización de dibujos por medio de una computadora.

Posteriormente, en el capítulo 2, pasaremos a los fundamentos del dibujo mecánico; en este capítulo se darán a conocer los elementos básicos para el diseño de piezas, mencionando los instrumentos necesarios para la realización de éste, así como la aplicación de reglas y normas.

En el capítulo 3 se darán a conocer los conocimientos básicos en relación al manejo de las máquinas fresadoras, así como sus accesorios y fórmulas para el maquinado de piezas.

A continuación, en el capítulo 4 se dará una explicación de los sistemas de control numérico, como funcionan, su desarrollo a través del tiempo y la selección de este para el trabajo a realizarse.

El siguiente capítulo, el número 5, muestra los fundamentos de CAD y CAM, que significan, para qué sirven y la relación que guardan entre ellos.

En los siguientes dos capítulos se explicará el manejo de los paquetes AutoCAD y MCAM para la manufactura de piezas.

El capítulo 8 tendrá como finalidad la explicación y aplicación del paquete FANUC; este paquete es el programa principal con el cual se darán las características primordiales para el manejo de la máquina fresadora, desde los movimientos de los ejes hasta profundidades y avances de corte, pasando por la revisión del programa en su sintaxis y corrida de programa, hasta la simulación en pantalla, ya sea en programación manual como programación automática.

Hasta esta parte del trabajo se han explicado los pasos para realizar una pieza en forma de "programación automática", es decir, dado un dibujo para manufactura, solamente se deben introducir estos datos en la computadora y ella nos realizará todos los cálculos necesarios para construir el programa. En el tema 9, se explicará el procedimiento necesario para realizar el programa en forma "manual". La programación manual es la realización de programas por medio de un programador, es decir, una persona que tiene conocimientos de control numérico.

En el capítulo "máquina de control numérico" se especifican todas las características y capacidad de la máquina herramienta, así como los códigos particulares para poder trabajar con esta.

El capítulo 11, denominado "diseño de piezas" desarrolla los pasos que se llevan a cabo desde la idea de una pieza pasando por el dibujo técnico y después por el diseño en computadora para ser compilado y tratado en el software MCAM, para convertirlo en programa de control numérico y finalizar con su entrada al paquete DENFORD para su manufactura en la máquina fresadora.

# ***PRIMERA PARTE***

# *CAPITULO 1*

## ***INTRODUCCION***

## 1.1 BOSQUEJO HISTORICO DEL DIBUJO

Durante más de veinte mil años, el dibujo ha sido el medio principal de representar ideas mediante el uso de líneas. Se encuentra arraigado profundamente en nuestros instintos y, en cierto sentido, es nuestro actual lenguaje universal, cuando algunos de nuestros dibujos se preparan mediante computadoras y trazadoras. Los registros más antiguos del hombre son gráficos que representan gente, venados, búfalos y otros animales del tiempo de las cavernas para satisfacer una necesidad elemental de expresión, antes del desarrollo de la escritura. Los dibujos se liberaron en forma gradual de este uso temprano al desarrollarse la escritura y se utilizaron primordialmente por artistas y diseñadores de ingeniería como medio de establecer ideas para la construcción de trabajos terminados, tales como pirámides, carros de guerra, edificios y mecanismos sencillos útiles al hombre.

El ingeniero o el diseñador deben ser capaces de crear bosquejos o croquis de ideas, calcular tensiones y esfuerzos, analizar movimientos, medir piezas, especificar materiales y métodos de producción, formular planes y secuelas de diseño y supervisar la preparación de dibujos y especificaciones que controlarán los numerosos detalles de la producción, el ensamblaje y el mantenimiento del producto. A fin de llevar a cabo o supervisar estas múltiples tareas, el ingeniero hace uso muy liberal de los dibujos a mano alzada. Debe poder expresar sus ideas gráficamente y comunicarlas con rapidez a sus socios y al personal que le asista. La facilidad en el dibujo de croquis a mano alzada o la capacidad de trabajar con técnicas de dibujo controladas con computadora, requiere extensa educación y amplio adiestramiento en el dibujo con instrumentos y un completo conocimiento del lenguaje gráfico.

## **1.2 INTERRELACION DE LAS GRAFICAS (DIBUJOS) DE INGENIERIA Y EL DISEÑO.**

Puesto que las gráficas y el trazo se interrelacionan en el proceso total de diseño, las personas que preparan los dibujos, los detallistas y los ingenieros de producción asignados al proyecto necesitan trabajar estrechamente unidos a veces con el grupo principal del proyecto como parte del equipo de diseño total.

En general, todas las personas asignadas con el proyecto, tanto los diseñadores como quienes ayudan en el esfuerzo del diseño en cualquier momento, deben poseer un conocimiento cabal de las gráficas de ingeniería. Un ingeniero de diseño, si ha de tener éxito como diseñador, ha de poseer un entrenamiento eficiente en esta área. Al menos, debe ser capaz de preparar bosquejos a mano alzada bien ejecutados y tener un conocimiento profesional de todas las formas de expresión gráfica.

Las personas en el área de apoyo del diseño, de las que puede esperarse que resuelvan gráficamente algunos de los problemas del mismo que se presenten, preparen dibujos y modelos y, por último, hagan los dibujos de detalle y de montaje necesarios para uso en los talleres de producción, deben tener todos alguna educación básica en la clase y después adquirir experiencia adicional donde se encuentren empleados, para familiarizarse con las normas prácticas de la compañía. Algunos de estos "profesionales del diseño" actuales, además de sus deberes comunes, puede esperarse que tengan cierto conocimiento de los métodos de producción, particularmente en lo que concierne a las máquinas operadas por control numérico (CN), y tener conocimiento en el manejo de las computadoras.

### 1.3 LAS GRAFICAS DE INGENIERIA ACTUALES.

Aun cuando puede decirse que la atención de un ingeniero está centrada principalmente en los problemas que se presentan en el diseño y el desarrollo, debe tener un conocimiento cabal del dibujo de comunicación, porque con frecuencia es de su responsabilidad dirigir la preparación de los dibujos finales. Estos siguen a los dibujos de diseño preliminares, y a los bosquejos ilustrativos que el ingeniero y sus ayudantes han preparado de acuerdo con los principios fundamentales básicos en la preparación de los planos de fabricación.

Para un total y completo cambio de ideas con otros, el ingeniero tecnólogo debe ser eficiente en los tres medios de comunicación que tiene a su disposición:

- 1) El idioma, tanto escrito como hablado.
- 2) Los símbolos, como se utilizan en las ciencias básicas.
- 3) Los dibujos de ingeniería.

Como miembro del equipo de ingeniería, el dibujante debe ser totalmente capaz de preparar los dibujos finales que llevarán la información sobre el tamaño y forma necesarios para fabricar la pieza y montar la estructura. Esto necesita hacerse de acuerdo con las prácticas de la compañía y con las prácticas recomendadas en las publicaciones del *American National Standards Institute*.

Los técnicos industriales, asignados a las áreas de producción o al departamento de ingeniería para ayudar a los ingenieros, deben tener un buen conocimiento del dibujo industrial. Los que ayudan de manera estrecha al ingeniero de diseño o al tecnólogo pueden ser llamados para resolver problemas gráficamente, para preparar proyectos de diseño y para hacer bosquejos de trabajo relativos a los mecanismos, circuitos eléctricos y sistemas estructurales.

#### 1.4. LAS GRAFICAS Y LA COMPUTADORA

El lenguaje gráfico se ha convertido en el medio para un estilo de intercambio conversacional continuo entre el hombre y la computadora en el proceso de diseño creativo. En la actualidad se han desarrollado sistemas de computadoras que se encuentran en uso diario y que interactúan con un compañero humano, empleando el propio lenguaje gráfico de los diseñadores. Al llevar el poder calculador de la computadora digital para utilizarlo sobre el diseño gráfico, se han construido sistemas especiales de procesamiento de imagen que permiten a la computadora tanto leer como generar dibujos.

#### 1.5 EL PRESENTE Y EL FUTURO

Este es un periodo de cambios revolucionarios en el campo de la tecnología de la comunicación. En la actualidad, estamos integrando nuevos métodos con los métodos estilizados del pasado, utilizando cada uno de ellos donde se vea que se adapta mejor para la producción de comunicaciones técnicas. Continuaremos trazando representaciones gráficas manualmente e imprimiendo dimensiones, notas, listas de materiales, etc., en un futuro predecible. Sin embargo, las máquinas trazadoras utilizadas conjuntamente con las computadoras u operadas de manera directa mediante cintas, continuarán consiguiendo una utilización más amplia. Las trazadoras son usadas en particular por las compañías aeronáuticas y aeroespaciales que elaboran productos que tienen contornos complejos. Se les usa también en forma limitada para la preparación de dibujos ordinarios de partes para máquinas, para circuitos impresos, para dibujos de acero estructural, para planos de calzadas de alta velocidad y para determinar el recorrido de las herramientas en las cintas de las fresadoras.

Puesto que nada ha ocurrido que altere el hecho de que nuestra mejor comunicación con los demás es el lenguaje gráfico, el mayor avance logrado en el uso de las computadoras ha sido el desarrollo

de gráficas para computadoras; es decir, el desarrollo de los artículos y materiales que permiten a la computadora aceptar, comprender, analizar y producir datos de diseño industrial en forma gráfica. Las personas responsables en la preparación de representaciones técnicas deben familiarizarse con la programación y con el uso de la computadora y de la trazadora. Estas son sus nuevas herramientas para el diseño y el dibujo. Aunque las trazadoras son un tanto sofisticadas así como costosas, ahorran al diseñador y al dibujante horas de tediosa labor manual.

Sobre el horizonte inmediato, no aparece desarrollo alguno que releve al diseñador de la tarea de pensar sobre su diseño o al dibujante de la responsabilidad de aplicar el conocimiento de su oficio. Más aún, los recientes afloramientos técnicos han servido para aumentar, más que a suplantar, la aplicación directa de los principios del dibujo de ingeniería por los diseñadores y dibujantes. El campo técnico necesita el lenguaje gráfico en todas sus formas diversas.

Conforme avanza la tecnología, para cubrir las nacientes esperanzas de la gente alrededor del mundo, se requerirán cada vez más dibujos y otras formas de representaciones gráficas. Muchas de éstas, como pudiera esperarse, continuarán siendo preparadas manualmente.

La automatización ha entrado ya en el campo de la tecnología de la comunicación y, por tanto, debe ser aceptada por aquellas personas que se encuentran ahora en dicho campo y por las que van a entrar en el mismo. La única pregunta que ahora se puede hacer a sí mismo el estudiante o el hombre entrenado técnicamente en esta tarea, es si puede o no ajustarse a los nuevos conocimientos, modernos métodos y diferentes requerimientos durante su carrera.

## 1.6 EL PAPEL DE LA COMPUTADORA Y DE LA TRAZADORA EN LA SALA DE DIBUJO.

Aunque puede que las palabras solas no reemplacen enteramente a las personas relacionadas con la continua importancia del dibujo, un entendimiento del papel real de la computadora y de la trazadora en la sala de diseño contestará algunas, si no todas, las preguntas que se alcen en nuestras mentes. Los que han sido empleados, en lugares donde las calculadoras se han encargado de cierto número de las funciones gráficas, han dado la bienvenida a su uso, puesto que han comprendido que las computadoras son capaces de hacer tareas repetitivas, tales como rutas de alambrado, esquemas y dibujos mecánicos repetidos que pueden ser muy tediosos y consumen tiempo del dibujante. Esto deja un gran número de dibujos en el campo del diseño mecánico que todavía deben ser hechos por los dibujantes y los detallistas en el tablero de dibujo.

En esta categoría se encuentran los dibujos de partes que deben prepararse manualmente. En la industria aeronáutica, donde se dispone de computadoras, valoradoras numéricas y trazadoras, los dibujos preparados a mano constituyen ahora por lo menos el 50% de todos los producidos. Cada uno de estos dibujos, hechos sobre el tablero, es tan único y diferente que requiere de la inteligencia humana para su preparación, junto con un profundo conocimiento de las gráficas y prácticas de taller. Debe notarse también que el dibujo de diseño, que define la función y forma de estas partes que se dibujan, fue necesariamente preparado a mano durante la etapa preliminar del proyecto de diseño. Los dibujos de diseño continuarán siendo hechos normalmente hasta que llegue el tiempo en el que estemos dispuestos a desistir de la idea de hacer mejores productos y confinarlos a la elaboración continua de productos y sistemas ya diseñados.

Debe notarse, sin embargo, que en la actualidad hay algunos tipos de dibujo mecánico que pueden prepararse de manera distinta a la manual mediante el empleo de un valorizador numérico o de un tubo

de rayos catódicos acoplado a un sistema auxiliar de diseño, produciendo en este caso una cinta magnética para las máquinas operadas por control numérico.

#### **1.7 VALOR EDUCACIONAL DE LAS GRAFICAS.**

Los dibujos de ingeniería ofrecen a los estudiantes uno de los métodos de atacar los problemas de ingeniería. Sus lecciones enseñan los principios de la precisión, exactitud y positividad en relación a la información necesaria para la producción de una estructura inexistente. Por último, desarrolla la imaginación de ingeniería que es tan esencial para la creación del diseño exitoso.

*CAPITULO 2*

***FUNDAMENTOS DE  
DIBUJO MECANICO***

Debido a que el tema es bastante extenso, en este capítulo sólo se tratarán aspectos generales sobre el dibujo mecánico, dejando aspectos más específicos a libros especializados.

Desde los primeros tiempos, el hombre utilizó dibujos para comunicar ideas a sus compañeros y para registrarlas, de modo que no se olvidaran. Las primeras formas de escritura, como los jeroglíficos egipcios, fueron formas pictóricas. Por lo que se puede decir que el dibujo es el tipo de expresión escrita más antiguo y puede ser comprendido por todo el mundo. Una palabra es un símbolo abstracto que representa una cosa o una idea, pero un dibujo representa a un objeto tal como es. El dibujo en un mundo técnico es el principal medio de expresar ideas (un lenguaje gráfico que tiene su propio alfabeto, gramática y escritura).

## 2.1 DIBUJO INDUSTRIAL.

Aparte de los croquis sobre ideas generales, hay dos clases principales de dibujos:

- 1) Artísticos
- 2) Técnicos

El artista expresa ideas filosóficas o estéticas así como emociones. Cuando dibuja cosas, las dibuja tal como las ve emocionalmente y cada artista ve las cosas en su propia y peculiar manera. El hombre técnico tiene que ver con los objetos reales y sus dibujos no sólo los muestra como aparecen sino también como son. El dibujo técnico es un medio de expresión exacto y su objetivo principal es la exactitud.

Cada nueva invención o desarrollo comienza con una idea en la mente del originador. Si es un ingeniero, un inventor o un diseñador, hará los dibujos por sí mismo porque es la única persona que puede expresar exactamente lo que tiene en mente. Tal persona está, de ordinario, bien entrenada en dibujo y le es fácil fijar una idea en

esta forma. La dificultad es lograr la idea nueva. Por lo común, tal idea se desarrolla a través de varias etapas, comenzando probablemente con un croquis hecho a pulso. Esto va seguido de uno o más dibujos mecánicos o esquemas generales trazados con precisión por medio de instrumentos.

## **2.2 DIBUJO MECÁNICO O DIBUJO INSTRUMENTAL.**

Este término se aplica solo a dibujos hechos con instrumentos. Se ha usado el dibujo mecánico para denotar o comprender todos los dibujos industriales, lo cual es desafortunado, no solo porque tales dibujos no siempre han sido dibujados mecánicamente, sino porque tiende a empujarse la amplia esfera del lenguaje gráfico, dándole entonces una denominación superficial basada en su modo principal de ejecución.

## **2.3 DIBUJO DE INGENIERIA Y DELINEADO.**

Estos son términos amplios muy usados para referirse al lenguaje gráfico. Empero, el lenguaje no lo usan solamente los ingenieros, sino un grupo mucho mayor de profesionales de diversos campos a quienes interesa el trabajo técnico o la producción industrial, este término no es lo suficientemente amplio.

## **2.4 DIBUJO DE TRABAJO.**

Un dibujo de trabajo es un dibujo completo o juego de dibujos tal, que partiendo del mismo se pueda construir el objeto representado, sin información adicional. Tal dibujo es una descripción del objeto y se compone de dos partes, las vistas y las dimensiones.

## **2.5 DIBUJO TECNICO Y RAMAS ESPECIALIZADAS.**

Se le aplica correctamente a cualquier dibujo empleado para expresar ideas técnicas. Sin embargo, este término no cubre el dibujo a pulso, que es una parte importante de la materia. El

término dibujo técnico se ha convertido rápidamente en el más aceptado, porque sugiere con más precisión el amplio alcance del dibujo para la industria.

El dibujo técnico se compone de muchos tipos de dibujo especializado que se aplican a los diversos campos. El dibujo arquitectónico se utiliza en la industria de la edificación; el dibujo de máquinas en las industrias de maquinaria; el dibujo estructural en las industrias de la construcción, donde se emplea acero estructural, tal como grandes edificios y puentes; el dibujo de metalistería en las industrias de la calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire; el dibujo de electricidad en las industrias eléctricas; el dibujo aeronáutico en la fabricación de aviones; el dibujo marino en la construcción de barcos, etc.

#### 2.6 NORMAS DE DIBUJO.

A lo largo de la historia del dibujo, fueron de uso común muchos símbolos, términos, abreviaturas y prácticas. Es esencial que los diversos dibujantes utilicen las mismas prácticas, si el dibujo ha de servir como un medio confiable de comunicar teorías e ideas técnicas y dar a la industria, la ingeniería y la ciencia un lenguaje gráfico efectivo.

En este movimiento ha tenido importancia primordial la labor del American National Standards Institute (ANSI), Instituto Nacional de Normas en Estados Unidos, con la American Society for Engineering Education (Sociedad Norteamericana para Educación en Ingeniería), la Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingeniería Automotriz) y la American Society of Mechanical Engineers (Sociedad de Ingenieros Mecánicos en Estados Unidos). Han patrocinado la preparación del American National Standard Drafting Manual- Y14 (Manual Estándar de Dibujo, en Estados Unidos- Y14), de el cual se toman los caracteres de el lenguaje gráfico para los dibujos mecánicos.

## 2.7. EQUIPO BÁSICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DIBUJOS.

### REGLAS.

La regla paralela: La regla paralela se usa preferentemente cuando se dibujan líneas horizontales y para apoyar el juego de escuadras cuando se dibujan líneas verticales e inclinadas.

Regla T: La regla T esta formada por la cabeza y el pie o cuerpo que hace la forma de T. Debe usarse solamente para el trazo de líneas horizontales o como base de las escuadras.

Máquinas para dibujo: La máquina de dibujo substituye a la regla T o a la regla paralela, a las escuadras, a la escala y al transportador.

### ESCUADRAS.

Las escuadras se usan junto con la regla T o la regla paralela cuando se dibujan líneas verticales o inclinadas. Las escuadras que se usan en forma más común son las de 60-30 y la de 45. Para dibujar otros ángulos debe utilizarse el transportador.

### LAPICES DE DIBUJO.

Para el dibujo se usan lápices con minas especiales; estos lápices se gradúan por número y letra de acuerdo con la dureza de su mina. Las minas se clasifican en Minas suaves, con valores de 7B hasta B, Minas medianas, con valores HB y F, y Minas duras con valores de H hasta 6H.

### COMPAS.

Este instrumento sirve para dibujar circunferencias y arcos. Se fabrican en varios tipos y tamaños.

#### CURVAS IRREGULARES.

Para dibujar líneas curvas en las que, por no ser arcos de circunferencia, su radio de curvatura no es constante, se usa un instrumento conocido como curva irregular, pistola de curvas o curvígrafo. Los contornos de ellas se basan en varias combinaciones de elipses, espirales y otras curvas matemáticas.

#### PLANTILLAS.

Para ahorrar tiempo, muchos dibujantes usan en la actualidad plantillas para dibujar circunferencias y arcos pequeños. También hay plantillas para dibujar formas estándares cuadradas, hexagonales, triangulares y elípticas, así como para símbolos estándares eléctricos y arquitectónicos.

#### PLANTILLAS PARA BORRAR.

Estas son piezas metálicas delgadas que tienen varias aberturas que permiten borrar detalles pequeños o rótulos, sin tocar lo que ha de quedar en el dibujo.

#### CEPILLOS.

Se usa un cepillo ligero para mantener limpio el dibujo. El dibujante evita manchar el dibujo al utilizar el cepillo para eliminar partículas de borrador y polvo acumulado.

#### LETRAS Y NUMEROS.

Es muy importante que los rótulos utilizados en los dibujos de trabajo se puedan dibujar y leer con facilidad y rapidez. Por esta razón, ahora se usan de manera exclusiva en los dibujos técnicos las letras mayúsculas góticas de trazo sencillo, ya sean verticales o inclinadas.

## GUIAS PARA ROTULAR.

Las guías para rotular se utilizan cuando se necesitan letras y números más uniformes y precisos que los que se logran a mano. Los juegos de guías para rotular constan de cierto número de plantillas que proporcionan una gran variedad de formas y tamaños de letras, así como diferentes ángulos de inclinación.

## TAMAÑOS ESTANDAR DE LAS HOJAS DE DIBUJO.

Los tamaños de las hojas de dibujo se basan en múltiplos de 148 x 210mm., que es el tamaño normal de los cuadernos. Por lo general, los dibujos tienen líneas de margen por los cuatro lados y una tira o cuadro para el título que contiene la información necesaria para identificar el dibujo en forma adecuada. Doblada en forma conveniente a la mitad por su longitud, el tamaño básico de hoja A0 produce dos hojas A1, o cuatro hojas A2, ocho hojas A3, y así sucesivamente.

DESIGNACIÓN METRICA DEL TAMAÑO	TAMAÑO DEL PAPEL EN MILÍMETROS	TAMAÑO APROXIMADO EN PULGADAS
A0	841 x 1189	33.1 x 46.8
A1	594 x 841	23.4 x 33.1
A2	420 x 594	16.5 x 23.4
A3	297 x 420	11.7 x 16.5
A4	210 x 297	8.3 x 11.7
A5	148 x 210	5.8 x 8.3

Tamaños estandar de las hojas de dibujo

## TIRAS Y CUADROS PARA TITULOS.

Aunque varían las necesidades y los intereses de las empresas industriales y de las escuelas, la información que se imprime en la tira o cuadro para título incluye por lo común: título, número de dibujo, nombre de la compañía o escuela, escala utilizada, nombre del dibujante, fecha de terminación, nombre del inspector o supervisor.

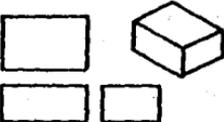
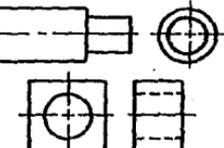
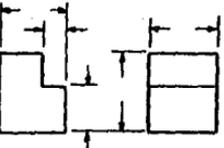
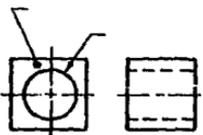
## ESCALAS O ESCALIMETROS.

La escala que se emplea se debe indicar en la tira o cuadro para el título. Cuando se dibujan los objetos a tamaño natural, se dice que el dibujo está a *escala natural* o a *escala 1:1*. Sin embargo, muchos objetos, como edificios, barcos o aviones, son demasiado grandes para ser dibujados a tamaño natural, de modo que tienen que dibujarse a *escala reducida*. Un ejemplo sería el dibujo de una casa a la escala 1:50 (métrica) o, en la escala pulgada-pie, 1:48 (1/4 = 1 pie).

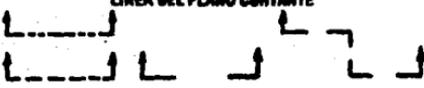
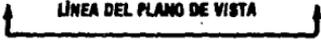
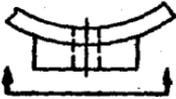
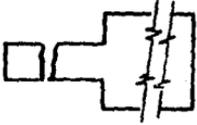
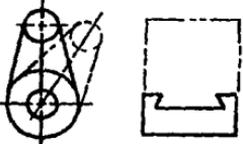
Con frecuencia, algunos objetos como pequeñas partes de reloj se dibujan a un tamaño mayor que el natural para que su forma se vea claramente. Un dibujo así está a *escala aumentada*. El minuterero de un reloj de pulsera por ejemplo, podría dibujarse a escala 5:1. Muchas partes mecánicas se dibujan a la mitad de su tamaño, 1:2 y a un quinto de éste, 1:5.

## 2.8 TIPOS DE LINEAS PARA DIBUJAR

En las siguientes ilustraciones se muestran las diversas líneas que utilizan para realizar los dibujos técnicos.

TIPO DE LÍNEA	EJEMPLO
<p align="center"><b>DE OBJETO O DE CONTORNO VISIBLE</b> <b>GRUESA</b></p> <hr/> <p align="center">0.5 A 1 DE ESPESOR</p> <p>LAS LÍNEAS DE OBJETO SE USAN PARA INDICAR LAS ARISTAS Y VÉRTICES VISIBLES DE UN OBJETO. DEBEN DESTACAR EN FORMA CLARA EN CONTRASTE CON LAS OTRAS LÍNEAS, DE TAL MODO QUE SE CAPTE LA FORMA DEL OBJETO A LA PRIMERA MIRADA.</p>	
<p align="center"><b>LÍNEA DE DETALLE OCULTO</b> <b>DELGADA</b></p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p align="center">0.3 A 0.5 DE ESPESOR</p> <p>LA LÍNEA DE DETALLE OCULTO SE USA PARA INDICAR LAS SUPERFICIES, ARISTAS O VÉRTICES DE UN OBJETO QUE SE OCULTAN A LA VISTA.</p>	
<p align="center"><b>LÍNEA DE CENTRO</b> <b>0.3 A 0.5 DE ESPESOR</b></p> <hr style="border-top: 1px dashed black;"/> <p align="center">TRAZOS LARGOS DELGADA CONTINUA Y CORTOS ALTERNADOS SE USA EN ÁREAS PEQUEÑAS</p> <p>LAS LÍNEAS DE CENTRO SE USAN PARA MOSTRAR EL CENTRO DE AGUJEROS Y OBJETOS DE FORMA SIMÉTRICA.</p>	
<p align="center"><b>LÍNEA DE COTA Y DE EXTENSIÓN</b></p> <hr/> <p align="center">0.3 A 0.5 DE ESPESOR <b>DELGADA</b></p> <p>LAS LÍNEAS DE COTA Y DE EXTENSIÓN SE USAN PARA ACOTAR UN OBJETO.</p>	
<p align="center"><b>INDICADORAS</b> <b>0.3 A 0.5 DE ESPESOR</b> <b>DELGADA</b></p> <p>LAS LÍNEAS INDICADORAS SE USAN PARA INDICAR LA PARTE DEL DIBUJO A QUE SE REFIERE UNA NOTA. LA PUNTA DE FLECHA TOCA A LAS LÍNEAS DE OBJETO MIENTRAS QUE EL PUNTO SE APOYA EN UNA SUPERFICIE.</p>	

Tipos de líneas

TIPO DE LÍNEA	EJEMPLO
<p><b>LÍNEA DEL PLANO CORTANTE</b></p>  <p>GRUESA      0.5 A 1 DE ESPESOR</p>	
<p><b>LÍNEAS DE SECCIÓN</b></p>  <p>DELGADAS 0.3 A 0.5 DE ESPESOR</p> <p>EL RAYADO DE SECCIÓN SE USA PARA INDICAR LA SUPERFICIE EN LA VISTA SECCIONAL EN DONDE SE SUPONE QUE SE HIZO EL CORTE A LO LARGO DE LA LÍNEA DEL PLANO CORTANTE.</p>	
<p><b>LÍNEA DEL PLANO DE VISTA</b></p>  <p>GRUESA 0.5 A 1 DE ESPESOR</p> <p>LA LÍNEA DEL PLANO DE VISTA SE USA PARA INDICAR LA DIRECCION EN QUE SE DEBE OBSERVAR CUANDO SE UTILIZA UNA VISTA PARCIAL.</p>	
<p><b>LÍNEA DE ROTURA</b></p>  <p>DELGADA ROTURA LARGA 0.3 A 0.5 DE ESPESOR</p>  <p>GRUESA ROTURA CORTA 0.8 A 1 DE ESPESOR</p> <p>LAS LÍNEAS DE ROTURA SE USAN CUANDO SE DEBE ACORTAR LA VISTA DE UNA PARTE LARGA.</p>	
<p><b>LÍNEAS ESPECTRALES</b></p>  <p>DELGADA 0.3 A 0.5 DE ESPESOR</p> <p>LAS LÍNEAS ESPECTRALES SE USAN PARA INDICAR LA POSICIÓN ALTERADA DE UNA PARTE O PARA MOSTRAR LA POSICIÓN DE UNA PARTE ADYACENTE.</p>	

Tipos de líneas (continuación)

## 2.9. TEORIA DE DESCRIPCION DE LA FORMA.

Los dibujos pictóricos son similares a las fotografías en que muestran un objeto como aparecería ante el ojo del observador. Sin embargo, este tipo de dibujo no es satisfactorio para diseños técnicos; los dibujos que se usan en la industria deben mostrar con claridad la forma exacta del objeto y no pueden ser definidos mediante una vista pictórica, en la que muchos detalles del mismo pueden quedar ocultos.

### 2.9.1 Representación De Objetos Por Medio De Vistas.

Los objetos se deben representar sobre un papel extendido de manera que pueda comprenderse con facilidad su forma exacta. Esta representación se hace dibujando un número de vistas separadas del objeto como si fuera visto desde distintas posiciones; luego se disponen estas vistas en una forma sistemática, proyectadas unas de otras. Este tipo de dibujo se llama *proyección ortográfica*.

### 2.9.2 Denominación De Las Vistas.

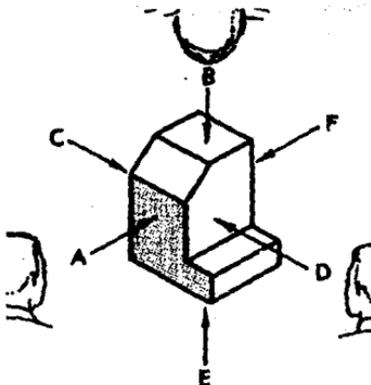
Las vistas son los elementos básicos para la representación de un dibujo, observado según una dirección y un sentido.

Del número infinito de direcciones según las cuales puede observarse un objeto, se han seleccionado tres direcciones perpendiculares entre sí, y sobre cada una de ellas se han tomado los dos sentidos posibles como se indica en la figura siguiente.

Los nombres de las vistas así observadas son:

- " Vista frontal ", según la flecha A.
- " Vista superior ", según la flecha B.
- " Vista lateral derecha ", según la flecha D.
- " Vista lateral izquierda ", según la flecha C.
- " Vista inferior ", según la flecha E.

- " Vista posterior ", según la flecha F.



Denominación de vistas

### 2.9.3 Posición De Las Vistas.

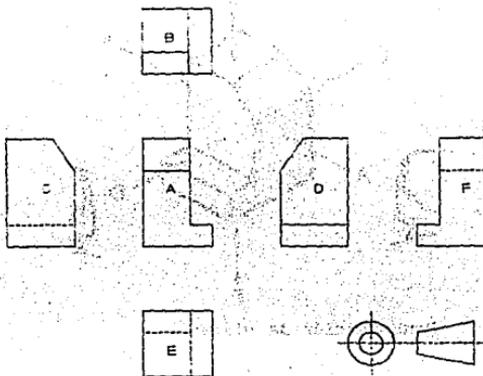
Hay dos sistemas para la ubicación relativa de las vistas, el sistema A (americano) o del tercer diedro y el sistema E (europeo) o del primer diedro. Puede usarse cualquiera de estos dos sistemas, siempre que un mismo grupo de dibujos corresponda a un sólo sistema.

Actualmente, en México, tanto en la enseñanza técnica como en las dependencias gubernamentales se usa el sistema A; en las empresas predomina este sistema.

Sistema A, o del tercer diedro.

En relación con la vista frontal, las otras vistas se ubican como se indica en la siguiente figura.

La vista posterior se puede colocar como se muestra (a la derecha), o en el extremo opuesto (a la izquierda).



#### Sistema A o del tercer diedro

Para indicar que se está empleando el sistema A o del tercer diedro, dibujar el símbolo de la figura anterior en el cuadro del rotulo, junto a la especificación de la escala.

#### 2.9.4 Vistas.

##### Selección De Las Vistas.

Las vistas se deben escoger de manera que describa de manera óptima el objeto que van a representar. Sólo se debe usar el número mínimo de vistas que describan por completo la forma y el tamaño de la parte.

## 2.10 ACOTACIÓN BÁSICA.

### Unidades De Medición.

Aunque el sistema métrico de medidas es en la actualidad el estándar oficial de medición, muchos dibujos que se usan en la industria están acotados en pulgadas y pies.

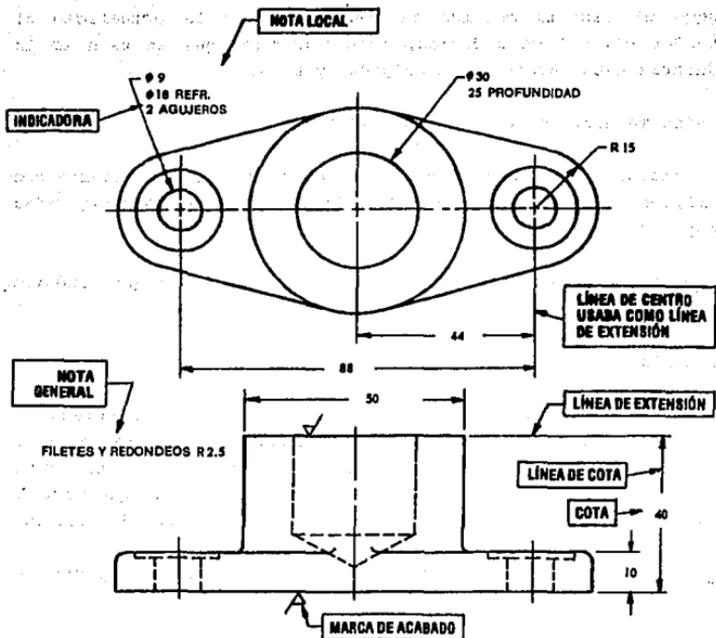
### El Sistema Métrico Internacional (SI).

Las unidades métricas estándares en los dibujos de ingeniería son el milímetro para las unidades lineales y el micrón para rugosidad o aspereza superficial.

Las unidades métricas estándares para los dibujos arquitectónico son el milímetro y el metro.

### Acotación.

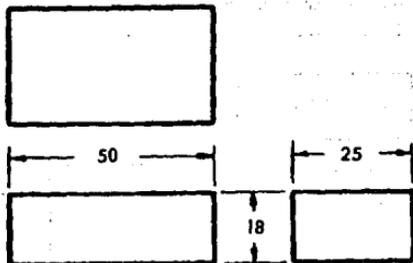
En los dibujos, las cotas se indican por medio de líneas de extensión, líneas de cota, indicadoras, puntas de flecha, cifras, notas y símbolos, para definir características geométricas como longitudes, diámetros, ángulos y posiciones. Las líneas que se usan en el acotado son delgadas en contraste con el contorno del objeto. La cota debe ser clara y concisa, y permitir sólo una interpretación. En general, cada superficie, línea o punto se localiza por un sólo conjunto de cotas.



Forma de acotación

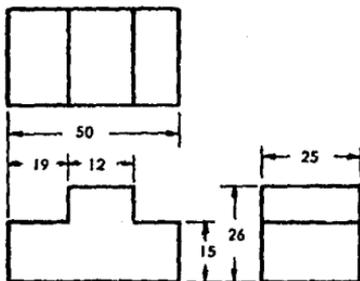
**Reglas Básicas Para la Acotación.**

**A) Ponganse las cotas entre las vistas cuando sea posible.**



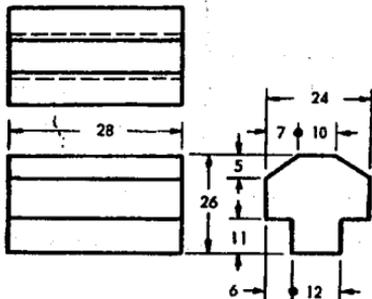
**(A) COLÓQUENSE LAS COTAS ENTRE LAS VISTAS**

**B) Colóquense la línea de cota con la menor longitud, anchura o altura, de manera que sea lo más cercana al contorno del objeto.**



**(B) LA COTA MENOR ES LA MÁS CERCANA A LA VISTA POR ACOTAR**

- C) Colóquense las cotas cerca de la vista que muestre mejor el contorno característico o la forma del objeto. Al seguir esta regla, las cotas no siempre estarán entre las vistas. En los dibujos grandes, se pueden colocar las cotas sobre las vistas para mejorar la claridad.

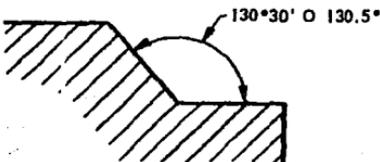
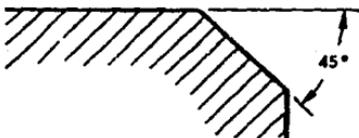
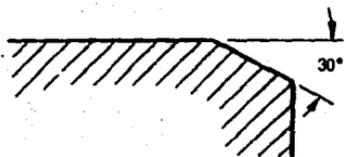


(C) ACÓTESE LA VISTA QUE DESCRIBE MEJOR LA FORMA

Unidades Angulares.

Los ángulos se expresan en unidades de grados ( $^{\circ}$ ) con divisiones de minutos ( $'$ ) y segundos ( $''$ ). No se usan guiones entre los grados, minutos y segundos.

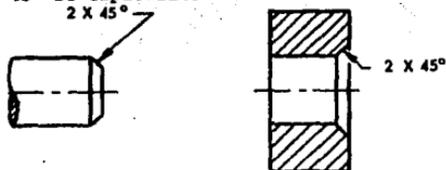
Las líneas de cota para los ángulos son arcos trazados con el vértice del ángulo como centro, siempre que esto sea posible.



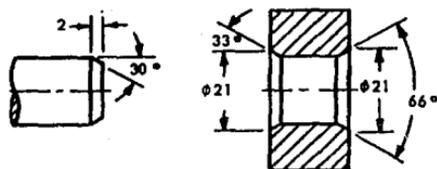
Acotación angular

## Chaflanes

Los chaflanes se acotan por lo general dando su ángulo y longitud. Cuando es de 45° se especifica como una nota.



(A) SÓLO PARA CHAFLANES DE 45°



(B) PARA TODO TIPO DE CHAFLANES

## Nombres De Las Operaciones.

Se debe evitar poner sobre las cotas los nombres de las operaciones, como torneear, taladrar, rectificar, rimar, machuelear, roscar.

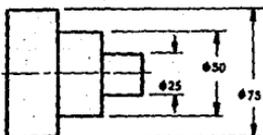
## Diámetros.

Cuando se usa una indicadora para especificar los tamaños de los diámetros, como en los agujeros pequeños, la cota se identifica como un diámetro antepuesto al valor numérico con el símbolo de diámetro  $\varnothing$ , agregando la abreviación DIA después de el valor numérico.



SE USA LA ABREVIATURA  
"DIA" O EL SÍMBOLO  $\phi$   
CON LA INDICADORA

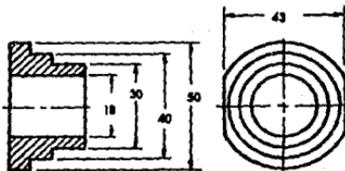
(A) ACOTACIÓN DE VISTAS CIRCULARES



SE USA LA ABREVIATURA "DIA" O EL SÍMBOLO  $\phi$   
CUANDO NO SE MUESTRA LA VISTA DE EXTREMO

SIN VISTA DE EXTREMO

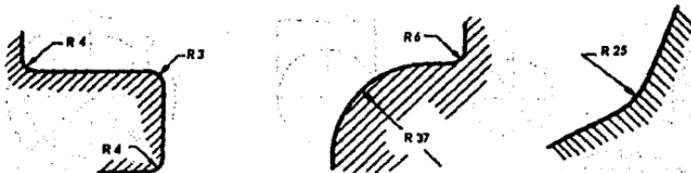
Acotación de diámetros



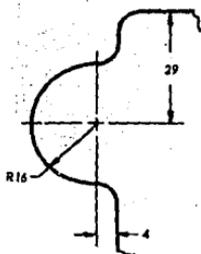
CON VISTA DE EXTREMO

Radios.

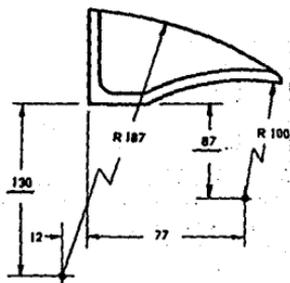
Los radios se acotan por medio de una línea de cota que pasa por o está en línea con el centro del radio. La línea de cota sólo tiene una punta de flecha, la cual toca el arco. La letra R siempre debe preceder a la cota.



(A) ACOTACIÓN DE RADIOS CUANDO NO SE NECESITA SITUAR SUS CENTROS



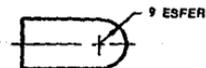
(B) RADIOS CON SUS CENTROS SITUADOS



(C) LOCALIZACIÓN DE CENTROS DE RADIOS SITUADOS EN FORMA INCONVENIENTE



(D) ARCOS CON PUNTOS DE TANGENCIA COMUNES  
Acotación de radios



(E) RADIOS ESFÉRICOS

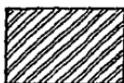
## 2.11 RAYADO DE SECCIÓN.

El rayado de sección, también llamado aciurado, tiene un doble propósito. Indica la superficie que en forma teórica se cortó y la hace destacar con claridad, ayudando de ese modo al observador a interpretar la forma del objeto. El rayado de sección indica también el material de que se va a hacer el objeto. Cuando no es necesario indicar el material de las piezas por medio del símbolo de aciurado, todas las superficies se rayan con líneas continuas simples como las usadas para el hierro colado.

Las líneas de aciurado son delgadas y por lo general se dibujan a un ángulo de  $45^\circ$  con respecto al contorno principal del objeto. Si la forma del objeto obligara a que las líneas de sección fueran paralelas, o casi paralelas, a uno de los lados de la pieza, se escogerá otro ángulo distinto de  $45^\circ$ . El espaciamiento del rayado debe ser uniforme para dar buena apariencia al dibujo. El paso o distancia entre líneas, varía entre 1.0 y 2.5 mm según el tamaño del área seccionada.



USO GENERAL  
O HIERRO FUNDIDO



ACERO



BRONCE, LATÓN,  
COBRE Y  
SUS ALEACIONES



METAL BLANCO, PLOMO,  
ZINC, BABIT Y SUS  
ALEACIONES



MAGNESIO,  
ALUMINIO  
Y SUS ALEACIONES



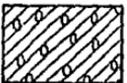
AISLANTE ELÉCTRICO,  
MICA, FIBRA, VULCANITA,  
BAKELITA Y OTROS  
PLÁSTICOS



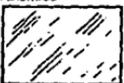
CON EL GRANO  
A TRAVÉS DEL GRANO  
MADERA



CONCRETO  
TERRENO ROCOSO



AISLANTE  
ACÚSTICO



MATERIALES  
TRANSPARENTES



LÍQUIDOS



EMBOBINADOS  
ELÉCTRICOS Y CABLES

Tipos de rayados de sección

## 2.12 LÍMITES Y AJUSTES.

Para cada acotación se debe tolerar una cierta variación. Por ejemplo, una cota que se da como  $37 \pm 0.1 \text{ mm}$  significa que la parte a fabricar puede estar en cualquier medida entre 36.9 mm y 37.1 mm y que la tolerancia que se permite en esta cota es de 0.2 mm. Las medidas permisibles mayor y menor (37.1 mm y 36.9 mm, respectivamente) se conocen como límites.

Para calcular las cotas límites y ajustes, se deben entender con claridad las siguientes definiciones.

**Tolerancias.** La tolerancia en una cota es la variación permisible en su medida, la cual es la diferencia entre los límites de medida. No es necesario expresar una tolerancia con el mismo número de cifras a la derecha del punto decimal, como la cota.

**Límites de medida.** Los límites son las medidas máxima y mínima permitidas en una cota específica.

**Margen.** Un margen es la diferencia intencional en las cotas correlacionadas de las partes que casan. Es el huelgo mínimo (margen positivo) o interferencia máxima (margen negativo entre dichas partes).

Todas las cotas en un dibujo tienen tolerancias. Algunas cotas deben ser más exactas que otras, y por lo tanto tienen tolerancias más pequeñas que otras. La práctica general es permitir una desviación en la medida como  $\pm 0.2$  para todas las cotas que se expresan con una cifra decimal, y  $\pm 0.02$  para todas las cotas que tienen dos cifras decimales.

La forma usual es poner estas tolerancias en forma de una nota general en el dibujo.

Cuando las cotas requieran una mayor exactitud que la dada en la nota general, entonces se mostrarán para esa cota tolerancias o límites individuales.

Métodos para tolerar. Las tolerancias de las cotas se expresan en una de dos formas: acotado límite o con tolerancias en más y menos.

Acotación límite. En el método de acotación límite, sólo se especifican las dimensiones máxima y mínima.

Tolerancias en más y menos. En este método se da primero la cota de la medida específica, seguida por la expresión de tolerancia más y menos.

*CAPITULO 3*

***FUNDAMENTOS DE  
FRESADO***

Ahora se verán los principios generales para conocer el funcionamiento de una máquina-herramienta muy importante, como lo es la fresadora, dado que nuestro trabajo está enfocado a una máquina-herramienta fresadora de control numérico.

### 3.1 INTRODUCCION

El fresado es una operación que consiste en cepillar las superficies de las más variadas formas: planas, convexas, cóncavas, etc., mediante herramientas de corte múltiple que giran sobre sí mismas, con un movimiento de rotación alrededor de su eje.

Entre las ventajas que representan las fresas con sus varios cortes sobre las herramientas de los tornos y cepilladoras, que tienen uno solo, se pueden citar las siguientes: la ejecución simultánea de varios cortes, una refrigeración suficiente porque los distintos cortes, aisladamente considerados, no trabajan durante toda la revolución de la fresa, posibilidad de mayores velocidades de corte, y marcha más estable en el caso de que el avance se verifique en dirección opuesta al giro de la fresa.

### 3.2 LA FRESADORA

A la máquina fresadora se le suele atribuir un costo más elevado, respecto de las demás máquinas herramientas, pero sucede que las fresadoras además de que deben ser construidas con la mayor precisión, su producción resulta, a igualdad de cantidad de trabajo, la más económica de todas, obteniéndose superficies mucho mejor acabadas que con cualquier otra clase de máquina.

Con la debida elección de las fresas se pueden producir varias series de piezas de dimensiones exactas y de forma idéntica, porque la herramienta hace de plantilla de la pieza maquinada.

En ocasiones se utiliza la máquina fresadora en trabajos que difícilmente puede ejecutar, porque no se tiene en cuenta que su herramienta no arranca la viruta según principios semejantes a los utilizados en las limadoras, cepillos y tornos, o porque las distintas etapas de maquinado de una pieza no resultan económicas.

Las máquinas de fresar estándar suelen estar bien diseñadas y construidas, por lo tanto, es necesario emplear en ellas herramientas adecuadas, puesto que una elección errónea de fresa hace que el rendimiento de la máquina sea poco satisfactorio, toda vez que siendo las fresas herramientas destinadas a trabajos de precisión, deben fabricarse con la máxima exactitud; de ahí que una fresa debe tallarse a máquina, rectificarse después de los tratamientos térmicos y afilarse bien antes de ponerla en servicio.

### 3.2.1 Clasificación de las Fresadoras

La orientación del árbol principal de la máquina herramienta con respecto a la superficie de los carros, o a la orientación de los mismos con respecto al árbol principal, determina los diferentes tipos de fresadora. Los modelos más generalizados son:

- 1.- Máquinas de fresar horizontales, en las que el eje del árbol principal ocupa una posición paralela a la superficie de la mesa de trabajo.
- 2.- Máquinas de fresar verticales, con el árbol principal perpendicular a la superficie de la mesa.
- 3.- Máquinas de fresar universales, agrupadas en dos modelos diferentes, a saber:
  - a) Fresadoras cuyo árbol o portaherramientas se puede ajustar a todas las inclinaciones posibles respecto de la mesa de trabajo.

- b) Fresadoras en las que los diferentes carros pueden permitir una rotación o giro respecto al árbol portafresas.

### 3.2.2 Descripción de la Máquina Fresadora

En la figura 3.1 se representa una fresadora horizontal simple con la denominación de sus principales partes componentes, cuyos nombres pueden asignarse a otras máquinas fresadoras.

El cambio de avances de una máquina fresadora es similar al tipo Norton de un torno paralelo. Su funcionamiento es independiente de la caja de velocidades del árbol principal, y se efectúa directamente por el motor eléctrico a través de un inversor de avances; algunas veces este último se encuentra situado entre la caja de avances y la ménsula.

Mecanismos adecuados de seguridad bloquean los movimientos en todos sentidos, para evitar interferencias que podrían producir, por descuido, inconvenientes o roturas.

En resumen, los movimientos que pueden imprimirse a la mesa y, por consiguiente, a la pieza durante el maquinado, son los siguientes:

- 1.- Desplazamiento por tres dimensiones normales.
- 2.- Avances automáticos de magnitudes variables, según el número de éstos obtenibles en la caja de velocidades.
- 3.- Parada o detención automática del movimiento.

Los datos característicos principales que mencionan en sus catálogos las fábricas vendedoras de estas máquinas son:

Longitud y ancho de la mesa de trabajo, distancia máxima disponible entre el eje portafresa y la mesa, número de velocidades del eje

- 1.- Mesa para soportar y fijar piezas por medio de accesorios destinados a sujetarlas.
- 2.- Carro soporte sobre el que se desplaza la mesa en sentido transversal.
- 3.- Manivelas para los avances longitudinal y transversal de la mesa.
- 4.- Ménsula para elevar la mesa a distintas alturas.
- 5.- Manivela del tornillo telescópico por medio del cual se ajusta la elevación de la mesa.
- 6.- Tornillos para asegurar el soporte delantero.
7.- Palanca y caja de engranajes para el cambio de velocidades.
- 8.- Arbol portafresas que recibe el movimiento del eje principal.
- 9.- Soporte delantero.
- 10.- Palanca de control y mando.
- 11.- Base de la máquina fresadora.

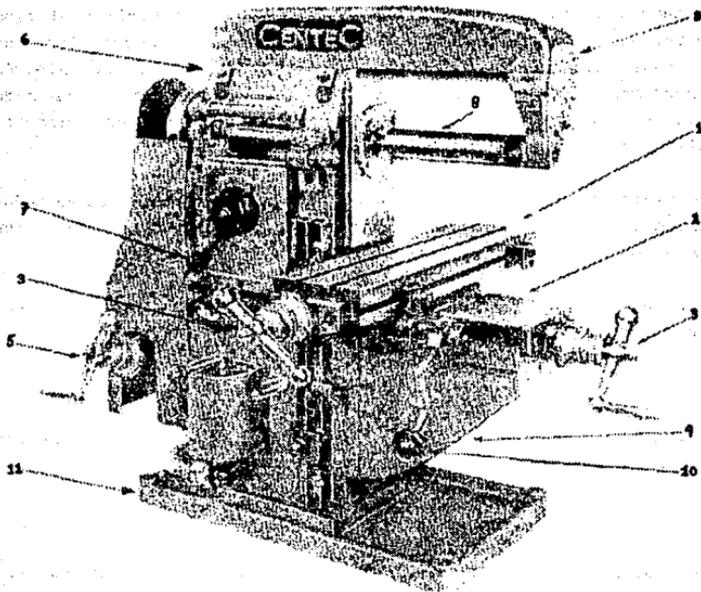


Fig. 3.1 Fresadora horizontal

portafresas, longitud de la carrera vertical del carro y longitud de la fresa, distancia máxima entre el soporte delantero y la bancada o cuerpo de la máquina y potencia del motor.

En general, la gran variedad de máquinas existentes sólo difieren por la forma en que se transmite desde el eje principal los movimientos a la fresa y a la pieza, y por el mayor o menor grado de solidez de sus partes componentes.

### 3.2.3 Fresadora Universal

Esta máquina fresadora se diferencia de la fresadora horizontal simple en que su árbol portafresas se puede ajustar a todas las inclinaciones posibles respecto a la mesa de trabajo, o bien porque la mesa está articulada como la que se representa en la figura 3.2, sobre la cual nos referiremos en especial, y puede adoptar una posición angular hasta de 45 grados en el plano horizontal. Esta posición angular se regula a mano y se fija en la posición deseada.

Muchas operaciones que anteriormente se realizaban en el torno, la cepilladora, la máquina de mortajar o el taladro, en la actualidad se ejecutan con preferencia en las máquinas fresadoras.

La fresa es superior a la cuchilla de cepillar por el corte ininterrumpido y sin golpes, la supresión de tiempo muerto de los retrocesos y la cantidad de trabajo que realiza.

Sin embargo, como no en todos los casos es más conveniente el fresado que los otros procedimientos de trabajo, hay que tener en cuenta:

- a) Es mejor cepillar que fresar cuando se trate de superficies de gran longitud y poca anchura.
- b) Las superficies de gran anchura y escasa longitud, por el contrario, deberán fresarse con preferencia a cepillarse.

- 1.- Soporte delantero.
- 2.- Mesa para soportar y fijar piezas por medio de accesorios destinados a sujetarlas.
- 3.- Carro soporte sobre el que se desplaza la mesa de trabajo.
- 4.- Manivela para el avance longitudinal de la mesa.
- 5.- Husillos para efectuar el movimiento transversal del carro portamesa y subirlo o bajarlo.
- 6.- Palanca de control para poner en movimiento o parar la máquina.
- 7.- Manubrios para el cambio de velocidades.
- 8.- Cabezal divisor.
- 9.- Arbol portafresas.
- 10.- Conexión para efectuar la refrigeración de la pieza durante el maquinado.

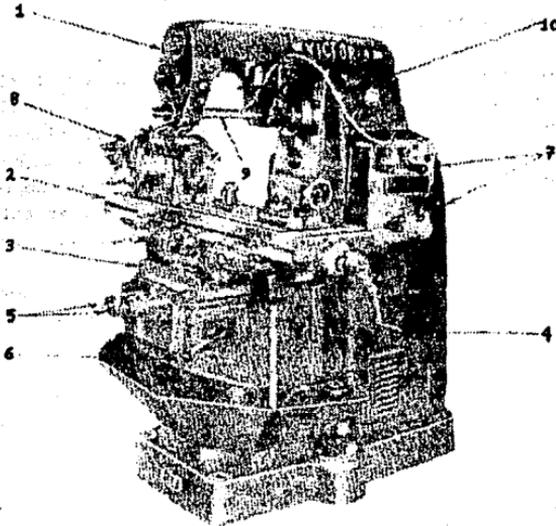


Fig. 3.2 Fresadora universal

En general, la fresadora universal es adecuada para fresar engranajes con dientes rectos, cónicos y en especial espirales, así como ruedas con dientes helicoidales.

Para poder realizar este y otros trabajos, es necesario:

- 1.- Que la pieza esté colocada, con respecto al eje de rotación de la fresa, bajo el ángulo de la espiral.
- 2.- Que dicha pieza posea al mismo tiempo un movimiento de rotación propio y un avance longitudinal, según el eje de la mesa dispuesta en la forma antes dicha.

#### 3.2.4 Fresadora Vertical

Esta fresadora se caracteriza por la posición vertical de su husillo principal, perpendicular a la superficie de la mesa portapiezas. Esta disposición hace posible el empleo de la fresa para trabajos que no pueden realizarse en la fresadora horizontal; por ejemplo, la ejecución de acanalados o el fresado interior o exterior de las superficies cilíndricas. En estos casos es más cómoda la disposición del eje vertical, haciendo uso de fresas de corte frontal o de cabezales portacuchillas.

La disposición vertical del árbol exige el empleo de mecanismos especiales para realizar la transmisión del movimiento, ya que el árbol portafresas no sólo posee el movimiento principal de rotación, sino que puede desplazarse en sentido vertical con un avance automático determinado, por lo tanto, posee uno de los movimientos secundarios, que en las fresadoras comunes, simples o universales se comunica con la pieza.

En la figura 3.3 se representa una fresadora vertical, cuyo aspecto recuerda al de un taladro; así mismo, se dan las principales denominaciones de las partes componentes de esta máquina.

La única diferencia de esta máquina con respecto a otros modelos más sencillos, es la transmisión del movimiento al husillo vertical que se hace por medio de engranajes cónicos, siendo estos fijos y

desplazable el husillo, provisto de chavetas adecuadas. Para ello lleva las guías y cremallera correspondiente.

El movimiento rápido del cabezal se efectúa por medio de la manivela que da un desplazamiento hasta de 150 mm por vuelta. El desplazamiento de mayor precisión se consigue por medio de una rueda y tornillo sinfín controlados por un volante con graduación micrométrica. Para embragar el movimiento automático hay un botón sobre el volante del movimiento rápido.

- 1.- Cabezal que tiene una combinación de engranajes para efectuar los movimientos, vertical y de rotación del eje principal.
- 2.- Manivela que permite el desplazamiento manual del cabezal.
- 3.- Eje principal portafresas.
- 4.- Aditamento para la colocación y fijación de piezas.
- 5.- Mesa para soportar y fijar piezas por medio de aditamentos destinados a sujetarlas.
- 6.- Manivela para efectuar el movimiento longitudinal de la mesa.
- 7.- Manivela para efectuar el movimiento lateral del carro portamesa.
- 8.- Manivela para accionar el tornillo telescópico para subir o bajar el carro portamesa.
- 9.- Mécana portacarros.
- 10.- Conexión para la refrigeración de la pieza durante el maquinado.
- 11.- Estructura principal de la máquina fresadora.
- 12.- Motor eléctrico.

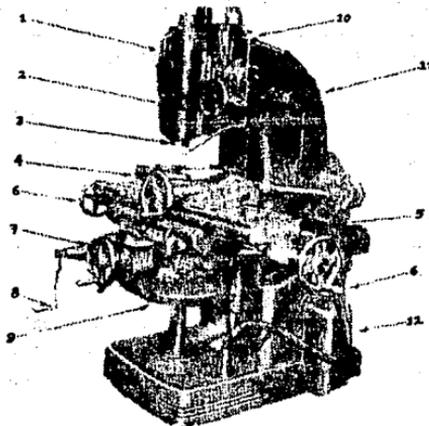


Fig. 3.3 Presadora vertical

### 3.3 UTILES DE FRESADO

La herramienta que ejecuta el fresado recibe el nombre de *fresa* y las formas que puede adoptar son sumamente variadas y con ángulos que trabajan en las mismas condiciones que una herramienta de torno (de la salida de la viruta y de incidencia).

La conformación de la fresa y sus formas definitivas siempre son obtenidas por maquinado, en cuanto que las generatrices cortantes deben ser de perfil similar, repartidas igualmente y distanciadas entre sí, para cumplir con su trabajo en forma normal.

La fresa más elemental, es la cuchilla giratoria de los trompos para trabajar madera, compuesta, por lo tanto, por un solo diente que puede girar a razón de 1000 r.p.m.

Las fresas para hacer ranuras, que en los diámetros estándar son hasta de 200 mm, pueden tener hasta 80 dientes y girar en el maquinado de algunos materiales duros a razón de 100 r.p.m.

Las herramientas de las máquinas cepilladoras, limadoras, etc., trabajan bajo el punto de vista de refrigeración (aire) en mejores condiciones que las del torno, pues se enfrían durante la carrera de retroceso (vacío); de todas maneras si la carrera útil es larga y la pasada fuerte, llega con frecuencia al destemplado que utiliza el corte. Las fresas, por el contrario ejecutan su trabajo de manera más gradual, comenzando por arrancar una cantidad insignificante de material, la que va aumentando progresivamente. Para que esta condición se realice será preciso, sin embargo, que el avance de la pieza se ejecute en sentido contrario al de la rotación de la fresa como se indica en la figura 3.4 .

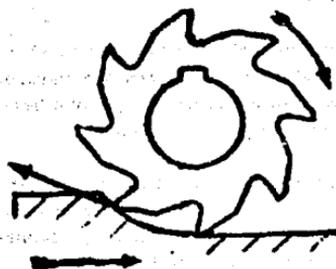


Fig. 3.4 Avance en sentido contrario a la rotación de la fresa

De proceder de modo distinto, como se muestra en la figura 3.5, la fresa tendrá que comenzar por arrancar virutas por su parte más gruesa, a b. Esto dará lugar a choques y vibraciones, con lo cual el trabajo realizado será deficiente y a expensas de un mayor consumo de fuerza motriz.

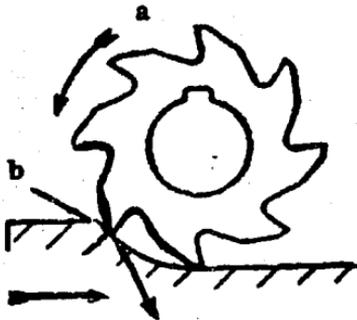


Fig. 3.5 Avance en sentido directo a la rotación de la fresa

Algunas veces, la índole del trabajo puede obligar a efectuar avances en sentido contrario al indicado como conveniente.

Esto sucede como, por ejemplo, en el caso de la figura 3.6, que representa una fresa terminando una ranura interior de una pieza.

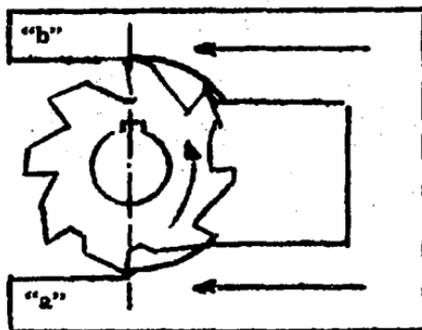


Fig. 3.6 Fresado en una ranura

Como se ve, la cara inferior "a" es atacada directamente, pero la cara superior "b" no puede serlo porque está obligada a desplazarse en el mismo sentido que la fresa, es decir, de derecha a izquierda.

Cuando la fresa hace un trabajo de "testa" el sentido del avance de la pieza puede ser cualquiera respecto al sentido de rotación de la fresa, debido a que la mitad de sus dientes cortan en la dirección contraria.

Así, en la figura 3.7 se representa una fresa frontal en la que "a" es el eje de la fresadora, "b" viruta y "c" superficie de trabajo.

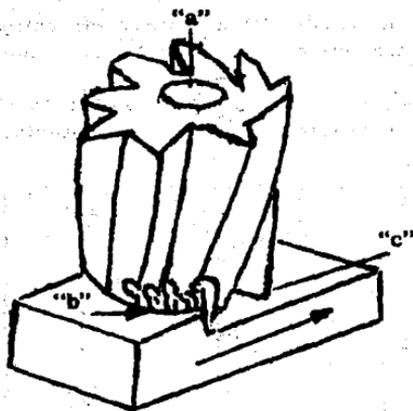


Fig. 3.7 Fresado frontal

Además de lo expuesto, en las piezas de fundición gris que no han sido desprovistas con anticipación de la capa dura exterior de la sílice de los moldes de fundición, la fresa se inutilizaría rápidamente si se procede de esa manera errónea.

Aun procediendo de manera correcta, para trabajar esta clase de materiales, hay que prescindir del empleo de líquidos refrigerantes que contribuyen a que las partículas ligerísimas de sílice, que se producen durante la operación de fresado, queden adheridas, no sólo en la fresa, sino también en las distintas piezas de la máquina.

Por ello, en estos casos, es necesario proceder al fresado en seco.

### 3.3.1 Clases de fresas

Según la forma de los dientes se distingue entre fresas de dientes puntiagudos y fresas con despulla.

### Fresas de dientes puntiagudos.

El rendimiento de corte de la fresa y la calidad superficial de la pieza dependen principalmente de los filos de la fresa. Estos son cuneiformes y se obtienen por fresado esto se puede observar en la figura 3.8.

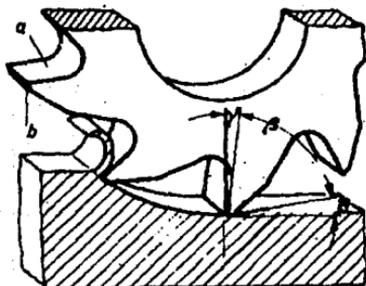


Fig. 3.8 Fresa de dientes puntiagudos

La magnitud de los ángulos de corte está relacionada con el material que se vaya a trabajar esto se ilustra en las figuras 3.9 y 3.10.

La distancia o paso entre los dientes queda también determinada por el material.

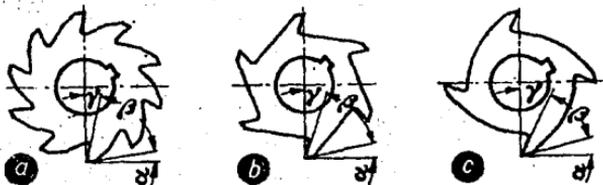
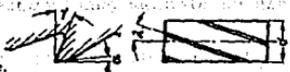


Fig. 3.9 Ángulos de corte de fresas

$\alpha$  = ángulo de incidencia  
 $\gamma$  = ángulo de ataque  
 $\lambda$  = ángulo de inclinación del filo respecto al eje.



Tipo de fresa	Aceros normales hasta los 75 kg/mm <sup>2</sup> de resistencia			Materiales tenaces hasta de 100 kg/mm <sup>2</sup> de resistencia			Metales ligeros		
	N.º de dientes		Ángulos de corte $\alpha$	N.º de dientes		Ángulos de corte $\alpha$	N.º de dientes		Ángulos de corte $\alpha$
	$d$	$s$		$d$	$s$		$d$	$s$	
Fresa cilíndrica	40	6	Avance en contra dirección	40	10	Avance en contra dirección	40	4	Avance en contra dirección
	50	6		50	10		50	4	
	60	6		60	10		60	4	
	75	6	7° 10° 38°	75	12	4° 5° 35°	75	5	8° 25° 45°
	90	8	Avance paralelo	90	14	Avance paralelo	90	5	Avance paralelo
	110	8		110	16		110	6	
	130	10		130	16		130	6	
	150	10	12° 16° 35°	150	18	8° 12° 30°	150	8	14° 30° 45°
Fresa frontal cilíndrica	40	8	Avance en contra dirección	40	12	Avance en contra dirección	40	4	Avance en contra dirección
	50	10		50	14		50	5	
	60	10		60	14		60	6	
	75	10		75	16		75	6	
	90	12	7° 10° 20°	90	18	4° 5° 20°	90	6	8° 25° 35°
	110	12		110	20		110	7	
	130	14		130	22		130	8	
	150	16		150	24		150	10	
Fresa de disco	50	10	Avance en contra dirección	50	16	Avance en contra dirección	50	4	Avance en contra dirección
	60	10		60	16		60	6	
	75	12		75	18		75	6	
	90	12	7° 12° 15°	90	20	5° 6° 10°	90	8	8° 25° 30°
	110	14	Avance paralelo	110	22	Avance paralelo	110	8	Avance paralelo
	130	16		130	24		130	10	
	150	18		150	26		150	10	
	175	18	12° 18° 15°	175	28	8° 14° 12°	175	12	14° 30° 30°
200	20		200	30		300	12		
Fresa de vástago	10	4	Avance en contra dirección	10	6	Avance en contra dirección	10	-3	Avance en contra dirección
	12	4		12	6		12	3	
	14	5		14	6		14	3	
	16	5		16	8		16	3	
	20	6	7° 8° 15°	20	8	4° 6° 15°	20	4	8° 20° 25°
	24	6		24	8		24	4	
	30	6		30	10		30	4	
	36	6		36	10		36	5	
40	6		40	10		40	5		

Fig. 3.10 Valores prácticos para número de dientes y ángulos de corte en fresas de acero rápido

Al fresar materiales blandos se pueden producir, por ejemplo, grandes cantidades de viruta que pueden ser recibidas y separadas gracias a los grandes huecos existentes entre diente y diente.

Los filos pueden estar dispuestos paralelamente al eje de la fresa o tener forma helicoidal. Figura 3.11.

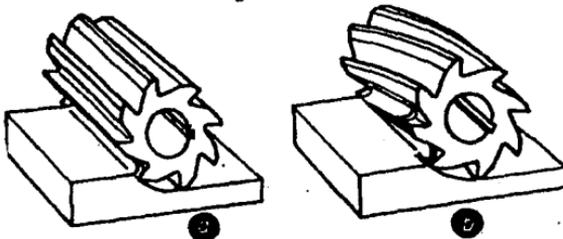


Fig. 3.11 Disposición de los filos de las fresas, a) paralelos al eje b) helicoidales

Los filos helicoidales, que pueden tener inclinación a la derecha o a la izquierda, dan lugar, en el arranque de viruta, a un empuje en dirección axial. Este empuje (empuje axial) debe estar dirigido contra el cabezal, pues, de lo contrario, se soltaría del husillo el vástago de la fresa. Figura 3.12.

Según las Normas DIN, una fresa se dice que es de corte a la izquierda cuando gira en sentido contrario a las agujas de un reloj mirándola desde el lado del accionamiento, y que es de corte a la derecha cuando el giro es en el mismo sentido de las agujas de un reloj.

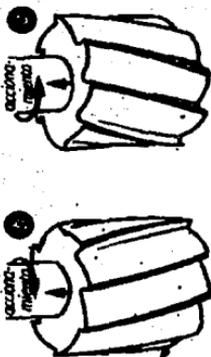


Fig. 3.12 Dirección del corte y dirección del filo a) Hélice a la derecha-corte a la izquierda b) Hélice a la izquierda-corte a la derecha

En la figura 3.13 (a-d), se presentan los diferentes tipos de fresas



Fig. 3.13a Fresas cilíndricas y Fresas frontales cilíndricas

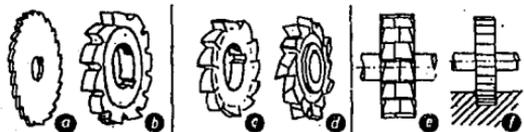


Fig. 3.13b Fresas en forma de disco

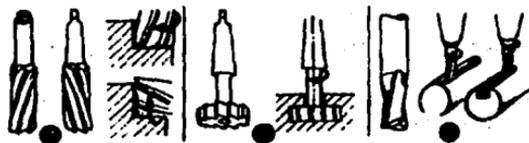


Fig. 3.13c Fresas con vástago

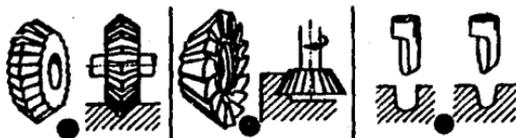


Fig. 3.13d Fresas de forma

### Fresas con despulla

Para fresar superficies curvas no se pueden emplear las fresas de dientes en punta, ya que al afilar la fresa se cambiaría su perfil. Para curvas, arcos circulares y toda clase de perfiles, así como, con frecuencia, también para fresado de ranuras, se emplean estas fresas de forma retorneadas. El retorneado resulta necesario para mantener el ángulo de incidencia. El ángulo de ataque vale, generalmente,  $0^\circ$ . El reafilado se verifica a costa de la superficie de ataque, con lo cual el perfil se mantiene invariable. Figura 3.14.

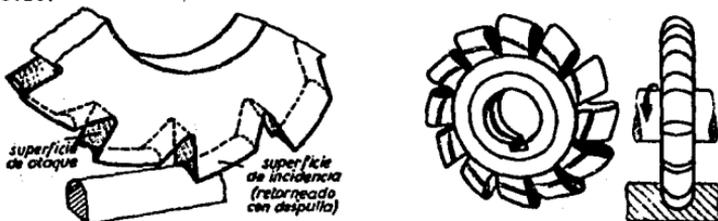


Fig. 3.14 Fresas con despulla

### 3.3.2 Diámetros de las fresas

Por lo general se selecciona una fresa de diámetro adecuado por circunstancias muy diversas. Si consideramos la cuestión bajo el aspecto del consumo de fuerza motriz, habrá interés en reducir el diámetro de la fresa, puesto que con esto disminuiría el brazo de palanca de la resistencia que ofrece el metal al ser arrancado, y el trabajo se realizaría en mejores condiciones. De ahí la tendencia a emplear diámetros pequeños dentro de las dimensiones compatibles con la necesidad de resistencia de los dientes, adecuada a los trabajos a que se destina la fresa, no sólo por el menor consumo de fuerza motriz, sino por consideraciones económicas, sobre todo del empleo de los aceros de alta velocidad para la manufactura de herramientas.

Las dimensiones más comunes para los diámetros de las fresas que generalmente se emplean en la industria son:

Para fresas de una pieza con su mango: Desde 10 a 40 mm

Para fresas huecas con mango separado: Desde 35 a 200 mm

Para fresas con cuchillas postizas: Desde 150 a 300 mm

### 3.3.3 Anchura o longitud de las fresas

Es conveniente, en general, para el maquinado de superficies planas, que la anchura de la fresa exceda un poco de la anchura de la pieza, no sólo para terminar el trabajo de una sola pasada, sino además para evitar que los dientes corten por sus ángulos, que por ser los puntos más débiles, saltarían con frecuencia. Esta condición no implica siempre el que las fresas deban tener determinada anchura; se podrán emplear fresas compuestas. El límite de la anchura está fijado por la necesidad de que la fresa tenga la rigidez transversal adecuada, no sólo para evitar que durante el fresado las flexiones producidas puedan alterar la forma de la

superficie que se está maquinando sino porque una fresa excesivamente larga se deformaría en las operaciones de temple y recocido.

### 3.4 FIJACIÓN DE LAS PIEZAS

Se entiende por fijación de las piezas, la operación de sujetarlas en una máquina herramienta para efectuar su maquinado. Esta operación debe hacerse en forma que se cumplan tres condiciones, a saber:

- a) Carencia absoluta de deslizamiento durante la operación de corte.
- b) Ausencia de deformación de la pieza a causa del esfuerzo de corte de la herramienta.
- c) Posibilidad de salida de la herramienta y de la viruta.

#### 3.4.1 Dispositivos de fijación

En la máquina fresadora, la fijación de las piezas puede ser asegurada de varias maneras, utilizando dispositivos mecánicos tales como estribos escalonados, tornapuntas, placas, tornillos y tuercas, siendo este último procedimiento el que permite una inmovilización más eficaz.

Tres dispositivos de fijación pueden ser enunciados como los principales

- 1.- Fijación mediante una prensa de tornillo.
- 2.- Fijación con tornapuntas.
- 3.- Fijación con estribos, placas y tornillos.

### Fijación por medio de una prensa

El método más usual practicable de fijar las piezas de pequeñas y medianas dimensiones, es el de sujetarlas en una prensa de tornillo. Este útil dispositivo consiste en un tornillo ajustador que mueve una de las mordazas de la prensa, la cual tiene su base adecuada para ser fijada en la mesa fresadora por medio de tornillos, arandelas y tuercas. En la figura 3.15 se muestra una prensa sencilla, pero hay otras que permiten cierta inclinación adecuada para las piezas.

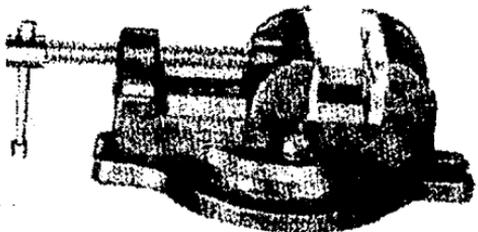


Fig. 3.15 Prensa de tornillo

La fijación de una pieza mediante la prensa requiere ciertas precauciones debido a que el tornillo de fijación de la mordaza conserva su posición baja y, por este motivo, la pieza tiende a levantarse, a causa de que el husillo del tornillo está siempre colocado más abajo que la parte activa de la mordaza; tal inconveniente se evita de dos maneras diferentes:

- a) Después del apriete de las mordazas (fig. 3.16), la fija indicada con el número 2 y la móvil con el 3, se dan golpes leves sobre la pieza 1, sucesivamente con una maza hasta que la imposibilidad de sacar los suplementos o calces indicados con el número 4, bajo la pieza, asegure que ésta esté apretada contra aquéllos.

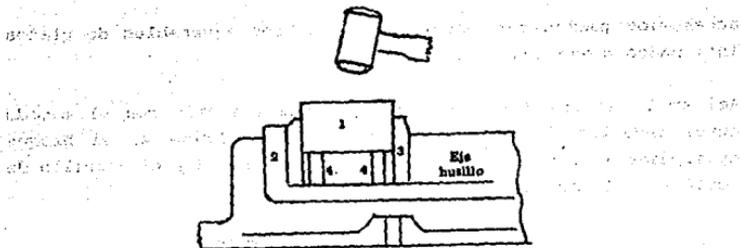


Fig. 3.16 Sujeción en la prensa con calces

- b) Otra forma de sujetar la pieza es interponiendo entre la mordaza 3 y la pieza 1, un cilindro de acero (5), cuya ligera rotación tiene tendencia a fijar la pieza sobre sus calces. Figura 3.17.

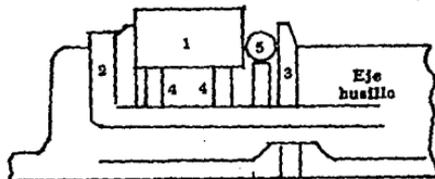


Fig. 3.17 Sujeción con un cilindro de acero

#### Fijación con estribos escalonados, bridas y tornillos

Este método de sujeción da excelentes resultados para piezas de forma complicada o de grandes dimensiones.

El dispositivo "tornillo y tuerca" da, en efecto, una gran seguridad de inmovilización, proporcionando un apriete adecuado.

Este tipo de fijación requiere frecuentemente accesorios de apoyo indispensables para el equilibrio de piezas especiales; tales

accesorios pueden ser "gatos" y los calces ajustables de planos inclinados o escalonados.

Así en la figura 3.18 se representa una fijación con el método antes indicado; la pieza a maquinar 1, la brida 2, el bloque escalonado 3, así como el gato 4, el suplemento 5 y el tornillo de apriete de la brida 6.

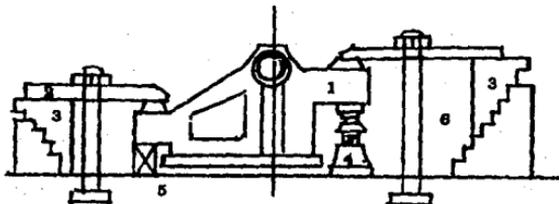


Fig. 3.18 Fijación con estribos, bridas y tornillos

#### Fijación con tornapunta

La sujeción por tornapunta se empleará, sobre todo, cuando se trate de realizar operaciones de planeado (planchado), en las que la fresa debe maquinar toda la parte superior de la pieza, sin que le estorbe ningún accesorio de fijación.

Este es un medio de sujeción que va siempre acompañado de estribos, éstos deberán colocarse analizando cuidadosamente la dirección de los esfuerzos de deslizamiento transmitidos a la pieza por la rotación de la fresa.

En la figura 3.19 se representa una pieza fijada, transmitiendo el esfuerzo hacia adelante y sujeta por la parte central; en ella, 1 es la pieza, 2 la tornapunta y 3 la contratornapunta.

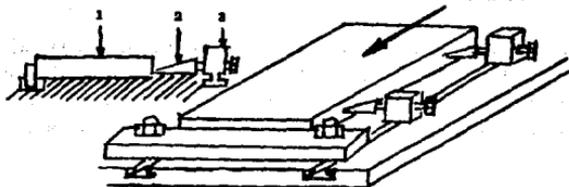


Fig. 3.19 Ejemplo de fijación con tornapunta

### 3.4.2 Diferentes medios de fijación de las piezas

Los principales medios de fijación son los siguientes:

- 1) Las piezas de forma sencilla se apretarán entre mordazas usuales, especialmente construidas para el caso.
- 2) Las piezas delgadas serán apretadas lateralmente con pequeñas bridas muy planas, de bordes biselados o sobre un plato magnético.
- 3) Las piezas grandes se fijarán directamente sobre la mesa de la máquina fresadora, utilizando una escuadra, según la forma requerida.
- 4) Las piezas circulares se fijarán en un mandril de división, con auxilio del contrapunto o sin él, o fijándolas en el plato circular.
- 5) Para el fresado de piezas en serie se pueden diseñar y hacer montajes especiales que permitan manipulaciones complicadas y supriman, en muchos casos, operaciones inútiles.

### 3.5 AJUSTE DEL NUMERO DE REVOLUCIONES

El número de revoluciones depende de la velocidad de corte admitida y del diámetro de la fresa. En el fresado se entiende por velocidad de corte el recorrido de un filo de la fresa en m/min. La velocidad de corte admisible se saca de la tabla siguiente (figura 3.20):

Anchura de la fresa $b$ Profundidad de corte $a$	Fresa cilíndrica $b = 100 \text{ mm}$				Fresa frontal cilíndrica $b = 70 \text{ mm}$				Fresa de disco $b = 20 \text{ mm}$			
	desbastado $a = 5 \text{ mm}$		afinado $a = 0,5 \text{ mm}$		desbastado $a = 5 \text{ mm}$		afinado $a = 0,5 \text{ mm}$		desbastado $a = 10 \text{ mm}$		afinado	
	$v$	$s$	$v$	$s$	$v$	$s$	$v$	$s$	$v$	$s$	$v$	$s$
Aceero sin alea hasta 63 kg/mm <sup>2</sup>	17	100	22	60	17	100	22	70	18	100	22	10
Aceero aleado res. hasta 75 kg/mm <sup>2</sup>	14	80	18	50	11	90	18	5,5	11	80	18	30
Aceero aleado mejorado hasta 100 kg/mm <sup>2</sup>	10	50	14	36	10	85	14	12	12	50	14	25
Fundición gris hasta 180 Brinell	12	120	18	60	12	140	18	70	14	120	18	40
Latón (Ms 5B)	35	70	35	50	36	190	55	150	36	150	55	75
Metalas ligeras	200	200	250	100	200	250	250	110	200	200	250	100
Anchura de la fresa $b$ Profundidad de corte $a$	Fresas de vástago $b = 25 \text{ mm}$				Platos de carbillas $b = 180 \text{ mm}$				Sierras $b = 2,5 \text{ mm}$			
	$a = 5 \text{ mm}$		$a = 0,5 \text{ mm}$		$a = 5 \text{ mm}$		$a = 0,5 \text{ mm}$		$a = 10 \text{ mm}$			
Aceero sin alea hasta 63 kg/mm <sup>2</sup>	17	50	22	120	20	20	30	50	45	50		
Aceero aleado res. hasta 75 kg/mm <sup>2</sup>	15	40	19	100	16	65	23	40	35	40		
Aceero aleado mejorado hasta 100 kg/mm <sup>2</sup>	13	20	17	65	14	36	18	30	25	30		
Fundición gris hasta 180 Brinell	15	60	19	120	16	100	24	90	35	50		
Latón (Ms 5B)	35	80	55	120	50	200	60	120	350	200		
Metalas ligeras	160	90	180	120	250	250	300	90	320	180		

Fig. 3.20 Valores prácticos para la velocidad de corte y para el avance

Si la velocidad de corte es demasiado grande, los dientes de la fresa se embotan prematuramente.

Si la velocidad de corte, por el contrario, es demasiado pequeña, el rendimiento del fresado será pequeño.

Sean

$v$  = velocidad de corte m/min.

$d$  = diámetro de la fresa en mm.

$n$  = número de revoluciones de la fresa por minuto.

El número de revoluciones de la fresa por minuto será

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

### 3.6 AJUSTE DEL AVANCE

El avance se da en el fresado por medio de la velocidad de avance en mm/min. Se entiende por este avance el recorrido en mm que realiza la mesa fresadora, y con ella la pieza, en un minuto (figura 3.21).

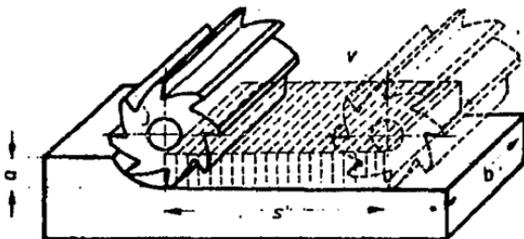


Fig. 3.21 Velocidad de avance en el fresado

La velocidad de avance ( $s'$ ) viene obligada por la fresa, el material de la pieza, la profundidad de corte y la calidad superficial que se desee (figura 3.20). Para evitar que la máquina vaya sobre cargada, se calcula a veces la velocidad de avance. Se parte para ello de la cantidad máxima de viruta que puede arrancar

la fresa en un minuto. Por medio de experiencias se ha fijado la cantidad máxima de viruta en  $\text{cm}^3$  por kilowatio de potencia en la máquina (figura 3.22).

Cantidad $V'$ admisible de virutas en $\text{cm}^3$ por kW min de potencia en la máquina						
Clase de gresado	Acero sin alejar 35..60 kg/mm <sup>2</sup> de resistencia	Acero aleado 60..80 kg/mm <sup>2</sup> de resistencia	Acero aleado hasta 100 kg/mm <sup>2</sup> de resistencia	Fundición gris (semidura)	Latón y bronce rojo	Metales ligeros
Fresado con fresa cilíndrica	12	10	8	22	30	60
Fresado con fresas frontales	15	12	10	28	40	75

Fig. 3.22 Cantidad admisible de virutas al fresar

$V$  = Cantidad máxima posible en  $\text{cm}^3/\text{min}$ .

$V'$  = Cantidad admisible en  $\text{cm}^3/\text{kWmin}$ .

$N$  = Potencia de la máquina en kW.

La cantidad máxima posible de viruta se obtiene multiplicando la cantidad admisible por la potencia de la máquina.

Cantidad máxima posible en  $\text{cm}^3/\text{min}$ .

$$V = V' \cdot N$$

y la velocidad de avance en  $\text{mm}/\text{min}$ .

$$s' = \frac{V \cdot 1000}{a \cdot b}$$

### 3.7. FRESADO DE DESBASTADO Y DE AFINADO

En el *fresado de desbastar* se trata de eliminar el exceso de material en el tiempo más corto posible (figura 3.23). Por esta razón se elige una velocidad de avance grande. Para el trabajo siguiente afinar quedan de 0.5...1 mm de material. Con vistas al tiempo de duración de la fresa se elige una velocidad de corte pequeña (figura 3.20).

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

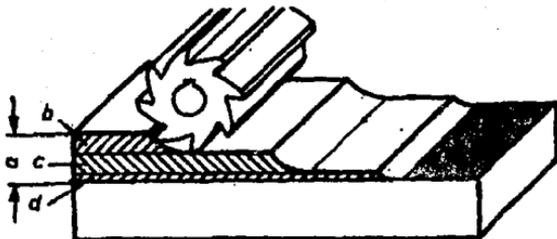


Fig. 3.23 Fresados de desbastar y de afinar

### 3.8 REFRIGERACIÓN DURANTE EL FRESADO

Una buena refrigeración con medios refrigerantes adecuados se traduce en mejora de la calidad superficial y en un aumento del tiempo de duración de la fresa. Aparte de esto, el medio refrigerante, que es proyectado con un chorro fuerte sobre el punto de corte, ha de arrastrar las virutas que se desprendan con objeto

de que éstas no se queden enganchadas entre la superficie de trabajo y los dientes de la fresa (figura 3.24 y 3.25).

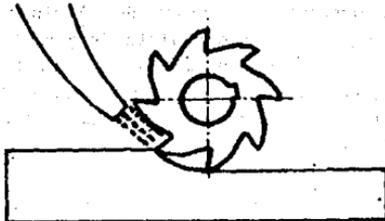


Fig. 3.24 Refrigeración durante el fresado

Material a fresar	Medio refrigerante y lubricante
Aceros sin alejar y aleados de resistencia media	taladrina
Acero de elevada resistencia, fundición dura	aceite de corte
Fundición gris, materiales sintéticos y prensados	en seco
Latón, bronce	taladrina o aceite de corte
Aluminio, aleación de aluminio	taladrina o en seco
Aleaciones de aluminio	en seco o aceites de corte especiales

Fig. 3.25 Medios refrigerantes y lubricantes para el fresado

### 3.9 NORMAS PARA EL FRESADO

- 1.- Escójase para el trabajo una máquina adecuada.
- 2.- Escójense los útiles de fresar adecuados.
- 3.- Vigílese que la fresa gire redonda.
- 4.- No deben emplearse fresas embotadas.
- 5.- La pieza debe quedar firmemente sujeta y bien segura, pero sin

torcerla, empléense los tornillos de sujeción adecuados.

- 6.- Establézcase el número de revoluciones y el avance convenientes.
- 7.- Antes de poner en marcha el avance, véase si la pieza, o la mesa de fresar, tropieza en alguna parte.
- 8.- Refrigérese a su debido tiempo.

### 3.10 PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DURANTE EL FRESADO

- 1.- ¡No pretenda coger nada a través de la fresa funcionando!
- 2.- ¡Las virutas deben ser separadas con una brocha o un gancho adecuado, pero nunca con los dedos!
- 3.- ¡No haga mediciones a menos que la máquina este parada!

### 3.11 CALCULO DEL TIEMPO PRINCIPAL EN EL FRESADO

Tiempo principal =  $\frac{\text{Trayecto de trabajo de la mesa de fresar (mm)}}{\text{velocidad de avance (mm/min.)}}$

$$t_p = \frac{L}{S_f} \text{ (min.)}$$

El trayecto de trabajo (L) depende de la longitud de la pieza (l), del recorrido anterior  $l_1$  y del recorrido ulterior  $l_2$  (figura 3.26).

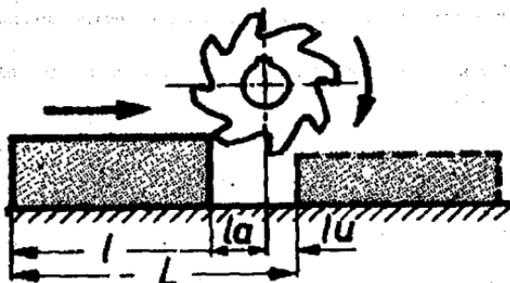


Fig. 3.26 Trayecto de trabajo en el fresado

### 3.12 OPERACIONES EN UNA FRESADORA

Aunque no es posible describir todas las operaciones que pueden ejecutarse en una fresadora, si pueden describirse algunas operaciones básicas. La discusión siguiente pretende ilustrar los aspectos básicos y fundamentales del mecanizado en la fresadora.

#### 3.12.1 Ejecución de un cuadrado

Una de las operaciones más fáciles que debe ejecutarse muchas veces en la producción de un bloque cuadrado, o de por lo menos producir dos superficies perpendiculares que sirvan de referencia para operaciones posteriores. El procedimiento siguiente puede utilizarse para mecanizar las superficies de un bloque hasta lograr que constituyan un cuadrado:

- 1.- Se mecaniza la superficie 1, figura 3.27a.
- 2.- Se posiciona la superficie o lado 1 contra la mordaza fija y se coloca una barra entre la mordaza móvil y la superficie de la pieza. Se permite al cuerpo encontrar su posición de equilibrio. Se mecaniza la superficie 2, figura 3.27b. Las superficies 1 y 2 deben estar ahora a  $90^\circ$  una de la otra.

- 3.- Se gira la pieza invirtiendo sus extremos para que la superficie 1 quede nuevamente contra la mordaza fija y la superficie 2 descansa sobre los prismas paralelos. Se utiliza nuevamente la barra, pero el bloque debe asentar firmemente sobre los prismas paralelos. Se mecaniza la superficie 3. En la figura 3.27c se ilustra esta operación.
- 4.- Se coloca la superficie 2 contra la mordaza fija y la superficie 1 sobre los prismas paralelos. En esta etapa del proceso no se requiere la barra. Se mecaniza la superficie 4. Ver la figura 3.27d. Observación: Las rebabas deben removerse con una lima fina después de la ejecución de cada superficie. Después de suprimir las aristas agudas, se verifica la perpendicularidad de las superficies del bloque con la ayuda de una escuadra de precisión.

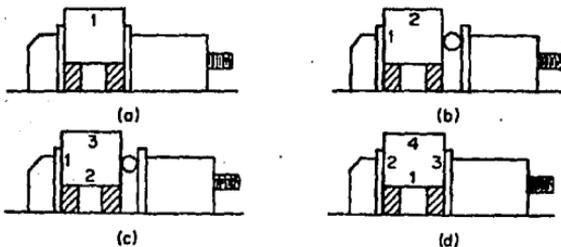


Fig. 3.27 Fresado de un cuadrado

### 3.12.2 Fresado de una cavidad

- 1.- Se pinta la superficie de la pieza con tinta para trazar, como se indica en la figura 3.28a. La pieza se coloca en la prensa y, si es necesario, se eleva utilizando prismas paralelos. Por supuesto, la prensa debe estar perpendicular a la mesa.

- 2.- En el husillo del cabezal vertical se coloca una fresa de vástago de dos filos. La pieza se desplaza hasta que la fresa quede encima de ella. Enseguida se eleva la mesa hasta que la fresa entre en contacto con una laminilla o calza colocada entre la pieza y el extremo de la fresa. El anillo graduado correspondiente al avance vertical se posiciona en cero. Se retira la calza o laminilla. Enseguida se procede a elevar la mesa hasta que la fresa penetre en el material a remover de la pieza. La fresa de vástago debe penetrar hasta una profundidad igual a la profundidad de acabado menos 0.010 pulg. Alcanzada la profundidad de desbaste se procede a retirar las virutas de la cavidad producida. Durante el desbaste la herramienta debe mantenerse a 1/16 de pulgada de la línea trazada. Concluido el desbaste se baja la mesa y se sustituye la fresa por otra que produzca el redondeamiento especificado para las aristas o vértices de la pieza. Cuando la cavidad no tiene fondo, la fresa debe remover todo el material hasta atravesar completamente la pieza.
- 3.- Se ubica nuevamente a la fresa en la cavidad en tal forma que apenas toque el fondo y esté en contacto con su superficie lateral. Enseguida se ejecuta un corte poco profundo en el fondo. Concluido éste se mide la profundidad del agujero, se regresa la fresa a su posición inicial y se eleva la mesa la cantidad requerida para producir la profundidad de acabado.
- 4.- A continuación la mesa se desplaza para que la fresa retire una pequeña cantidad de material de la superficie interior de la cavidad. Se selecciona el avance y se ejecuta un corte de pequeña longitud sobre la superficie lateral. Al suspender el corte se verifica el espesor de la pared con un micrómetro. Se regresa la fresa a su posición inicial, se desplaza la mesa la distancia conveniente para retirar el material necesario. La herramienta debe estar en contacto simultáneamente con la línea de trazado y con el fondo de la cavidad. En la figura 3.28b se indica la relación entre la fresa, la línea trazada

y el corte de desbaste.

- 5.- Para iniciar la operación de acabado, la mesa debe desplazarse como se indica en la figura 3.28b hasta que la herramienta llegue a la línea opuesta, trazada para identificar la dimensión de acabado, ver la figura 3.28c.
- 6.- Se embraga el avance transversal y se ejecuta un corte en la dirección indicada en la figura 3.28c, hasta casi llegar a la línea de trazado de la superficie A.
- 7.- Ahora es importante ejecutar un corte de prueba en la superficie A. Se embraga el avance longitudinal para ejecutar un corte pequeño sobre la superficie A. Concluido el corte de prueba se verifica el ancho de la cavidad en el sitio de su ejecución. La herramienta se regresa a la posición indicada en la figura 3.28d y manualmente se desplaza la mesa hasta que la fresa produzca la dimensión requerida y.
- 8.- En el extremo izquierdo de la pieza, superficie B de la figura 3.28e, debe procederse en forma semejante a la indicada en el párrafo anterior. En este caso se posiciona nuevamente a la herramienta y se verifica la dimensión x. Verificada la dimensión x, se embraga el avance transversal y se ejecuta el corte de la superficie B hasta que la mesa retorna a su posición inicial.
- 9.- Terminadas las cuatros superficies laterales, se procede a mecanizar el exceso de material existente en el fondo de la cavidad. Concluida la remoción de material, se baja la mesa y se retira la pieza.

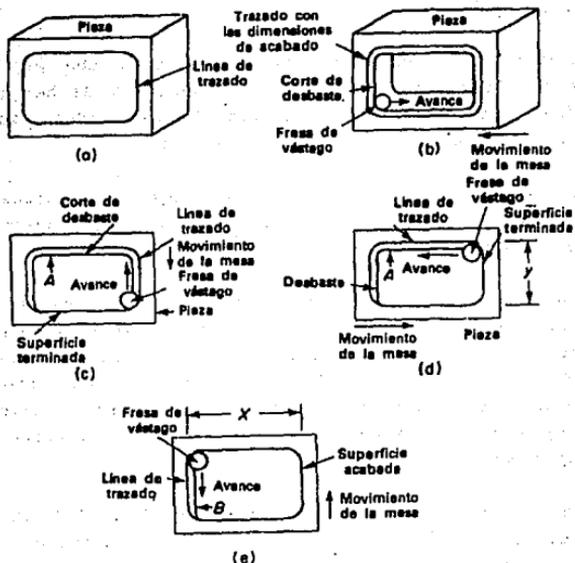


Fig. 3.28 Fresado de una cavidad

### 3.12.3 Fresado de un chaflán o de una superficie inclinada

En la figura 3.29a se indican dos formas de sujeción de un bloque para fresarle un chaflán. Chaflanes de poca inclinación pueden fresarse sujetando la pieza entre dos prismas oblicuos, como se indica en la figura 3.29b.

Para fresar superficies oblicuas las piezas deben posicionarse adecuadamente sobre la mesa, como se indica en la figura 3.29c.

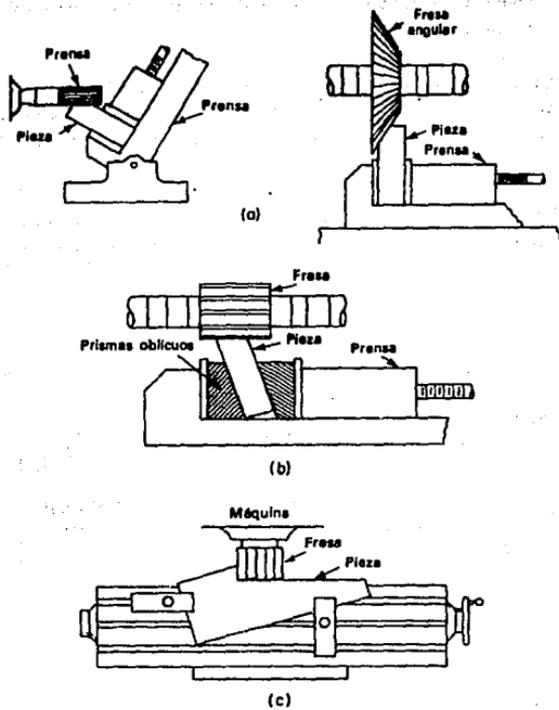


Fig. 3.29 Fresado de chaflanes y superficies inclinadas

3.12.4 Fresado de un cuadrado en el extremo de una pieza circular

En la figura 3.30a se representa la vista superior de un cabezal divisor con una pieza circular fija a él, en el extremo de la pieza ya se han fresado dos superficies planas. A continuación se gira la pieza 90° y se procede a fresar las dos superficies planas.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

faltantes. Cuando la rotación que se imprime a la pieza es  $60^\circ$ , se produce un hexágono.

En la figura 3.30b se representa la utilización de una fresa frontal para mecanizar un cuadrado o un hexágono. Este procedimiento requiere que se utilice un método adecuado para dividir.

En las figuras 3.31(a y b) se representan los fresados de una ranura, con una fresa de vástago, y de un chavetero en su eje, utilizando una fresa para chaveteros.

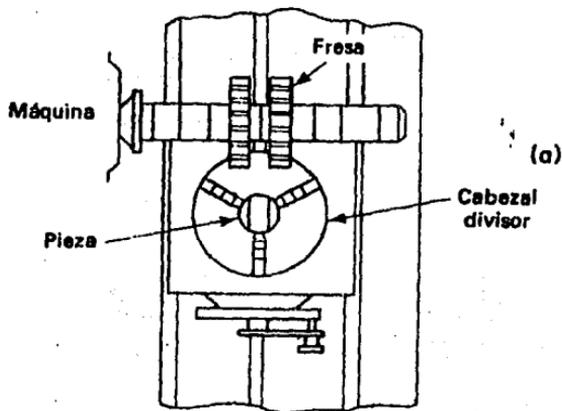


Fig. 3.30a Fresado en una pieza circular

RECIBO DE LA  
MATERIA DE  
LA UNIVERSIDAD  
DE LOS ANGELES  
EN LA CIUDAD DE  
LOS ANGELES  
CALIFORNIA

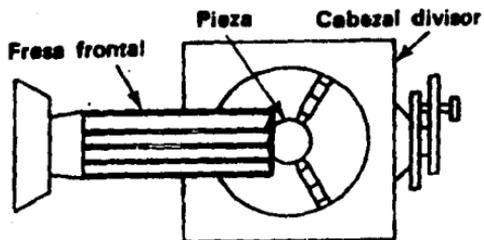


Fig. 3.30b Fresado en una superficie circular (cont.)

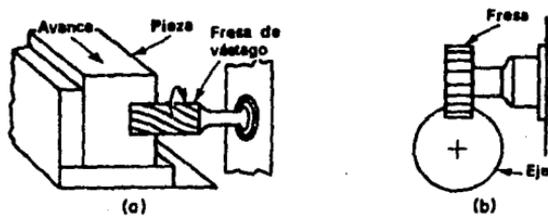


Fig. 3.31 Fresado de ranuras

*CAPITULO 4*

***CONTROL***

***NUMERICO***

#### 4.1 INTRODUCCION

Se han dado numerosas definiciones de lo que es un control numérico; como definición más simple podemos decir que "es cualquier dispositivo para controlar una máquina o un proceso mediante números". Otra definición puede ser: "El Control Numérico es un sistema que, aplicado a máquinas-herramienta, automatiza y controla todas las acciones de la máquina". Nosotros vamos a definir el control numérico como "todo dispositivo, normalmente electrónico, capaz de dirigir posicionamientos de uno o varios órganos mecánicos móviles, de forma que las órdenes relativas a sus desplazamientos son elaboradas, en forma totalmente automática, a partir de informaciones numéricas y simbólicas definidas por intermedio de un programa".

La aplicación más universalmente conocida del control numérico es como ayuda en la manufacturación. Posteriormente sus técnicas se han aplicado a otras áreas que van desde la automatización total del proceso de fabricación (máquina-herramienta, robótica, etc.) al gobierno de mecanismos de cualquier tipo, como podría ser una dirección digital de tiro.

El primer intento para dotar a un mecanismo de algún tipo de control fue realizado por Jacquard Loom que, en 1801, ideó una máquina textil que realizaba diferentes tipos de tejidos sin más que modificar un programa introducido en la máquina a través de tarjetas perforadas. Posteriormente vinieron otros intentos, como el del piano automático, que usaba un rollo de cinta perforada como medio de introducción del programa musical.

Aunque estos dispositivos eran en realidad controles automáticos, no pueden ser considerados como controles numéricos. La gran evolución del control numérico ha venido como consecuencia de su aplicación más conocida, es decir, en la mecanización de piezas. La

introducción de la automática en general y del control numérico en particular ha venido impuesta por diversas razones:

1) necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad y con calidad suficiente, sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación;

2) necesidad de obtener productos hasta entonces de muy difícil fabricación o incluso imposibles, por requerir procesos excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano;

3) necesidad de fabricar productos a precios suficientemente bajos.

Para solucionar todos estos problemas el hombre ha ideado numerosos dispositivos automáticos de tipo mecánico, electromecánico, neumático, hidráulico, electrónico, etc. Inicialmente, el factor predominante que condicionó todo automatismo fue el incremento de la productividad. Posteriormente y debido sobre todo a las nuevas necesidades de la industria, han hecho su aparición otros factores, que tomados individualmente o en conjunto, han llegado a tener enorme importancia. Entre estos nuevos factores merecen citarse por su interés la precisión, la rapidez y la flexibilidad. A partir de entonces, todos los dispositivos ideados por el hombre tienden a optimizar una función, diferente según los casos, de la productividad, precisión, rapidez y flexibilidad. No citamos la viabilidad, dada su pequeña trascendencia desde el punto de vista cuantitativo, pero gracias a estos dispositivos se han podido fabricar piezas con perfiles complejos que, de otra forma, nunca podrían haber sido mecanizadas. El primer intento de aplicar las técnicas del control numérico como ayuda a la mecanización de piezas tuvo lugar en 1942, por una imposición de la industria aeronáutica militar. La viabilidad fue el factor que, inicialmente, condicionó la aplicación de las técnicas del control numérico en la mecanización de piezas.

#### 4.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL NUMERICO

Independientemente del uso a que se destine, se puede realizar una clasificación de acuerdo con sus posibilidades para gobernar posicionamientos. Podemos distinguir tres tipos básicos: **sistemas de posicionamiento**, también llamados punto a punto, **sistemas punto a punto y paraxial**, y **sistemas de contorno**.

Supongamos una pieza colocada sobre la mesa de una máquina-herramienta (figura 4.1) y que en el punto A se quiere realizar una perforación. Sea el eje X el eje longitudinal de la mesa y el eje Y el eje transversal. En la figura, B representa la proyección del eje de la broca sobre la mesa.

El problema de llevar el punto A al punto B se puede resolver de las siguientes formas:

- 1) Accionar el motor del eje Y hasta alcanzar el punto A' y a continuación el motor del eje X hasta alcanzar el punto B (a).
- 2) Análogo al anterior pero accionando primero el motor del eje longitudinal.

Estos dos modos de posicionamiento reciben el nombre de posicionamiento secuencial y se realiza, normalmente, a la máxima velocidad que soporta la máquina.

- 3) Accionar ambos motores a la vez y a la misma velocidad. En este caso, la trayectoria seguida será una recta de  $45^\circ$ . Una vez llegado a la altura del punto B, el motor del eje Y será parado para continuar exclusivamente el motor del eje X hasta llegar al punto B (c).

Este tipo de posicionamiento recibe el nombre de posicionamiento simultáneo (punto a punto).

- 4) Accionamiento secuencial de los motores, pero realizando la aproximación a un punto siempre en el mismo sentido (d). Este tipo de aproximación recibe el nombre de aproximación unidireccional y es utilizado exclusivamente en los posicionamientos punto a punto.

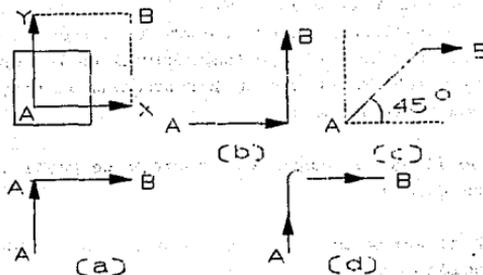


Fig. 4.1 Posicionamiento punto a punto

Estos diversos tipos de posicionamiento son los que realizan los sistemas *punto a punto*.

En un sistema punto a punto, el control determina, a partir de la información suministrada por el programa y antes de iniciarse el movimiento, el camino total a recorrer. Posteriormente se realiza dicho posicionamiento, sin importar en absoluto la trayectoria recorrida, puesto que lo único que interesa es alcanzar con precisión y rapidez el punto requerido (punto B). Como ya hemos dicho, este posicionamiento puede ser secuencial o simultáneo y se realiza, normalmente, a la velocidad máxima que soporta la máquina. Esta es la razón de que en muchos sistemas punto a punto no se

controla ni programa la velocidad de avance.

Supongamos ahora que queremos realizar el fresado de la figura 4.2. La primera operación será pasar del punto 0 al punto 1 y se realiza de alguna de las formas antes mencionadas (posicionamiento punto a punto).

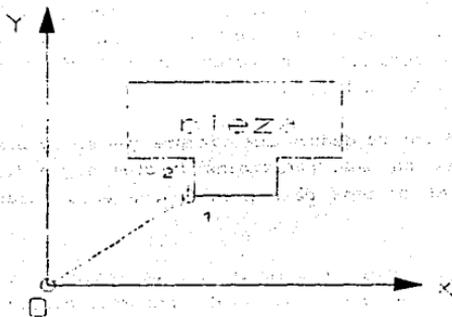


Fig. 4.2 Posicionamiento paraxial

La segunda operación será desplazar la fresa del punto 1 al punto 2. La trayectoria ahora no podrá ser cualquiera, sino que deberá ser una recta perfecta a lo largo del eje Y y sin poder rebasar, en ningún caso, el punto 2, puesto que de otra forma la pieza sería destruida. Este desplazamiento, según el eje Y, no podrá realizarse con cualquier velocidad, sino a la velocidad que permita la naturaleza del material y el diámetro de la fresa utilizada (programación de la velocidad de avance).

Este tipo de movimiento recibe el nombre de movimiento paraxial y los equipos que los realizan reciben el nombre de equipos punto a punto y paraxial. Su nombre proviene del hecho de ser capaces de

realizar movimiento según los ejes de la máquina. Los sistemas punto a punto y paraxial se usan en máquinas-herramienta tipo taladradoras y punteadoras, pudiendo ser también usados para fresados sencillos. Situémonos en el ejemplo anterior (trayecto del punto 0 al punto 1) y supongamos que diésemos una orden de posicionamiento a la velocidad máxima; en principio, la trayectoria recorrida sería una recta de  $45^\circ$ , el resultado hubiera sido catastrófico. Este nefasto resultado se habría alcanzado debido a que no existía sincronización entre los motores que gobiernan los ejes logitudinal y transversal. Por esta razón, en estos sistemas, la herramienta deberá trabajar exclusivamente según trayectorias a lo largo del eje X o del eje Y.

De todo lo anterior se deduce que siempre que se quieran realizar trayectorias que no sean paraxiales (rectas según los ejes) es necesario que el sistema de control posea unas características especiales.

Los equipos que permiten generar curvas reciben el nombre de equipos de contorno. Los sistemas de contorno controlan no sólo la posición final, sino el movimiento en cada instante de los ejes en los que se realiza la interpolación. Deberá existir una sincronización perfecta entre los distintos ejes, controlándose, por tanto, la trayectoria real que debe seguir la punta de la herramienta. Con estos sistemas se pueden generar recorridos, tales como: rectas con cualquier pendiente, arcos de circunferencia, cónicas o cualquier otra curva definible matemáticamente. Estos sistemas de contorno se utilizan en máquinas-herramientas tipo torno, pero sobre todo, para fresados complejos. Por último diremos que un equipo de control numérico paraxial podrá efectuar los trabajos que realiza un equipo punto a punto y, que un equipo de contorno podrá realizar trabajos propios de los equipos punto a punto y paraxial.

### 4.3 ARQUITECTURA GENERAL DE UN CONTROL NUMERICO

De acuerdo con la definición dada, es evidente que todo control numérico debe poseer cuatro subconjuntos funcionales:

- 1) Unidad de entrada-salida de datos y visualización.
- 2) Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes.
- 3) Unidad de cálculo.
- 4) Unidad de enlace con los elementos mecánicos.

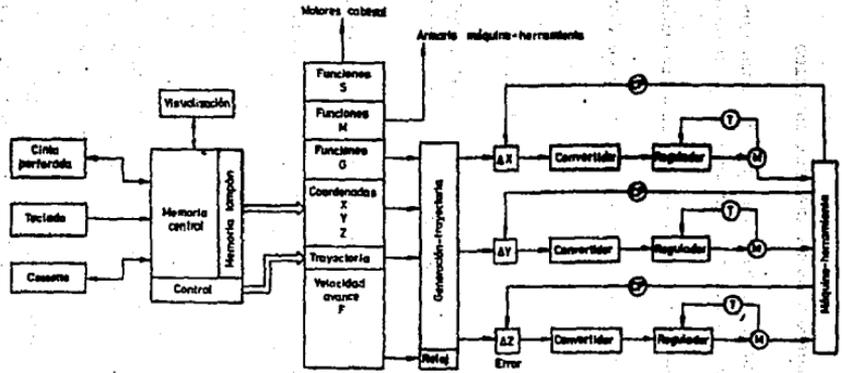
En la figura 4.3 aparece un diagrama funcional simplificado de un control numérico de máquina-herramienta que gobierna tres grados de libertad.

#### 4.3.1 Unidad de entrada-salida de datos y visualización

La unidad de entrada de datos sirve para introducir los programas en el equipo de control numérico, utilizando un lenguaje inteligible para aquél. Es el llamado lenguaje de máquina. Estos programas pueden ser incorporados en el equipo utilizando medios diferentes: cinta perforada, tarjeta perforada, cinta magnética, memoria de un computador remoto, discos flexibles o la propia memoria del control numérico. Hasta hace poco, el medio más utilizado ha sido la cinta perforada. En este caso, la introducción normal de datos se efectúa por programa completo.

Actualmente, sin embargo, aparece una tendencia clara hacia los discos flexibles o las memorias semiconductoras incluidas en el propio equipo de control. Asimismo, se está empezando a utilizar también la memoria de un computador remoto (computador supervisor) que transmite el programa por cable a la memoria interna del control numérico (*control numérico directo-descentralizado DNC*).

Fig. 4.3 Diagrama general de un control numérico de control de 3 ejes



Para almacenar la información en alguno de estos medios, el teclado es, actualmente, el método más utilizado. Existen varias posibilidades, siendo una tendencia actual que estén incorporados en el propio control. De esta forma, la entrada de un primer programa se hace directamente a través del teclado funcional (entrada manual de programas-sistemas MDI). Este teclado permite asimismo, realizar rápida y cómodamente la edición de programas directamente sobre el equipo. Funciones tales como eliminar frases, insertar frases, cambiar caracteres, etc., son realizadas en todos los equipos modernos a través del propio teclado del equipo de control. Incluso hay sistemas que sólo poseen entrada de programas a través de su teclado funcional.

Un método nuevo para introducir datos dentro de la memoria es la terminal de voz, que es capaz de reconocer diferentes códigos de voz (números, letras y otros).

Hasta hoy día, el órgano normal de visualización de datos ha sido el visualizador de siete segmentos tipo LED (diodos emisores de luz). Algunos equipos permiten la visualización completa de una frase, mientras que otros sólo permiten visualizar una parte. En ambos casos, dado el gran consumo de corriente exigido por un visualizador de muchos caracteres de gran tamaño, es necesario recurrir a técnicas de multiplexado.

Un medio de visualización que está utilizándose actualmente es la pantalla de rayos catódicos (TRC), que permite una edición de programas sumamente eficaz. La capacidad de estas pantallas y las dimensiones de sus caracteres varían mucho de unos equipos a otros, pero en cualquier caso, permite la visualización simultánea de varias frases completas del programa.

#### **4.3.2 Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes**

En los equipos actuales, tanto los de entrada de datos manual como los de programación mixta (cinta perforada o cassette y teclado),

la unidad de memoria interna presenta una importancia fundamental. En esta memoria interna está almacenado no sólo el programa principal, sino también los parámetros máquina y compensaciones (aceleración y deceleración, ceros, compensaciones y correcciones de herramienta en su caso, ganancia del servomecanismo, etc.).

La sección principal que almacena los programas de posicionamiento debe mantener su información al menos 3 días. La sección que almacena los parámetros máquina o del proceso deberá mantener su información por un período mucho más largo (un año en los equipos actuales). Esta sección suele estar protegida de tal forma que el operario no pueda modificar fácilmente su contenido.

En los equipos de concepción antigua que usaban cinta perforada como único órgano de entrada de programas, y debido a que ciertas instrucciones deben mantenerse durante un ciclo completo, se utilizaban, a fin de incrementar la velocidad de operación del sistema, memorias intermedias (buffer). Estas memorias, normalmente se duplicaban, a fin de incrementar la velocidad de operación del sistema (memorias intermedias). En los equipos actuales que, además de cinta perforada o magnética, utilizan el teclado funcional como órgano de entrada de datos, la capacidad de la memoria se incrementa notablemente, debido a que, en este caso, se debe almacenar en memoria interna el programa completo. La gran ventaja de tener el programa completo en la memoria aparece fundamentalmente en la extremada sencillez con que en estos equipos se realiza la edición de programas. Estos equipos suelen utilizar, como memoria interna, memorias no volátiles de acceso aleatorio, ya sean del tipo permanente (ferritas) o casi permanente (CMOS o MOS dinámicas). En este último caso, la información en caso de fallo de la red, deberá mantenerse en memoria durante varios días (mínimo 3 días). Para este fin se utilizan baterías recargables de níquel-cadmio de pequeña capacidad. Actualmente, la mayoría de los equipos utilizan memorias CMOS con baterías recargables.

En los equipos actuales que poseen memoria central, existen además del registro principal, registros intermedios, dado que cuando la instrucción  $n$  está siendo ejecutada, han sido ya interpretadas varias instrucciones posteriores (instrucciones  $n+1$ ,  $n+2$ , ...).

En una utilización normal, el control numérico, una vez almacenado un programa completo en memoria, inicia la lectura para su posterior ejecución. Las instrucciones se van leyendo secuencialmente. En estas instrucciones está toda la información necesaria para la ejecución de una operación de posicionamiento (cota a alcanzar, velocidad de avance, forma de realizar el trayecto, etc.). La misión de la unidad de interpretación es, a partir del programa, indicar a la unidad de cálculo el tipo de operación programada y cómo debe ejecutarse. En los equipos actuales, basados en microcomputadores o minicomputadores, la tarea de interpretación la realiza el programa intérprete, el cual suministra los datos correspondientes al programa de cálculo.

#### 4.3.3 Unidad de cálculo

Una vez interpretado un bloque de información (un conjunto de instrucciones), la unidad de cálculo se encarga de crear el conjunto de órdenes que constituirán las referencias de posición y velocidad de los servomecanismos que gobiernan los motores de la máquina o dispositivo mecánico. En este bloque de información está toda la información necesaria para la ejecución de una operación de posicionamiento, es decir: una nueva posición a alcanzar (en forma absoluta o incremental, en coordenadas cartesianas o polares, etc.), velocidad a la que debe realizarse el trayecto, trayectoria que debe describirse, además de informaciones generales (refrigeración de la herramienta, en el caso de un control numérico para máquina-herramienta, u otras).

El trayecto se puede realizar de muy diferentes formas. Puede ser un simple posicionamiento o la descripción de un contorno complicado. En el segundo caso, la unidad de cálculo deberá

realizar diversas operaciones, algunas bastante complejas.

En el caso de un posicionamiento punto a punto no será preciso generar ninguna trayectoria, ni realizar ninguna operación compleja. La unidad de cálculo es, en este caso, un simple sumador-restador que calcula el camino total a recorrer para cada uno de los ejes y el sentido del desplazamiento.

Cuando el control numérico posee contorno, la frase del programa correspondiente deberá suministrar todos los datos adicionales necesarios. Entre estos datos deberá estar el tipo de trayectoria a realizar. Esta trayectoria podrá ser una de las posibles trayectorias que el control puede generar u otra trayectoria distinta. En el primer caso, la unidad de cálculo procederá a la generación de la trayectoria programada, realizando el proceso de convertir una curva definida matemáticamente en un conjunto de pequeños pasos (puntos intermedios) a lo largo de los ejes del dispositivo mecánico (máquina-herramienta, robot, etc.). En el caso del control numérico para máquina-herramienta, se procederá previamente a realizar la correspondiente compensación de herramienta, creando un nuevo contorno paralelo al de la pieza que deberá describir el eje de la herramienta durante la mecanización.

En el segundo caso, se deberán encontrar todos los puntos intermedios que, posteriormente, puedan ser unidos mediante curvas que el control pueda generar. La curva así obtenida deberá cumplir unas condiciones necesarias de tolerancia. Este proceso de traslación a un conjunto de curvas generables por el control lo realiza un computador de aplicación general, utilizando un lenguaje llamado interpolación, del que se hablará posteriormente. Actualmente, existe una clara tendencia a que este proceso se realice, al menos en casos sencillos, en el propio control. Incluso, es concebible que, en un futuro no lejano, un lenguaje procesador sencillo estuviera residente en el propio equipo de control sin necesidad de ningún computador externo, como se realiza actualmente.

Posteriormente hablaremos del proceso de translación cuando se introduzca el concepto de programación con ayuda de computador. Nos ocuparemos ahora del segundo proceso, es decir, la generación de trayectorias propiamente dichas o proceso de interpolación.

*Interpolación* es un método para obtener, dado un punto cualquiera de una curva, un nuevo punto, de tal forma que la trayectoria obtenida (conjunto de puntos) sea una aproximación satisfactoria de la curva programada (dentro de una trayectoria t).

Así, por ejemplo, se puede definir una circunferencia como un número infinito de segmentos unidos entre sí hasta obtener una curva cerrada. Cada segmento equidista de un punto central. Para obtener una circunferencia perfecta sería necesario utilizar un número infinito de segmentos. Un control numérico, sin embargo, es fundamentalmente digital y finito y, por tanto, para aproximar una curva de cualquier tipo, debe crear un número suficiente de puntos, a fin de obtener la curva con la precisión deseada. Estos puntos se unen posteriormente mediante segmentos. Esta afirmación es válida para cualquier curva, siendo posible describir la curva más complicada sin más que utilizar un número de puntos suficiente.

Existen fundamentalmente cuatro tipos de interpolación: lineal, circular, parabólica y cúbica. La interpolación lineal es la más interesante pues, como ya hemos dicho, cualquier curva puede ser aproximada mediante segmentos, de longitud apropiada. Sin embargo, el número de segmentos puede ser muy grande. Así, por ejemplo, podemos aproximar una circunferencia mediante cuatro segmentos obteniéndose un cuadrado. Evidentemente, la precisión obtenida sería muy pobre. Serán necesarios cientos de cuerdas para obtener una circunferencia con una precisión aceptable. Si la curva fuera más complicada podrían necesitarse miles de puntos discretos, posteriormente conectados mediante líneas rectas.

Supongamos que tenemos que programar un arco de circunferencia y que el sistema de control numérico sólo es capaz de generar líneas

rectas definidas por sus coordenadas iniciales y finales. Es fácil suponer que deberían ser programadas y almacenadas en memoria miles de coordenadas. Aproximadamente, se podría decir que, la longitud de un programa es directamente proporcional al número de coordenadas programadas.

Si la curva a generar fuera más complicada, la longitud del programa podría ser enorme. Es evidente, por tanto, que para describir trayectorias no rectas, es muy conveniente que el control genere, en tiempo real, todos los puntos intermedios necesarios, mediante algún tipo de interpolación circular, parabólica o cúbica.

Para generar un arco de circunferencia, un control numérico con interpolación circular la única información que necesita son las coordenadas del punto final del arco, el radio de la circunferencia, las coordenadas del centro y la dirección del movimiento. El programa interpolador será el encargado de dividir el arco en segmentos de longitud apropiada. El cálculo de estos puntos los realiza dicho programa, siendo posteriormente utilizados como referencias de posición y velocidad por los correspondientes servomecanismos.

Análogamente, numerosas curvas de segundo y tercer grado, pueden ser aproximadas con una serie de arcos generados mediante un interpolador circular. Esta aproximación de curvas mediante arcos de circunferencia, la realiza un programa especial, programa procesador, utilizando una computadora de aplicación general (programación con ayuda de computadora).

Un paso más en el proceso de interpolación es la interpolación parabólica, que encuentra su mayor aplicación en curvas libres (curvas no analíticas). Un interpolador parabólico genera, a partir de tres puntos no alineados, una parábola completa o una parte de ella. Mediante arcos parabólicos se pueden aproximar fácilmente curvas muy complejas. Esta aproximación la realiza, como anteriormente, el programa procesador. Actualmente, este tipo de

interpolación parabólica está proliferando en los sistemas de control numérico por su gran aplicación en la industria del automóvil.

Análogamente y debido fundamentalmente a la industria automotriz y aeronáutica está divulgándose la interpolación cúbica o interpolación de curvas de tercer grado. Utilizando esta interpolación cúbica es posible generar curvas muy complejas con un número pequeño de datos de entrada al interpolador. La interpolación cúbica, además, presenta la gran ventaja que permite conectar curvas diferentes entre sí, sin discontinuidades. Su aplicación se extiende, además, a la descripción de superficies esculturales mediante parches, generalmente bicúbicos.

Recordemos, por tanto, haciendo un resumen de todo lo anterior, que los métodos de interpolación circular, parabólica, cúbica o cualquier otra son extensiones de la interpolación lineal. Su fin principal es eliminar la gran cantidad de puntos necesarios que tienen que ser programados y almacenados en memoria. Con una interpolación de estos tipos, sólo es necesario describir y programar la curva correspondiente, siendo el control el encargado de generar todos los puntos intermedios de acuerdo con la curva y la precisión requerida.

Para desarrollar un algoritmo de interpolación se pueden utilizar técnicas analógicas (*interpolador analógico*) o técnicas digitales (*interpolador digital o numérico*). La principal ventaja del interpolador analógico reside en que produce respuestas instantáneas y continuas; por contra, tiene la enorme desventaja de su falta de precisión. En el interpolador digital la precisión es, prácticamente, ilimitada. Esta es la razón por la que en control numérico sólo se utilice el interpolador numérico como órgano de generación de curvas.

En la práctica existen dos técnicas básicas de interpolación numérica: interpolación por impulsos de referencia, también

denominados de desplazamiento constante e interpolación por palabras de referencia, también denominadas de intervalo de tiempo constante. En la interpolación por impulsos de referencia se genera un tren de impulsos, siendo cada impulso equivalente a un desplazamiento elemental (unidad básica de longitud o resolución del sistema). El número de impulsos del tren depende del desplazamiento total a realizar y su frecuencia de la velocidad exigida para ese eje. La relación entre el número de impulsos para distintos ejes en cada  $\Delta T$  es función de la curva generada. Evidentemente, el interpolador generará un tren de impulsos para cada uno de los ejes del sistema.

En la interpolación por palabras de referencia, la nueva posición para cada eje no se calcula en cada desplazamiento elemental sino a intervalos de tiempo fijos. La velocidad de interpolación en este caso no estará limitada por el computador. Estos métodos se usan con los servomecanismos digitales de control de posición.

#### **4.3.4 Unidad de enlace con los elementos mecánicos (servomecanismos de control de posición)**

La función principal de un control numérico es gobernar los motores de una máquina a fin de producir un desplazamiento en uno o varios ejes. En la máquina-herramienta se produciría un desplazamiento relativo entre la herramienta y la pieza situada sobre la mesa. Para un desplazamiento en el plano sería necesario accionar dos motores, en el espacio tres motores, etc. En el caso de un control numérico punto a punto y paraxial, las órdenes suministradas a cada uno de los motores no tienen ninguna relación entre ellas. Sin embargo, en un sistema con contorno las órdenes deberán estar relacionadas según una ley bien determinada.

Para el control de los motores del dispositivo mecánico se pueden crear dos tipos de servomecanismos: en lazo abierto y en lazo cerrado.

En un servomecanismo en lazo abierto las órdenes se envían a los motores a partir de la información suministrada por la unidad de cálculo, que calcula la distancia a recorrer y la velocidad de posicionamiento. En este caso, el servomecanismo no recibe información ni de la posición real ni de su velocidad real (no existe realimentación). Para este tipo de servomecanismos los accionamientos suelen ser motores de paso a paso. Sólo se utilizan cuando no se prevén perturbaciones en el sistema.

En los servomecanismos en lazo cerrado, las órdenes suministradas a los motores dependen a la vez de las informaciones enviadas por la unidad de cálculo y de las informaciones suministradas por el sistema de medida de la posición real (captador de posición) y de la velocidad real (tacómetro) (figura 4.4).

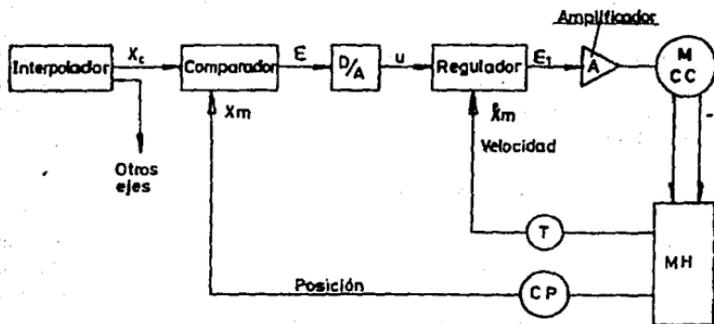


Fig. 4.4 Diagrama de bloques de un servomecanismo de control de posición

Existen fundamentalmente dos tipos de servomecanismos en lazo cerrado, relacionados fundamentalmente con dos diferentes formas de deceleración. La fase de deceleración puede adoptar dos formas distintas, según las características mecánicas de la máquina y la naturaleza de los motores de avance: deceleración por escalones y

deceleración continua. El sistema de deceleración continua y controlada es el único utilizado hoy, ya que permite tiempos de posicionamiento muy inferiores. Según que la interpolación sea del tipo impulsos de referencia o palabras de referencia, existen dos tipos de servomecanismos de control de posición. En el primer caso, el servomecanismo de control de posición es de tipo continuo (semicontinuo). En el segundo tendremos un servomecanismo muestreado, también denominado digital. En este último caso, que es el habitual, el computador cierra el lazo de control de posición.

#### **4.4 EL CONTROL NUMERICO PARA MAQUINA-HERRAMIENTA**

De entre todas las posibles aplicaciones del control numérico, la más conocida y extendida es como ayuda en la mecanización de piezas. Contrariamente a lo que se pudiera pensar, el Control Numérico de máquinas-herramienta no fue concebido para mejorar los procesos de fabricación, sino para dar solución a problemas técnicos surgidos a consecuencia del diseño de piezas cada vez más difíciles de maquinar.

##### **4.4.1 Historia del Control Numérico**

En 1942, la "Bendix Corporation" tuvo problemas con la fabricación de una leva tridimensional para el regulador de una bomba de inyección para motores de avión. El perfil tan especial de dicha leva es prácticamente imposible de realizar con máquinas comandadas manualmente.

La dificultad provenía de combinar los movimientos del útil simultáneamente según varios ejes de coordenadas, hallando el perfil deseado. Se acordó entonces confiar los cálculos a una máquina automática que definiera gran número de puntos de la trayectoria, siendo el útil conducido sucesivamente de uno a otro.

En 1947, John Parsons, constructor americano de hélices de helicóptero, concibe un mando automático con entrada de información numérica.

Antes, en su afán por controlar la forma de las hélices, así como su paso, Parsons debía utilizar un gran número de plantillas y su realización estaba lejos de ser rápida y económica.

La idea de utilizar cartas perforadas (transportando las coordenadas de los ejes de los agujeros) en un lector que permitiera traducir las señales de mando a los dos ejes, permite a Parsons desarrollar su sistema Digitón.

En esta época, la U.S. Air Force estaba preocupada con la fabricación de estructuras difíciles de trabajar por copiado y susceptibles de ser modificadas rápidamente. Gracias a su sistema Parsons obtiene un contrato y el apoyo del "Massachusetts Institute of Technology" M.I.T. (Laboratorio de servomecanismos).

El Gobierno americano apoya la iniciativa para el desarrollo de una fresadora de tres ejes en contorneado mandado por control digital.

En 1953, después de cinco años de puesta a punto, el M.I.T. utiliza por primera vez el nombre de "Numerical Control".

En 1956, la U.S.A.F. hace un pedido de 170 máquinas de Control Numérico a tres grandes constructores americanos:

- \* Cincinnati Milling Machine Company,
- \* Giddin & Lewis,
- \* Kearney & Trecker.

Paralelamente a esta evolución, ciertos constructores se interesan por el desarrollo de máquinas más simples para trabajos tales como taladrado, mandrinado y punteado, que no requieren ningún movimiento continuo, pero sí un posicionamiento preciso.

De aquí que, en contra de lo que pudiera parecer, el Control Numérico Punto a Punto hizo su aparición más tarde que el Control Numérico en contornoado. Después aparecería el Control Numérico Paraaxial.

De esta forma se ha visto que la necesidad industrial de la aeronáutica fue la que creó la demanda de sistemas continuos complejos. El paso de complejos a simples revolucionó los procesos de fabricación.

En 1960, también en el M.I.T., se realizaron las primeras demostraciones de Control Adaptable (un perfeccionamiento del Control Numérico que permite, además, la autorregulación de las condiciones de trabajo de las máquinas.

A finales de 1968 tuvieron lugar los primeros ensayos de Control Numérico Directo - CND - (que se analizarán posteriormente).

En general, el incremento en la utilización de máquinas-herramienta con CN se debe a que un gran número de problemas, que se consideraban bien resueltos por los métodos de trabajo clásicos, pueden tener una respuesta ventajosa desde el punto de vista técnico mediante la utilización de dichas máquinas.

#### 4.4.2 Ambito de aplicación del Control Numérico

El ámbito de aplicación del control numérico en máquina-herramienta es algo dinámico, que se amplía día a día. La razón primordial hay que buscarla en la utilización de los microprocesadores. Tanto el número total de piezas como su complejidad influyen en su campo de aplicación. En la figura 4.5 aparecen estas ideas generales.

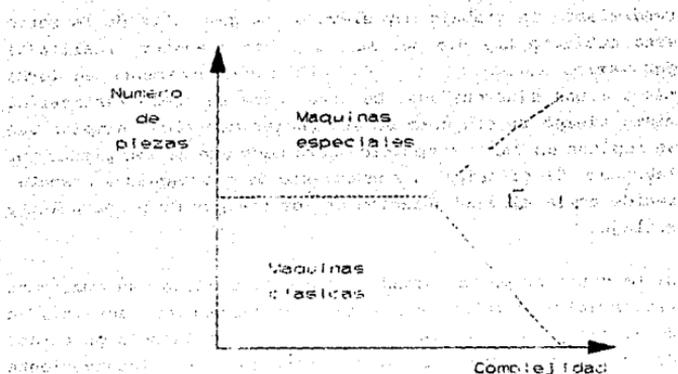


Fig. 4.5 Ámbito de aplicación del control numérico de máquina-herramienta

Como ya mencionamos antes, las cuatro variables fundamentales que inciden en la bondad de un automatismo son: productividad, precisión, rapidez y flexibilidad. De acuerdo con estas variables, vamos a analizar los distintos tipos de automatismos, a fin de elegir el más conveniente, de acuerdo con el número de piezas que se han de fabricar. Aunque este número no define unívocamente el tipo de automatismo más adecuado; sin embargo, en la gran mayoría de los casos suministra un índice muy importante para dicha elección.

**Serie de fabricación:**

**a) Grandes series (> 10000 piezas).**

Para responder al problema de la gran serie, se utilizan automatismos secuenciales mecánicos, neumáticos, hidráulicos o electromecánicos. Si la serie es muy grande, el automatismo debe permitir el trabajo simultáneo de varias cabezas que, a su vez, permitan unas cadencias muy grandes y, por tanto, un

rendimiento de trabajo muy elevado. La gama alta de la serie está cubierta hoy día por las máquinas transfer, realizadas por varios automatismos trabajando simultáneamente en forma más o menos sincronizada. De esta forma se puede realizar al mismo tiempo un conjunto de secuencias mecánicas simples que se repiten en forma automática para cada una de las piezas por fabricar. El principal inconveniente de las máquinas transfer reside en la elevada duración de los tiempos de preparación y reglaje.

Si la serie no es tan grande, se pueden utilizar automatismos secuenciales simples en los que las secuencias mecánicas se desarrollan, la mayoría de las veces, unas después de otras. Estos automatismos también presentan el inconveniente mencionado, es decir, tiempos de preparación y reglaje demasiado largos. Ejemplo de estas máquinas son los tornos automáticos.

b) Series medias (entre 50 y 10000).

Para resolver el problema de la fabricación de piezas dentro de estas series se utilizan hoy día tres tipos de automatismos:

- 1.- Copiadoras.
- 2.- Controles programados numéricamente.
- 3.- Controles numéricos.

La utilización de un automatismo u otro dependerá de la precisión, flexibilidad y rapidez exigidas.

Cuando la precisión y el tiempo de fabricación no son factores primordiales, las copiadoras presentan la ventaja de su economía. Existen copiadoras mecánicas, hidráulicas, electromecánicas o electrónicas con las cuales la pieza que se ha de fabricar se realiza por desplazamiento del útil que

reproduce exactamente el desplazamiento de un palpador.

Los controles programados numéricamente incorporan numerosas ventajas, pero presentan una clara falta de flexibilidad por la limitación del número de secuencias mecánicas realizables.

El control numérico será especialmente interesante cuando las fabricaciones se mantengan en series comprendidas entre 5 y 1000 piezas que deberán ser repetidas varias veces durante el año. El control numérico dentro de este intervalo presenta notables ventajas.

c) Series pequeñas (>5 piezas).

Para estas series, la utilización del control numérico no suele ser rentable, a no ser que la pieza fuera bastante compleja, y que pueda efectuarse su programación con ayuda de una computadora (programación automática). En otro caso, los gastos de programación resultarían demasiado elevados con relación a los costos de maquinado.

Para menos de 5 piezas, los maquinados en máquinas convencionales serán, en general, más económicos.

En la figura 4.6 puede verse una gráfica en la que aparecen, en los ejes, el número de piezas y el precio de ejecución de una pieza.

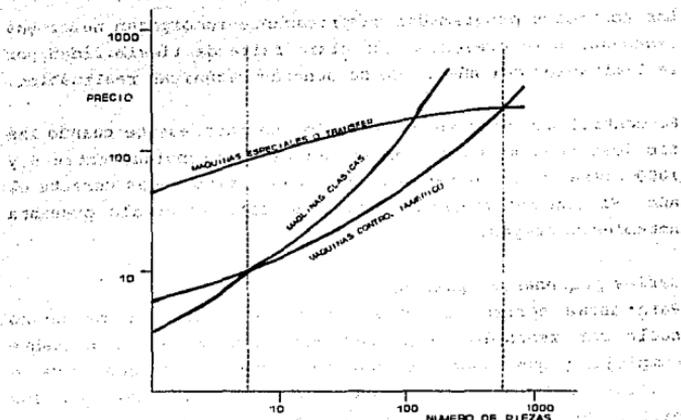


Fig 4.6 Precio de ejecución de una pieza en función del número de piezas

#### 4.4.3 Ventajas del control numérico

De todo lo anterior se deduce que siempre que las series de fabricación se mantengan dentro de unos límites medios (se ha dado como orden de magnitud entre 5 y 1000 piezas), el control numérico representa la solución ideal dadas las notables ventajas que se obtienen de su utilización. Entre estas ventajas merecen citarse las siguientes:

- \* Posibilidad de fabricación de piezas casi imposibles o muy difíciles. Gracias al control numérico se han podido obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones. Es muy corriente, en la construcción aeronáutica, maquinar piezas cuyo peso final representa 1/6 del peso de la pieza bruta inicial.

- \* Precisión. Esta ventaja se debe, en primer lugar, a la mayor precisión de la máquina-herramienta de control numérico respecto a las máquinas clásicas.

Otro factor que también influye en la precisión proviene del hecho de que una máquina-herramienta para control numérico es, en general, más universal que las máquinas clásicas y, por tanto, podrán hacerse más operaciones con la misma máquina.

Las precisiones alcanzadas en las máquinas-herramienta con control numérico van de 1 a 10  $\mu$ .

- \* Reducción de los tiempos de ciclos operacionales. Las causas principales de la reducción al mínimo de los tiempos superfluos son:

- trayectorias y velocidades más ajustadas que en las máquinas convencionales;
- menor revisión constante de los planos y hojas de instrucciones;
- menor verificación de medidas entre operaciones.

- \* Ahorro de herramientas y utillaje. El ahorro en concepto de herramientas se obtiene como consecuencia de la utilización de herramientas más universales.

En cuanto al ahorro de utillajes, se obtiene por el menor número de operaciones en máquinas distintas.

- \* Mayor precisión e intercambiabilidad de las piezas.
- \* Reducción del porcentaje de piezas defectuosas.
- \* Reducción del tiempo de cambio de pieza.
- \* Reducción del tamaño del lote.

- \* Reducción del tiempo de inspección. Dado que la probabilidad de que se produzcan piezas defectuosas dentro de una serie es menor, pueden evitarse inspecciones intermedias entre ciclos.
- \* Flexibilidad para modificar rápidamente los programas pieza.

Aunque el CN se ha orientado fundamentalmente hacia máquinas-herramienta que trabajan por arranque de viruta, su utilización no queda restringida a estas aplicaciones. A título ilustrativo, se relacionan a continuación diversos tipos de máquinas que trabajan conectadas a CN:

- Taladradoras
- Fresadoras
- Mandrinadoras
- Tornos
- Centros de maquinado
- Rectificadoras
- Funzonadoras
- Máquinas de electroerosión
- Máquinas de soldar
- Máquinas de oxicorte
- Dobladoras
- Plegadoras
- Máquinas de dibujar
- Máquinas de trazar
- Bobinadoras
- Máquinas de medir por coordenadas
- Manipuladores
- Robots, etc.

#### 4.5 PROGRAMACION DE UN CONTROL NUMERICO PARA MAQUINA-HERRAMIENTA

Una vez estudiada la arquitectura y el funcionamiento de un control numérico, vamos a analizar cómo se realiza su programación, es decir, mediante qué lenguaje un operador humano introduce en el control los datos del mecanizado.

En los casos sencillos, el programador parte de un dibujo en el que están mencionadas todas las coordenadas y las líneas que las conectan. Sin embargo, si la pieza es complicada y sobre todo si contiene superficies, el proceso de introducir un dibujo en el control se está empezando a realizar mediante técnicas de exploración y digitalización. La digitalización es un método por el que, de un dibujo a escala, se obtienen todas las coordenadas necesarias para desarrollar un programa para control numérico. Mediante este método se puede reducir un cuerpo a información digital discreta, que puede ser trasladada a un programa generado automáticamente por una computadora a partir de la información digital antes mencionada (copiado electrónico). La computadora calcula un número suficiente de puntos discretos como para producir un programa de control numérico satisfactorio. Todas las unidades de digitalización tienen posibilidades de edición o revisión de los datos recogidos. Es posible, por tanto, obtener los datos básicos por uno u otro método y luego corregirlos. Así, por ejemplo, es posible explorar y recoger datos aproximados y luego llamar a una rutina de la computadora que los adaptará a una curva con unas condiciones prefijadas. En estos casos el sistema de edición suele poseer una pantalla o un trazador gráfico.

Cuando un programador quiere generar un programa de mecanizado (una pieza) puede utilizar métodos distintos según la complejidad de la pieza.

- 1) *Programación manual.* En este caso el programa se realiza en lenguaje de máquina, utilizando únicamente razonamientos y cálculos que realiza el operario. La programación en lenguaje

de máquina requiere que los extremos de todos los segmentos, de todos los arcos de circunferencia y las coordenadas de sus centros, hayan sido calculados previamente.

2) **Programación automática o con ayuda de una computadora.** En este caso se utiliza una computadora de propósito general como ayuda en la programación, de tal forma que suministre en su salida el programa de la pieza en lenguaje de máquina. La ayuda en la computadora puede realizarse, como luego veremos, de muy distintas formas y con unas posibilidades también distintas.

#### 4.5.1 Programación manual

El *lenguaje de máquina* comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza. Estos datos de mecanización deben suministrarse al control numérico en un lenguaje que aquél conozca, es decir, en lenguaje de máquina.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se numeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones son interpretadas por el *intérprete de órdenes*.

La distribución de informaciones dentro de un bloque de programa está caracterizada por el *formato*. El formato de programación puede ser fijo o variable.

Un formato fijo es aquel en el cual el número de caracteres y su función, definida por el emplazamiento de un carácter en el interior de el bloque, son constantes. El significado de un conjunto de cifras, depende de su situación dentro de un bloque de programa. Recuérdese que un carácter es el símbolo utilizado para representar una información, ya sea numérica (cifras de 0 a 9), ya sea alfanumérica (con letras de la A a la Z). Este formato fijo es tremendamente rígido y, en la actualidad, está en desuso.

En cada bloque perteneciente a un programa de formato variable, puede haber un número variable de instrucciones. Cada instrucción se compone de una letra llamada dirección, y de una parte numérica, constituida por un cierto número de cifras decimales. La dirección identifica el significado de la parte numérica. Las cifras decimales pueden indicar la amplitud de los desplazamientos, las velocidades de avance, indicaciones auxiliares para el control (refrigeración, cambio de útil, etc.), correcciones de herramienta, etc.

El formato de programación de un equipo de control suministra al programador las reglas del juego, es decir, la forma en que aquél debe realizar la programación en lenguaje de máquina. Asimismo, el formato permite medir de alguna forma la potencia de un equipo de control numérico.

Una *secuencia* o *bloque de programa* debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado. Un bloque de programa consta de varias instrucciones. El formato de una instrucción indica la forma en que esta instrucción debe ser correctamente escrita. Cada instrucción consta de una letra, que puede ser mayúscula o minúscula, según utilicemos código ISO o EIA (ver apéndice), signo y cifras. Cada letra, llamada dirección, va seguida de una o dos cifras decimales. Algunas veces estas cifras decimales están separadas por un punto.

La primera cifra decimal que sigue a la dirección indica el número máximo de cifras a la izquierda de la coma. La segunda, si existe, indica el número máximo de cifras a la derecha de la coma. A veces, una dirección va seguida de un signo (+). El signo (+) indica la posibilidad de emplear los signos positivo y negativo en la programación absoluta.

Así, por ejemplo, un formato  $X + 4.2$  indica que en el programa en lenguaje de máquina, la cota  $X$  puede poseer un número máximo de cuatro cifras a la izquierda y dos a la derecha de la coma.

Cuando los ceros a la derecha y a la izquierda puedan ser omitidos, la designación por dos cifras deberá ser cambiada en designación mediante tres cifras. En el caso en que los ceros a la izquierda puedan ser omitidos, la primera cifra será un cero. Así, por ejemplo, la instrucción  $X + 04.2$  indica la posibilidad de no escribir los ceros a la izquierda. En el caso en que los ceros a la derecha puedan ser omitidos, la última cifra será un cero.

Cuando un caracter correspondiente a una dirección va seguido de una única cifra, dicha cifra indica el número máximo de cifras que pueden utilizarse.

Aunque cada fabricante de equipos de control numérico utiliza sus propias direcciones, vamos a comentar los caracteres más comúnmente usados como dirección, indicando su significado en cada caso.

- 1) N es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. La dirección N, normalmente, va seguida de un número de tres o cuatro cifras (formato N03 o N04). En el caso de formato N03, el número máximo de bloques que pueden programarse es 1000 (N000 hasta N999). El número de bloque es la primera instrucción de cada secuencia de programa. En un programa pueden existir secuencias opcionales, que son secuencias especiales de programa que están caracterizadas por una barra inclinada (/) delante del número de secuencia. Estas secuencias serán o no ejecutadas, según la posición del interruptor de secuencias opcionales situado en el panel de mandos del control.
- 2) X, Y, Z son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina-herramienta. Actualmente, su formato de programación suele ser  $X, Y, Z + 04.3$ . Por tanto, como la cota se expresa directamente en milímetros, utilizando este formato deducimos que la distancia máxima programable es  $\pm 9.999,999$  mm ( $\pm 10$  metros) y la mínima  $\pm 0,001$  mm (resolución 1  $\mu$ ). Recuérdese que las cotas se pueden programar en forma

absoluta o relativa.

- 3) G es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Estas funciones preparatorias se utilizan para informar al control de las características de la operación del mecanizado. Dependiendo de las diferentes casas comerciales, las funciones preparatorias se utilizan para programar funciones, tales como: forma de la trayectoria, corrección de la herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos y programación absoluta o incremental. Normalmente la dirección G va seguida de un número de dos cifras, que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes (formato G2). Todas las funciones G son reconocidas por el control.
  
- 4) M es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que debe realizar operaciones tales como: parada programada, rotación del husillo a derechas o izquierdas, cambio de útil, etc. Normalmente, la dirección M va seguida de un número de dos cifras, lo que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes (formato M2). Algunas funciones M son reconocidas por el control, debiendo las restantes decodificarse externamente.
  
- 5) F es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Normalmente, va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min. A veces se utiliza la instrucción F0000 para programar la velocidad máxima de la máquina (posicionamiento). Su formato es, por tanto, F04. En algunos equipos la velocidad de avance se puede expresar en mm/vuelta, a través de una función preparatoria.
  
- 6) S es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo. Actualmente, la velocidad de giro del husillo se programa

directamente, en revoluciones por minuto, usando 4 decimales y pudiéndose eliminar los ceros iniciales (formato S04). En algunos equipos, la velocidad de giro se programa codificada en código BCD, existiendo una cierta relación entre el código y la velocidad de giro real.

- 7) I, J, K son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z las direcciones J y K (figura 4.7). Su formato de programación es el mismo que para la programación de cotas, es decir, I, J, K + 04.3.

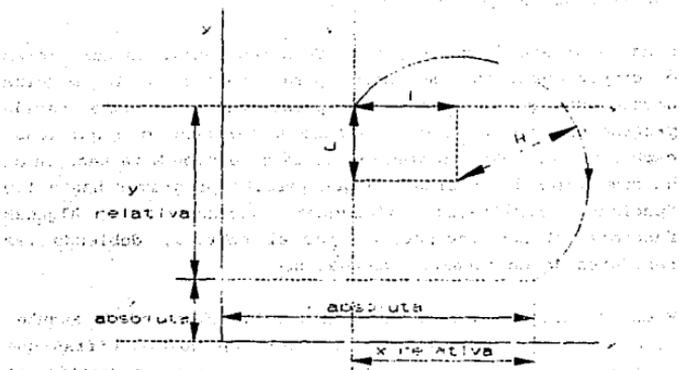


Fig. 4.7 Programación de arcos de circunferencia

- 8) T es la dirección correspondiente al número de herramienta. Actualmente y fundamentalmente en equipos de control para tornos, bajo la dirección T se programan independientemente el número de herramienta y el número de la corrección de herramienta. Así, por ejemplo, un formato T4 en equipos para fresadoras-mandrinadoras significa poder programar hasta

10.000 herramientas (radio y longitud). Sin embargo, este mismo formato T4 en equipos para tornos indica que se pueden programar hasta 100 herramientas y hasta 100 correcciones. Las dimensiones de cada herramienta suelen estar almacenadas en un fichero, en la memoria del equipo.

Además de estas direcciones prácticamente normalizadas y, por tanto, comunes a todos los equipos de control numérico, existen otras posibles direcciones no universales y que para cada equipo de control tienen un significado diferente.

Un formato de programación manual utilizando exclusivamente las instrucciones antes mencionadas, sería (formato métrico):

N04 G2 X + 04.3 Y + 04.3 Z + 04.3 I + 04.3 J + 04.3 K + 04.3 F04  
S04 T4 M2

#### 4.5.2 Programación con ayuda de computadora

En el caso de la programación manual, el programador debe realizar las siguientes operaciones:

- 1) Descomponer el mecanizado de la pieza en operaciones elementales, definiendo, además, las diversas correcciones del útil y demás órdenes tecnológicas (velocidad de avance, velocidad de rotación del husillo, etc.).
- 2) Determinar el orden preferencial de las distintas operaciones.
- 3) Definir las curvas y superficies mediante curvas de las que el control puede generar con la interpolación correspondiente. En este punto es fundamental tener en cuenta la precisión exigida en la mecanización.
- 4) De acuerdo con cada control numérico y su formato de programación característico, escribir en lenguaje de máquina

el listado del programa.

- 5) Introducir el programa, ya sea a través del teclado, o a través de otros medios: cinta perforada, terminal, etc.

Como puede observarse, la realización de todas estas tareas puede resultar bastante engorrosa y difícil, pudiendo además producir numerosos errores humanos. Los cálculos pueden alargarse extraordinariamente, siendo incluso imposible la realización de algunos, sin contar con la ayuda de un equipo informático.

Por todas estas razones, la programación manual para casos complicados está dejando de utilizarse en favor de la programación automática o automatizada, es decir, programación realizada con la ayuda de una computadora de aplicación general.

Utilizando la programación automática, se limita el papel del programador a la elaboración de las órdenes de mando, quedando como tareas de la computadora todas las operaciones que la computadora realiza a mucha más velocidad y con una probabilidad mínima de cometer errores. Entre otras, la computadora realiza las siguientes tareas:

- 1) Calcula automáticamente las cotas características del mecanizado.
- 2) Realiza la composición automática de los bloques de información.
- 3) Detecta y corrige los errores.
- 4) Permite la definición de subprogramas para su utilización en las operaciones repetitivas del mecanizado.
- 5) La mayoría de los programas son del tipo conversacional y permiten una modificación inmediata del programa.

- 6) **Gobierna la perforación automática de la cinta, según el código ISO o EIA.**

En general, un proceso de programación automática se realiza siguiendo los pasos siguientes:

- a) **Llamar a uno o dos programas, según los casos, que estarán en la biblioteca de programas de la computadora y que van a pasar a la memoria central.**
- b) **Introducir, utilizando un lenguaje especial, el programa de la pieza a mecanizar.**
- c) **Procesar este programa, realizando la computadora todos los cálculos necesarios.**
- d) **Adaptar el resultado al lenguaje de máquina característico del control numérico.**

Los datos de entrada están constituidos por informaciones suministradas por el programador, relativas a la orientación de la pieza, su descripción geométrica, la secuencia de operaciones de mecanización, características de las herramientas y, finalmente, las operaciones auxiliares.

Todas estas instrucciones deberán ser escritas de acuerdo con un lenguaje previamente elegido, del que se hablará posteriormente. Para que esta operación sea inteligible para la computadora, se deberá introducir previamente el *programa compilador*, que consiste en el conjunto total de instrucciones que componen el lenguaje elegido y que, normalmente, está almacenado en un disco.

La computadora calcula las coordenadas de los puntos a alcanzar por la herramienta en cada operación elemental. Posteriormente, y utilizando las características del control numérico utilizado, genera el programa de la pieza a mecanizar en lenguaje de máquina.

Este programa lo suministra la computadora en forma de tarjetas, cintas perforadas o discos, así como el correspondiente listado. En la figura 4.8 pueden verse las distintas fases de una programación con ayuda de computadora.

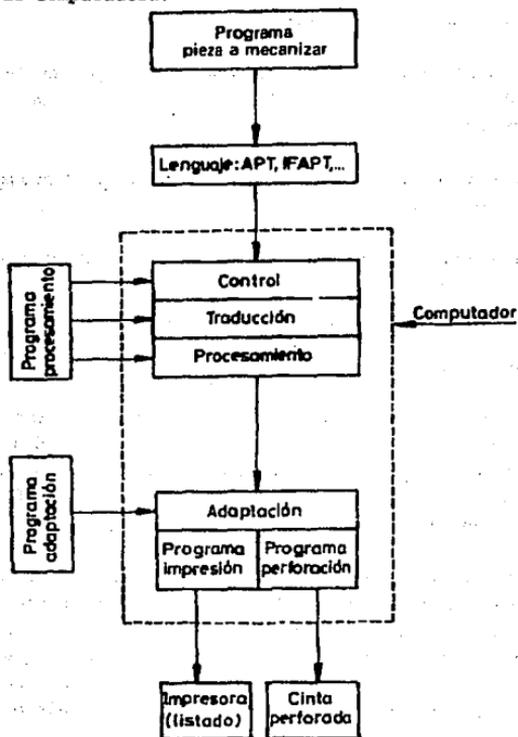


Fig. 4.8 Distintas fases de un proceso de programación con ayuda de computadora

En la actualidad existen numerosos lenguajes de programación automática utilizados en control numérico. Pueden clasificarse según dos categorías:

- 1) lenguajes generales
- 2) lenguajes específicos.

Entre los lenguajes de tipo general se encuentran los más completos y evolucionados, siendo el más importante el lenguaje APT (Automatically Programmed Tools), del cual se han derivado los demás: EXAPT, ADAPT, IFAPT, AUTOSPOT (ver apéndice), y otros menos importantes.

Cuando se utilizan estos lenguajes la computadora trabaja en dos pasos:

- a) La computadora realiza el procesamiento del programa, suministrando a su salida un resultado que no utiliza ningún lenguaje de máquina de control numérico.

La particularidad de este programa, llamado programa de procesamiento, procesador principal o procesador, es que no tiene en cuenta las características del control numérico que posteriormente va a gobernar el mecanizado de esa pieza. El programa tiene únicamente en cuenta la forma de la pieza y demás características del mecanizado.

- b) Los resultados de este primer programa no están escritos en forma inteligible para la unidad de control de la máquina herramienta (recuérdese que el único lenguaje que entiende el control es el lenguaje de máquina), por lo que es necesario realizar un nuevo paso de tratamiento de datos. Este segundo paso lo realiza otro programa, llamado *programa de adaptación*, o postprocesador.

Utilizar este programa de adaptación tiene como finalidad adaptar la salida de la computadora a la entrada del control de la máquina-herramienta. Este programa deberá tener en

cuenta, por tanto, las características de la máquina y del control numérico que serán usadas en el mecanizado de la pieza (formato de programación manual).

El programa de adaptación es a la vez un lenguaje matemático y un diccionario. El programa contiene los datos relativos al código usado por el control, la secuencia en que se aceptan las instrucciones y las características propias de la máquina-herramienta (carreras máximas, velocidades disponibles, número de ejes controlados, etc.).

Las diferencias entre los lenguajes generales aparecen fundamentalmente en dos puntos:

- 1) potencia de la computadora utilizada y capacidad de memoria necesaria;
- 2) número de ejes o direcciones de la máquina según las cuales se puede desplazar la herramienta.

De entre todos los lenguajes generales el más perfeccionado es el APT. Este lenguaje se ha desarrollado en Estados Unidos para resolver la fabricación de piezas complicadas (mecanizados tridimensionales) que necesitan la utilización de máquinas de 3, 4 o 5 ejes trabajando simultáneamente. El principal inconveniente de este lenguaje es que necesita una computadora muy potente (tipo IBM 360-40).

Para trabajos algo más sencillos, y a fin de poder utilizar una computadora más pequeña, se ha desarrollado el lenguaje ADAPT, que es una versión simplificada del APT.

El lenguaje EXAPT, derivado igualmente del APT, se ha desarrollado en Alemania. Su principal ventaja es que permite introducir automáticamente en el programa el conjunto de órdenes tecnológicas. El inconveniente principal de este lenguaje es que también necesita una computadora muy potente.

La versión francesa del APT es el IFAPT. No tiene las mismas posibilidades de los anteriores pero resulta muy valioso, especialmente en los problemas de torneado.

Los lenguajes específicos son más simples que los de tipo general y han sido desarrollados por los mismos constructores de las máquinas-herramienta para la utilización en sus máquinas. Se aplican en forma más sencilla que los generales, pero tienen el inconveniente de tener un vocabulario y una sintaxis particulares. Un programador, por tanto, tendrá que conocer tantos lenguajes distintos como equipos diferentes tenga que programar.

La diferencia con los lenguajes generales es que las frases de procesamiento y de adaptación se realizan a la vez, es decir, que el tratamiento se hace en un solo paso y con un único programa. Este programa, por tanto, deberá tener en cuenta las características de la máquina y no podrá realizarse la programación de una pieza sin conocer la máquina que va a realizar el mecanizado.

Ejemplos de lenguajes específicos son el COMPACT II (el más desarrollado y utilizado), el PROMO (desarrollado por ADEPA) y el GTL (desarrollado por Olivetti).

Existe aún otro tipo de procesador o lenguaje para programación con ayuda de computadora, que presenta como características que ha sido desarrollado específicamente por el propio fabricante del control numérico y que la computadora encargada del procesamiento y adaptación del programa está incluido en el propio equipo de control. Es en cierto modo como realizar una programación con ayuda de computadora simplificada en el propio equipo de control. Existen hoy día complejos sistemas CNC que poseen una capacidad de cálculo tal que no necesitan las coordenadas concretas de las posiciones ni otros parámetros máquina. Lo único necesario es realizar una descripción de la pieza y frases generalizadas acerca del movimiento de la herramienta de corte. El propio control calculará

todas las coordenadas necesarias. Estos lenguajes incluyen prestaciones tales como: trabajo en conversacional, determinación automática de trayectorias con distribución de pasadas, utilización de menús, programación paramétrica, representación gráfica del control programado y de la trayectoria que seguiría la herramienta. Es perfectamente concebible que, en un futuro próximo, un procesador completo estuviera residente en el propio control y operara sin necesidad de ninguna computadora externa.

#### 4.6 TENDENCIAS ACTUALES EN CONTROL NUMERICO

Para analizar, aunque sea brevemente, las tendencias actuales en control numérico, vamos a distinguir tres niveles:

- 1) nivel de concepción;
- 2) nivel de utilización;
- 3) nivel de implementación.

La incorporación de la computadora, al principio de los años setenta, al control numérico ha revolucionado su concepción, su utilización y por supuesto su implementación. Esta transformación hacia sistemas CNC (*control numérico con computadora*) ha supuesto para el usuario numerosas ventajas: incremento notable de la flexibilidad, reducción y simplificación de los circuitos electrónicos, disponibilidad de programas de autoverificación y diagnóstico, reducción de las imprecisiones del mecanizado, mejoras sensibles en la posibilidad para corregir errores de programación, etc. Los equipos CNC tenían como principal inconveniente el elevado costo de la minicomputadora y sus periféricos. Hoy, con la aparición de los microprocesadores el planteamiento inicial ha cambiado profundamente, pudiendo utilizarse sistemas CNC en los casos en que la minicomputadora resultaba prohibitivo.

Sin embargo, las nuevas tendencias hacia la consecución de unidades de mecanizado desatendidas primero y hacia las células y sistemas

de fabricación flexible después, ha dejado anticuada la concepción de los sistemas actuales. Los modernos sistemas CNC presentan múltiples inconvenientes, motivados fundamentalmente por estar concebidos para un funcionamiento independiente y ser manejados por un operador humano. La necesidad de obtener unidades de mecanizado auténticamente desatendidas y la incorporación de éstas en sistemas de fabricación flexible exigirá un cambio muy profundo en la estructura de los sistemas de control numérico del futuro. Los modernos sistemas de control numérico deberán incorporar nuevas prestaciones: gran capacidad de comunicación con el exterior (con sensores externos, con una computadora central supervisor, etc.), gran capacidad de adaptación según las características reales del proceso y gran capacidad de coordinación, de tal forma que no haga falta ningún operario junto al control numérico; finalmente, deberán estar concebidos para su incorporación inmediata en unidades de mecanizado desatendido, adaptativo y descentralizado. Ejemplos de unidades típicas con las que deberán dialogar serían: la unidad de identificación de piezas, la unidad de inspección automatizada (verificación geométrica), etc.

La estructura de los futuros sistemas de control numérico ha de estar basada en que, a partir de ahora, deberán funcionar en forma totalmente desatendida y sincronizada con el resto del sistema, pasando a ser una pieza más de aquél. La capacidad adaptativa de los nuevos CNC permitirá optimizar en cada instante las condiciones del mecanizado, teniendo en cuenta las características reales de la pieza y de la herramienta. Con el control numérico adaptativo se pretende mejorar las condiciones generales de trabajo, llevándolo al límite de lo admisible, mediante una adaptación constante de los parámetros del mecanizado.

En el nivel de utilización distinguiremos los siguientes aspectos: puesta en operación, monitorización de alarmas y diagnóstico y programación del control.

La puesta en operación del sistema presenta un gran interés como medio eficaz para incrementar la eficiencia del conjunto. En los

nuevos centros del mecanizado se pierde un tiempo apreciable en el proceso de cambio de herramienta. La solución actual es el cambiador automático de herramienta. Sin embargo, la tendencia actual parece ser la aplicación de las técnicas del calibrado automático. Experiencias reales han demostrado ahorros en tiempos de dos horas por día.

Otro factor que afecta enormemente el tiempo de puesta en operación se refiere al medio para introducir los programas-pieza en el control. Una primera solución son los sistemas MDI, en donde la entrada y edición de programas se realiza directamente a través del teclado alfanumérico del control. Los sistemas MDI presentan ventajas claras aunque también un inconveniente debido a que, durante la introducción del programa-pieza la máquina está parada, con lo que la eficiencia disminuye. Una posible solución sería operar en modo *foreground/background*, con lo que se permite la mecanización de una pieza mientras otro programa está siendo introducido en memoria.

Otra técnica que está iniciándose como medio eficaz para reducir el tiempo de puesta en operación es la programación hablada (reconocimiento de la voz). Ya se han realizado algunas experiencias para introducir programas "diciendo" al control lo que debe hacer; son los sistemas VNC (*Voice Numerical Control*).

Otra posibilidad potente para mejorar el tiempo de puesta en operación es la utilización de sistemas gráficos interactivos, que permiten al programador crear su diseño en tres dimensiones sobre una pantalla TRC.

Finalmente, digamos que la forma más potente de aumentar la eficiencia de un control numérico es la realización de programación con ayuda de computadora (explicado anteriormente). Este tipo de programación sería además un paso importante en la consecución de sistemas de *control numérico directo - descentralizado* (DNC), en donde la programación se realizaría en una computadora central que,

además, haría funciones supervisoras de las diferentes unidades de mecanizado (supervisión del mecanizado y de las propias máquinas).

Otra forma muy útil de mejorar la utilización de un control numérico es la monitorización de alarmas y diagnóstico, que permiten conocer inmediatamente cualquier fallo que se produzca en el sistema global. De esta forma, se evita que todo el conjunto funcione en malas condiciones, con el consiguiente peligro que supone para las máquinas. Además, la incorporación de la microcomputadora ha permitido la existencia en el propio control de un complejo programa de diagnóstico.

A nivel de realización, la tendencia hacia la utilización masiva de los microprocesadores aparece clara. La aparición de los circuitos integrados VLSI y, en particular, de los microprocesadores ha permitido la utilización de sistemas CNC en aquellos casos en donde la minicomputador resultaba prohibitivo. La aplicación del microprocesador en control numérico posibilita que los equipos de control incorporen ventajas nuevas, tales como elevada fiabilidad, costo reducido y posibilidad de funcionar en condiciones ambientales extremas.

La incidencia de la utilización del microprocesador en control numérico es actualmente, y pese a sus limitaciones (baja potencia de procesamiento), enorme. Ya actualmente no existe ningún control numérico importante que no incorpore al menos un microprocesador. Otros circuitos, que están desarrollándose en forma continua, son las memorias de programa. Hoy día están haciendo su aparición numerosos medios de almacenamiento de información. A nivel de memoria externa citemos los discos flexibles, y de memoria interna las memorias de acople de carga (CCD).

Haciendo un resumen de todo lo anterior, digamos que el próximo futuro del control numérico estará fuertemente condicionado por los avances en microelectrónica. En el caso del control numérico de máquina-herramienta será necesario conocer mucho mejor los

parámetros que influyen en el proceso de corte y tener disponibles mejoras y más potentes elementos de síntesis.

Sin embargo, el futuro del control numérico de máquina-herramienta puede depender más de los fabricantes y usuarios de aquéllas que de los constructores del control. De hecho, actualmente se está realizando una investigación a gran escala a fin de desarrollar nuevos tipos de máquina-herramienta de concepción totalmente distinta a la actual. Si esta investigación alcanza sus fines, serán necesarios también nuevos tipos de control, quizá basados en técnicas muy diferentes a las actuales. Además, nuevas máquinas y nuevos controles exigirán nuevas herramientas de corte.

El futuro próximo del control numérico deberá centrarse en tres conceptos: *desatención, adaptación y descentralización*. Sin embargo, las técnicas en las que está basado el control numérico actual son de hace muchos años. La información del control proviene de una única fuente. El gobierno de la máquina se realiza en forma secuencial, mediante un conjunto de órdenes en una secuencia fija que no puede ser modificada, a menos que se cambie el programa.

Otras limitaciones importantes son que el proceso de control es numérico, con cada orden de mando reducida a una serie de números que en sí no tienen ningún significado, y que no se obtienen datos en tiempo real, sino que éstos están basados en las condiciones que existían en el momento en que la pieza fue programada. Interesa, por tanto, que el proceso de control esté caracterizado por variables observables en lugar de por un conjunto de ecuaciones teóricas. El problema se transforma en la generación de un modelo de proceso a partir de los datos obtenidos en lugar de su estimación. Todas estas ideas conducen al concepto de control simbólico, que es el control del proceso a partir del uso de fuentes de datos múltiples, ejecutando en forma simbólica procedimientos definidos en tiempo real. La llegada del control simbólico (sistema experto) permitiría la utilización de las curvas de aprendizaje en el proceso de mecanización. Las redes de

predicción y control pueden "aprender" a predecir tendencias en el proceso, a partir de los datos que el propio proceso está suministrando en cada instante. Pueden identificar qué variables juegan un papel importante en el comportamiento del proceso y encontrar cómo estas variables interactúan entre sí, a fin de predecir cómo evolucionará el proceso en el futuro.

Una forma muy elemental de adaptación al proceso es a través del control numérico adaptativo, pero esta adaptación es extraordinariamente limitada, ya que no puede ser ni geoméricamente, ni operacionalmente adaptativa. El control simbólico, tendría capacidad de adaptación geométrica y operacional (sistema experto).

#### 4.7 SISTEMAS DNC

Para finalizar se presentan los sistemas DNC (control numérico directo), pieza clave de las células de fabricación flexible.

Con los sistemas DNC se cubre el nivel 2 de automatización, mediante la coordinación de más de una fase del proceso. Una definición de arquitectura DNC podría ser un sistema que conecta un conjunto de máquinas-herramienta con sus correspondientes CNC a una memoria común (una computadora supervisor) para programación y almacenamiento de programas pieza, transmisión de los mismos a las máquinas que lo demanden y, en general, para administrar las actividades de esas máquinas. La diferencia fundamental entre CNC y DNC es la sustitución de la computadora dedicada por una computadora mayor que gobierna varias máquinas en tiempo compartido.

Originalmente, el concepto DNC estaba relacionado con la idea de una única computadora de elevadas prestaciones que gobernaba todas las funciones de control correspondientes a varias máquinas-herramienta. La nueva concepción DNC, introducida en 1968, conduce a un sistema formado por varios CNC, basados en microprocesadores

dedicados al control específico de máquinas individuales, que a su vez están supervisados por una computadora central que realiza, además de todas las funciones específicas del DNC, una gestión de la producción. Esta computadora almacena, edita y envía los programas a los CNC locales cuando éstos lo requieren, pudiendo además dirigir el flujo del material y la asignación de tareas de forma mucho más eficiente.

Con los sistemas DNC se pretenden cubrir tres objetivos básicos:

- 1) Incrementar el rendimiento del programador, del operario y de la propia máquina-herramienta.
- 2) Proveer una estructura flexible que permita ampliaciones e integraciones con otros sistemas.
- 3) Permitir la existencia de una realimentación en tiempo real de lo que está sucediendo en las distintas unidades de mecanizado. Hoy se está dando mucha importancia a la recolección de información sobre el proceso de mecanizado. La ventaja esencial de los sistemas DNC es el flujo bidireccional de la información.

La implantación de los distintos niveles de DNC puede hacerse de forma paulatina y progresiva. Muchos usuarios prefieren la implantación de esta nueva tecnología en pequeñas dosis por razones que van desde las económicas a las tecnológicas. No existe un número fijo de pasos a dar; algunos son opcionales y otros pueden solaparse en el tiempo. El plan para la incorporación de estas tecnologías deberá adaptarse a las necesidades concretas de cada empresa, pero de cualquier forma la meta debe ser la adopción total de la tecnología DNC.

Una primera fase podría ser incorporar a todas las máquinas-herramienta sistemas CNC auténticos, dotados de lector de cinta perforada y de entrada manual de datos. Estos sistemas deberían

incorporar, además de las prestaciones normales, otras tales como interfaz de comunicación serie, visualizador TRC y posibilidad de almacenar y transmitir información lo más completa posible de las incidencias del mecanizado. Con esta fase se pretende llegar a la obtención de auténticas unidades de mecanizado desatendidas.

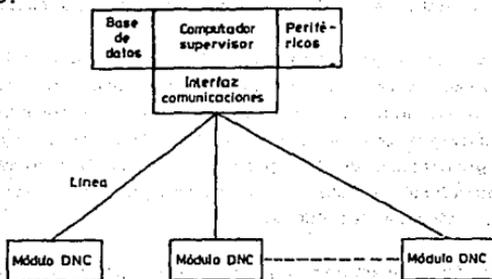
En una segunda fase se podría utilizar la computadora de la empresa para la preparación de las cintas que contengan los programas-pieza. Si la computadora fuera lo suficientemente potente podrían utilizarse lenguajes generales tipo APT o específicos tipo PROMO y GTL para la generación de los programas-pieza (programación con ayuda de computadora). En otro caso se programarían directamente en el lenguaje de máquina del CNC elegido.

En una tercera fase se entraría ya en los sistemas DNC propiamente dichos con la incorporación de una computadora supervisor, los periféricos asociados y los enlaces entre la computadora y los CNC. En este caso, quedaría inutilizado el lector de cinta perforada creándose sistemas BTR (*Behind the Tape Reader*). La computadora supervisor introduce en el sistema el problema de su comunicación con los módulos CNC.

En una última fase se añadiría un nuevo procesador central a fin de conseguir redundancia parcial o completa (sistemas DNC con salvaguarda, *backup*). Asimismo se añadiría un nuevo disco para almacenamiento de datos. Para decidir o no sobre la necesidad de un procesador redundante, bastaría con calcular para ambos casos el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR). Consideremos un sistema monoprocesador con un MTBF de 2000 horas y un MTTR de 10 horas. Añadiendo un segundo procesador idéntico, el MTBF pasaría a ser de 100000 horas, resultado lógico, ya que la posibilidad de que ambos procesadores se rompan a la vez es mínima. Otra ventaja importante sería que el segundo procesador podría utilizarse para otras tareas (análisis de datos, etc.). La utilización de un sistema DNC lleva aparejado el uso de un sistema fiable de comunicación entre la computadora supervisor y los

módulos CNC.

Las dos configuraciones básicas de sistemas DNC son las mostradas en la figura 4.9; punto a punto (radial) y conexión troncal multipunto.



a) Punto a punto

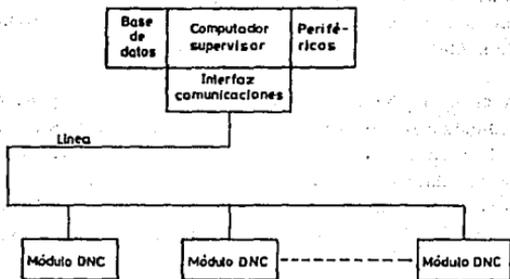


Fig. 4.9 Arquitecturas DNC básicas

Esencialmente, ambas arquitecturas se comportan de manera análoga con diferencias en cuanto al costo y a su modo de operación.

La configuración punto a punto tiene como ventaja su mayor sencillez de realización, al estar los periféricos individualizados, así como la facilidad de conexión y desconexión de un periférico cualquiera sin afectar a los demás. Como inconvenientes están la necesidad de gran longitud de cableado y tener que prever desde el comienzo del diseño el número máximo de periféricos (difícil ampliación).

La configuración troncal multipunto necesita, en general, menor longitud en los cables y presenta, relativamente, una fácil capacidad de ampliación. Por otra parte, una avería en un periférico puede afectar a los demás y el protocolo de comunicación se complica, al tener que direccionar a través de la línea a todos los periféricos.

*CAPITULO 5*

***FUNDAMENTOS DE***

***CAD Y CAM***

## 5.1 PANORAMA GENERAL DE LAS GRAFICAS POR COMPUTADORA

Las computadoras se han convertido en una herramienta poderosa para la producción rápida y económica de ilustraciones. Prácticamente no existe ninguna área en la cual no puedan utilizarse los despliegues gráficos con alguna ventaja; así que no es sorprendente hallar las gráficas por computadora en tantas aplicaciones. Aunque las primeras aplicaciones en ciencia e ingeniería tenían que basarse en equipo costoso y complicado, los adelantos en tecnología de computación han hecho de las gráficas de computadoras interactivas una herramienta práctica. Hoy día, se puede advertir que estas gráficas se utilizan rutinariamente en áreas diversas como la administración, la industria, el gobierno, arte, entretenimiento o esparcimiento, publicidad, educación, investigación, capacitación y medicina.

## 5.2 DISEÑO CON AYUDA DE LA COMPUTADORA

Desde hace varios años, el uso más extenso de las gráficas de computadora ha sido como un auxiliar del diseño. Generalmente conocido como CAD (Computer Aided Design), los métodos de **diseño con ayuda de la computadora** ofrecen poderosas herramientas. El diseño de partes y el dibujo mecánico se realizan interactivamente, produciendo perfiles (fig. 5.1) o producciones más realistas (fig. 5.2). Cuando se han especificado las dimensiones de un objeto al sistema de computación, los diseñadores pueden observar cualquier lado del objeto para apreciar cómo será después de su construcción. Pueden hacerse cambios experimentales con libertad ya que, a diferencia del dibujo mecánico manual, el sistema CAD incorpora rápidamente modificaciones en el despliegue del objeto. El proceso de manufactura también se beneficia en que los proyectos muestran con exactitud la forma en que se construirá el objeto. Se puede mostrar la trayectoria que seguirán las herramientas de la máquina

sobre las superficies de un objeto durante su construcción (fig. 5.3). Las herramientas de la máquina numéricamente controladas se constituyen después para fabricar la parte según estos proyectos de construcción.

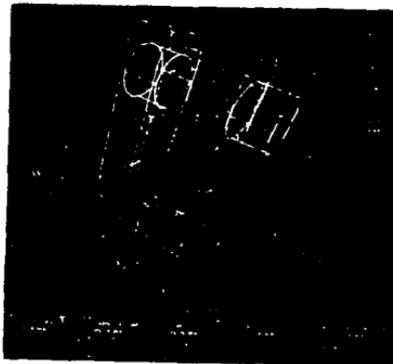


Fig. 5.1 Proyecto de dibujo mecánico

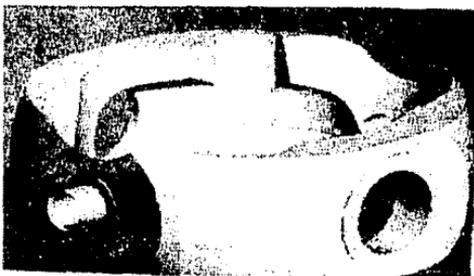


Fig 5.2 Realización tridimensional de partes de una máquina con sistemas CAD

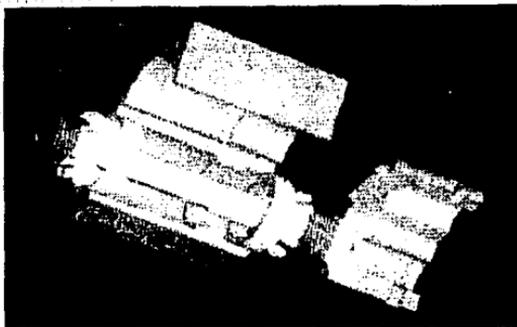


Fig. 5.3 Proyección CAD de terminación a máquina tridimensional controlada numéricamente de una parte

Los ingenieros eléctricos y electrónicos trabajan con base en los métodos CAD. Por ejemplo, los circuitos electrónicos se diseñan comúnmente con sistemas interactivos de gráficas por computadora. Utilizando símbolos gráficos para representar varias componentes, un diseñador puede construir un circuito de un monitor de video agregando componentes en forma sucesiva al proyecto del circuito. El despliegue de gráficas puede utilizarse para experimentar esquemas de circuitos alternativos mientras el diseñador intenta minimizar el número de componentes o bien el espacio que se requiere para el circuito. Se utilizan técnicas similares para diseñar redes de comunicaciones y sistemas de abastecimiento de agua y electricidad.

Los diseñadores de automóviles, aviones, naves espaciales y barcos utilizan técnicas CAD en el diseño de varios tipos de vehículos. Los trazos con estructuras de alambre se utilizan para modelar componentes individuales y planear perfiles de superficies de automóviles, aviones, naves espaciales y barcos. Las secciones de superficies y componentes de vehículos pueden diseñarse por separado y conjuntarse para exhibir el objeto en su totalidad (fig.

5.4). A menudo se corren simulaciones de la operación de un vehículo para probar su rendimiento. Producciones realistas permiten al diseñador observar cómo será el producto terminado.

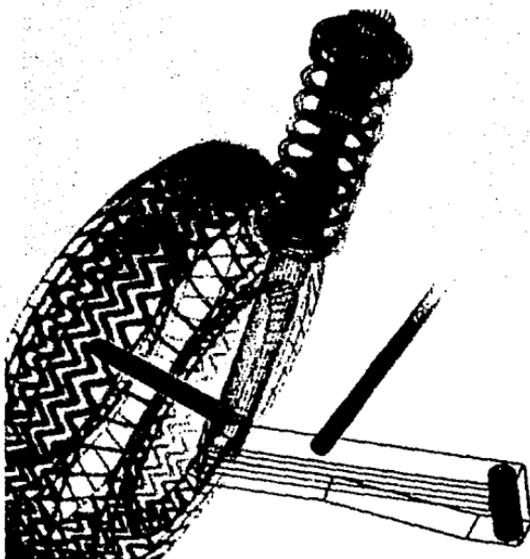


Fig. 5.4 Secciones de superficie y componentes de un vehículo diseñados con sistemas CAD

Los diseños de edificios también se crean con sistemas de gráficas de computadora. los arquitectos diseñan interactivamente planos de pisos o plantas, disposiciones de puertas y ventanas, y la constitución integral de un edificio. Trabajando a partir del despliegue visual del proyecto de un edificio, el diseñador eléctrico puede experimentar disposiciones de cableado, tomacorrientes de electricidad y sistemas de prevención de incendios. La utilización del espacio en la oficina o en la fábrica se planea utilizando paquetes de gráficas especialmente diseñados.

Los modelos tridimensionales de edificios permiten a los arquitectos estudiar el aspecto de un solo edificio o de un grupo de ellos como una universidad o bien un complejo industrial. Mediante paquetes de gráficas complejos, los diseñadores pueden realizar un "recorrido" simulado a través de las habitaciones o por los exteriores de edificios para apreciar mejor el efecto integral de un diseño particular.

### 5.3 EL USO DE LA COMPUTADORA EN EL DIBUJO TÉCNICO

Durante muchos años el dibujo técnico fue realizado en papel usando un lápiz o una pluma. El papel estaba montado en una superficie suave y las líneas se trazaban con instrumentos como la regla T, escuadras y compás. Las herramientas manuales para hacer letrados producían escritos legibles. El desarrollo de máquinas de dibujo mejoró la precisión y velocidad del dibujo, aunque la pluma y el lápiz continuaban usándose. Sin embargo, todos estos métodos tenían una gran desventaja: los cambios significativos a un dibujo requerían de mucho esfuerzo. Si era necesario un cambio, una línea debía borrarse y se dibujaba una nueva.

Un avance mayor ocurre con la invención del graficador (plotter) manejado por computadora. Éste hace posible la revisión de un dibujo almacenado en una computadora. Desafortunadamente, tanto el graficador como la computadora que lo manejaba eran caros y difíciles de operar. Diversos desarrollos recientes han cambiado esta situación: microcomputadoras más poderosas, plotters y programas de Diseño por Computadora (CAD), que son más rápidos y fáciles de usar y no son caros.

### 5.4 SISTEMAS CAD

La utilización de sistemas de CAD se encuentra cada vez más extendida en la industria. Entre sus principales ventajas podemos citar la interactividad y facilidad de *crear nuevos diseños*, la posibilidad de *simular* el comportamiento del sistema antes de la

construcción del prototipo -modificando, si es necesario, sus parámetros-, la generación de planos con todo tipo de vistas, detalles y secciones, y la posibilidad de conexión con un sistema de fabricación asistida por computador para la mecanización automática de un prototipo.

Los sistemas de CAD que permiten el diseño de objetos tridimensionales (diseño de piezas mecánicas, diseños en chapa, en plástico, diseños de obra civil, arquitectura y urbanismo, etc.) pueden llegar a ofrecer al usuario las siguientes prestaciones:

- a) En un módulo de preproceso, se define interactivamente la forma tridimensional del objeto o conjunto de objetos a diseñar. El computador almacena un modelo tridimensional completo del mismo, que permite la generación de cualquier vista (diédrica, axonométrica, perspectivas), así como secciones, detalles y planos. Asimismo, el modelo de representación tridimensional contiene la información necesaria para el cálculo de las propiedades geométricas del objeto que se está diseñando: superficie, volumen, peso, centro de gravedad, momentos de inercia, etcétera.
- b) En una segunda fase de proceso, se utiliza el modelo obtenido para realizar cálculos y simulaciones más complejos, como pueden ser el cálculo de tensiones por elementos finitos, o la simulación del comportamiento aerodinámico en el caso del diseño de carrocerías, perfiles de avión, etc.
- c) En una tercera fase se pueden visualizar gráficamente los principales resultados de los programas de cálculo. Si no son correctos, el usuario incidirá sobre la forma del objeto, modificando el modelo y repitiendo el proceso; si en cambio ya son aceptables, el sistema podrá generar automáticamente una cinta de control numérico para la generación automática de un prototipo del objeto diseñado. Este último proceso es conocido con el nombre de CAM ( *Manufactura Asistida por Computadora* ).

## 5.5 SISTEMAS CAM

Usar computadoras en el proceso de control de fabricación industrial continuo, como la química o las refinerías de petróleo, viene realizándose desde hace bastantes años, pero sólo desde hace algunos se han introducido aquéllos en industrias que fabrican simultáneamente una gran variedad de productos por jornada. No era posible diseñar sistemas capaces de producir cantidades de diversos productos que podían alcanzar la cifra de varios centenares, como ocurre en la industria del automóvil o en el sector del metal, con técnicas mecánicas rígidas. Sólo con métodos flexibles generados por las computadoras, se posibilitaba una solución. El rápido progreso de los sistemas denominados CAM, está ligado a este proceso de uso del computador en la industria. No obstante, siguen presentándose hoy serios problemas económicos a la instalación de los CAM. Como ejemplo se puede citar el caso de Estados Unidos donde estos problemas son debidos no a su tecnología sino a la poca estandarización de los procesos productivos a los que son aplicables.

Gran parte de la tecnología comercializada hoy, realiza una automatización parcial del sector del metal. Los equipos más avanzados de esa tecnología de automatización parcial, son los sistemas de *fabricación flexible* (FMS), los cuales contienen máquinas-herramienta programables bajo el control de un computador central.

Los FMS fueron introducidos al principio de los años setenta y hoy operan en Japón, Estados Unidos, Canadá, Unión Soviética y el Mercado Común Europeo. Pero casi la mitad de estos sistemas que funcionan en el mundo son japoneses, así como la totalidad de los existentes en Japón. A principio de los años ochenta, Japón tenía 30 unidades de FMS operando en sus industrias, mientras que E.U., MCE y la Unión Soviética sólo poseían, en conjunto, una docena.

Sin embargo, esta notable diferencia de aplicación del producto elaborado no se corresponde con el nivel de investigación, donde Japón y E. U. van en paralelo en casi todas las disciplinas excepto en una fundamental: el desarrollo de software, en que Estados Unidos lleva un considerable adelanto.

Las investigaciones en E.U. están dirigidas al diseño de robots y sistemas muy complejos y elaborados; citemos como ejemplo la automatización de factorías (FA) y la fabricación automática (AM).

#### 5.6 SISTEMAS DE FABRICACION FLEXIBLE (FMS)

La arquitectura de la red de ordenadores en un FMS es jerárquica con tres niveles de operación. Una computadora, maestra o principal, ejerce el control del sistema de computadoras, coordina totalmente el sistema de producción, monitoriza el sistema ante cualquier rotura de herramientas, maquinaria o transportes y alerta a los supervisores de esa contingencia. También determina el trabajo de cada máquina y las rutas de transporte de los productos a la máquina apropiada para optimizar la producción y el uso de ellas.

El segundo nivel de computadoras subordinadas al principal se denomina módulo de control numérico (DNC), el cual supervisa las operaciones de la máquina-herramienta, selecciona en su área de trabajo los programas que deben cargarse en la memoria de esas máquinas, transmitiendo el tiempo de ejecución y manteniendo un diálogo con ellas para tener informado al computador principal.

El nivel más bajo del control por ordenador es el sistema de control numérico computarizado (CNC) el cual está directamente relacionado con la máquina-herramienta. Está constituido por microcomputadoras que reciben el programa de ejecución de los DNC y lo realizan, controlando la máquina. El CNC también contiene los programas de diagnóstico que detectan errores o funcionamientos erróneos de la máquina, y los transmiten a través de los

computadores del segundo nivel al principal.

### 5.7 RELACION DE LOS SISTEMAS CAD/CAM

El diseño y fabricación con ayuda de computadora, comúnmente llamado CAD/CAM, es una tecnología que podría descomponerse en numerosas disciplinas pero que, normalmente, abarca el diseño gráfico, el manejo de bases de datos para el diseño y la fabricación, control numérico de máquinas-herramientas, robótica y visión computarizada.

Históricamente los CAD comenzaron como una ingeniería tecnológica computarizada, mientras los CAM eran una tecnología semiautomática para el control de máquinas de forma numérica.

Pero estas dos disciplinas, que nacieron separadamente, se han ido mezclando gradualmente hasta conseguir una tecnología suma de las dos, de tal forma que los sistemas CAD/CAM son considerados, hoy día, como una disciplina única identificable. Sin embargo esta disciplina va usando, cada día más, ramas de otras disciplinas, como pueden ser: el *lenguaje natural* (asociado a la Inteligencia Artificial), la *simulación CAS* (Simulación Asistida por Computadora) o la geometría computacional.

La evolución del CAD/CAM ha sido debida, en gran parte, a que esta tecnología es fundamental para obtener ciclos de producción más rápidos y productos elaborados de mayor calidad. Así, han sido espectaculares sus recientes desarrollos: el diseño 3D, la automatización total de industrias (FA), los sistemas de control descentralizados, los análisis y diseños cartográficos, o el análisis de objetos en movimiento (CATVI), que pueden representar algunos de estos logros.

Básicamente, las condiciones que deben reunir los sistemas CAD/CAM podrían resumirse en:

# ***SEGUNDA PARTE***

*CAPITULO 6*

***FUNDAMENTOS DE***

***AUTOCAD***

En el siguiente capítulo trataremos de una forma generalizada el funcionamiento del paquete AutoCAD, particularizando los comandos necesarios para la realización de este trabajo. Los comandos mencionados serán los que necesitará el paquete de AutoCAM para la definición de los elementos de trabajo de la fresadora (por ejemplo, determinación del punto de referencia, los ciclos de trabajo, número de capas, etc.), así que los comandos no especificados no señalarán que no sean funcionales, si no que en este trabajo no se utilizarán.

## 6.1 INTRODUCCION

Con el nombre de CAD (Computer Aided Design), se conocen los sistemas basados en una computadora y empleados en la generación, almacenamiento y utilización de información gráfica. Es una ayuda inestimable en los trabajos de diseño, ingeniería, etc. Desde que en los inicios de la década de los 50 el Massachusetts Institute of Technology (MIT) lograra realizar un sencillo dibujo en un monitor, la informática aplicada al diseño gráfico ha experimentado una notable evolución.

Las ventajas que los sistemas CAD pueden aportar a cualquier empresa en las fases de dibujo y diseño, tienen como objetivo final reducir tiempos y costos, ofreciendo productos más competitivos: se disminuyen los tiempos de diseño y se reducen errores al eliminar tareas repetitivas unificando métodos y criterios. Todos los productos creados se pueden almacenar en una base de datos, lo que permite un acceso posterior rápido y sencillo. De esta forma se puede establecer un control directo sobre el proyecto e, incluso, la preparación de presupuestos con absoluta fiabilidad utilizando módulos específicos para estas labores.

Con una progresión tecnológica inicial no tan rápida como en otros segmentos de la informática, pero con un importante empuje en los últimos años, la industria del CAD está situándose en el lugar que le corresponde, dando lugar a nuevos escalones en este desarrollo:

CAM (Manufactura Asistida por Computadora) y

CIM (Manufactura Integrada por Computadora).

## 6.2 AUTOCAD

AutoCAD es un paquete de diseño asistido por computadora que permite realizar, con ventaja sobre las técnicas tradicionales, cualquier trabajo o proyecto de delineación, diseño industrial, ingeniería, arquitectura, etc.

Dispone de órdenes que pueden realizar el trazado, modificación y borrado de cualquier línea, arco, círculo y figura más compleja. Todo esto convenientemente agrupado y clasificado puede almacenarse en una "biblioteca" de símbolos o entidades, permitiendo su posterior utilización con el consiguiente ahorro de tiempo.

## 6.3 EQUIPO NECESARIO

Para una buena utilización de AutoCAD se necesita de una computadora personal IBM o compatible con las siguientes características mínimas:

- a) Unidad central con 512 K de memoria RAM. Versiones anteriores podían utilizarse con 256 K.
- b) Monitor monocromático o de color, aunque esta última opción no es imprescindible.
- c) Unidad de disco duro de, al menos, 10 MB y unidad de disco flexible para obtener copias de seguridad.

d) Impresora gráfica.

El equipo mencionado puede incrementarse con otros dispositivos como son: ratones, digitalizadores, trazadores, etc.

#### 6.4 OPERACION Y COMANDOS UTILIZADOS

Para trabajar en AutoCAD se realiza el siguiente procedimiento: en la computadora aparecerá el símbolo indicador que marca la unidad en la que estamos trabajando (A:, B:, C:, D:, etc.). Nos colocaremos en la unidad donde se encuentre AutoCAD (en este caso la unidad C:). A la indicación contestamos

```
C:\>CD ACAD
```

y presionamos la tecla ENTER. A continuación escribimos

```
C:\ACAD>ACAD
```

presionamos la tecla ENTER y nos aparecerá el menú que se muestra en la figura 6.1.

La opción 0 (Exit AutoCAD) nos indica salir de AutoCAD. Esta opción devuelve el control al sistema operativo finalizando el trabajo actual.

La opción 1 (Begin a NEW drawing) nos indica comenzar un nuevo dibujo. Mediante esta opción se posibilita al usuario para iniciar un dibujo nuevo. Al pulsar esta opción aparecerá el mensaje

Enter name of drawing:

que nos indica que debemos de introducir un nombre a nuestro dibujo. A continuación aparecerá la pantalla de trabajo que se describirá posteriormente.

---

**A U T O C A D**

Copyright (C) 1982,83,84,85,86,87,88 Autodesk, Inc.

Release 10 c2 (10/26/88) IBM PC

Advanced Drafting Extensions 3

Serial Number: 79-102949

**Main Menu**

0. Exit AutoCAD
1. Begin a NEW drawing
2. Edit an EXISTING drawing
3. Plot a drawing
4. Printer Plot a drawing
  
5. Configure AutoCAD
6. File Utilities
7. Compile shape/font description file
8. Convert old drawing file

Enter selection:

---

**FIGURA 6.1 Menú principal de AutoCAD**

La opción 2 (Edit an EXISTING drawing) significa editar un dibujo ya existente. Con esta opción se puede añadir o modificar parte de un dibujo ya creado o, sencillamente, visualizarlo en pantalla. AutoCAD preguntará

Enter name of drawing: (default: nombre.DWG)

en este caso se escribiera el nombre del dibujo que ya tengamos creado o por consiguiente el nombre del dibujo que aparece entre

paréntesis. En seguida aparecera la pantalla de dibujo.

La opción 3 (Plot a drawing) significa trazar un dibujo o salida en trazador. Esta opción permite reproducir un dibujo en "Plotter" el nombre del dibujo a trazar será el tecleado como respuesta a la pregunta que formula el programa

Enter name of drawing: (default:nombre.DWG)

si se pulsa la tecla ENTER se obtendrá el trazado del dibujo. Si en su caso no existe un trazador se abandonará esta opción.

La opción 4 (Printer Plot a drawing) nos indica trazar un dibujo en impresora gráfica. El objetivo de esta opción es obtener el trazado de un dibujo en impresora. En este caso se deben establecer parámetros que delimiten la parte de dibujo a imprimir, el tamaño, etc.

La opción 5 (Configure AutoCAD) significa configurar AutoCAD. Esta opción permite visualizar los periféricos conectados a AutoCAD y posibilita el cambio, e incluso, la adición de algunos otros. Al pulsar la opción aparece una pantalla con el siguiente mensaje:

---

A U T O C A D

Copyright (C) 1982,83,84,85,86,87,88 Autodesk, Inc.  
Release 10 c2 (10/26/88) IBM PC  
Advanced Drafting Extensions 3  
Serial Number: 79-102949

Configure AutoCAD

Current AutoCAD configuration

Video display: IBM color/Graphics -- Single screen

Digitizer: Microsoft Serial or Bus Mouse

Plotter: None

Printer plotter: Hewlett-Packard LaserJet at 75 DPI

Press RETURN to continue:

---

Una vez hecho esto se visualiza rápidamente el habitual mensaje que nos recuerda la versión y otras particularidades y una nueva pantalla con el siguiente formato:

---

#### A U T O C A D

Copyright (C) 1982,83,84,85,86,87,88 Autodesk, Inc.

Release 10 c2 (10/26/88) IBM PC

Advanced Drafting Extensions 3

Serial Number: 79-102949

#### Configuration menu

0. Exit to Main Menu
1. Show detailed configuration
2. Allow detailed configuration
3. Configure video display
4. Configure digitizer
5. Configure plotter
6. Configure printer plotter
7. Configure system console
8. Configure operating parameters

Enter selection <0>:

---

El usuario puede cambiar la configuración actual eligiendo la opción apropiada. En cualquier caso, las opciones están perfectamente asistidas mediante mensajes apropiados. No obstante, algunas de ellas requieren conocimientos técnicos.

La opción 6 (File Utilities) significa utilitarios de ficheros. Esta opción permite realizar desde el propio AutoCAD operaciones con los ficheros de dibujo tales como copiado, borrado, listado, etc., sin necesidad de salir del mismo y utilizar los comandos propios del MS-DOS. El formato que se presenta en la pantalla es el siguiente:

---

A U T O C A D

Copyright (C) 1982,83,84,85,86,87,88 Autodesk, Inc.  
Release 10 c2 (10/26/88) IBM PC  
Advanced Drafting Extensions 3  
Serial Number: 79-102949

File Utility Menu

0. Exit File Utility Menu
1. List Drawing files
2. List user specified files
3. Delete files
4. Rename files
5. Copy file

Enter selection (0 to 5) <0>:

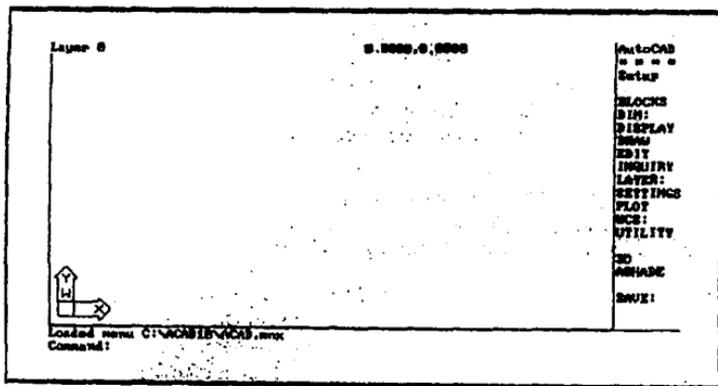
---

La opción 7 (Compile shape/font description file) compila ficheros de forma/tipo de letra. Básicamente el objetivo de esta opción del Menú Principal es compilar los ficheros fuente, escritos con cualquier editor de textos, realizados con el fin de personalizar los menus de AutoCAD. La personalización requiere algunos

conocimientos técnicos que pueden hacer dificultosa la escritura de dichos menus. No obstante, el paquete dispone de varios ejemplos que pueden servir para construir otros similares.

La opción 8 (Convert old drawing file) convierte un fichero de dibujo antiguo. Desde la aparición de la primera versión de AutoCAD, la estructura interna del paquete se ha modificado. Esto impide que los dibujos realizados en la versión 2.0 puedan editarse en versiones posteriores. Para ello se utilizara esta opción.

En el caso de seleccionar la opción 1 o 2 se mostrará la siguiente pantalla:



Para trabajar con AutoCAD, se deben entender las diferentes partes de la pantalla de AutoCAD mostradas en la figura anterior. El trabajo con AutoCAD se realizará a través de una compleja interacción con esta pantalla. La pantalla se divide en un área de dibujo, un área de órdenes y un área de menú.

#### 6.4.1 El área de dibujo

El área más grande de la pantalla es el área de dibujo de AutoCAD. Empieza en la esquina superior izquierda. Está limitada a la derecha por el área de menú y en la base por el área de órdenes.

El área de dibujo tiene varias características únicas. En la esquina superior izquierda se verá el indicador "Capa" (Layer). Una capa de AutoCAD se refiere a una "hoja" en la que se puede dibujar. La capa es sólo un modo conveniente de simular el efecto del solapamiento de hojas de papel. Se pueden visualizar combinaciones de capas.

A la derecha del indicador de capa hay una serie de números, en este caso 0.0000,0.0000. Estos números indican las coordenadas actuales de las líneas indicadoras. El sistema de coordenadas de AutoCAD se basa en tres direcciones, denotadas por X, Y y Z. El sistema de coordenadas es el mismo de la geometría analítica. Los números que se ven en la pantalla se refieren a las coordenadas X e Y de las líneas indicadoras. Las líneas indicadoras son dos líneas, una horizontal y otra vertical, que se cruzan en un punto de la pantalla. Las líneas indicadoras se utilizan para localizar los sitios en los que se desea dibujar usando AutoCAD.

En la esquina inferior izquierda del área de dibujo está el símbolo del Sistema de Coordenadas. Este símbolo consta de dos flechas, una que apunta hacia el norte y la otra hacia el este, conectadas en sus partes finales. Este símbolo cambiará al usar AutoCAD. Su misión es mostrar las orientaciones de los ejes de coordenadas al cambiar el sistema de coordenadas.

#### 6.4.2 El área de menú

En el extremo derecho de la pantalla se visualizará el área de menú. Esta área se utiliza para seleccionar elementos del menú. El menú que se ve la primera vez que se ejecuta AutoCAD contiene una selección de órdenes que se organizan para facilitar el uso de AutoCAD de una forma efectiva. Los elementos del menú son órdenes o palabras que conducen a otros menús. Los elementos del menú se seleccionan moviendo el dispositivo apuntador hasta que las líneas indicadoras entren en el área de menú. Se advertirá que estamos en el área de menú porque las letras del elemento del menú seleccionado por el cursor se visualizarán en "video inverso". Esto significa que si el área de menú tiene caracteres blancos sobre fondo negro, la opción que se esté apuntando tendrá caracteres negros sobre fondo blanco.

#### 6.4.3 El área de órdenes

El fondo de la pantalla de AutoCAD contiene tres líneas de texto que muestran la línea de órdenes y las dos últimas líneas que se han introducido. El área de órdenes de la figura anterior muestra que se ha cargado el menú estándar de AutoCAD (acad.mnx). También muestra la propia línea de órdenes.

AutoCAD guarda una lista de las órdenes que se han introducido. Si se pulsa la tecla F1 se visualizará una pantalla completa de órdenes. Esta tecla desplaza hacia adelante y hacia atrás la lista de órdenes (de la cuál el área de órdenes constituye las tres últimas líneas) y el área de dibujo.

#### 6.4.4 Comandos

Hasta este momento se ha hablado de como inicializar el paquete AutoCAD, su pantalla inicial y como está organizada esta pantalla, sin embargo, no se dará una explicación de como se realizarán los dibujos por medio de todos los comandos existentes en el paquete.

A continuación se enumeran los comandos necesarios para la realización de piezas para el paquete AutoCAM.

Los comandos a utilizar son los siguientes:

Para definir el área de trabajo

Límites (Limits)  
Rejilla (Grid)  
Forzcoor (Snap)  
Capa (Layer)  
Encuadre (Pan)

Para realizar el dibujo y hacer cambios en él en caso que los necesite

Acotar (Dim)  
Arco (Arc)  
Ayuda (Help)  
Borrar (Erase)  
Cambia (Change)  
Círculo (Circle)  
Copia (Copy)  
Empalme (Fillet)  
Escala (Scale)  
Gira (Rotate)  
Línea (line)  
Parte (Break)  
Punto (Point)  
Redibuja (Redraw)  
Regen (Regen)  
Simetría (Mirror)  
Texto (Text)  
Tipolin (Linetype)  
Zoom (Zoom)

Para salvar archivos y transferir información a MCAM

CargaDXF (Dxfin)  
SalvaDXF (Dxfout)  
Fin (End)  
Quita (Quit)  
Salva (Save)

A continuación se dará una explicación de cada uno de estos comandos.

#### Límites (limits)

Orden: Límites

ACT/DES <esquina inferior izquierda><por omisión>:

Esquina superior derecha <por omisión>:

La comprobación de los límites se realiza en la mayoría de operaciones de dibujo de entidades para poder informarnos de que estamos dibujando "fuera del papel". Aparecerá un mensaje de "Fuera de límites", si intentamos dibujar fuera de los límites especificados (o los límites por omisión) del dibujo. El mensaje es solo un recordatorio y no tiene que causar temor. Aunque se dibuje fuera de los límites del dibujo, las entidades creadas serán tan normales como si estuvieran dibujadas dentro de los límites. Posteriormente, podemos desplazarlas dentro de los límites o modificar los límites para que las incluya. También podemos desactivar la comprobación de los límites para que no aparezca el mensaje.

Opciones:

punto      Establece los límites de la esquina inferior izquierda y superior derecha del dibujo

ON          Activa la verificación de límites

**OFF** Desactiva la verificación de límites

### **Rejilla (grid)**

Orden: Rejilla

Intervalo<X> c ACT/DES/Forzcoor/ASP/<por omisión>

La orden REJILLA permite visualizar una retícula formada por puntos distribuidos de forma equidistante. Podemos activarla o desactivarla, establecer los intervalos de la retícula para que coincidan con los intervalos de las coordenadas, o determinar la relación de aspecto entre los puntos verticales y horizontales de la retícula. La retícula solo aparece dentro de los límites definidos para el dibujo. Esto hace que la retícula una forma rápida y conveniente de visualizar los límites del dibujo.

Opciones:

**A** Establece el aspecto de la retícula (con distancias diferentes para los ejes X-Y)

**ACT** Activa la retícula

**DES** Desactiva la retícula

**F** Adapta la retícula a la resolución de las coordenadas

**número** Establece el espaciado de la retícula (0 significa "usar el intervalo de las coordenadas")

**númeroX** Establece el espaciado a un múltiplo del intervalo de las coordenadas

## **Forzcoor (snap)**

**Orden:** Forzcoor

**Paso de resolución o ACT/DES/ASPECTO/ROTación/ESTilo <actual>:**

La referencia se refiere al movimiento de las líneas indicadoras cuando se activa el modo de referencia. Se puede definir una retícula de referencia con la orden FORZCOOR. Esta retícula determinará dónde se pueden localizar las líneas indicadoras cuando se active el modo de referencia. Cuando el modo de referencia está desactivado, las líneas indicadoras se moverán suavemente bajo el control del dispositivo apuntador. Por otro lado, la retícula de referencia determinará dónde se pueden localizar las líneas indicadoras, y dichas líneas aparecerán al saltar de un punto de la retícula a otro. Las opciones de la orden FORZCOOR permiten establecer el paso de resolución, activar o desactivar el modo de referencia, establecer una relación del aspecto de la retícula de referencia, establecer el ángulo de rotación de la retícula y el estilo de la retícula. Seis variables del sistema de relacionan con la orden FORZCOOR.

### **Opciones:**

número	Establece el paso de resolución
ACT	Las líneas indicadoras se dividirán según el paso fijado
DES	Las líneas indicadoras se moverán suavemente
ASP	Relación de ASPECTO para diferentes intervalos X e Y
ROT	Retícula de resolución ROTada
EST	Se selecciona el ESTilo normal o el isométrico

## Capa (layer)

Orden: Capa

?/EST/DEF/CREA/ACT/DES/COLOR/TLIN/INUT/REUT:

La orden CAPA permite controlar todos los aspectos del sistema de capas de AutoCAD. Podemos listar las capas disponibles, fijar la capa actual, crear nuevas capas y activarlas y desactivarlas. También podemos seleccionar un color o un tipo de línea para una capa. Finalmente, una capa puede ser "congelada", evitando su regeneración, o reactivación.

Opciones:

?	Lista las capas (con información sobre colores y tipos de líneas)
COLOR color	Establece el color
INUT capa_a, capa_b	Congela las capas capa_a, capa_b
TLIN tipo de línea	Establece tipo de línea
EST capa_a	Convierte la capa_a en activa, creándola si es necesario
CREA capa_a, capa_b	Crea las nuevas capas capa_a y capa_b
ACT capa_a, capa_b	Activa las capas capa_a y capa_b
DES capa_a, capa_b	Desactiva las capas capa_a y capa_b
DEF capa_a	Establece como capa actual una capa existente
REUT capa_a, capa_b	Recupera las capas capa_a y capa_b

### **Encuadre (pan)**

Orden: Encuadre

Desplazamiento:

Segundo punto:

Si deseamos mover nuestro dibujo para que aparezcan otras partes en la ventana de visualización activa, podemos utilizar la orden ENCUADRE. La orden ENCUADRE permite especificar el desplazamiento o la distancia que se va a mover la ventana de visualización como si el dibujo estuviera en una hoja larga de papel y la ventana de visualización se deslizara sobre ella. Podemos especificar un par de coordenadas para el desplazamiento, y pulsar INTRO en respuesta al mensaje "segundo punto:". En este caso, el desplazamiento se realizará hacia la derecha, izquierda, arriba o abajo en la distancia indicada.

### **Acota (dim)**

Orden: Acota

Acotar:

AutoCAD tiene un completo lenguaje de órdenes dentro de su lenguaje de órdenes. Este lenguaje, que implementa las capacidades de acotación de AutoCAD, consiste en una serie de subórdenes ejecutadas desde la orden ACOTA. Una vez que se introduce la orden ACOTA, aparecerá un nuevo indicador de órdenes, "Acotar:", que funcionará de forma similar al indicador "Orden:", con el que trabajamos actualmente. Sin embargo, en vez de introducir las órdenes normales de AutoCAD, sólo se pueden utilizar las subórdenes de acotación.

Con las órdenes de acotación, podemos crear acotaciones con varios métodos. Podemos utilizar acotación angular, lineal y de diámetros. Además, podemos controlar el tamaño y los tipos de las flechas, texto y muchas otras cosas.

Opciones:

ALINEada	Acotación lineal con las líneas de cota paralela a la unión entre los puntos de origen de las líneas de referencia.
ANGulo	Acotación angular
CENTro	Marca el centro de los arcos y círculos a acotar
CONTInua	Acotación lineal continua a partir de la segunda línea referencia de la cota precedente
DIAMetro	Acotación de diámetros
DIREctriz	Dibuja líneas de apoyo para los textos cuando éstos no entran en la línea de cota
ESTAdo	Visualiza las variables de acotación y sus valores
ESTILO	Cambia el estilo de los textos utilizados en la acotación
FIN	Sale de la orden ACOTA
GIRAda	Acotación lineal con un ángulo determinado
HORizontal	Acotación lineal con la línea de cota horizontal
LINEabase	Acotación con la primera línea de referencia común a las distintas líneas de cota
RADIo	Posibilita la acotación de radios
REDibuja	Borra las marcas auxiliares generadas por ACOTA

**REVOca** Borra las anotaciones producidas por la última orden acotación

**VERTical** Acotación lineal con cotas verticales

**Arco (arc)**

Orden: Arco

Centro/<punto inicial>:

Un arco es un círculo incompleto. Existen muchos métodos para dibujar arcos con AutoCAD. El método mostrado corresponde a la secuencia de órdenes para dibujar un arco con tres puntos. Según el método elegido, aparecerán diferentes secuencias de mensajes.

Opciones:

**A** Angulo incluido

**C** Punto Central

**I** Dirección Inicial

**F** Punto Final

**INTRO o ESPACIO** (Ante la petición de punto inicial) establece el punto inicial y la dirección correspondiente al punto final de la última línea o arco dibujados

**L** Longitud de la cuerda

**R** Radio

### **Ayuda (help)**

Orden: Ayuda o ?

La orden AYUDA (que se ejecuta también introduciendo un signo de interrogación, "?") muestra una lista de todas las órdenes disponibles. También podemos obtener ayuda de forma relacionada con el contexto, dependiendo de la orden que se esté ejecutando al introducir AYUDA como orden transparente.

### **Borra (erase)**

Orden: Borra

Designar objetos:

Si queremos borrar cualquier número de objetos de nuestro dibujo, podemos utilizar la orden BORRA. Permite utilizar cualquiera de los métodos de selección que se han visto, incluyendo los dispositivos apuntadores y las ventanas. Para borrar el último objeto dibujado, podemos responder "U" ante el mensaje "Designar objetos:".

### **Cambia (change)**

Orden: Cambia

Designar objetos:

Propiedades/<punto del cambio>:

¿Qué propiedad cambiar (Color/Elev/CApa/TLinea/Alt\_obj)?

Después de crear una entidad y utilizarla en su dibujo, podría querer cambiar sus propiedades. Para ello, puede utilizar la orden CAMBIA. Esta ofrece muchas opciones para modificar las propiedades. Estas propiedades dependerán del tipo de entidad y también podremos modificar propiedades comunes de las entidades.

Si seleccionamos modificar las propiedades como en la anterior secuencia de órdenes, podremos modificar el color, la elevación, la

capa, el tipo de línea o el espesor. Cada opción ("CO", "E", "CA", "TL" o "A") mostrará un mensaje de la forma "Nueva (propiedad) <valor-omisión>:". Podemos utilizar el valor por omisión o introducir uno nuevo.

Sólo podemos modificar el punto del dibujo en que se encuentra la entidad utilizando la opción por omisión. Si la entidad es una línea, podemos modificar su longitud moviendo el punto inicial. También podemos seleccionar la opción "L" para evitar tener que seleccionar "P" (de propiedad), y luego "CA", a la hora de modificar el nombre de la capa. En este caso, sólo hay que seleccionar un nuevo punto y los objetos seleccionados serán movidos a esta posición.

#### Opciones:

CO	Cambiar color
E	Cambiar elevación
CA	Cambiar nivel
TL	Cambiar tipo de línea
P	Propiedades a modificar de los objetos
A	Modificar la altura en 3D

#### Círculo (circle)

Orden: Círculo

3P/2P/TTR<centro>:

Podemos utilizar varios métodos para dibujar círculos con AutoCAD. El dibujo producido por la orden CIRCULO es siempre un círculo completo. Si queremos dibujar partes de círculos, tendremos que

utilizar la orden ARCO.

Existen muchas combinaciones de opciones de órdenes que permiten dibujar círculos.

Opciones:

- C        Introducir el centro del círculo
- D        Introducir el diámetro para especificar el círculo
- 2P      Especificación de los dos puntos terminales del diámetro
- 3P      Especificación de tres puntos de la circunferencia
- R        Introducción del radio para especificar un círculo
- TTR     Especificación de dos puntos tangentes y el radio

#### Copia (copy)

Orden: Copia

Designar objetos:

La orden copia permite copiar objetos de una posición a otra. Podemos copiar un objeto cada vez que utilicemos la orden o utilizar la opción "Multiple" y realizar varias copias sin tener que volver a introducir la orden.

Opción:

- M        Realización de varias copias

Para realizar copias individuales, sólo hay que seleccionar los objetos a copiar y fijar luego un punto base y un desplazamiento. El punto base es un punto arbitrario que establece el origen de la

copia en el espacio. El segundo punto seleccionado es el destino. Después de la copia veremos las nuevas copias de los objetos seleccionados. Las nuevas copias estarán desplazadas del punto base seleccionado como primer punto y el punto base será el segundo punto.

### **Empalme (fillet)**

Orden: Empalme

Polilínea/Radio/<designar dos objetos>:

La orden EMPALME permite generar curvas para unir dos líneas, círculos o arcos. La opción "Radio" permite fijar el radio del arco que se utilizará como unión. Si seleccionamos la opción "Polilínea", sus extremos se redondearán automáticamente. Dependiendo de los dos objetos seleccionados para su unión, la orden se comportará de formas distintas. En ciertas circunstancias, la unión no será posible.

Opciones:

P Redondea una polilínea

R Fija el radio de la unión

### **Escala (scale)**

Orden: Escala

Designar objetos:

Punto de base:

<Factor de escala>/Referencia:

La orden ESCALA permite modificar el tamaño de los objetos seleccionados. Cuando se cambia el tamaño de un objeto, éste se agrandará o se reducirá con respecto a un punto de base central. Se seleccionan los objetos deseados, se elige el punto base y se

introduce un factor de escala o se selecciona la opción "Referencia" para completar la operación de escalado.

Si se elige un factor de escala, las distancias entre el punto base y cada punto del objeto(s) se multiplicarán por el factor especificado. Si se elige la opción "Referencia", se podrá especificar la longitud de un objeto existente y la nueva longitud. Este método suministra un "marco de referencia" que posibilita cambiar explícitamente un tamaño de un objeto existente a un nuevo tamaño.

Opción:

R Cambiar escala del tamaño de referencia a un nuevo valor

Gira (rotate)

Orden: Gira

Designar objetos:

Punto de base:

<Angulo de rotación>/Referencia:

Se pueden girar los objetos alrededor de un punto base dado con la orden GIRA. En primer lugar se seleccionan los objetos que se desean girar y luego elige un punto de base que se usará como el centro de la rotación. Se puede introducir un ángulo de rotación o elegir la opción "Referencia". Si se introduce un ángulo, se rotarán los objetos seleccionados con dicho ángulo desde sus localizaciones iniciales. Si se elige la opción "Referencia", un indicador pedirá en primer lugar un ángulo de referencia que puede ser un ángulo que exista en el dibujo. Se puede elegir el ángulo de referencia apuntando a los dos extremos de una línea. Si se ha elegido la opción "Referencia" y se ha indicado un ángulo de referencia, a continuación se puede instar a AutoCAD a que coloque dicho ángulo de referencia en el "Nuevo ángulo:". Un ángulo de referencia es útil, ya que esto significa que se puede modificar un

ángulo existente en vez de estimar cuánto se deben rotar los objetos de sus posiciones actuales.

Opción:

R. Cambiar un ángulo de referencia por uno nuevo.

**Línea (line)**

Orden: Línea

Del punto:

Al punto:

La orden LINEA se utiliza para dibujar líneas rectas. Tenemos que introducir el punto inicial y luego sucesivamente puntos finales hasta que pulsemos INTRO para terminar la ejecución de la orden. Si pulsamos INTRO en respuesta al mensaje "Al punto:", AutoCAD utilizará como punto inicial el último punto final utilizado para una línea o arco.

La orden LINEA ofrece dos opciones. Podemos responder al mensaje "Del punto:" con una "C" (mayúscula o minúscula) para cerrar un polígono que ha sido creado con dos o más segmentos de línea. También podemos responder con una "R" para anular el segmento anterior.

Opciones:

C (En respuesta "Al punto:") cierra un polígono

INTRO (En respuesta a "Del punto:") comienza en el final de la línea o arco anterior

INTRO (En respuesta a "Al punto:") termina la orden LINEA.

R (En respuesta a "Al punto:") anula un segmento

### **Parte (break)**

**Orden:** Parte

**Designar objeto:**

**Segundo punto (o P para primer punto):**

La orden PARTE permite borrar parte de un objeto. Esta orden funciona con círculos, arcos, polilíneas en dos dimensiones, líneas y pistas. Se seleccionan los dos puntos de borrado y la parte de la figura situada entre los dos puntos es suprimida. Se crean dos nuevos objetos del mismo tipo, teniendo cada uno de ellos respectivamente un nuevo punto final e inicial.

**Opción:**

**P** Se vuelve a especificar el primer punto

### **Punto (point)**

**Orden:** Punto

**Punto:**

Para dibujar un solo punto usando el color actual en la capa actual, se puede introducir la orden PUNTO. Se mueven las líneas indicadoras a la localización del punto en respuesta al indicador "Punto:" y se pulsa el botón de seleccionar. Alternativamente, se puede introducir un par de números de coordenadas separados por una coma. Recuerde que si se usan muchas marcas además de los puntos y se combinan en un bloque, los resultados pueden ser sorprendentes. Asegúrese de borrar tales marcas antes de crear los bloques que las incluyan.

### **Redibuja (redraw)**

Orden: Redibuja

Se puede refrescar la ventana gráfica actual si se usa la orden REDIBUJA. Al dibujar, se observará que ciertas órdenes colocan marcas en la pantalla y que también dejan fragmentos de líneas en la pantalla por diversas razones. Podemos deshacernos rápidamente de tales fragmentos extraños y visualizar el estado actual de dibujo en la ventana gráfica actual si se usa REDIBUJA. La orden redibuja no regenera completamente el dibujo.

### **Regen (regen)**

Orden: Regen

Ocasionalmente se puede desear regenerar el dibujo entero y redibujar la ventana gráfica. Se puede necesitar hacer esto para estar seguros de que el dibujo se ha actualizado después de modificar variables del sistema, por ejemplo. El proceso tarda considerablemente más tiempo que la orden REDIBUJA, y no se debería usar muy a menudo.

### **Simetría (mirror)**

Orden: Simetría

Designar objetos:

Primer punto del eje de simetría:

Segundo punto:

¿Borrar objetos reflejados?<N>

La orden SIMETRÍA permite crear una imagen simétrica de un objeto. La orden funciona como lo haría un espejo de lado sobre una hoja de papel. La línea de simetría es la línea en la que el espejo toca el papel. Primero se seleccionan los objetos a reflejar y luego se especifican los puntos iniciales y finales de la línea de simetría.

Después de seleccionar la línea de simetría, podemos borrar opcionalmente los objetos que han sido duplicados, dejando sólo la versión reflejada de dichos objetos.

#### **Texto (text)**

Orden: Texto

Punto inicial o Ajustar/Centrar/Derecha/Estilo/Rodear/Situar:

Se puede introducir texto en los dibujos con la orden TEXTO. Con esta orden, se dispone de varias opciones. Se puede seleccionar un punto inicial, se puede situar el texto entre dos puntos, centrar el texto sobre un punto y ajustar texto de una altura especificada entre dos puntos. Se puede centrar tanto horizontal como verticalmente (las opciones "Rodear"), justificar el texto a la derecha y seleccionar un estilo de texto. El texto se establece con la orden ESTILO.

Opciones:

- A El texto se alineará entre dos puntos usándose un factor de proporción para ajustar proporcionalmente la altura de los caracteres
- C El texto se centrará horizontalmente
- S El texto se situará entre dos puntos, pero se mantendrá la altura mientras se ajusta la proporción
- R El texto se centrará horizontal y verticalmente en la mitad
- D El texto se justificará a la derecha
- E Se selecciona el estilo del texto

**Tipolin (linetype)**

Orden: Tipolin  
?/Crea/Def/Lee:

La orden TIPOLIN se utiliza para definir tipos de líneas, cargar tipos de líneas desde bibliotecas y establecer el tipo de línea activo. También permite listar los tipos de líneas disponibles.

**Opciones:**

- ?        Lista una biblioteca de tipos de línea
- C        Crea una definición de tipos de línea
- L        Carga una definición de tipos de línea
- D        Establece el tipo de línea activa para las entidades

**Opciones incluidas en la opción "Def":**

- nombre    Nombre del tipo de línea a utilizar
- PORBLOQUE Tipo de línea asociado con cada bloque
- PORCAPA    Tipo de línea usado para las entidades de una capa
- ?        Lista los tipos de líneas cargados

**Zoom (zocm)**

Orden: Zoom  
Todo/Centro/Dinámico/Extensión/Izquierda/Previo/Ventana/  
<factor(X)>:

Se puede usar la orden ZOOM para agrandar o reducir el tamaño del

dibujo como aparece en la pantalla. Si se usa la opción "Todo"; se forzará a que todo el dibujo se ajuste dentro del área de la pantalla. Si se usa la opción "Centro", se puede seleccionar un punto central para la ampliación y a continuación un factor de magnificación. La opción "Dinámico" permite usar una caja de visualización para seleccionar el área de ampliación. La opción "Extensión" permitirá dibujar todas las extensiones del dibujo en el área de visualización. Lo mismo que la opción ZOOM "Centro", se puede ampliar usando la esquina izquierda de un área a ampliar. Finalmente, se puede introducir un factor de escala que se usará para agrandar o reducir el dibujo dentro del área de visualización.

Opciones:

- |         |   |
|---------|---|
| número  | Se aplica un factor a la escala original          |
| númeroX | Se aplica un factor a la escala actual            |
| T       | Se amplía todo el dibujo                          |
| C       | Se amplía alrededor del punto central             |
| D       | Se toma una vista y se amplía dinámicamente       |
| E       | Se amplía hasta las extensiones del dibujo        |
| I       | Se usa la esquina inferior izquierda para ampliar |
| P       | Se usa la ampliación previa                       |
| V       | Se amplía usando una ventana                      |

**Cargadxf (dxfin)**

Orden: Cargadxf

Nombre de fichero:

La orden CARGADXF permite insertar archivos DXF dentro de un dibujo. Los archivos DXF se crean con programas distintos de AutoCAD y representan de hecho un estándar de la industria para el intercambio de archivos de dibujos en el diseño asistido por computadora. AutoCAD puede crear un archivo DXF con la orden SALVADXF.

**Salvadxf (dxfout)**

Orden: Salvadxf

Precisión de cálculo: ¿cuántos decimales?(0-16)/Entidades/  
Binario<4>; e

Designar objetos:

Precisión de cálculo: ¿cuántos decimales?(0-16)/Binario<4>;

Podemos crear un archivo estándar industrial DXF convirtiendo nuestro archivo de AutoCAD. Sólo hay que introducir un nombre de archivo y seleccionar los objetos que se quieren convertir y/o introducir una precisión numérica para la conversión. No utilice la extensión ".dxf" en el nombre del archivo.

Opción:

E            Selecciona los objetos a convertir

Fin (end)

Orden: Fin

La orden FIN actualiza el dibujo, lo graba y nos devuelve al menú principal. No existe un mensaje para ver si queremos continuar. La

orden es una forma rápida de terminar de forma segura una sesión.

#### **Quita (quit)**

Orden: Quita

¿Realmente quiere desechar todas las modificaciones del dibujo?

Si se desea abandonar el dibujo y regresar al Menú Principal de AutoCAD, se puede ejecutar la orden QUITA. Se descartarán todos los cambios que se hayan realizado. Un indicador pedirá que se confirme si se desea descartar los cambios realizados antes de regresar al menú principal.

#### **Salva (save)**

Orden: Salva

Nombre del fichero<defecto>:

Cuando se está trabajando en un dibujo, de vez en cuando se querrá salvar el trabajo. Hay muchas cosas que pueden ocurrir durante una sesión de trabajo. El gato puede hincar sus garras en la unidad de disquete. La orden SALVA procesará el archivo de dibujo correspondiente al dibujo actual, o grabará los contenidos del dibujo actual en un archivo en la unidad de disco duro, en la unidad de disquete, o en el nuevo nombre de archivo que se diseñe.

*CAPITULO 7*

***UTILIZACION DEL  
PAQUETE MCAM***

Ahora veremos cómo utilizar el paquete M/CAM (Manufactura Auxiliada por Computadora para Fresado) teniendo ya en cuenta el uso del AutoCAD. En esta parte sólo se explicará como utilizar los comandos que nos darán los archivos necesarios para construir un programa automático para fresar una pieza.

## 7.1 INTRODUCCION

AutoCAM toma la geometría de los dibujos de cualquier paquete de CAD (en nuestro caso tomaremos los dibujos de AutoCAD) a través de los archivos DXF (Data Exchange File=Archivo de Intercambio de Datos), y esta información será postprocesada para trabajar en una máquina-herramienta de control numérico.

Los programas serán simulados en gráficos en este paquete para introducir información sobre los procesos y herramientas con los que se va a trabajar; por ejemplo: velocidad de corte de la fresa, velocidad de avance, herramienta a utilizar, etc. Después esta información será cargada al controlador de la máquina herramienta.

## 7.2 REQUISITOS DE HARDWARE Y SOFTWARE

Para poder trabajar es necesario tomar en cuenta los siguientes requisitos:

### HARDWARE

Computadora PC, XT, AT o 100% compatible

Monitor Gga, Ega o Vga

Drive de disco duro (mínimo 10 Mbyte)

Un puerto serie

Un puerto paralelo

**SOFTWARE**

Cualquier paquete de CAD que tenga la opción DXF

Módulo de Software para sistema AutoCAM para fresado

Postprocesador para especificar la máquina herramienta

Los nombres de los directorios para trabajar serán "MCAM" para fresado y "MPOST" que corre el postprocesador para fresado.

**7.3 DEFINICION DE PERFILES EN AUTOCAD**

**7.3.1 Definición**

Supongamos que tenemos una pieza a maquinar en una fresadora; los cortes que se van a realizar serán: un contorneado exterior, cuatro agujeros, dos ranuras y una ranura rectangular. Para poder efectuar el maquinado es necesario llevar a cabo un plan de trabajo, en el cuál se llevará el orden de los cortes que se van a efectuar así como las herramientas a utilizar. Es obvio que no se podrá mecanizar toda la pieza con una sola herramienta y en un solo paso. tenemos que separar los procesos para cada trabajo independiente; a cada trabajo independiente se le llamará PERFIL. Este perfil será trabajado como una sola pieza y nos indicará cada uno de los pasos a seguir para el mecanizado total de la pieza.

Como definición de perfil podemos decir que es el proceso independiente para llevar a cabo el maquinado total de una pieza.

### 7.3.2 Como Trabajar

- Los perfiles individuales deben ser definidos en capas separadas dentro del mismo dibujo.
- Si se tiene un dibujo muy grande para maquinar se pueden tomar partes de él para crear perfiles individuales y hacerlo maquinable.
- AutoCAD nos permite un número ilimitado de capas.
- Se debe definir en AutoCAM el número de la capa base para el primer perfil maquinable.
- AutoCAM producirá el programa de CNC para maquinar los perfiles en un orden progresivo si los perfiles son definidos en capas de numeración progresiva.
- AutoCAM producirá el programa de CNC para maquinar los perfiles si los perfiles son definidos en capas que tengan un orden ascendente. Por ejemplo: si los perfiles son definidos en las 5, 6 y 7 se producirá el programa en ese orden.

### 7.3.3 Sugerencias para dibujar en AutoCAD

- Defina el área de trabajo al tamaño del componente.
- Utilice los comandos "GRID" y "SNAP" si es posible.
- Use el comando "SNAP" para poder unir cuidadosamente el fin de puntos, tangentes, nodos, puntos intermedios, etc.
- Seleccione diferentes colores para cada capa.
- Siempre tenga color y tipo de línea por cada capa.

-Para cambiar una línea continua a una línea punteada utilice el comando "CHANGE".

-Siempre desbarate polilíneas, elipses, curvas, antes de convertirlos en un archivo DXF.

#### **7.4 PREPARACION PARA DIBUJAR PERFILES EN AUTOCAD PARA FRESADO EN AUTOCAM**

Antes de dibujar cualquier perfil en AutoCAD le aconsejamos utilizar las siguientes opciones:

- 1.- Coloque los límites (LIMITS) al tamaño de su trabajo, esto le dará una guía de la extensión de sus dibujos.
- 2.- Coloque la rejilla (GRID) activada (ON) para que los límites sean claramente visibles, y coloque el espaciamiento en un valor conveniente.
- 3.- Coloque el forzcoor o avance de los ejes (SNAP) en un valor apropiado, por ejemplo a la mitad del tamaño de la rejilla (GRID).
- 4.- Hacer que la capa 99 sea la capa para el punto de referencia de su trabajo y dibuje un círculo como el PUNTO DE REFERENCIA de su trabajo.
- 5.- Haga suficientes capas para cubrir el número de perfiles que intente colocar en su trabajo. Tenga cuidado de no usar cualquier capa debajo de la capa que puso en AutoCAM para no dibujar (esta se coloca usualmente en la capa 5).
- 6.- Coloque cada capa que halla creado de un diferente color, esto es para ayudarle a identificar cuál perfil está en cada capa.

7.- Si ud. desea dibujar dimensiones exteriores de el bloque que desea maquinar, trate las líneas como información y dibújelas en una capa menor que la capa base.

#### 7.5 PREPARACION DE UN ARCHIVO PARA AUTOCAM DESPUES DE DIBUJAR LOS PERFILES EN AUTOCAD

Cuando halla finalizado de dibujar todos los perfiles que desea cortar, la información debe ser transferida a AutoCAM. La información es pasada a AutoCAM en la forma de un archivo DXF.

Para producir un archivo DXF se sigue el siguiente procedimiento:

-Salvar el dibujo que se realizó.

-Seleccione la opción DXFOUT en AutoCAD y siga las indicaciones. A la indicación "número de decimales para precisión" se le puede dar el valor de 6.

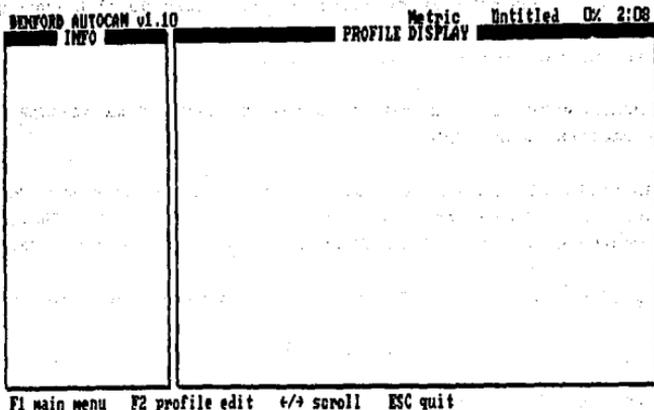
Para la realización de dibujos en AutoCAD y manejo de la información en AutoCAM se analizarán en el capítulo "Diseño de piezas".

#### 7.6 MENU PRINCIPAL DE COMANDOS PARA FRESADO

Para entrar al paquete MCAM se teclea en el indicador de la computadora

```
C:\>MCAM
```

y se presiona la tecla enter, apareciendo la siguiente pantalla:

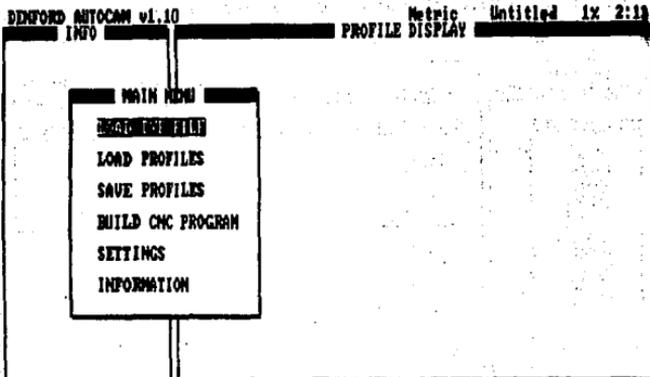


#### 7.6.1 Como Cargar un Archivo DXF

Esta opción es usada para obtener información de los archivos DXF dentro de AutoCAD.

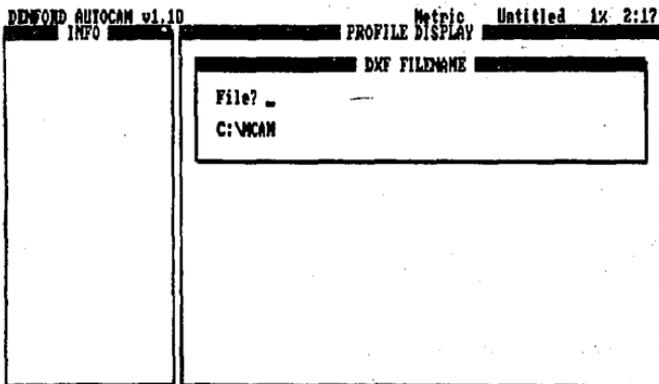
Para poder cargar un archivo DXF dentro DE AutoCAD se sigue el siguiente procedimiento:

- Presione F1 para mostrar el menú principal.
- Seleccione LOAD DXF FILE (CARGAR ARCHIVO DXF) moviendo la barra luminosa moviendo las teclas del cursor ( ↑ , ↓ ) y entonces presione RETURN (INTRODUCIR) para seleccionar la opción.



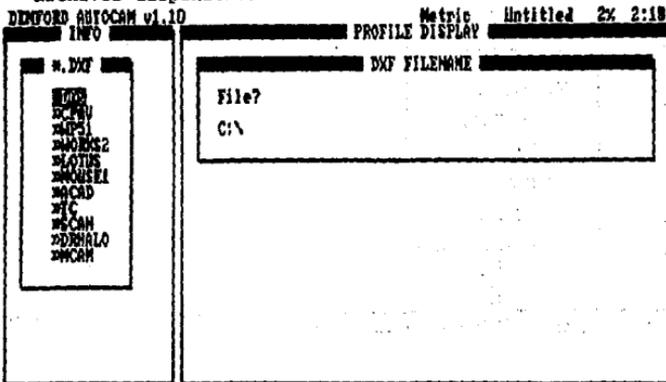
↑/↓ scroll bar RETURN confirm ESC quit

- El directorio actual en uso será mostrado



RETURN confirm ESC clear ↑/↓ scroll F10 directory

- Entonces teclee el nombre de el archivo que desea cargar o presione la tecla F10 para obtener un directorio de los archivos disponibles.



1/4 scroll bar RETURN confirm ESC quit

- Si usted usa F10 entonces use las teclas del cursor nuevamente para hacer la selección de su archivo a cargar y presione RETURN.

NOTA:

Cuando un archivo es cargado, AutoCAD muestra el primer perfil, para poder mostrar todos los perfiles del archivo presione la tecla F3.

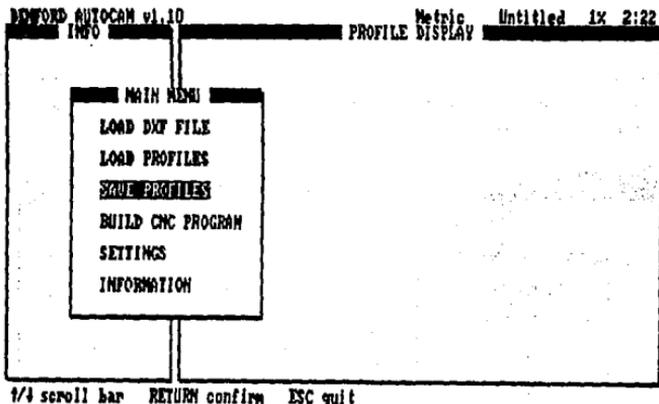
#### 7.6.2 Cargar y Salvar Perfiles

Esta opción es usada para cargar y salvar perfiles después de que un programa de CNC ha sido construido. Su aplicación se vera en CONSTRUCCION DE UN PROGRAMA CNC.

Este archivo contiene toda la información que se ha colocado usando el MENU DE CAMBIO DE INFORMACION, que se verá posteriormente.

Para cargar y salvar un perfil se usa el siguiente procedimiento:

- Presione F1 para mostrar el menú principal.
- Seleccione, ya sea LOAD (CARGAR) o SAVE PROFILE (SALVAR PERFIL) moviendo la barra luminosa con las teclas del cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.



**NOTA:**

Cuando borre o inserte una nueva capa en el dibujo de AutoCAD se necesita redefinir la información para cada perfil, construir el programa CNC y salvarlo de nuevo.

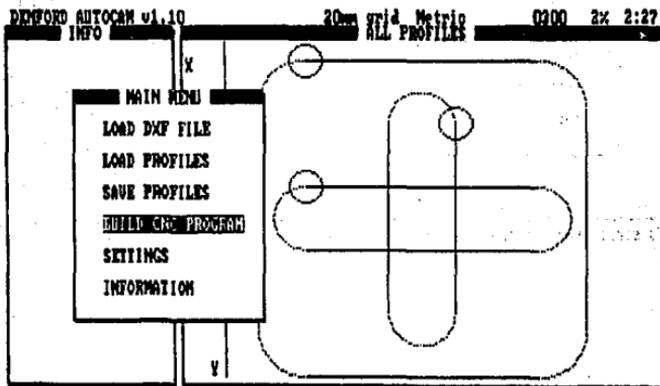
### 7.6.3 Construcción de un Programa CNC

Después de cargar el archivo DXF y poner la información para cada perfil seleccione esta opción para construir el programa CNC.

Esta construcción del programa CNC debe ser postprocesada para una máquina herramienta en particular (este proceso se describirá al final de este capítulo).

Para construir un programa de CNC siga el siguiente procedimiento:

- Presione F1 para mostrar el menú principal.
- Seleccione la opción BUILD CNC PROGRAM (CONSTRUIR PROGRAMA CNC) moviendo la barra luminosa usando las teclas del cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.



**NOTA:**

Si ocurre un error:

- Presione la tecla **ESCAPE** para remover el mensaje de error.
- Use las teclas del cursor izquierda y derecha ( ← , → ) para ir a través de los perfiles uno por uno hasta que vea la palabra **ERROR** mostrada en la parte alta de la pantalla.
- Cuando vea la palabra **ERROR** en la parte alta de la pantalla presione la tecla **F6** para ver que tipo de error tiene.

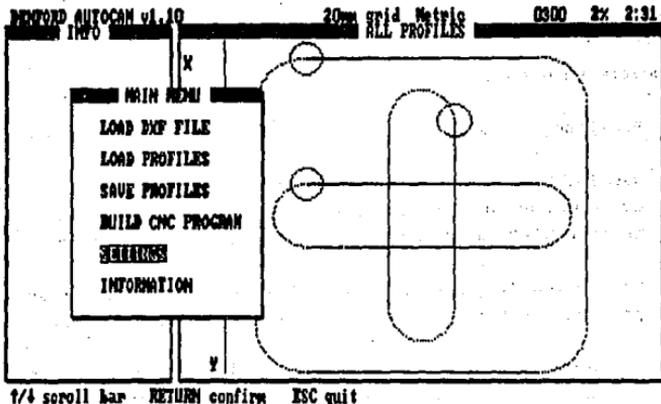
Si el error mostrado está en la etapa de dibujo se necesitará salirse de AutoCAM e introducirse en AutoCAD para corregir el dibujo.

#### **7.6.4 Settings (Cambio de Variables)**

Los settings son cambios de variables que aparecen por omisión usados por el sistema AutoCAM.

Para cambiar los settings por omisión se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

- Seleccione **SETTINGS (CAMBIO DE VARIABLES)** moviendo la barra luminosa usando las teclas del cursor y entonces presione **RETURN** para seleccionar la opción.
- Este despliega dos ventanas, una mostrando las actuales variables y otra dando un menú para cambiar estas.
- Para cambiar las variables úse las teclas del cursor hacia arriba y hacia abajo ( ↑ , ↓ ) para iluminar la opción y presione **RETURN**.



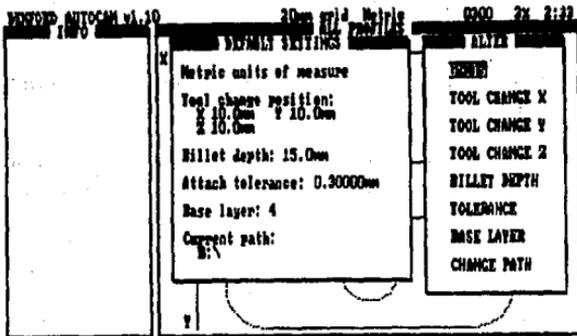
Las opciones son descritas con mayor detalle a continuación.

#### 7.6.4.1 Unidades

Estas son usadas para colocar las unidades que van a ser empleadas cuando construya el programa de CNC.

El valor actual de las medidas en las figuras no es convertido cuando esta opción es usada, por ejemplo: 50 mm serán convertidos en 50 " y 30 " serán convertidas en 30 mm.

- Para colocar las unidades a ser usadas para maquinado mueva la barra luminosa usando las teclas del cursor y situese en la opción SETTINGS y en seguida presione RETURN para seleccionar la opción.

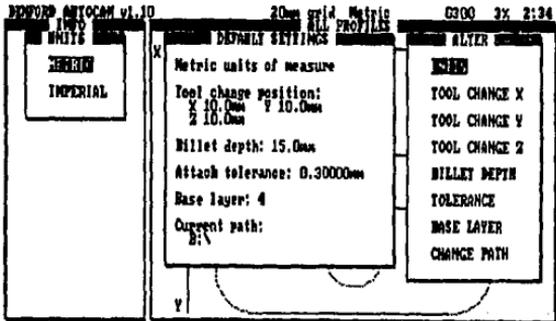


1/4 scroll bar RETURN confirm ESC quit

- Seleccione la opción UNITS (UNIDADES) con la barra luminosa y presione RETURN.

Este mostrará un menú con las opciones METRIC (METRICO) e IMPERIAL (INGLES).

- Seleccione una opción y presione RETURN.



1/4 scroll bar RETURN confirm ESC quit

#### 7.6.4.2 Cambio de herramienta en X, Y y Z

Esta opción es usada para colocar en una posición absoluta la máquina y realizar el cambio de herramienta.

Para seleccionar la posición nueva la barra luminosa usando las teclas del cursor y presione RETURN para seleccionar la opción.

- Seleccione TOOL CHANGE (CAMBIO DE HERRAMIENTA) en X, Y o Z

Este mostrará una ventana

NEWTON AUTOCAD v1.10 20mm grid Metric 0300 3x 2:36

INFO	DEFAULT SETTINGS	ALTER
	Metric units of measure	MMITS
	Tool change position:	TOOL CHANGE X
	X 10.0mm Y 10.0mm	<u>TOOL CHANGE Y</u>
	Z 10.0mm	TOOL CHANGE Z
	Billet depth: 15.0mm	BILLET DEPTH
	Attach tolerance: 0.30000mm	TOLERANCE
	Base layer: 4	BASE LAYER
	Current path:	CHANGE PATH
	B:\	

X

Y

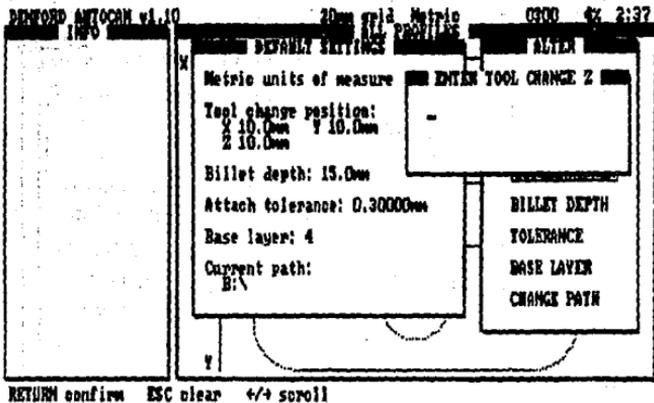
1/4 scroll bar RETURN confirm ESC quit

- Introduzca el valor de la posición.

El rango es de -999 a 999

- Presione RETURN

- Presione ESCAPE para remover el menú.



#### 7.6.4.3 Profundidad de Trabajo

Esta opción es usada para colocar la profundidad de trabajo que va a ser maquinada.

Para colocar la profundidad de trabajo siga el siguiente procedimiento:

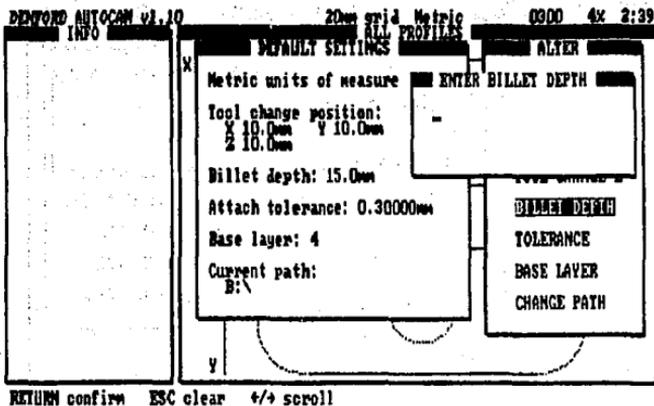
- Seleccione BILLET DEPTH (PROFUNDIDAD DE TRABAJO) moviendo la barra luminosa usando las teclas del cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.

Este mostrará una ventana

- Introduzca la nueva profundidad de trabajo y presione RETURN

El rango es de 0 a 500 mm

- Presione ESCAPE para remover este menú



#### 7.6.4.4 Tolerancia

Esta opción es usada para colocar la tolerancia en la cual AutoCAM puede ver un dibujo de AutoCAD. La tolerancia es el valor al cual se requiere trabajar para un maquinado exacto.

Para colocar la tolerancia use el siguiente procedimiento:

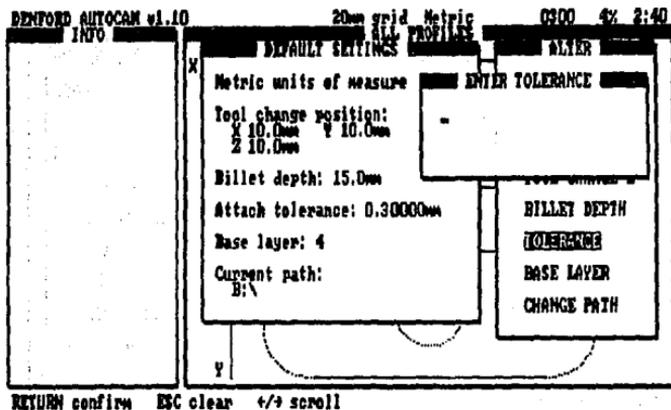
- Seleccione TOLERANCE (TOLERANCIA) de el menú moviendo la barra luminosa usando las teclas de el cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.

- Introduzca el valor de la tolerancia.

El rango es de 0 a 1 mm.

- Presione RETURN

- Presione ESCAPE para remover el menú.



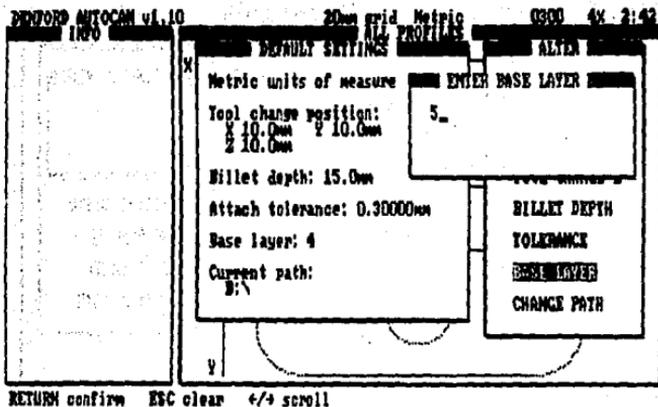
#### 7.6.4.5 Capa Base

Esta opción es usada para colocar la capa más baja con la que puede dibujar en AutoCAD y puede ser usada por AutoCAM cuando observe los perfiles.

Cualquier cosa en una capa menor de este nivel no puede ser leída dentro de AutoCAM.

Para seleccionar la capa base use el siguiente procedimiento:

- Seleccione BASE LAYER (CAPA BASE) moviendo la barra luminosa usando las teclas del cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.
- Introduzca el número correspondiente a la capa que desea que sea la capa base y presione RETURN.
- Presione ESCAPE para remover el menú.



#### 7.6.4.6 Cambio de Trayectoria

Esta opción es usada para definir la trayectoria que va ser usada por el sistema AutoCAM para salvar y cargar archivos.

Para colocar la trayectoria use el siguiente procedimiento:

- Seleccione CHANGE PATH (CAMBIO DE TRAYECTORIA) moviendo la barra luminosa usando las teclas del cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.

Este despliega una ventana mostrando la presente trayectoria.



- Para seleccionar un directorio mueva la barra luminosa a el directorio o subdirectorio que requiera y presione RETURN.
- La nueva trayectoria es mostrada en la ventana de cambio de trayectoria.
- Presione RETURN para aceptar la nueva trayectoria.
- Presione ESCAPE para remover el menú.

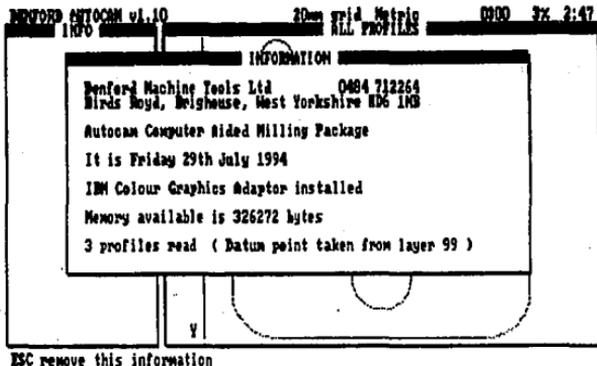
**NOTA:**

Estos cambios de variables son salvados, pero si cambia la trayectoria hacia A:\... o B:\... y entonces renuncia del sistema AutoCAM, se necesita tener un disco en el drive que haya seleccionado cuando corra de nuevo el sistema AutoCAM.

**7.6.5 Información**

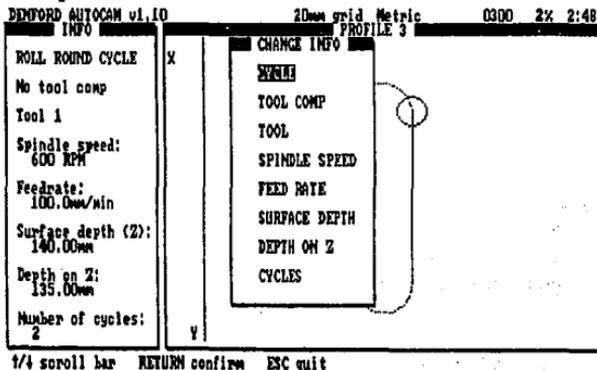
La ventana de infomación muestra:

- El título del sistema AutoCAM.
- La fecha.
- Los drivers instalados.
- La memoria disponible.
- El número de perfiles disponibles y la capa de referencia.



### 7.7 MENU DE CAMBIO DE INFORMACION (TECLA F2)

Para utilizar este menú debemos de encontrarnos en la pantalla inicial de MCAM y presionar la tecla F2 la cuál nos mostrará la siguiente pantalla



### 7.7.1 Ciclo

Esta opción nos permite decidir cuál tipo de ciclo en un perfil se va a utilizar.

Seleccione la opción CYCLE (CICLO) que este iluminada y presione RETURN.

Las opciones son las siguientes:

#### ROLL ROUND

Esta sigue la línea de el perfil con la herramienta elegida.

#### NOTA:

Un punto de inicio (definido por un círculo) y una dirección (definida por una línea punteada) son necesarios para esta opción. Solamente un perfil ROLL ROUND es permitido en cualquier capa sencilla.

#### CIRCULAR CYCLE (CICLO CIRCULAR)

Este ciclo es usado para definir un agujero circular. Este no tiene límite para el número de ciclos circulares que pueden definirse en una capa.

#### NOTA:

Este tipo de ciclo no está soportado en el paquete de AutoCAM.

#### RECTANGULAR CYCLE (CICLO RECTANGULAR)

Este ciclo es usado para definir un agujero rectangular. Solamente un ciclo rectangular puede definirse en cualquier capa sencilla.

#### NOTA:

Este tipo de ciclo no está soportado por el paquete AutoCAM.

### DRILLING CYCLE (CICLO DE BARRENADO)

Este ciclo es usado para definir un patrón o número de agujeros en una capa como un ciclo de barrenado. No existe límite para el número de agujeros que pueden definirse en una capa.

### DON'T CUT (SIN CORTE)

Esta opción es usada para cualquier perfil que desee que no sea cortado de cualquier manera.

DEWORLD AUTOCAM v1.10 20mm grid Metric 0300 2% 2:51  
INFO PROFILE 1

<b>DRILLING CYCLE</b> Tool 1 Spindle speed: 600 RPM Feedrate: 100.0mm/min Surface depth (Z): 140.00mm Depth on Z: 135.00mm Number of cycles: 2	X	<b>CHANGE INFO</b> CYCLE TOOL COMP TOOL SPINDLE SPEED FEED RATE SURFACE DEPTH DEPTH ON Z CYCLES	<b>CYCLES</b> ROLL ROUND CIRCULAR CYCLE RECTANGULAR CYCLE <u>DRILLING CYCLE</u> DON'T CUT
---	---	---	--

Y

1/4 scroll bar RETURN confirm ESC quit

### 7.7.2 Compensación de la Herramienta

Esta opción es usada para seleccionar la compensación de la herramienta a la izquierda o derecha o sin compensación.

#### NOTA:

AutoCAM no necesita conocer el tamaño exacto de las herramientas. La información de las dimensiones de la herramienta es puesta en la etapa siguiente de postproceso y simulación.

Para seleccionar la compensación de la herramienta siga el siguiente procedimiento:

- Use las teclas del cursor izquierda y derecha ( ← , → ) para seleccionar el perfil que desea colocar para la compensación de la herramienta.
- Presione F2 para mostrar el menú de cambio de información.
- Seleccione TOOL COMP (COMPENSACION DE LA HERRAMIENTA) moviendo la barra luminosa utilizando las teclas de el cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.
- Este mostrará una ventana con las opciones izquierda, derecha y ninguna.
- Seleccione la opción que requiera.
- Presione RETURN
- Presione ESCAPE para mover el menú de cambio de información.

BEPFORD AUTOCAM v1.10		20mm grid Metric		0300 2x 2:53	
INFO		CHANGE INFO		PROFILE 1	
<b>DRILLING CYCLE</b> Tool 1 Spindle speed: 800 RPM Feedrate: 100.0mm/min Surface depth (Z): 140.00mm Depth on Z: 135.00mm Number of cycles: 2		<b>TOOL COMP</b> RIGHT <b>LEFT</b> NONE			
		<b>CYCLE</b> <b>TOOL COMP</b> TOOL SPINDLE SPEED FEED RATE SURFACE DEPTH DEPTH ON Z CYCLES			

↑/↓ scroll bar RETURN confirm ESC quit

### 7.7.3 Herramienta

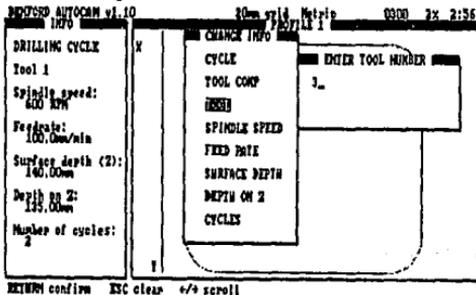
Esta opción es usada para seleccionar el número de la herramienta que va a ser usada para cortar determinado perfil.

Para seleccionar la herramienta requerida utilice el siguiente procedimiento:

- Use las teclas de el cursor izquierda y derecha para seleccionar el perfil donde desea colocar la herramienta.
- Presione F2 para desplegar el menú de cambio de información.
- Seleccione TOOL (HERRAMIENTA) moviendo la barra luminosa usando las teclas de el cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.
- Introduzca el número de la herramienta que desea usar.

El rango es de 0 a 99.

- Presione RETURN
- Presione ESCAPE para remover el menú de cambio de información.



#### 7.7.4 Velocidad de Rotación del Husillo

Esta opción se usa para colocar la velocidad a la cual se cortará un perfil en particular.

Para colocar la velocidad de corte use el siguiente procedimiento:

- Use las teclas del cursor izquierda y derecha para seleccionar el perfil al que se desea colocar la velocidad de rotación del husillo.
- Presione F2 para desplegar el menú de cambio de información.
- Seleccione SPINDLE SPEED (VELOCIDAD DE ROTACION DEL HUSILLO) moviendo la barra luminosa usando las teclas de el cursor y entonces presione RETURN para seleccionar la opción.
- Introduzca la velocidad deseada en el rango de 10 a 4000 r.p.m.
- Presione RETURN
- Presione ESCAPE para remover el menú de cambio de información.

REMOVED AUTOCAN v1.10		20m grid Metric		0200 PM 2:59	
DRILLING CYCLE		CHANGE INFO		ENTER SPINDLE SPEED	
Tool 3		CYCLE		3000	
Spindle speed: 8400 RPM		TOOL COMP			
Feedrate: 100.0mm/min		TOOL			
Surface depth (Z): 140.00mm		<del>SPINDLE SPEED</del>			
Depth on Z: 135.00mm		FEED RATE			
Number of cycles: 1		SURFACE DEPTH			
		DEPTH ON Z			
		CYCLES			
RETURN confirm		ESC clear		←/→ scroll	

### 7.7.5 Velocidad de Avance

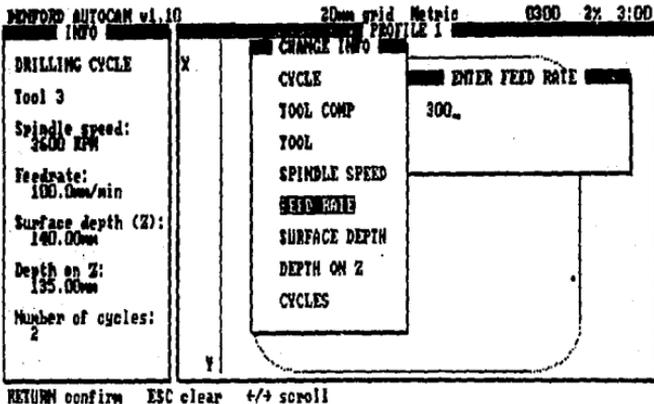
Esta opción se usa para colocar la velocidad de avance para un perfil en particular.

Para colocar la velocidad de avance utilice el siguiente procedimiento:

- Use las teclas del cursor izquierda y derecha para seleccionar el perfil al que desea colocar la velocidad de avance.
- Presione F2 para desplegar el menú de cambio de información.
- Seleccione FEED RATE (VELOCIDAD DE AVANCE) moviendo la barra luminosa con las teclas del cursor y presionando RETURN para seleccionar la opción.
- Introduzca la velocidad de avance deseada en mm/min.

El rango es de 5 a 3000 mm/min.

- Presione RETURN
- Presione ESCAPE para remover el menú de cambio de información.



#### 7.7.6 Profundidad Superficial

Esta opción coloca la posición, tomada desde la superficie alta del trabajo, a la cual la máquina hará un movimiento rápido transversal después de maquinarse un perfil. Esto es además el nivel al cual la máquina regresará después de maquinarse el perfil.

Para colocar la profundidad superficial para un perfil en particular siga este procedimiento:

- Use las teclas del cursor izquierda y derecha para seleccionar el perfil al que desea colocar la profundidad superficial.
- Presione F2 para desplegar el menú de cambio de información.
- Seleccione SURFACE DEPTH (PROFUNDIDAD SUPERFICIAL) moviendo la barra luminosa empleando las teclas de el cursor y a continuación presionando RETURN se selecciona.

- Introduzca la profundidad superficial deseada.

El rango es de -999 a 999 mm.

- Presione RETURN.

- Presione ESCAPE para remover el menú de cambio de información.

DEMPORD AUTOCAM v1.10      20mm Spid. Metric      0300 2K 3:01  
INFO      PROFILE 1

<b>DRILLING CYCLE</b> Tool 3 Spindle speed: 3600 RPM Feedrate: 100.00mm/min Surface depth (Z): 140.00mm Depth on Z: 135.00mm Number of cycles: 2	X	<b>CHANGE INFO</b> CYCLE TOOL COMP TOOL SPINDLE SPEED FEED RATE <u>SURFACE DEPTH</u> DEPTH ON Z CYCLES	<b>ENTER SURFACE DEPTH</b> 400.
---	---	--	------------------------------------

Y

RETURN confirm    ESC clear    +/- scroll

### 7.7.7 Profundidad en Z.

Con esta opción introducimos la profundidad del perfil al concluir el maquinado, y esta profundidad es tomada desde la superficie alta del trabajo.

Para colocar la profundidad final se sigue este procedimiento:

- Use las teclas del cursor izquierda y derecha para seleccionar el perfil al que desea poner la profundidad final.
- Presione F2 para desplegar el menú de cambio de información.

- Seleccione DEPTH ON Z (PROFUNDIDAD EN Z) moviendo la barra luminosa con las teclas del cursor y presionando RETURN seleccione la opción.

- Introduzca la profundidad deseada en mm.

El rango es de -999 a 999.

- Presione RETURN.

- Presione ESCAPE para remover el menú de cambio de información.

DENFORD AUTOCAM v1.10		20mm spid Metric	0300 2x 3:03
INFO	PROFILE 1		
DRILLING CYCLE	X	CHANGE INFO	ENTER ZDEPTH
Tool 3		CYCLE	500_
Spindle speed: 3600 RPM		TOOL COMP	
Feedrate: 100.00mm/min		TOOL	
Surface depth (Z): 140.00mm		SPINDLE SPEED	
Depth on Z: 135.00mm		FEED RATE	
Number of cycles: 2		SURFACE DEPTH	
		DEPTH ON Z	
		CYCLES	
	Y		

RETURN confirm ESC clear ←/→ scroll

### 7.7.8 Ciclos

Esta opción nos proporciona el número de cortes con los que desea que la máquina complete el perfil.

Para colocar el número de ciclos use el siguiente procedimiento:

- Use las teclas del cursor izquierda y derecha para seleccionar el perfil al cual desea colocar el número de ciclos.
- Presione F2 para visualizar el menú de cambio de información.
- Seleccione CYCLES (CICLOS) usando las teclas del cursor para mover la barra luminosa y presione RETURN para seleccionar.
- Introduzca el número de ciclos deseado.

El rango es de 1 a 99.

- Presione RETURN.
- Presione ESCAPE para remover el menú de cambio de información.

DEWFOED AUTOCAM v1.10      20000 spid Metric      0300 2% 3:04

INFO		CHANGE INFO	
DRILLING CYCLE	X	CYCLE	ENTER CYCLES
Tool 3		TOOL COMP	-
Spindle speed: 3600 RPM		TOOL	
Feedrate: 100.0mm/min		SPINDLE SPEED	
Surface depth (Z): 140.00mm		FEED RATE	
Depth on Z: 135.00mm		SURFACE DEPTH	
Number of cycles: 2		DEPTH ON Z	
		<b>CYCLES</b>	
	Y		

RETURN confirm    ESC clear    +/- scroll

## 7.8 SALIR DE AUTOCAM

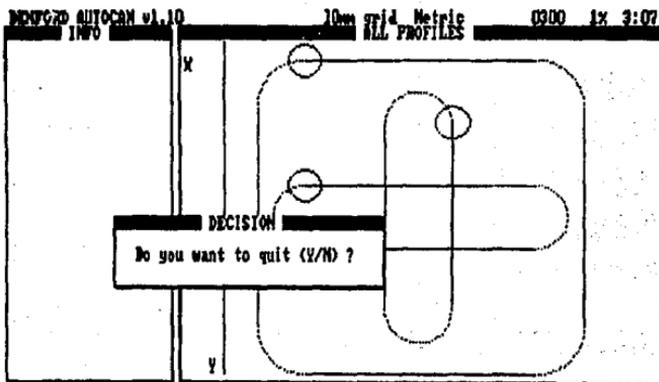
Usted puede salir de AutoCAM en cualquier momento.

Para salir use el procedimiento siguiente:

- Salve cualquier perfil que quiera cuidar.
- Use la tecla ESCAPE para limpiar todos los menús de la pantalla.
- Presione la tecla ESCAPE.

De esta forma el sistema la preguntará si quiere salir.

- Conteste "Y" para SI, o "N" para NO.



Y/N to make choice

## 7.9 MENSAJES DE ERROR CON AUTOCAM Y SUS SIGNIFICADOS

### ONLY CIRCLES ALLOWED (SOLAMENTE CIRCULOS PERMITIDOS)

Cuando defina ya sea ciclos circulares o ciclos de barrenado, debe usar únicamente círculos.

### MULTIPLY BRANCHES IN PROFILES (MULTIPLES RAMIFICACIONES EN EL PERFIL)

Hay muchas líneas unidas en una intersección de las que el sistema AutoCAM espera encontrar.

### PROFILE DIMENSIONS TOO SMALL (DIMENSIONES DEL PERFIL DEMASIADO PEQUEÑAS)

Usted tiene el dibujo de un perfil cuyas dimensiones son tan pequeñas que es imposible maquinar.

### ONLY ONE BOX ALLOWED (SOLAMENTE UNA CAJA PERMITIDA)

Cuando defina un ciclo rectangular sólo un rectángulo es permitido en cualquier capa sencilla.

### MARKER CIRCLE BAD (MAL INDICADO UN CIRCULO)

Cuando define un ciclo ROLL ROUND usted debe definir más que un círculo para indicar el inicio de el ciclo, o no poner el círculo en el punto final de una línea.

### CUT DIRECTION NOT ESPECIFIED (DIRECCION DE CORTE NO ESPECIFICADA)

Cuando define un perfil ROLL ROUND usted no especifica la dirección que desea que el cortador se mueva cuando empiece a cortar.

## *CAPITULO 8*

# ***UTILIZACION DEL PAQUETE DE CONTROL NUMERICO FANUC***

## 8.1 INTRODUCCION

El paquete FANUC es el software principal para manejar la máquina de control numérico, y contiene los comandos necesarios para introducir todas las variables que se necesiten durante el mecanizado de las piezas, ya sea en forma manual o en forma automática.

El software contiene los elementos básicos para controlar: movimientos de los ejes, la velocidad del husillo, la velocidad de avance, la introducción de programas en forma manual y automática, la inspección de estos y muchas utilerías más. Todo esto es controlado desde un teclado independiente de la computadora llamado MDI (Manual Data Input) donde se controlan todas las operaciones.

## 8.2 COMO CORRER EL PAQUETE

Para poder utilizar el paquete FANUC es necesario llevar a cabo el siguiente procedimiento:

Después de entrar a la computadora aparecerá el indicador de la unidad donde estemos trabajando (a:, b:, c:, etc.).

A continuación nos instalaremos en el directorio donde se encuentre el programa principal tecleando

```
D:\>CD DENFORD
```

Enseguida llamamos al programa con el nombre

```
D:\DENFORD>FANUC
```

Nota:

Para poder entrar al programa es necesario que se encuentre encendido el controlador de la máquina-herramienta.

Después de teclear la palabra FANUC aparecerá el siguiente mensaje

Denford FANUC MILLING CNC programming (V1.42) 1 February 1991

IBM RS232 DRIVER (RS232) 16 January 1990

COM1 installed

MACHINE installed

IBM DESKTOP PROGRAMMER DRIVER (KBD) 12 December 1990

IBM EGA DRIVER (CRT) 25 February 1991

<<CHANGE DISK AND ENTER FANUCMD>>

Version DR DOS 5.0

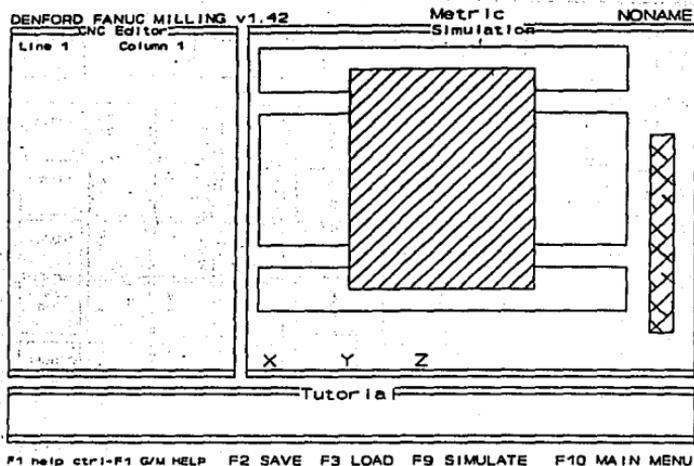
Copyright (c) 1976,82,88,90 Digital Research Inc. Reservados todos los derechos  
AES Printaform S.A. de C.V.

D:\DENFORD>

En este momento tecleamos

D:\DENFORD>FANUCMD

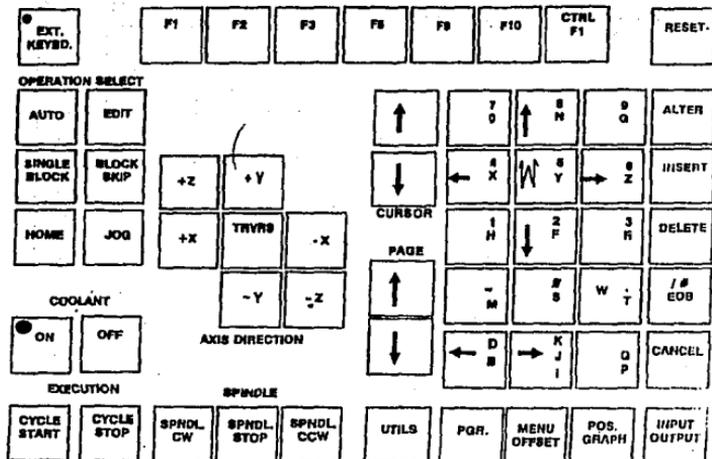
Y obtenemos la pantalla principal del paquete:



### 8.3 DEFINICION DE TECLAS

Después de introducirnos en el paquete, no podremos utilizar el teclado normal de la computadora, sino que trabajaremos con el teclado adicional de la máquina de control numérico llamado MDI (Manual Data Input = Teclado de entrada manual de datos), el cuál tiene la siguiente forma

## MANUAL DATA INPUT PANEL (M.D.I.)



### 8.3.1 Teclas de funciones

#### EXT. KEYBD

Esta tecla nos sirve para salir de este teclado y regresar a la computadora.

#### F1

Nos muestra una pantalla de ayuda del teclado de la máquina de control

#### F2

Nos salva rápidamente un archivo de CNC

**F3**

Nos carga rápidamente un archivo de CNC

**F5**

Nos da información con respecto al programa de CNC que estemos trabajando, con fecha y hora

**F9**

Nos introduce al menú de simulación de programas de CNC (Esta tecla será explicada posteriormente)

**F10**

Nos da el menú principal (Esta tecla será explicada posteriormente)

**CTRL F1**

Nos da ayuda con respecto a los códigos G y M

**RESET**

Borra cualquier mensaje de alarma de la pantalla. Inicializa la pantalla de edición para instalar un nuevo programa

**TECLAS ALFANUMERICAS**

Introduce caracteres al controlador cuando da entrada a un programa. Existen teclas que tienen múltiples caracteres que se conmutan dependiendo del menú o función donde se encuentre

**CURSOR**

Mueve el cursor a través del programa bloque por bloque en una dirección definida

**PAGINA**

Mueve el cursor a través de un programa pagina por pagina en una dirección definida

### 8.3.2 Teclas auxiliares para edición y control de trabajo

#### UTILS

Nos muestra una serie de comandos para utilizarse en la edición de programas. Estos comandos son: TOOLDEF, CLEAR, STEP, NOSTEP, SHOW, NOSHOW, SUBPROGRAM, BILLET Y EDGMOVE

#### PRG

Pulsando esta tecla repetidamente nos muestra la pantalla de simulación, edición o edición y simulación

#### MENU OFFSET

Esta tecla nos permite obtener el menú de cambio de compensación de las herramientas y movimiento de los ejes

#### POS. GRAPH

Esta tecla nos permite el movimiento de los ejes de forma manual; puede ser de forma incremental o continua

#### INPUT OUTPUT

Con esta opción podemos enviar o recibir información de dispositivos externos

#### ALTER

Esta tecla nos permite cambiar o alterar un dato en el programa

#### INSERT

Nos permite insertar un dato en el programa

#### DELETE

Esta tecla nos permite borrar algún dato del programa

#### CANCEL

Esta opción nos permite cancelar un dato antes de introducirlo en el programa

/,# E.O.B.

Nos permite introducir en el programa los caracteres / y #; además de servir como tecla de aceptar en un programa

AUTO

Pulsando esta tecla nos muestra la pantalla de trabajo de la máquina, apareciendo como sigue

LEONARD PANUC MILLING v1.42		Metric	NONAME
MACHINE DATUM			
X, Y and Z Keys to datum on axis			
X	Feed 1000	Override 100%	
Y	Tool 1		
Z	Spindle off	SpindleForward Override 100%	
Metric			
Coolant Off			
Tutorial			

**EDIT**

Pulsando la tecla EDIT nos coloca en la pantalla de edición:

**SINGLE BLOCK**

Permite correr el programa en forma de bloques

**BLOCK SKIP**

Salta un bloque en el modo de edición cuando se corre un programa

**HOME**

Al pulsar esta tecla la máquina se sitúa en sus puntos máximos de trabajo (Ceros iniciales de referencia)

**JOG**

Controla los movimientos de los ejes en forma manual, ya sea en forma incremental o continua

**CYCLE START**

Con esta tecla se ejecuta el programa

**CYCLE STOP**

Con esta tecla se detiene el programa

**8.3.3 Teclas de dirección de los ejes**

Se puede operar esta opción en forma incremental, continua o automática

-X Movimiento del eje X en dirección negativa

+X Movimiento del eje X en dirección positiva

-Z Movimiento del eje Z en dirección negativa

+Z Movimiento del eje Z en dirección positiva

-Y Movimiento del eje Y en dirección negativa

+Y Movimiento del eje Y en dirección positiva

TRVRS Al pulsar esta tecla con cualquiera de las anteriores se tiene un movimiento transversal rápido

#### 8.3.4 Teclas del movimiento del husillo

CW

Movimiento de rotación del husillo en sentido de las manecillas del reloj

STOP

Detiene el movimiento de rotación del husillo

CCW

Movimiento de rotación del husillo en sentido antihorario

#### 8.3.5 Refrigerante

CLNT ON

Con alimentación del refrigerante

CLNT OFF

Sin alimentación del refrigerante

#### 8.4 DEFINICION DE COMANDOS

Después de obtener la pantalla principal del paquete, debemos introducirnos en el menú principal para visualizar los comandos existentes, para ello, oprimimos la tecla F10 apareciendo el siguiente menú

**Main Menú**

---

**Edit only**  
**Edit and Simulate**  
**Simulate only**  
**Link to controller**  
**CNC Files**  
**Print**  
**Remote link**  
**Settings**  
**Utilities**  
**Quit**

---

**Edit only (Editar solamente)**

Cuando se utiliza esta opción nos muestra una pantalla de editor que nos permite escribir un programa de CNC en toda la pantalla

**Edit and Simulate (Editar y simular)**

Esta opción nos permite editar el programa y simular la pieza de trabajo antes y después de ser corrido el programa

**Simulate only (Simulación solamente)**

Con esta opción solamente se despliega en la pantalla una ventana donde se simula el maquinado

**Link to controller (Encadenar al controlador)**

Esta opción nos permite transmitir o recibir un programa de CNC

**CNC Files (Archivos en CNC)**

Este comando nos permite listar los archivos existentes en el paquete, dentro de este comando existe un submenú que contiene lo siguiente:

### **CNC Files**

---

**Load**  
**New**  
**Save**  
**Save As**  
**Change dir**

---

Si seleccionamos la opción **Load** (cargar) la máquina nos pedirá el nombre de un archivo de CNC; si no sabemos el nombre del archivo la tecla **EOB** del teclado nos mostrará el directorio de los archivos existentes.

La opción **New** (nuevo) nos permite crear un archivo CNC; si existe un archivo en la pantalla de edición este será borrado para poder realizar uno nuevo.

Con la opción **Save** (salvar) podemos salvar y guardar un archivo creado o corregido.

Al seleccionar la opción **Save As** (salvar como) la máquina nos pedirá el nombre del archivo con el cual queremos salvarlo.

La opción **Change dir** (cambiar de directorio) nos permite seleccionar otro directorio ya existente.

#### **Print (imprimir)**

Esta opción nos permite imprimir un programa con errores y sin errores en una impresora gráfica

#### **Remote Link (controles remotos)**

Al seleccionar esta opción se puede recibir o enviar información desde un dispositivo remoto como puede ser una computadora, una lectora de cinta o un cargador de datos

### Settings (variables)

Al seleccionar esta opción nos despliega una pantalla con todas las variables que pueden ser cambiadas para funcionamiento del paquete. La pantalla es la siguiente

---

#### Change Settings

Editor  
Simulation  
Print device  
Print page layout  
Controller link  
Remote link  
Miscellaneous  
Load settings  
Save settings

---

Estas variables se seleccionan cuando se quiere hacer un cambio en las pantallas de edición, simulación, impresión, encadenamiento a dispositivos, unidades y para cargar y salvar las variables

### Utilities (Utilidades)

Al pulsar esta tecla nos dá acceso al DOS. Para regresar a la máquina teclee EXIT y acepte con EOB

### Quit (salir)

Esta opción se utiliza para salir del paquete de control numérico

Después de crear o cargar un programa en el editor debemos hacer una corrida de prueba sin maquinar la pieza, a esto se le llama simulación. Para obtener las pantallas de simulación se presiona la tecla F9 obteniéndose el siguiente menu

## Simulation

Check syntax  
Run program  
Dry run  
Set datum  
Set view  
3D view  
Postprocess

### Check Syntax (Revisar sintaxis)

Esta opción nos permite revisar la sintaxis de un programa en CNC. Si hay un error de programación el cursor se posicionará en el lugar donde se encuentre éste

### Run Program (Correr programa)

Con esta opción se tiene la posibilidad de observar el programa y la simulación del maquinado. Dependiendo del bloque del programa que este iluminado será el trabajo de maquinado realizado en la simulación

### Dry Run (Corrida rápida)

Si seleccionamos esta opción el programa será corrido rápidamente sin mostrar en la pantalla la simulación. En caso de error se detendrá en el bloque donde se encuentre este error

### Set Datum (Colocación de un punto)

Nos permite colocar una compensación a la herramienta para poder simular los cortes sobre la pieza de trabajo

### Set View (Colocación de vistas)

Nos permite observar una parte o la totalidad de la pieza de trabajo durante la simulación

### 3D View

Nos permite observar la pieza desde un punto para poder apreciarlo en tres dimensiones.

### Postprocess (Postprocesador)

Esta opción nos permite checar un programa por medio del postprocesador de la máquina.

*CAPITULO 9*

***PROGRAMACION***

***MANUAL***

En esta parte del trabajo se explicará la serie de pasos que lleva una programación manual, ya que en los capítulos anteriores se explica la forma de realizar un maquinado en forma automática. La programación manual es la programación mediante la cual a partir de un dibujo ya creado, el programador introduce los comandos necesarios (códigos) para estructurar el programa que realizará el maquinado.

### 9.1 INTRODUCCION

De todos los factores que intervienen para una utilización eficaz y rentable de las máquinas de control numérico, la programación es una de las más importantes.

La programación no es más que la codificación de un modo operativo y riguroso. El programador deberá poseer, en primer lugar, conocimientos profundos de la tecnología del maquinado complementados con el conocimiento de la codificación, bajo la cual las informaciones deben ser sometidas al equipo de control numérico. La programación comprende, pues, dos fases:

- El establecimiento de un modo operativo detallado
- Su transcripción, ya bajo una forma directamente asimilable por el equipo de control, o ya en un lenguaje que tratará una computadora para hacer el programa: en el primer caso, se hablará de programación manual; en el segundo de programación asistida o automática.

Las técnicas de programación están en constante evolución, sobre todo desde la aparición de las mini y las microcomputadoras. Los últimos logros en la materia han tenido por objeto facilitar la programación.

## 9.2 LA COMUNICACION DE LAS ORDENES A LA MAQUINA

Como en el trabajo convencional existe una preparación de máquinas como puede ser el tipo de utillaje necesario, las herramientas elegidas para el maquinado y la puesta a punto de la máquina. Sin embargo, nos queda todavía la comunicación de las órdenes del hombre a la máquina a través del armario de control.

Para resolver esta dificultad se ha inventado un lenguaje alfanumérico (letras, números y signos) accesible al hombre e interpretable por la máquina. Este lenguaje posee su propia sintaxis codificada y se le llama LENGUAJE DE PROGRAMACION.

En general, la información necesaria para la ejecución de una pieza en la máquina herramienta puede ser de los siguientes tipos: geométrica, tecnológica y de movimiento (fig 9.1).

La *información geométrica* es la que contiene los datos referentes a las superficies de referencia, origen de los movimientos, etc.

La *información tecnológica* describe los datos referentes a las condiciones de maquinado, los materiales, el modo de funcionamiento de la máquina, etc.

La *información de movimiento* indica el orden secuencial de las operaciones y el tipo de función de desplazamiento. Esta información es la que indica cómo se va a mover la máquina.

## INFORMACIONES

### GEOMETRICA

- DIMENSIONES DE LA PIEZA
- ACABADO SUPERFICIAL
- TOLERANCIAS
- DIMENSIONES DE LA HERRAMIENTA
- LONGITUD DE LAS CARRERAS
- ETC.

### TECNOLOGICA

- VELOCIDAD DE AVANCE
- VELOCIDAD DE ROTACION
- CARACTERISTICAS DEL MATERIAL DE LA PIEZA
- CARACTERISTICAS DE LA HERRAMIENTA
- CLASE DE REFRIGERANTE
- MODO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA HERRAMIENTA
- ETC.

### MOVIMIENTO

- ORDEN SECUENCIAL DE OPERACIONES
- TIPO DE FUNCION DE DESPLAZAMIENTO

Fig. 9.1 Tipos de información para ejecución de piezas en una máquina herramienta.

## 9.3 FASES DE OPERACION

Para la realización del programa, el programador debe conocer en toda su dimensión tanto la máquina y sus accesorios como las características de la pieza, esto es:

- La capacidad y características de la máquina herramienta: potencia, velocidades, esfuerzos admisibles, etc.
- Las características del control numérico: tipo de control, número de ejes, formato bloque, lista de funciones codificadas, etc.

- El plano de la pieza, número de piezas y tamaño de la serie.
- El dimensionado de la pieza antes de su montaje en la máquina herramienta.
- Los maquinados por realizar con la máquina herramienta: tipos, situación, dimensiones, etc.
- La situación de los puntos y superficies de referencia de la pieza.
- Los tipos de herramienta disponibles en el taller para la máquina herramienta, así como sus condiciones de utilización y dimensiones.

A partir de toda esta información, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Definir el orden cronológico de las fases de la operación elaborando un croquis con la situación de los puntos y superficies de trabajo.

En general y con objeto de reducir el tiempo de la operación, se intenta minimizar de forma aproximada:

- a) el número de trayectorias de la herramienta;
- b) la longitud de estas trayectorias;
- c) los cambios de herramienta;
- d) las pasadas de la máquina, etc.

2. Determinar las herramientas y el utillaje necesarios, así como sus condiciones de trabajo. Para ello, el programador suele disponer de un fichero numerado con las características

geométricas y de uso de cada una de las herramientas.

En la hoja de instrucciones se apuntan los códigos de fichero de las herramientas elegidas, indicando su tipo y características, así como la nueva numeración asignada para el programa.

3. Realizar los cálculos necesarios para la definición de las trayectorias de las herramientas, calculando las coordenadas de los puntos de trabajo, las cuales se indican en el croquis realizado en la primera fase.

En el caso de que la pieza necesite más de un programa, como sucede cuando son necesarios distintos montajes, las cotas calculadas se escriben únicamente en el croquis correspondiente a cada programa.

4. Escritura del programa. De acuerdo con las características del control numérico y de la máquina herramienta, se procede a escribir, según un convenio de signos y códigos determinados, las operaciones a realizar por la máquina.

Es frecuente que, con objeto de evitar errores en la programación, ésta se realice sobre una hoja impresa especial, llamada hoja de programación.

#### 9.4 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El programa se divide cronológicamente en una serie de pasos llamados bloques, que contienen la información de una operación elemental, siendo ésta la que queda delimitada por la capacidad de procesamiento del control y de actuación de la máquina herramienta.

Como generalmente la ejecución del programa se realiza de forma secuencial, el orden de éste coincide con el de las operaciones de maquinado. En los controles numéricos tipo CNC, existe la

posibilidad de romper con este orden según convenga en el programa.

Todas las acciones que la máquina debe realizar y que se definen en cada bloque, se refieren a:

- a) desplazamientos de la herramienta;
- b) velocidad de avance y rotación;
- c) selección de herramientas;
- d) establecimiento de las condiciones y modo de funcionamiento de la máquina herramienta y del control numérico.

Desde el punto de vista de la programación, cada una de las posibles actuaciones, como las que se acaban de indicar, se denominan funciones y vienen identificadas por medio de una letra, a veces llamada dirección. Cada letra o dirección es acompañada de una cifra que representa el valor numérico de la función para la operación que se está considerando. Este valor puede ser codificado o directo.

Al conjunto de caracteres que fijan una función cualquiera se le denomina "palabra" y, así, un programa se compone de bloques y un bloque, de funciones o palabras.

Los caracteres que se pueden utilizar para la identificación o direccionamiento de una función son especificados por las normas ISO, y se pueden consultar en el apéndice 1.

#### **9.5 PROGRAMACION DE LOS MOVIMIENTOS DE LOS EJES DE LA MAQUINA HERRAMIENTA**

Para describir los movimientos que debe realizar la herramienta, es necesario primeramente definir un sistema de referencia de movimientos, y así se define como tal un sistema de coordenadas

ortogonal de sentido directo con los ejes paralelos a las guías principales de la máquina, y ligado a la pieza de forma que el programador pueda describir los movimientos sin distinguir si la herramienta se aproxima a la pieza o la pieza a la herramienta (fig. 9.2).

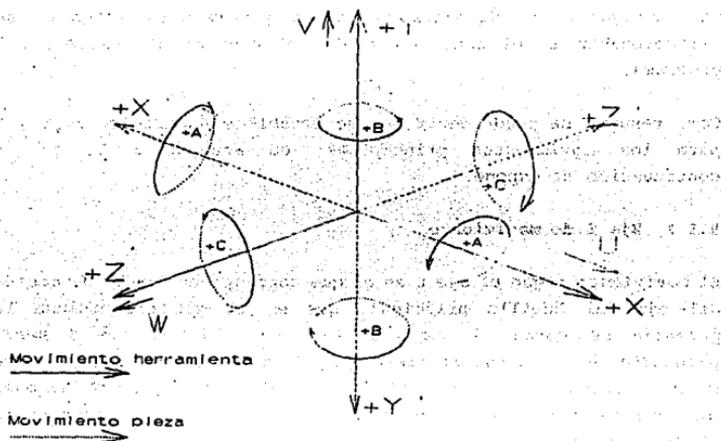


fig. 9.2 Sistema de coordenadas para el movimiento de los ejes.

El valor de los desplazamientos de la herramienta se puede indicar de dos maneras:

- a) mediante el valor de la coordenada del punto que ha de alcanzar la herramienta, en cuyo caso se dice que la programación es absoluta;

b) mediante el incremento del valor de las coordenadas entre los puntos inicial y final de la trayectoria, en cuyo caso la programación es incremental.

Los controles numéricos modernos admiten tanto la programación absoluta como la incremental dentro de un mismo programa. En los más antiguos, se disponía de ambas programaciones éstas se seleccionaban en el panel de mando del control al comienzo del programa.

Como resumen se puede decir que se establece un triedro X, Y y Z para los movimientos principales, de acuerdo a lo que a continuación se expone.

#### 9.5.1 Eje Z de movimiento

El movimiento según el eje Z es el que corresponde con la dirección del eje del husillo principal, que es el que proporciona la potencia de corte. Si no existiera husillo, el eje Z sería perpendicular a la superficie de sujeción de la pieza. En el caso de que existieran varios husillos, se elige uno como principal, preferentemente aquel que cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- el eje del husillo permanece constantemente paralelo a uno de los tres ejes del sistema normal;
- el eje del husillo está situado perpendicularmente a la superficie de sujeción de la pieza.

Si el eje del husillo principal puede girar alrededor de un eje perpendicular a él y la amplitud de este movimiento no le permite ocupar más de una posición paralela a uno de los ejes del sistema de coordenadas, es esta dirección la que constituye el eje Z.

El sentido positivo del eje Z incrementa la distancia entre la pieza y la herramienta.

### 9.5.2 Eje X de movimiento

El eje X se elige, siempre que sea posible, horizontal y paralelo a la superficie de sujeción de la pieza.

En las máquinas en que las piezas y herramientas no son giratorias, el eje X es paralelo a la dirección principal de corte y su sentido positivo se corresponden con el sentido de corte. En las máquinas en que las piezas tienen movimientos de rotación, el eje X es radial y paralelo a las guías del carro transversal.

Para discernir el sentido positivo del eje X, para máquinas en que las herramientas tienen el movimiento de rotación, conviene distinguir entre aquellas que tienen el eje Z horizontal o vertical.

Si es horizontal, el sentido positivo del eje X está dirigido hacia la derecha cuando se mira desde la zona de accionamiento del husillo principal hacia la pieza.

Si el eje Z es vertical, el sentido positivo del eje X está dirigido hacia la derecha para máquinas de montante único, cuando se mira del husillo principal hacia el montante, y para las máquinas de pórtico, cuando se mira del husillo principal hacia el montante izquierdo del pórtico.

### 9.5.3 Eje Y de movimiento

El eje Y se elige de manera que forme con los eje X y Z un triedro de sentido directo.

Los movimientos A, B y C definen desplazamientos de rotación efectuados, respectivamente, alrededor de ejes paralelos a X, Y y

Z. El sentido positivo se toma de forma que un tornillo de rosca derecha girando en sentido positivo avance, respectivamente, según + X, + Y, + Z.

Si además de los movimientos de translación X, Y y Z, y de rotación A, B y C, existen otros movimientos de translación y/o rotación paralelos a éstos, se designan por U, V y W para los primeros y D y E para los segundos.

Las letras P, Q y R se reservan para movimientos lineales paralelos o no a X, Y y Z.

La situación del origen del sistema de coordenadas definido difiere de unos controles a otros, pero responde de una forma simplificada a los siguientes tres tipos: origen fijo, origen móvil y origen flotante.

Se dice que el origen de una máquina herramienta es fijo si el origen del sistema de coordenadas se encuentra definido y situado de manera permanente en un punto de ésta. Este punto se corresponde físicamente con el montaje, para cada uno de los ejes o carreras de la máquina, de un dispositivo detector de posición semejante a los de fin de carrera (microinterruptor, interruptor, detector de proximidad, etc.). En máquinas que disponen de mesas, es frecuente que este punto se defina geométricamente sobre ella por trazos, aristas, topes, etc.

La denominación de origen móvil y de origen flotante se da cuando, desde el punto de vista de la programación, existe la posibilidad de desplazar el origen de coordenadas a puntos que interesen en el programa de una pieza.

La diferencia entre estos dos tipos se deriva sustancialmente del modo físico de resolverlos.

En lo que respecta a la máquina herramienta, el origen móvil no se diferencia del origen fijo, siendo el control numérico el que, por cálculo de las nuevas coordenadas, transforma un tipo en otro.

En este caso, la definición del origen de programa se da en la fase de preparación de la máquina directamente sobre el control numérico, o, en algunos casos, por el programa, a base de indicar el valor del desplazamiento del nuevo sistema de coordenadas respecto al anterior.

La denominación de origen flotante se reserva para un modo de proceder distinto.

La máquina herramienta no dispone de ningún dispositivo detector de posición y el control numérico no realiza ningún cálculo de coordenadas como en el caso anterior. La definición del origen de programa se realiza llevando la herramienta a ese punto y validando esa posición como origen de programa, pulsando en el control la correspondiente tecla.

El origen fijo se utiliza principalmente sobre taladradoras y tornos y, con preferencia, en controles punto a punto. La tendencia actual se dirige hacia la utilización de origen móvil, sobre todo para la posibilidad de comprobación de errores de posicionamiento.

Es importante resaltar que, en programación incremental, los valores de los desplazamientos están siempre afectados por los signos +/- según el sentido del movimiento por realizar, mientras que, en programación absoluta, no siempre se indica el signo, como por ejemplo cuando se sitúa el origen fijo en el extremo del campo de trabajo de la herramienta.

En la definición de desplazamientos circulares de la herramienta, el radio o diámetro de la trayectoria se programa indirectamente por medio de las coordenadas relativas de interpolación.

#### 9.5.4 Programación de velocidades

La programación de la velocidad de avance y de rotación se efectúa mediante las letras *F* y *S*, respectivamente.

El valor de estas funciones se indica de forma directa, generalmente en mm/min, para movimientos de avance independientes de la velocidad de rotación, o en mm/rev, si dependen de ésta, y en rev/min para la velocidad de rotación.

Si el valor se da en forma codificada, se utilizarán normalmente números de dos dígitos. La correspondencia entre el código de la función y el valor de las velocidades se da en el manual de programación del equipo.

#### 9.5.5 Programación de la herramienta

Las operaciones relacionadas con la herramienta que deben especificarse en el programa son: el cambio de herramienta para máquinas con cambiador automático y el ajuste de sus dimensiones.

La primera de estas operaciones se programa por medio de la letra *T* y una cifra que indica el número de la herramienta. La numeración de las herramientas que se utilizan en un programa se realiza físicamente sobre ella, a base de un identificador en su mango (anillos), o bien, de manera indirecta mediante la numeración de las posiciones del almacén donde se colocan.

Por lo general, si la capacidad del almacén es grande, se usa preferentemente el primer sistema, ya que facilita la operación y reduce el tiempo de colocación de herramientas.

La operación de ajuste de las dimensiones de la herramienta en programa se denomina "corrección o compensación" de herramienta y con ella se definen las dimensiones de ésta última. La manera de indicar estos valores es:

a) en longitud y diámetro o radio;

b) en distancias, según las direcciones de los ejes coordenados de la máquina, desde la arista de corte al origen de herramienta.

Los datos relativos a las correcciones o compensaciones de herramienta se introducen directamente en el armario de control en una serie de registros o memorias ordenadas numéricamente. Estos datos se referencian desde el programa mediante la función compensación y el número de registro que interese. De esta forma, se consigue independizar la herramienta del programa de la pieza.

Por otra parte, se tiene la posibilidad de que el control numérico calcule las verdaderas trayectorias de la herramienta a partir de las coordenadas de las superficies por maquinarse. Las ventajas de este modo de operación residen en:

a) Facilidad de programación de las trayectorias de la herramienta, ya que se realiza con independencia de las dimensiones de ésta.

b) Posibilidad de corregir el desgaste de la herramienta durante el maquinado.

c) Facilita la obtención de las dimensiones de la pieza dentro de su tipo de tolerancia.

De esta forma, la programación de una herramienta necesita de dos especificaciones: su número y su compensación.

## 9.6 PROGRAMACION DEL MODO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA HERRAMIENTA Y DEL CONTROL NUMERICO

Además de escribir en el programa todas las funciones hasta aquí comentadas, es necesario especificar las condiciones en que se van a realizar, así como algunas acciones complementarias que deben tomar tanto la máquina herramienta como el control.

A estas funciones, que son dos, se les denomina: "función preparatoria" y "función auxiliar", direccionándose respectivamente con las letras G y M. La primera hace referencia en general al modo y forma de realizar las trayectorias, y la segunda al modo de funcionamiento de la máquina herramienta y del control numérico. Ambas funciones son codificadas y tienen, respecto de las demás, la peculiaridad de poder aparecer más de una vez en un bloque.

La codificación de estas funciones también ha sido objeto de normalización y son especificadas por la norma ISO.

Todas las funciones G y M de la norma no están presentes en cada máquina herramienta de control numérico, sino que cada máquina especial adopta las funciones necesarias para realizar su trabajo. No hay que olvidar que tanto un torno, como una fresadora o una máquina de electroerosión, no pueden necesitar las mismas funciones, ya que el trabajo que desarrollan cada una de ellas es distinto. De cualquier forma, tanto estas funciones como la forma de programación son específicas de cada máquina herramienta de control numérico y hay que estudiarlo para cada caso en concreto.

**9.7 FORMATO DE HOJA DE PROCESO**

**HOJA DE PROCESO**

Pieza:

Conjunto:

No. de piezas:

# Trab.	Descripción	Mov	Instrucc.	Dibujo Pieza

9.8 FORMATO DE HOJA DE PROGRAMACION

HOJA DE PROGRAMACION

Nombre:

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Utils.

*CAPITULO 10*

***MAQUINA DE  
CONTROL NUMERICO***

Después de haber estudiado de una manera general los códigos utilizados en las máquinas herramientas de control numérico, ahora nos dedicaremos al estudio particular de los códigos de la máquina de control numérico que utilizaremos para el maquinado de las piezas.

Antes de abocarnos al estudio de estos códigos nos adentraremos al análisis de la máquina de control numérico.

#### 10.1 CAPACIDAD Y CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA DE CONTROL NUMERICO

Máquina: Fresadora

Tipo: Vertical

Marca: Denford

Modelo: Starmill

Generales:

Dimensiones

Gabinete

Largo: 580mm

Ancho: 540mm

Altura: 640mm

Peso

Peso de la máquina: 100Kg

Capacidad

Area de la bancada: 360x130mm

<b>Ranuras T:</b>	2 ranuras de 10mm de ancho y 50mm entre centros
<b>Longitudes de trabajo:</b>	X=170 mm Y=100 mm Z=146 mm (con adaptador)
<b>Distancia de la nariz del husillo a la superficie de la mesa:</b>	180 mm
<b>Distancia del centro del husillo a la columna:</b>	180 mm
<b>Velocidad del husillo</b>	
<b>Tipo de motor:</b>	Variable de 1/2 de H.P. (.37 KW) 240 Volts C.D.
<b>Rango de velocidad:</b>	50-3300 R.P.M. (Manual) 100-3000 R.P.M. (Automático)
<b>Conicidad del Husillo:</b>	R8
<b>Motores de los ejes</b>	
<b>Tipo de motor:</b>	Motores de pasos de 200 pasos/rev.
<b>Herramental</b>	
<b>Diámetro máximo de la herramienta:</b>	48mm (sin adaptador)
<b>Longitud máxima de la herramienta:</b>	65mm (sin adaptador)

Condiciones de operación

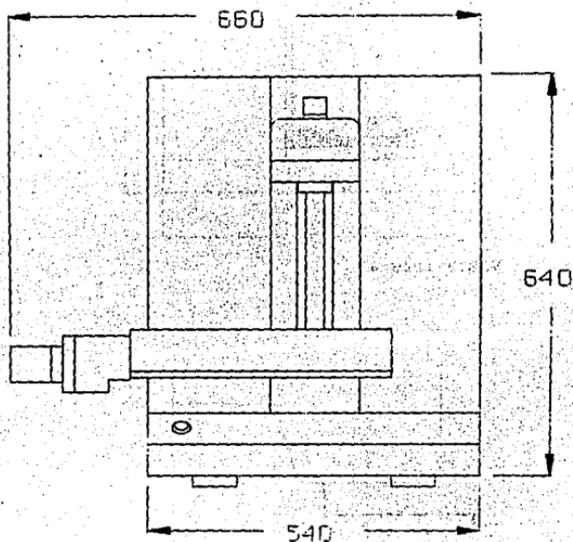
Suministro de energía:

50/60 Hz a una fase

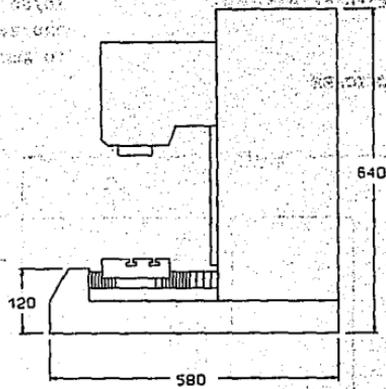
220/240 Volts

10 Amps.

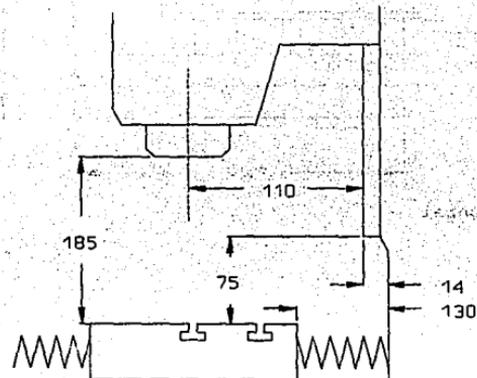
10.2 VISTAS Y SECCIONES



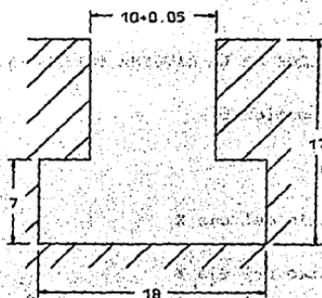
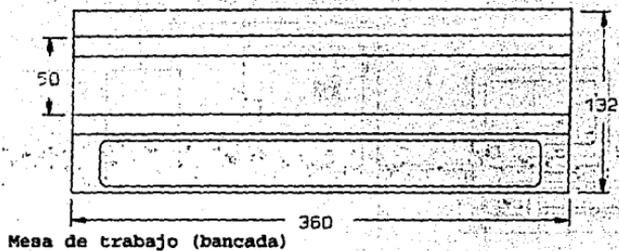
Vista frontal



Vista lateral

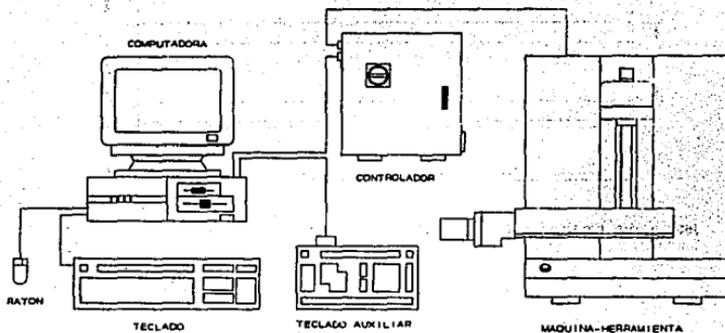


Capacidades de trabajo en la bancada



Sección "T"

DIAGRAMA DE INSTALACION DE LA MAQUINA-HERRAMIENTA DE CONTROL NUMERICO.



10.3 COMANDOS ESPECIFICOS DE LA MAQUINA FRESADORA.

Caracteres de direccionamiento

- N - Número de bloque
- X - Movimiento primario del eje X
- Y - Movimiento primario del eje Y
- Z - Movimiento primario del eje Z
- G - Función preparatoria
- I - Distancia incremental paralela al eje X
- J - Distancia incremental paralela al eje Y

**K** - Distancia incremental paralela al eje Z

**R** - Radio

**M** - Función auxiliar

**T** - Número de herramienta

**S** - Velocidad de rotación del husillo

**F** - Velocidad de avance

#### **10.4 PROGRAMACION DE PALABRAS**

En control numérico, una palabra por definición es considerada como un comando específico o una parte de la información para un bloque de programación. Una palabra empieza con un caracter alfabético (caracter de direccionamiento) y es seguido por un valor de uno o más dígitos numéricos.

##### **10.4.1 Detalles de palabras**

Aunque el control, en general, acepta la programación de palabras en cualquier secuencia, se recomienda que el orden de las palabras para cada bloque sea:

**N, G, X o U, Y o V, Z o W, I, J, K, F, S, T, M**

#### **10.5 FUNCION PREPARATORIA (CODIGOS G)**

Los dos dígitos de la función G son programados para colocar el control de ejecución de la operación de la máquina en modo automático. Enseguida se da una lista completa de códigos G. Un código G de un grupo modal y un código G de uno no modal pueden ser programados en el mismo bloque.

Un código G (modal) de un grupo permanece activo al menos que otro código G del mismo grupo sea programado.

Un código G ( no modal) puede ser programado en cada bloque cuando sea requerido.

Al accionar el botón hacia arriba y hacia abajo (down/up) se reactiva el comando G que son indicados por un asterisco.

**nota:**

Los códigos G del grupo 0 son no modales y son efectivos en un bloque designado.

**10.6 LISTA DE CODIGOS G PARA FRESADORA DENFORD.**

Grupo	Código
1	G00 Posicionamiento (Movimiento rápido)
1	G01 Interpolación lineal (En velocidad de corte)
1	G02 Interpolación circular en sentido horario
1	G03 Interpolación circular en sentido antihorario
0	G04 Paro exacto temporizado
0	G09 Paro exacto
0	G10 Agrupación de datos.
0	G11 Cancelación de agrupación de datos

2*	G17	Selección del plano XY
2	G18	Selección del plano ZX
2	G19	Selección del plano YZ
6	G20	Valores en pulgadas
6	G21	Valores en milímetros
0	G27	Verificar regreso a punto de referencia
0	G28	Regreso al punto de referencia
0	G29	Regreso desde el punto de referencia
0	G30	Regreso al segundo punto de referencia
0	G31	Salto de función
1	G33	Corte de rosca
0	G39	Compensación de la esquina en interpolación circular
7	G40	Cancelar compensación del cortador
7	G41	Compensación del cortador a la izquierda
7	G42	Compensación del cortador a la derecha

8	G43	Compensación del largo de la herramienta en dirección positiva
8	G44	Compensación del largo de la herramienta en dirección negativa
8*	G49	Cancelación del largo de la herramienta
11*	G50	Cancelación de escala
11	G51	Escala
14*	G54	Selección del sistema 1 de coordenadas de trabajo
14	G55	Selección del sistema 2 de coordenadas de trabajo
14	G56	Selección del sistema 3 de coordenadas de trabajo
14	G57	Selección del sistema 4 de coordenadas de trabajo
14*	G58	Selección del sistema 5 de coordenadas de trabajo
14	G59	Selección del sistema 6 de coordenadas de trabajo
0	G60	Posicionamiento dirección sencilla
15	G61	Modo de paro exacto
15	G63	Modo de roscado

15*	G64	Modo de corte
0	G65	Llamado macro, comando macro
12	G66	Llamado modo macro
12*	G67	Cancelar llamado modo macro
16	G68	Rotación de coordenadas
16*	G69	Cancelación de rotación de coordenadas
9	G74	Ciclo de conteo de roscado
9	G76	Barrenado fino
9*	G80	Cancelación de ciclo fijo
9	G81	Ciclo de barrenado, colocación de barreno
9	G82	Ciclo de barrenado, conteo de barrenos
9	G84	Ciclo de roscado
9	G85	Ciclo de barrenado
9	G87	Regreso del ciclo de barrenado
3*	G90	Comando absoluto
3	G91	Comando incremental

0	G92	Programación del punto de cero absoluto
5*	G94	Velocidad por minuto
5	G95	Velocidad de rotación
10*	G98	Retorno al punto inicial en ciclo resguardado
10	G99	Retorno a R en ciclo resguardado

#### 10.7 LISTA DE CODIGOS M PARA FRESADORA DENFORD

Nota: Todos los códigos marcados con un asterisco pueden ser ejecutados al final de un bloque.

##### Código

M00*	Paro de programa
M01*	Paro opcional
M02*	Restablecer programa
M03	Movimiento del husillo hacia adelante
M04	Movimiento del husillo hacia atrás (reversa)
M05*	Paro del husillo
M06	Cambio automático de herramienta
M07	Enfriador B encendido

M08	Enfriador A encendido
M09*	Enfriador apagado
M10	Abrir grapa de trabajo
M11	Cerrar grapa de trabajo
M13	Rotación del husillo en sentido horario con refrigeración
M14	Rotación del husillo en sentido antihorario con refrigeración
M15	Entrar al programa usando "MIN P" (Función especial)
M19	Orientación del husillo
M27	Reajuste de carrusel para una cavidad
M28	Reajuste de carrusel para posicionar una cavidad
M29	Selección del modo "DNC"
M30	Restablecer programa y regreso
M31	Incremento de conteo de partes
M37	Puerta abierta para paro
M38	Puerta abierta
M39	Puerta cerrada
M40	Extensión de parte sujeta

M41	Retracción de parte sujeta
M43	Transporte de viruta en sentido horario
M44	Transporte de viruta en sentido antihorario
M45*	Paro del transporte de viruta
M48	Enclavamiento de $\frac{1}{2}$ de velocidad y $\frac{1}{2}$ de velocidad al 100%
M49	Cancelación del código M48 (por omisión)
M62	Auxiliar 1 encendido
M63	Auxiliar 2 encendido
M64	Auxiliar 1 apagado
M65	Auxiliar 2 apagado
M66	Esperando para entrada 1
M67	Esperando para entrada 2
M68	Únicamente índice con todos los ejes en posición inicial
M69	Torrete indicadora en cualquier lugar
M70	Espejo activo en X
M71	Espejo activo en Y
M73	Espejo de 4° eje activado

M76	Espera para entrada 1 para ir despacio
M77	Espera para entrada 2 para ir despacio
M80	Espejo desactivado en X
M81	Espejo desactivado en Y
M83	Espejo de 4° eje desactivado
M98	Recuperar un subprograma
M99	Fin de subprograma

#### 10.8 DEFINICION DE UTILERIAS

**BILET.-** Este comando nos permite colocar el tamaño de nuestra pieza de trabajo. Comumente se especifican las longitudes de X, Y y Z.

**TOOLDEF.-** Este comando es usado para especificar el número de la herramienta, el diámetro de ésta y su longitud. Se define como

Tooldef T\_ D\_ Z\_

**CLEAR.-** Este comando limpia de la pantalla del tutorial cualquier mensaje.

**STEP.-** Este comando nos permite correr el programa por pasos sencillos (por bloques).

**NOSTEP.-** Este comando nos permite anular el comando STEP.

# ***TERCERA PARTE***

*CAPITULO 11*

***DISEÑO DE***

***PIEZAS***

En este último capítulo se desarrollará el análisis general del diseño de algunas piezas, elaborándose los dibujos de diseño, programas y por último las piezas maquinadas.

El análisis se presenta bajo los dos métodos descritos en los capítulos anteriores:

- a) Programación automática.
- b) Programación manual.

El diseño, programación y maquinado se llevará a cabo considerando una pieza tipo, ya que el proceso es similar en las demás piezas.

#### 11.1 PROCESO DE PIEZA TIPO

El maquinado de la pieza tipo tiene todas las operaciones que se pueden realizar en la máquina-herramienta de CNC. El dibujo de la figura 11.1a muestra la pieza tipo con todos los trabajos que se van a realizar. La figura 11.1b presenta el dibujo de taller.

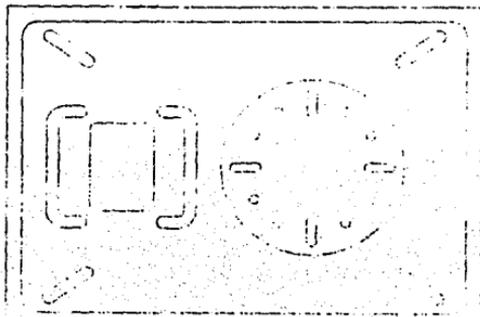
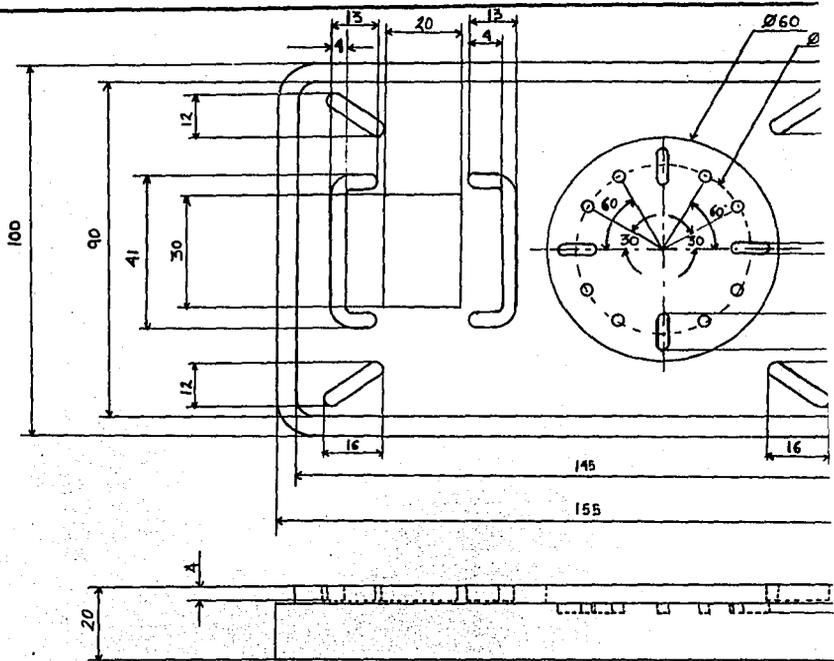
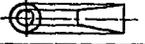
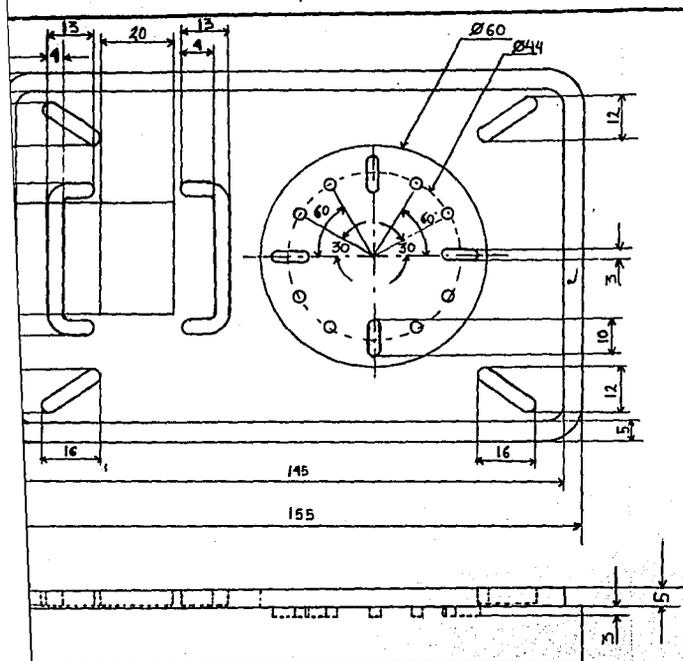
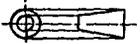


Fig. 11.1a Pieza tipo



Num	Cantidad	
FACULTAD DE		
Escala: 1:1		
		
Tesis		



Num	Cantidad	Designacion	Material	Observaciones
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES				CVAUTITLAN
Escala: 1:1		Acotacion: mm	Fecha: 30/Dic/94	Rev. Ing. JA Sanchez
		PIEZA TIPO		Dib. Hernandez TL.
Tesis				Fig. 11.1B
				Lamina: 1

### 11.1.1 Procedimiento para programación automática

#### Pasos en AutoCAD.

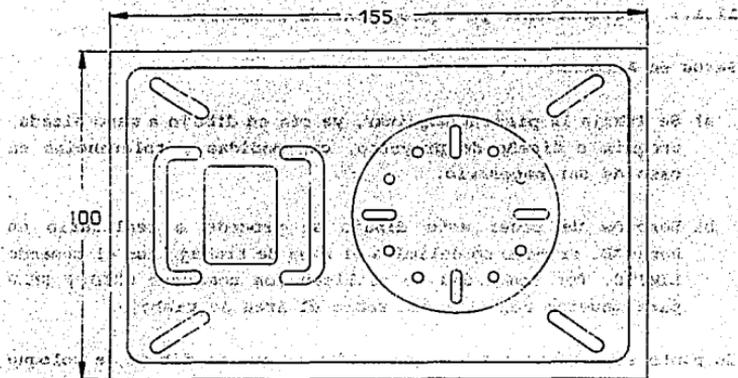
- a) Se dibuja la pieza a maquinarse, ya sea en dibujo a mano alzada, croquis o diseño de proyecto, con medidas y tolerancias en caso de ser necesario.
- b) Después de tener este dibujo se procede a realizarlo en AutoCAD. Primero se delimita el área de trabajo con el comando LIMITS. Por comodidad se utilizan los comandos GRID y SNAP para moverse con claridad sobre el área de trabajo.

Un punto importante que hay que cuidar es que el dibujo se coloque en AutoCAD entre las capas 0 y 4, ya que a partir de la capa 5 se deben dibujar los perfiles de la pieza.

- c) En seguida se realiza el dibujo con los comandos LINE, ARC, CIRCLE, etc., especificados en el capítulo 6. Si se tienen errores o modificaciones en el dibujo se utilizan los comandos ERASE y CHANGE respectivamente. Al terminar el dibujo se puede utilizar el comando DIM para colocar las dimensiones exactas de la pieza como se muestra en la figura 11.2.

Como se mencionó en el inciso b) los perfiles se dibujan a partir de la capa 5 de AutoCAD debido a que el paquete MCAM no reconoce capas menores a esta.

Los perfiles se deben dibujar preferentemente en capas continuas siguiendo un orden ascendente. Se debe recordar que para marcar el punto de inicio de cada fresado se dibuja un pequeño círculo y para indicar la dirección de corte se traza con línea punteada la línea hacia donde se dirigirá este, siguiéndose este método en todos los perfiles que sean trayectorias cerradas. En trayectorias abiertas el círculo de inicio es suficiente.



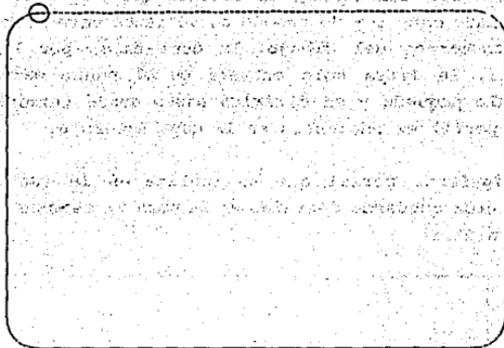
**Fig. 11.2 Dibujo en AutoCAD**

Para realizar el maquinado de todos los perfiles de la pieza tipo se tomaron 14 secciones a partir de la capa 5, siguiendo el orden que a continuación se explica.

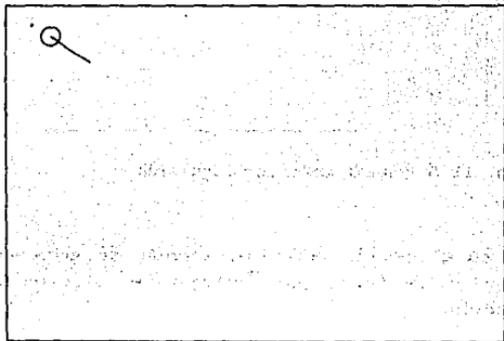
- d) Primeramente se dibuja un ciclo ROLL ROUND que abarca todo el contorno de la pieza, como se muestra en la figura 11.3.

Como se indicó anteriormente, para iniciar el ciclo se debe marcar con un círculo el inicio del ciclo ROLL ROUND y con línea punteada la dirección que seguirá el corte. Este primer perfil se realiza sobre la capa # 5. El proceso para cambiar los tipos de líneas se pueden consultar en los capítulos 6 y 7.

- e) Los siguientes perfiles que se maquinarán son las ranuras en las esquinas, empezando con la ranura superior izquierda, como se muestra en la figura 11.4.



**Fig. 11.3 Fresado del contorno**



**Fig. 11.4 Ranura superior izquierda**

Para evitar confusión, el círculo que marca el inicio del maquinado debe ser de tamaño conveniente para distinguirlo de los contornos del dibujo. En este caso, por la forma del perfil, la fresa solo entrará en el punto marcado con el círculo pequeño y se dirigirá hasta donde termina la línea. Este perfil se encuentra en la capa numero 6.

- f) El siguiente perfil que se realiza es la ranura inferior izquierda quedando definido en la capa 7, como se indica en la figura 11.5.

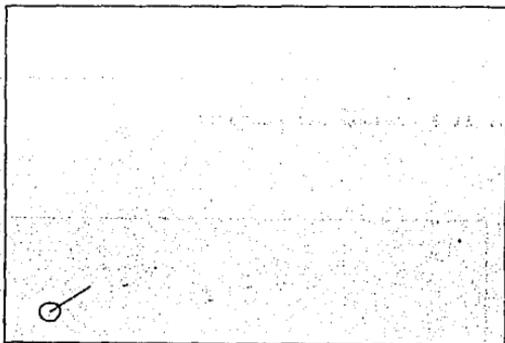


Fig. 11.5 Ranura inferior izquierda

Como en el perfil anterior, también se toma en cuenta el tamaño y la forma para dibujar el círculo y línea de dirección.

- g) El siguiente dibujo corresponde a la ranura inferior derecha, quedando definido en la capa 8 de AutoCAD, cuyo perfil se muestra en la figura 11.6.

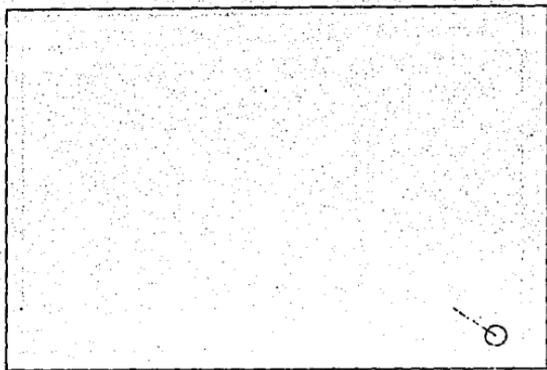
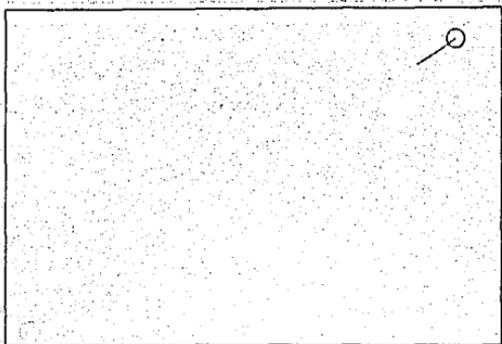


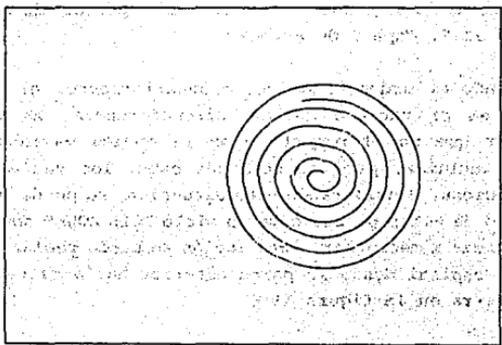
Fig. 11.6 Ranura inferior derecha

- h) Las consideraciones tomadas en los incisos e y f son válidas para el tamaño y forma del perfil superior derecho de la figura 11.7. Capa 9 de AutoCAD.
- i) Siguiendo el orden establecido anteriormente, el perfil que sigue es el vaciado de una circunferencia. Es importante aclarar que en el paquete MCAM la opción vaciado circular viene incluida, pero al utilizar este, los vaciados no son reconocidos. Considerando esta situación, se puede realizar el vaciado de estas partes como un ciclo ROLL ROUND sobre toda la superficie a mecanizar. Esta acción se puede realizar en forma de una espiral desde la parte exterior hacia el centro, como se muestra en la figura 11.8.

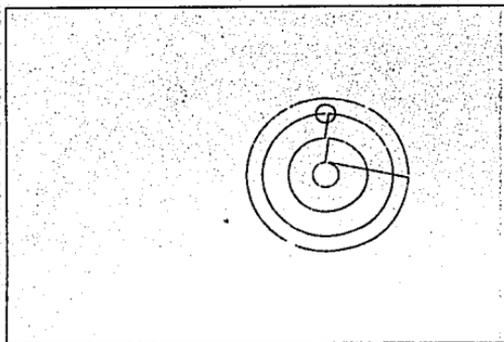
Otra forma de hacerlo, que es la que ocuparemos, es la que se muestra en la figura 11.9 y que se explica a continuación.



**Fig. 11.7 Ranura superior derecha**



**Fig. 11.8 Fresado de una cavidad en forma de espiral**

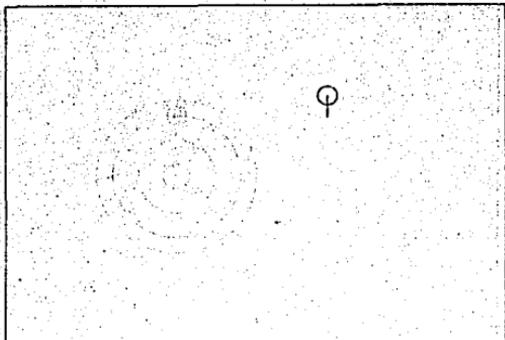


**Fig. 11.9 Fresado en forma de circunferencias**

Se traza una circunferencia inicial; con el comando BREAK se hace un pequeño corte dejando de 1 a 2 mm de espacio. Se continúa haciendo una serie de circunferencias de la misma forma hasta llegar al centro del área a fresar. Al terminar, se unen con líneas rectas el final de una circunferencia con el inicio de otra, hasta unir todas.

Para darle el acabado final al vaciado se realiza otra circunferencia como las anteriormente hechas. Para esto hay que tener en cuenta el diámetro del cortador para obtener la tolerancia requerida. Todo este procedimiento se realizará en la capa 10.

- j) Los siguientes perfiles a maquinar son las ranuras que se encuentran dentro del vaciado circular. Figura 11.10.



**Fig. 11.10 Ranura interior superior**

Tomando en cuenta las consideraciones dadas en las anteriores ranuras, se realiza el trabajo en la capa 11.

- k) Como el proceso es el mismo para las tres ranuras faltantes, se toman las consideraciones anteriores en las capas 12, 13 y 14. como se muestra en las figuras 11.11-11.13.

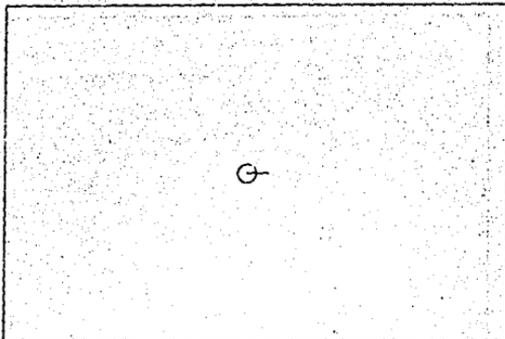


Fig. 11.11 Ranura interior lateral

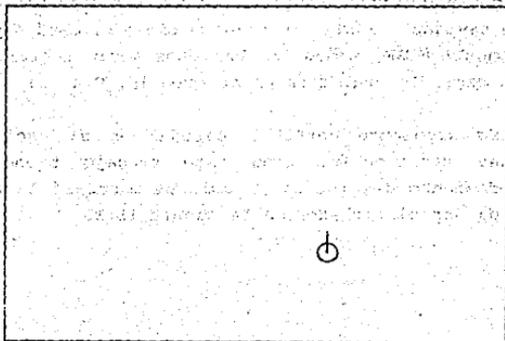


Fig. 11.12 Ranura interior inferior

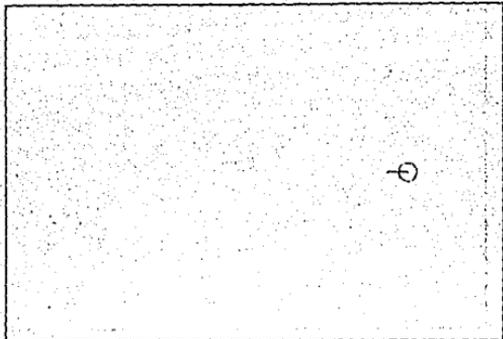
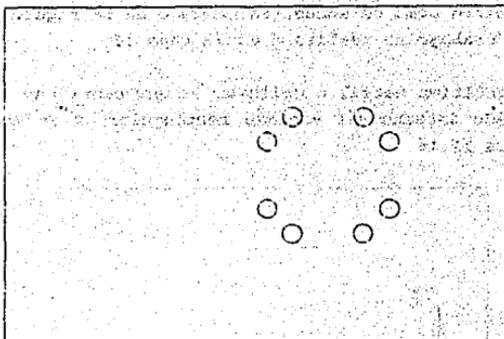
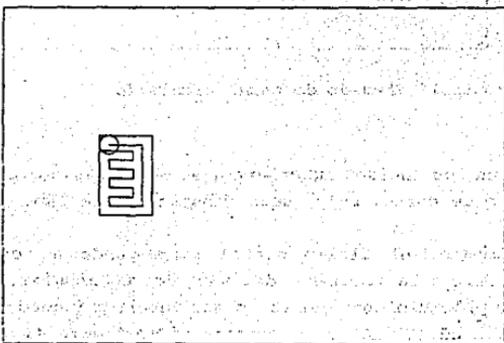


Fig. 11.13 Ranura interior lateral

- l) El siguiente perfil a maquinar es una serie de barrenos dentro de la cavidad circular. Como este ciclo si está soportado por el paquete MCAM, todos los barrenos serán realizados en una misma capa, lo cual será en la capa 15. Fig. 11.14
- m) Nuestro siguiente perfil a dibujar es el vaciado de una cavidad rectangular. Como este trabajo tiene el mismo procedimiento del inciso l, solo se mostrará la trayectoria seguida por el cortador en la figura 11.15



**Fig. 11.14 Serie de barrenos**



**Fig. 11.15 Vaciado rectangular**

Para darle el acabado final, se pasa el cortador por todo su perímetro como se encuentra marcado en la figura 11.15. Todo este trabajo se realizará en la capa 16.

- n) El penúltimo perfil a delinear es una canal que se encuentra al lado derecho del vaciado rectangular, y se muestra en la figura 11.16

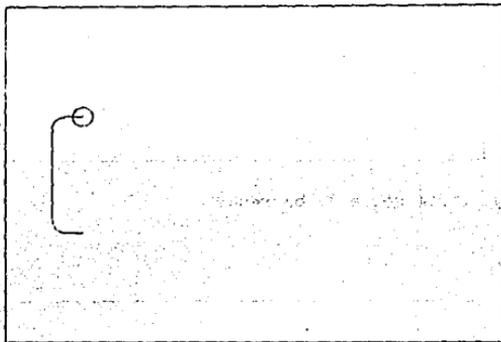
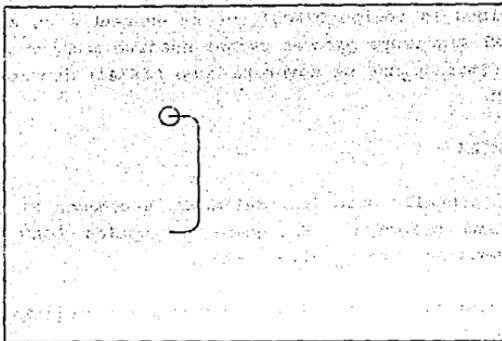


Fig. 11.16 Fresado de canal izquierdo

Como en los incisos anteriores, se debe considerar el punto de inicio de corte. Esto queda dibujado en la capa numero 17

- o) Finalmente, el último perfil corresponde al canal que se encuentra a la izquierda del vaciado rectangular. Se sigue el mismo procedimiento que el inciso anterior y queda definido en la capa número 18, y se muestra en la figura 11.17



**Fig. 11.17 Fresado de canal derecho**

- p) Después de haber definido todos los perfiles a maquinarse es necesario marcar un punto de referencia donde se empieza a mover la máquina. Este punto será el punto de origen del cortador desde donde empieza a moverse hacia cada perfil y también a donde regrese después de haber maquinado cada uno de los perfiles. El usuario puede definir este punto dentro del área de trabajo o fuera de ella. Este punto se marca en la capa más alta del paquete que estemos utilizando. De preferencia se marca en la capa número 99.

Después de haber terminado de dibujar los perfiles en AutoCAD el siguiente paso es crear un archivo DXF para que el paquete M/CAM pueda procesarlo. Como se vio anteriormente AutoCAM toma la geometría de los dibujos de CAD a través de el archivo de intercambio de datos (DXF) y postprocesa esta información para cualquier máquina herramienta. Esta parte de los programas son simulados en una computadora antes de cargarse al controlador del sistema CNC.

Para crear nuestro archivo DXF, se salva el dibujo, posteriormente se selecciona la opción DXFOUT que se encuentra en el paquete de AutoCAD. El siguiente paso es cargar nuestro archivo (en este caso nuestra primera pieza se nombrará como PIEZA1) dentro del paquete de AutoCAM.

#### Pasos en MCA

- a) En la pantalla principal del MCA, tecleamos F1 para obtener el menú principal. Escogemos la opción LOAD DXF FILE y cargamos nuestro archivo PIEZA1.
- b) Llamamos nuevamente al menú principal y escogemos la opción SETTINGS.
- c) En la opción UNITS escogemos la opción METRIC.
- d) En la opciones TOOL CHANGE X, Y y Z colocamos los valores para el cambio de herramienta; escogemos la posición X= 100mm, Y= 85mm y Z= 170mm.
- e) Enseguida en la opción BILLET DEPTH colocamos el valor 20, que es la altura de la pieza a maquinar.
- f) Como siguiente paso colocamos la tolerancia de trabajo, que escogemos de 0.2mm.
- g) En la opción BASE LAYER, debemos asegurarnos que el valor sea de 5, ya que si no es este valor, las capas más bajas que el valor que se encuentre no serán mostradas.
- h) Con la opción CHANGE PATH, esta se encontrará con la trayectoria del directorio donde se localiza el archivo PIEZA1. (En este caso en la unidad de disco B:).

Con las siguientes opciones, se realizará el cambio de variables por cada uno de los perfiles. En algunos de ellos serán iguales para todos, y en donde haya cambios se especificaran para cada uno.

- i) En la pantalla principal del MCAM tecleamos F2 para obtener el menú de cambio de información.
- j) En la opción CYCLE escogemos el ciclo ROLL ROUND para todos los perfiles a excepción del ciclo de barrenado, el cual se utilizará la opción DRILLING CYCLE.
- k) La siguiente opción, que es TOOL COMP, escogemos sin compensación (NONE).
- l) Con la opción TOOL, el número de la herramienta para el fresado del contorno exterior y el vaciado circular será la número 1; para los canales, el vaciado rectangular y las ranuras esquinadas la herramienta será la número 2 y para las ranuras interiores y barrenos la herramienta será el número 3.
- m) Con la opción SPINDLE SPEED, colocaremos la velocidad de rotación del husillo en 2500 rpm, que es la que ocuparemos para el desbastado con las herramientas.
- n) La opción FEED RATE será de 288mm/min para la herramienta 1, y 300mm/min para la herramienta 2 y 3.
- o) Con SURFACE DEPTH colocaremos el punto desde el cual se iniciará el movimiento para maquinado en el eje Z, que es de 135, y 130 para los desbastados interiores.
- p) La profundidad a la cual desbastaremos cada uno de los perfiles (DEPTH ON Z) se hará como sigue:

Perfil	Profundidad
1	<u>129</u>
2	<u>130</u>
3	<u>130</u>
4	<u>130</u>
5	<u>130</u>
6	<u>129</u>
7	<u>126</u>
8	<u>126</u>
9	<u>126</u>
10	<u>126</u>
11	<u>126</u>
12	<u>130</u>
13	<u>130</u>
14	<u>130</u>

- q) Con la opción CYCLES colocamos el número de veces que pasará el cortador por cada perfil. El valor que colocaremos es de 3 para el vaciado circular, 2 para el vaciado rectangular, contorno exterior y los canales, y de 1 para los ranurados y barrenados.
- r) Nos regresamos a la pantalla inicial de MCAM y llamamos al menú principal. Escogemos la opción BUILD CNC PROGRAM para construir nuestro programa en CNC. Si existe un error lo corregimos en ese momento y volvemos a utilizar la opción. Al utilizar esta opción se construirá un programa con extensión MGP.
- s) Después de construir nuestro programa utilizamos la opción SAVE PROFILES, para salvar la información introducida en cada uno de los perfiles. Con esta opción se construirá un archivo con extensión PRO.
- t) Salimos del paquete MCAM presionando la tecla ESCAPE.

Después de haber utilizado el paquete MCAM para introducir los valores a los cuales se maquinará la pieza, debemos procesar esta información para la máquina de control numérico que estamos utilizando, en este caso, una fresadora. Llevamos a cabo el siguiente procedimiento:

- a) A la señal de MS-DOS tecleamos

CD DENFORD

y escribimos

FANUCM

- b) Escribimos el nombre del archivo a convertir y aceptamos con ENTER. El archivo será convertido en un programa con extensión CNC, y nos indicará el número de bloques que han sido construidos.

Ahora, después de haber construido el programa en CNC, tenemos que utilizar la máquina de control numérico para crear nuestra pieza. Nuestro programa debe estar contenido en el directorio de control numérico llamado DENFORD.

#### Pasos para fresado

- a) Encendemos el controlador de la maquina-herramienta.

- b) Dentro del directorio DENFORD tecleamos la palabra

FANUC

y posteriormente tecleamos FANUCMD.

En la computadora aparecerá la pantalla principal del paquete FANUC. El teclado de la computadora quedará inactivo y procedemos a trabajar con el teclado auxiliar de la máquina.

- c) Pulsamos la tecla F10 para que nos muestre el menu principal. Escogemos la opción CNC FILES y aceptamos con la tecla EOB, con lo cual se muestra un submenu. Escogemos la opción LOAD y

aceptamos con EOB. Un mensaje nos pedirá el nombre del archivo a cargar; si presionamos nuevamente EOB se mostrarán todos los archivos del directorio. Escogemos nuestro archivo a cargar con las flechas del cursor y aceptamos con EOB.

- d) Nos introducimos al modo de simulación pulsando la tecla F9, con la cual obtenemos un menú, escogiendo la opción CHECK SYNTAX para revisar la sintaxis del programa.
- e) En el mismo menú de simulación escogemos la opción DRY RUN para hacer una corrida rápida del programa y revisar que pueda ser ejecutado este. Si existe un error, pulsamos la tecla RESET para que el cursor se posicione sobre el valor erróneo.
- f) Si el error se debe a el excedente de distancia en uno o varios ejes, escogemos la opción SET DATUM para colocar el punto desde donde se empezará a simular el mecanizado de la pieza. Colocamos en SET DATUM los valores X= 65 y Y= 165.
- g) Volvemos a escoger DRY RUN, y si no existe ningún otro error, utilizamos la opción RUN PROGRAM para poder ver en la pantalla la simulación de los cortes sobre la pieza de trabajo.

Después de haber simulado el trabajo a realizar pasamos al desarrollo práctico sobre la pieza.

- h) Pulsamos la tecla AUTO del teclado auxiliar y obtenemos la pantalla de trabajo para la fresadora.
- i) Colocamos en su punto de origen los ejes de la máquina apretando la tecla HOME, y presionando las teclas de los ejes X, Y y Z.
- j) Volvemos a presionar la tecla AUTO para escoger si el programa será corrido en modo continuo o por bloques.

k) Presionamos la tecla MENU OFFSET, donde nos mostrará una pantalla pidiendo los valores para edición de offsets en los ejes y para las herramientas. Para los ejes escogemos X = 10 y Y = 170. Presionamos la tecla RESET para salir y ejecutamos el programa presionando la tecla CYCLE START. Obteniéndose la pieza que se muestra en la figura 11.18.



Fig. 11.18 Pieza tipo

## PROGRAMA DE PIEZA TIPO

```
N00010 G17 ;
( CNC program produced from a
( DXF file
( Friday 25th November 1994
( CAM Profile 1 .....          CICLO DE CONTORNO EXTERIOR
N00020 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N00030 M06 T0101 ;
N00040 G00 X10.000 Y0.000 M03 S2500 ;
N00050 G00 Z135.000 ;
N00060 G01 Z132.000 F288 ;
N00070 G01 X145.000 ;
N00080 G02 X155.000 Y-10.000 R10 ;
N00090 G01 Y-90.000 ;
N00100 G02 X145.000 Y-100.000 R10 ;
N00110 G01 X10.000 ;
N00120 G02 X0.000 Y-90.000 R10 ;
N00130 G01 Y-10.000 ;
N00140 G02 X10.000 Y0.000 R10 ;
N00150 G00 Z170.000 ;
N00160 G00 Z135.000 ;
N00170 G01 Z129.000 ;
N00180 G01 X145.000 ;
N00190 G02 X155.000 Y-10.000 R10 ;
N00200 G01 Y-90.000 ;
N00210 G02 X145.000 Y-100.000 R10 ;
N00220 G01 X10.000 ;
N00230 G02 X0.000 Y-90.000 R10 ;
N00240 G01 Y-10.000 ;
N00250 G02 X10.000 Y0.000 R10 ;
( End of roll round cut
```

CICLOS DE RANURAS EN LOS VERTICES

```

( CAM Profile 2 .....
N00260 G00 Z170.000 ;
N00270 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N00280 M06 T0202 ;
N00290 G00 X14.000 Y-10.000 M03 S2500 ;
N00300 G00 Z135.000 ;
N00310 G01 Z130.000 F300 ;
N00320 G01 X26.282 Y-18.629 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 3 .....
N00330 G00 Z170.000 ;
N00340 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N00350 G00 X14.000 Y-90.000 ;
N00360 G00 Z135.000 ;
N00370 G01 Z130.000 F300 ;
N00380 G01 X26.226 Y-81.509 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 4 .....
N00390 G00 Z170.000 ;
N00400 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N00410 G00 X141.000 Y-90.000 ;
N00420 G00 Z135.000 ;
N00430 G01 Z130.000 F300 ;
N00440 G01 X128.607 Y-81.492 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 5 .....
N00450 G00 Z170.000 ;
N00460 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation

```

N00470 G00 X141.000 Y-10.000 ;  
N00480 G00 Z135.000 ;  
N00490 G01 Z130.000 F300 ;  
N00500 G01 X128.691 Y-18.660 ;  
( End of roll round cut  
( CAM Profile 6 .....  
N00510 G00 Z170.000 ;  
N00520 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N00530 M06 T0101 ;  
N00540 G00 X100.000 Y-30.000 M03 S2500 ;  
N00550 G00 Z135.000 ;  
N00560 G01 Z133.000 F288 ;  
N00570 G03 X100.000 Y-70.000 R20.000 ;  
N00580 G03 X100.999 Y-30.025 R20 ;  
N00590 G01 X100.000 Y-38.000 ;  
N00600 G03 X100.000 Y-62.000 R12.000 ;  
N00610 G03 X100.997 Y-38.041 R12 ;  
N00620 G01 X100.995 Y-38.042 ;  
N00630 G01 X100.995 Y-38.041 ;  
N00640 G01 X100.000 Y-46.000 ;  
N00650 G03 X96.000 Y-50.000 R4 ;  
N00660 G03 X100.000 Y-54.000 R4 ;  
N00670 G03 X104.000 Y-50.000 R4 ;  
N00680 G03 X101.732 Y-46.394 R4 ;  
N00700 G01 X124.938 Y-50.988 ;  
N00720 G02 X100.000 Y-75.000 R25 ;  
N00730 G02 X75.000 Y-50.000 R25 ;  
N00740 G02 X100.000 Y-25.000 R25 ;  
N00750 G02 X125.000 Y-50.000 R25 ;  
N00760 G01 Z135.000 ;  
N00770 G00 Z170.000 ;  
N00780 G00 X100.000 Y-30.000 ;  
N00790 G00 Z135.000 ;  
N00800 G01 Z131.000 ;

CICLO DE VACIADO CIRCULAR

N00810 G03 X100.000 Y-70.000 R20.000 ;  
 N00820 G03 X100.999 Y-30.025 R20 ;  
 N00830 G01 X100.000 Y-38.000 ;  
 N00840 G03 X100.000 Y-62.000 R12.000 ;  
 N00850 G03 X100.997 Y-38.041 R12 ;  
 N00860 G01 X100.995 Y-38.042 ;  
 N00870 G01 X100.995 Y-38.041 ;  
 N00880 G01 X100.000 Y-46.000 ;  
 N00890 G03 X96.000 Y-50.000 R4 ;  
 N00900 G03 X100.000 Y-54.000 R4 ;  
 N00910 G03 X104.000 Y-50.000 R4 ;  
 N00920 G03 X101.732 Y-46.394 R4 ;  
 N00940 G01 X124.938 Y-50.988 ;  
 N00960 G02 X100.000 Y-75.000 R25 ;  
 N00970 G02 X75.000 Y-50.000 R25 ;  
 N00980 G02 X100.000 Y-25.000 R25 ;  
 N00990 G02 X125.000 Y-50.000 R25 ;  
 N01000 G01 Z135.000 ;  
 N01010 G00 Z170.000 ;  
 N01020 G00 X100.000 Y-30.000 ;  
 N01030 G00 Z135.000 ;  
 N01040 G01 Z129.000 ;  
 N01050 G03 X100.000 Y-70.000 R20.000 ;  
 N01060 G03 X100.999 Y-30.025 R20 ;  
 N01070 G01 X100.000 Y-38.000 ;  
 N01080 G03 X100.000 Y-62.000 R12.000 ;  
 N01090 G03 X100.997 Y-38.041 R12 ;  
 N01100 G01 X100.995 Y-38.042 ;  
 N01110 G01 X100.995 Y-38.041 ;  
 N01120 G01 X100.000 Y-46.000 ;  
 N01130 G03 X96.000 Y-50.000 R4 ;  
 N01140 G03 X100.000 Y-54.000 R4 ;  
 N01150 G03 X104.000 Y-50.000 R4 ;  
 N01160 G03 X101.732 Y-46.394 R4 ;  
 N01180 G01 X124.938 Y-50.988 ;  
 N01200 G02 X100.000 Y-75.000 R25 ;

```

N01210 G02 X75.000 Y-50.000 R25 ;
N01220 G02 X100.000 Y-25.000 R25 ;
N01230 G02 X125.000 Y-50.000 R25 ;
{ End of roll round cut
{ CAM Profile 7 .....          CICLOS DE RANURAS INTERIORES
N01240 G00 Z170.000 ;
N01250 G28 U0 W0 ;
{ Start of roll round cut
{ No tool compensation
N01260 M06 T0303 ;
N01270 G00 X100.000 Y-24.500 M03 S2500 ;
N01280 G00 Z130.000 ;
N01290 G01 Z126.000 F300 ;
N01300 G01 Y-31.500 ;
{ End of roll round cut
{ CAM Profile 8 .....
N01310 G00 Z170.000 ;
N01320 G28 U0 W0 ;
{ Start of roll round cut
{ No tool compensation
N01330 G00 X74.500 Y-50.000 ;
N01340 G00 Z130.000 ;
N01350 G01 Z126.000 F300 ;
N01360 G01 X81.500 ;
{ End of roll round cut
{ CAM Profile 9 .....
N01370 G00 Z170.000 ;
N01380 G28 U0 W0 ;
{ Start of roll round cut
{ No tool compensation
N01390 G00 X100.000 Y-75.500 ;
N01400 G00 Z130.000 ;
N01410 G01 Z126.000 F300 ;
N01420 G01 Y-68.500 ;
{ End of roll round cut
{ CAM Profile 10 .....

```

N01430 G00 Z170.000 ;  
N01440 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N01450 G00 X125.500 Y-50.000 ;  
N01460 G00 Z130.000 ;  
N01470 G01 Z126.000 F300 ;  
N01480 G01 X118.500 ;  
( End of roll round cut  
( CAM Profile 11 .....  
N01490 G00 Z170.000 ;  
N01500 G28 U0 W0 ;  
( Start of drilling cycles  
N01510 G00 X119.053 Y-61.000 ;  
N01520 G00 Z130.000 ;  
N01530 G01 Z126.000 F300 ;  
N01540 G00 Z130.000 ;  
N01550 G00 X111.000 Y-69.053 ;  
N01560 G01 Z126.000 ;  
N01570 G00 Z130.000 ;  
N01580 G00 X89.000 ;  
N01590 G01 Z126.000 ;  
N01600 G00 Z130.000 ;  
N01610 G00 X80.947 Y-61.000 ;  
N01620 G01 Z126.000 ;  
N01630 G00 Z130.000 ;  
N01640 G00 Y-39.000 ;  
N01650 G01 Z126.000 ;  
N01660 G00 Z130.000 ;  
N01670 G00 X89.000 Y-30.947 ;  
N01680 G01 Z126.000 ;  
N01690 G00 Z130.000 ;  
N01700 G00 X111.000 ;  
N01710 G01 Z126.000 ;  
N01720 G00 Z130.000 ;  
N01730 G00 X119.053 Y-39.000 ;

CICLO DE BARRENOS

```

N01740 G01 Z126.000 ;
N01750 G00 Z130.000 ;
( End of drilling
( CAM Profile 12 .....
N01760 G00 Z170.000 ;
N01770 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N01780 M06 T0202 ;
N01790 G00 X32.000 Y-40.000 M03 S2500 ;
N01800 G00 Z135.000 ;
N01810 G01 Z132.500 F300 ;
N01820 G01 X43.000 ;
N01830 G01 Y-60.000 ;
N01840 G01 X32.000 ;
N01850 G01 Y-57.000 ;
N01860 G01 X40.000 ;
N01870 G01 Y-54.000 ;
N01880 G01 X32.000 ;
N01890 G01 Y-51.000 ;
N01900 G01 X40.000 ;
N01910 G01 Y-48.000 ;
N01920 G01 X32.000 ;
N01930 G01 Y-45.000 ;
N01940 G01 X40.000 ;
N01950 G01 Y-42.000 ;
N01960 G01 X32.000 ;
N01970 G01 X29.000 ;
N01980 G01 Y-63.000 ;
N01990 G01 X46.000 ;
N02000 G01 Y-37.000 ;
N02010 G01 X29.000 ;
N02020 G01 Y-41.400 ;
N02030 G01 Z135.000 ;
N02040 G00 Z170.000 ;
N02050 G00 X32.000 Y-40.000 ;

```

**CICLO DE VACIADO RECTANGULAR**

N02060 G00 Z135.000 ;  
N02070 G01 Z130.000 ;  
N02080 G01 X43.000 ;  
N02090 G01 Y-60.000 ;  
N02100 G01 X32.000 ;  
N02110 G01 Y-57.000 ;  
N02120 G01 X40.000 ;  
N02130 G01 Y-54.000 ;  
N02140 G01 X32.000 ;  
N02150 G01 Y-51.000 ;  
N02160 G01 X40.000 ;  
N02170 G01 Y-48.000 ;  
N02180 G01 X32.000 ;  
N02190 G01 Y-45.000 ;  
N02200 G01 X40.000 ;  
N02210 G01 Y-42.000 ;  
N02220 G01 X32.000 ;  
N02230 G01 X29.000 ;  
N02240 G01 Y-63.000 ;  
N02250 G01 X46.000 ;  
N02260 G01 Y-37.000 ;  
N02270 G01 X29.000 ;  
N02280 G01 Y-41.400 ;  
( End of roll round cut  
( CAM Profile 13 .....  
N02290 G00 Z170.000 ;  
N02300 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N02310 G00 X24.000 Y-31.000 ;  
N02320 G00 Z135.000 ;  
N02330 G01 Z132.500 F300 ;  
N02340 G01 X19.000 ;  
N02350 G03 X15.000 Y-35.000 R4 ;  
N02360 G01 Y-65.000 ;  
N02370 G03 X19.000 Y-69.000 R4 ;

CICLOS DE CANALES

N02380 G01 X24.000 ;  
 N02390 G01 Z135.000 ;  
 N02400 G00 Z170.000 ;  
 N02410 G00 Y-31.000 ;  
 N02420 G00 Z135.000 ;  
 N02430 G01 Z130.000 ;  
 N02440 G01 X19.000 ;  
 N02450 G03 X15.000 Y-35.000 R4 ;  
 N02460 G01 Y-65.000 ;  
 N02470 G03 X19.000 Y-69.000 R4 ;  
 N02480 G01 X24.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 14 .....  
 N02490 G00 Z170.000 ;  
 N02500 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N02510 G00 X51.000 Y-31.000 ;  
 N02520 G00 Z135.000 ;  
 N02530 G01 Z132.500 F300 ;  
 N02540 G01 X56.000 ;  
 N02550 G02 X60.000 Y-35.000 R4 ;  
 N02560 G01 Y-65.000 ;  
 N02570 G02 X56.000 Y-69.000 R4 ;  
 N02580 G01 X51.000 ;  
 N02590 G01 Z135.000 ;  
 N02600 G00 Z170.000 ;  
 N02610 G00 Y-31.000 ;  
 N02620 G00 Z135.000 ;  
 N02630 G01 Z130.000 ;  
 N02640 G01 X56.000 ;  
 N02650 G02 X60.000 Y-35.000 R4 ;  
 N02660 G01 Y-65.000 ;  
 N02670 G02 X56.000 Y-69.000 R4 ;  
 N02680 G01 X51.000 ;  
 ( End of roll round cut

```
( End of program  
N02690 G00 Z170.000 ;  
N02700 G28 U0 W0 ;  
N02710 M30 ;
```

### 11.1.2 Procedimiento para Programación Manual

En el caso de la programación manual, ocuparemos la misma pieza tipo, para determinar las ventajas y desventajas que hay con respecto a la programación automática.

Para iniciar, el programador o persona encargada de hacer el programa debe conocer a fondo las características de la máquina herramienta, así como también todos los accesorios y herramientas disponibles para el maquinado. También se deben de conocer las características del control numérico que se va a emplear. En nuestro caso, todos estos elementos están especificados en el capítulo 10 de este trabajo.

- a) Realizamos el dibujo de la pieza a maquinar con sus dimensiones, tolerancias y acabados en caso de ser necesario. Este dibujo se puede observar en la figura 11.1b.
- b) Elaboramos una serie de croquis de los maquinados a realizar. Estos se elaboraron en papel milimétrico para obtener las coordenadas exactas de las trayectorias a seguir. (fig. 11.19 a 11.25).

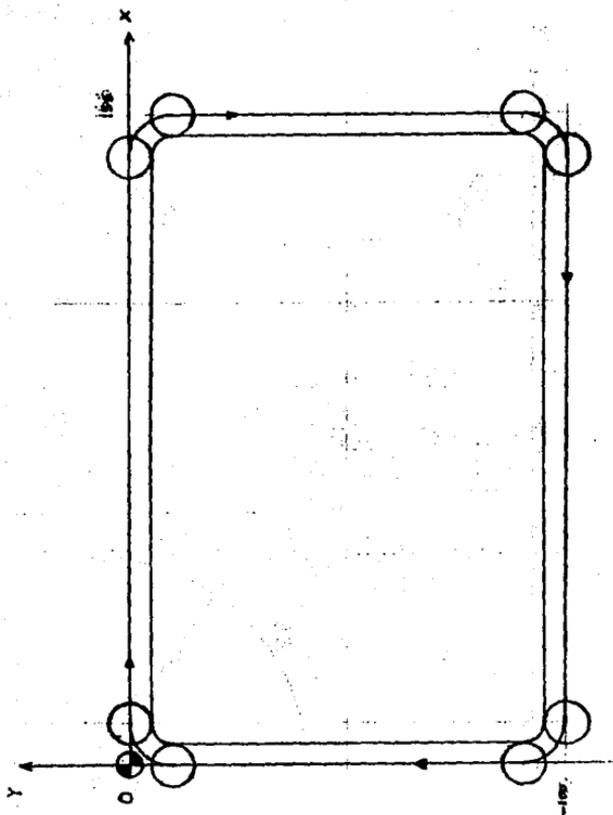


Fig. 11.19 Desbastado exterior

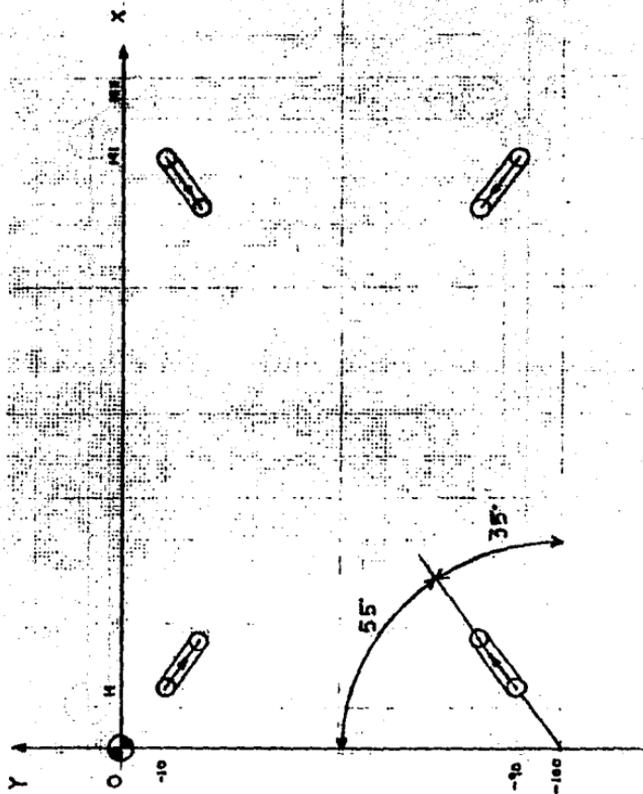


Fig. 11.20 Ranuras esquinadas

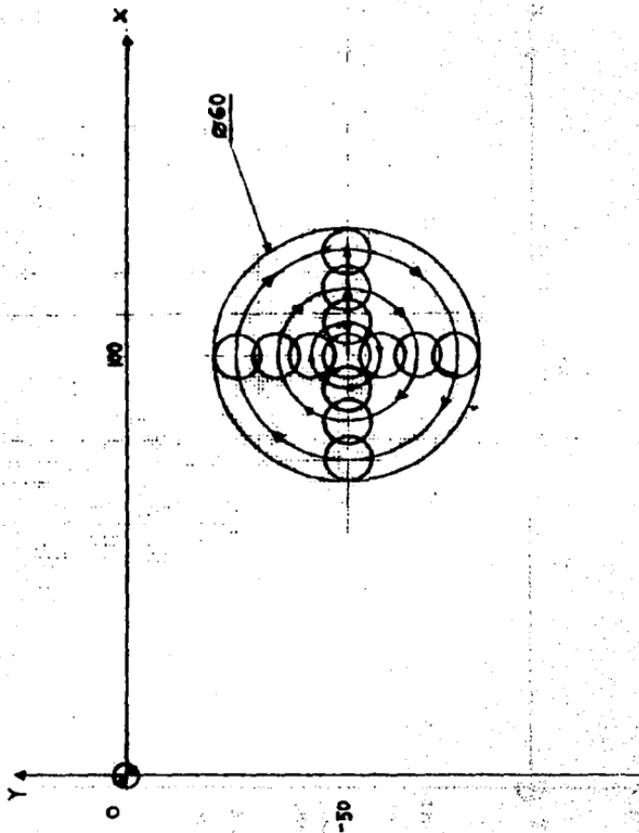


Fig. 11.21 Vacío circular

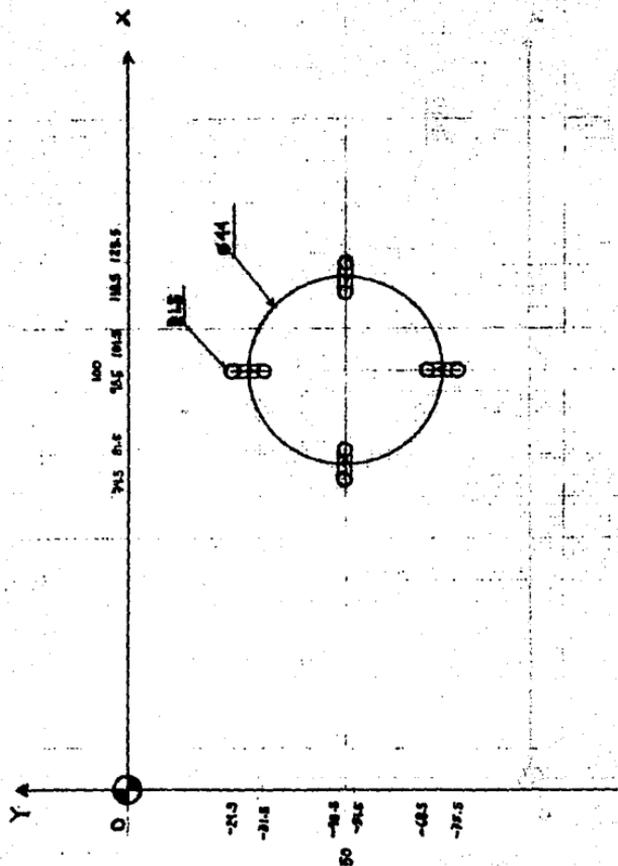


Fig. 11.22 Ranuras Internas

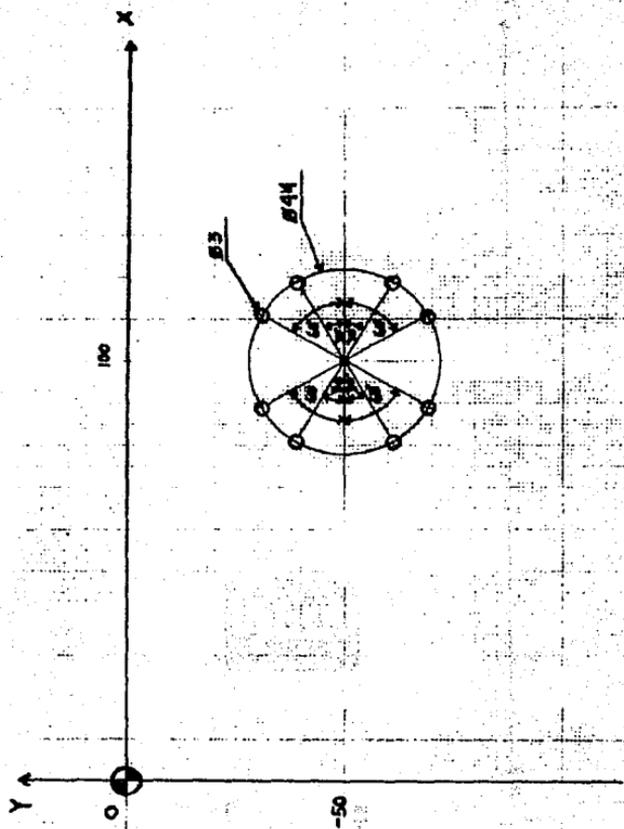


Fig. 11.23 Serie de barrenos

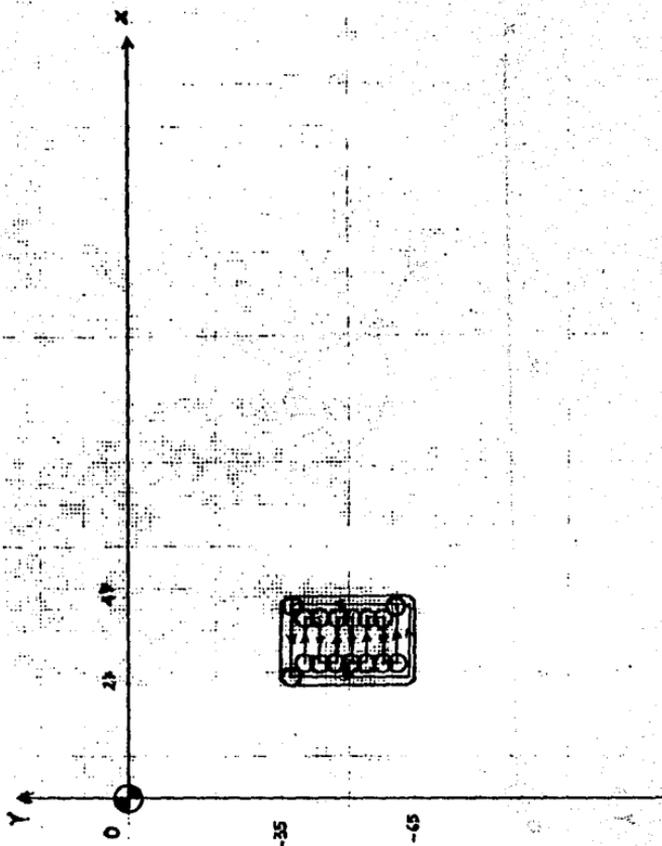


Fig. 11.24 Vaciado rectangular

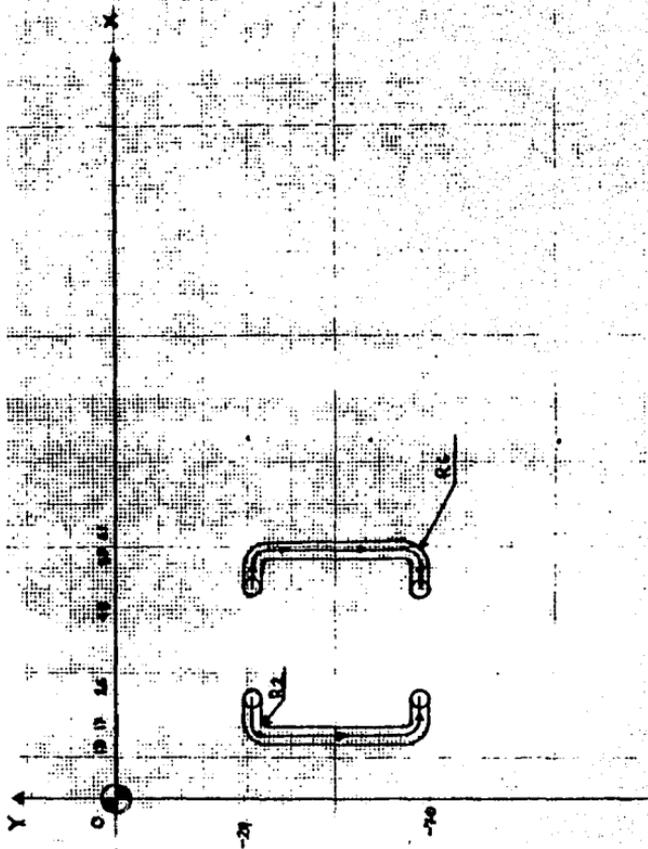


Fig. 11.25 Canales

- c) Especificamos las herramientas que se emplearán durante el maquinado. Utilizaremos la fresa de 10 mm de diámetro como herramienta número 1, la fresa de 4 mm como herramienta número 2 y la fresa de 3 mm como herramienta número 3.
- d) Realizamos los cálculos de velocidad de rotación del husillo y de la velocidad de avance. Estos cálculos están especificados en el apéndice 3.
- e) En la hoja de proceso se van realizando los trabajos especificados en los croquis, como se muestra a continuación:

HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo

Conjunto:

No. de piezas: Unica

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
1	-Hacer un ranurado sobre el contorno exterior de la pieza con una profundidad de 5mm, utilizando cortador de 10mm. de diámetro.	-Colocarse en el punto de referencia de trabajo. -Ir hacia el punto inicial de fresado. -Moverse en el eje X y el eje Y dando la forma rectangular con una profundidad de 2.5 mm. -Repetir esta operación a una profundidad de 5 mm. -Regreso al punto de referencia.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) X=0, Y=0</li> <li>2) X=10, Y=0</li> <li>3) Z=138</li> <li>4) Z=131.5</li> <li>5) X=145, Y=0</li> <li>6) X=155, Y=-10, R=10</li> <li>7) X=155, Y=-90</li> <li>8) X=145, Y=-100, R=10</li> <li>9) X=10, Y=-100</li> <li>10) X=0, Y=-90, R=10</li> <li>11) X=0, Y=-10</li> <li>12) X=10, Y=0, R=10</li> <li>13) Z=129</li> <li>14) X=145, Y=0</li> <li>15) X=155, Y=-10, R=10</li> <li>16) X=155, Y=-90</li> <li>17) X=145, Y=-100, R=10</li> <li>18) X=10, Y=-100</li> <li>19) X=0, Y=-90, R=10</li> <li>20) X=0, Y=-10</li> <li>21) X=10, Y=0, R=10</li> <li>22) Z=138</li> <li>23) X=0, Y=0</li> </ol>	

## HOJA-DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo

Conjunto:

No. de piezas: Única

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
2	-Realizar 4 ranuras cercanas a los vértices de la pieza a una profundidad de 4mm. utilizando el cortador de 4mm. de diámetro.	-Colocarse en el punto de referencia del trabajo. -Realizar la ranura superior izquierda. -Realizar la ranura inferior izquierda. -Realizar la ranura inferior derecha. -Realizar la ranura superior derecha. -Regreso al punto de referencia.	1) X=0, Y=0 2) X=14, Y=-10 3) Z=138 4) Z=130 5) X=26.29, Y=-18.60 6) Z=138 7) X=14, Y=-90 8) Z=130 9) X=26.29, Y=-81.40 10) Z=138 11) X=141, Y=-90 12) Z=130 13) X=128.71, Y=-81.40 14) Z=138 15) X=141, Y=-10 16) Z=130 17) X=128.71, Y=-18.60 18) Z=138 19) X=0, Y=0	

## HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo

Conjunto:

No. de piezas: Unica

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
3	-Hacer un vaciado circular con una profundidad de 5mm. utilizando el cortador de 10mm. de diámetro.	-Colocarse en el punto de referencia del trabajo. -Colocarse en el punto inicial del trabajo para iniciar el vaciado. -Realizar el vaciado en forma de arcos de circunferencia a una profundidad de 2mm. -Realizar el mismo vaciado a una profundidad de 4mm. -Realizar el mismo vaciado a la profundidad final de 5mm. -Regresar al punto de referencia.	1) X=0, Y=0 2) X=100, Y=-50 3) Z=138 4) Z=132 5) X=108, Y=-50 6) X=100, Y=-58, R=8 7) X=92, Y=-50, R=8 8) X=100, Y=-42, R8 9) X=108, Y=-50, R=8 10) X=116, Y=-50 11) X=100, Y=-66, R=16 12) X=84, Y=-50, R=16 13) X=100, Y=-34, R=16 14) X=116, Y=-50, R=16 15) X=125, Y=-50 16) X=100, Y=-75, R=25 17) X=75, Y=-50, R=25 18) X=100, Y=-25, R=25 19) X=125, Y=-50, R=25 20) Z=138 21) X=100, Y=-50 22) Z=130 23) X=108, Y=-50 24) X=100, Y=-58, R=8 25) X=92, Y=-50, R=8 26) X=100, Y=-42, R=8 27) X=108, Y=-50, R=8	

## HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo (continuación)

Conjunto:

No. de piezas: Única

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
3			28) X=116, Y=-50 29) X=100, Y=-66, R=16 30) X=84, Y=-50, R=16 31) X=100, Y=-34, R=16 32) X=116, Y=-50, R=16 33) X=125, Y=-50 34) X=100, Y=-75, R=25 35) X=75, Y=-50, R=25 36) X=100, Y=-25, R=25 37) X=125, Y=-50, R=25 38) Z=138 39) X=100, Y=-50 40) Z=129 41) X=108, Y=-50 42) X=100, Y=-58, R=8 43) X=92, Y=-50, R=8 44) X=100, Y=-42, R=8 45) X=108, Y=-50, R=8 46) X=116, Y=-50 47) X=100, Y=-66, R=16 48) X=84, Y=-50, R=16 49) X=100, Y=-34, R=16 50) X=116, Y=-50, R=16 51) X=125, Y=-50 52) X=100, Y=-75, R=25 53) X=75, Y=-50, R=25 54) X=100, Y=-25, R=25	

## HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo (continuación)

Conjunto:

No. de piezas: Unica

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
3			55) X=125, Y=-50, R=25 56) Z=138 57) X=0, Y=0	

## HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo

Conjunto:

No. de piezas: Única

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
4	-Realizar 4 ranuras dentro del vaciado circular, a una profundidad de 3mm. tomados a partir de la base del vaciado con el cortador de 3mm. de diámetro.	-Colocarse en el punto de referencia del trabajo. -Realizar el maquinado de la ranura superior. -Realizar la ranura lateral izquierda. -Realizar la ranura inferior. -Realizar la ranura lateral derecha. -Regresar al punto de referencia.	1) X=0, Y=0 2) X=100, Y=-24.5 3) Z=133 4) Z=126 5) X=100, Y=-31.5 6) Z=133 7) X=74.5, Y=-50 8) Z=126 9) X=81.5, Y=-50 10) Z=133 11) X=100, Y=-75.5 12) Z=126 13) X=100, Y=-68.5 14) Z=133 15) X=125.5, Y=-50 16) Z=126 17) X=118.5, Y=-50 18) Z=133 19) Z=138 20) X=0, Y=0	

## HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo

Conjunto:

No. de piezas: Unica

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
5	-Realizar una serie de barrenos dentro del vaciado circular de 3mm. de profundidad utilizando la fresa de 3mm. de diámetro.	-Colocarse en el punto de referencia de nuestro trabajo. -Realizar el primer barreno y continuar en sentido de las manecillas del reloj. -Regreso al punto de referencia.	1) X=0, Y=0 2) X=119.05, Y=-61 3) Z=133 4) Z=126 5) Z=133 6) X=111, Y=-69.05 7) Z=126 8) Z=133 9) X=89, Y=-69.05 10) Z=126 11) Z=133 12) X=80.95, Y=-61 13) Z=126 14) Z=133 15) X=80.95, Y=-39 16) Z=126 17) Z=133 18) X=89, Y=-30.95 19) Z=126 20) Z=133 21) X=111, Y=-30.95 22) Z=126 23) Z=133 24) X=119.05, Y=-39 25) Z=126 26) Z=133 27) Z=138 28) X=0, Y=0	<p>The drawing consists of two views. The top view is a rectangle containing a circle with eight smaller circles inside it, arranged in a ring. The holes are numbered 1 through 8. Hole 1 is at the top-left corner. Hole 2 is at the bottom-right corner. Hole 3 is at the top-right. Hole 4 is at the bottom-left. Hole 5 is at the top. Hole 6 is at the bottom. Hole 7 is at the left. Hole 8 is at the right. The side view is a horizontal rectangle with a vertical hole on the right side. The hole has a diameter of 4 mm, indicated by a dimension line and the number '4'.</p>

HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo

Conjunto:

No. de piezas: Única

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
6	-Realizar un vaciado rectangular con una profundidad de 4mm. utilizando una fresa de 4mm. de diámetro.	-Colocarse en el punto de referencia del trabajo. -Sitarse en el punto inicial de fresado para el vaciado. -Moverse en los ejes X y Y alternadamente para obtener el vaciado a una profundidad de 2mm. -Realizar el trabajo anterior a la profundidad final de 4mm. -Regresar al punto inicial de referencia.	1) X=0, Y=0 2) X=32, Y=-40 3) Z=138 4) Z=132 5) X=43, Y=-40 6) X=43, Y=-43.5 7) X=32, Y=-43.5 8) X=32, Y=-47 9) X=43, Y=-47 10) X=43, Y=-50.5 11) X=32, Y=-50.5 12) X=32, Y=-54 13) X=43, Y=-54 14) X=43, Y=-57.5 15) X=32, Y=-57.5 16) X=32, Y=-61 17) X=46, Y=-61 18) X=46, Y=-37 19) X=29, Y=-37 20) X=29, Y=-63 21) X=46, Y=-63 22) X=46, Y=-61 23) Z=138 24) X=32, Y=-40 25) Z=130 26) X=43, Y=-40 27) X=43, Y=-43.5	

## HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo (continuación)

Conjunto:

No. de piezas: Unica

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
6			28) X=32, Y=-43.5 29) X=32, Y=-47 30) X=43, Y=-47 31) X=43, Y=-50.5 32) X=32, Y=-50.5 33) X=32, Y=-54 34) X=43, Y=-54 35) X=43, Y=-57.5 36) X=32, Y=-57.5 37) X=32, Y=-61 38) X=46, Y=-61 39) X=46, Y=-37 40) X=29, Y=-37 41) X=29, Y=-63 42) X=46, Y=-63 43) X=46, Y=-61 44) Z=138 45) X=0, Y=0	

HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo

Conjunto:

No. de piezas: Única

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
7	-Realizar 2 canales a los lados del vaciado rectangular a una profundidad de 4mm. utilizando una fresa de 4mm. de diámetro.	-Colocarse en el punto de referencia del trabajo. -Realizar la canal izquierda a una profundidad de 2mm. -Repetir el procedimiento a una profundidad de 4mm. -Realizar la canal derecha a una profundidad de 2mm. -Repetir el procedimiento a una profundidad de 4mm. -Regresar al punto de referencia.	1) X=0, Y=0 2) X=24, Y=-31 3) Z=138 4) Z=132 5) X=19, Y=-31 6) X=15, Y=-35, R=4 7) X=15, Y=-65 8) X=19, Y=-69, R=4 9) X=24, Y=-69 10) Z=138 11) X=24, Y=-31 12) Z=130 13) X=19, Y=-31 14) X=15, Y=-35, R=4 15) X=15, Y=-65 16) X=19, Y=-69, R=4 17) X=24, Y=-69 18) Z=138 19) X=51, Y=-31 20) Z=132 21) X=56, Y=-31 22) X=60, Y=-35, R=4 23) X=60, Y=-65 24) X=56, Y=-69, R=4 25) X=51, Y=-69 26) Z=138 27) X=51, Y=-31	

## HOJA DE PROCESO

Pieza: Pieza tipo (continuación)

Conjunto:

No. de piezas: Unica

# Trab.	Descripción	Movimiento	Instrucción	Dibujo Pieza
7			28) Z=130 29) X=56, Y=-31 30) X=60, Y=-35, R=4 31) X=60, Y=-65 32) X=56, Y=-69, R=4 33) X=51, Y=-69 34) Z=138 35) X=0, Y=0	

f) Ahora procedemos a llenar la hoja de programación con los valores obtenidos en la hoja de proceso y empleando las utilerías necesarias. Este proceso se muestra en las siguientes hojas:

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Utils.
								BILLET X=160 Y=100 Z=20
N0010	G21							
N0020	G17							
N0030	G28		X=0 Y=0 Z=150					
N0040		M06				01		
N0050	G00	M03	X=10 Y=0		2500			
N0060	G00		Z=138					
N0070	G01		Z=151.5	288				
N0080	G01		X=145					
N0090	G02		X=155 Y=-10				10	
N0100	G01		Y=-90					
N0110	G02		X=145 Y=-100				10	
N0120	G01		X=10					
N0130	G02		X=0 Y=-90				10	
N0140	G01		Y=-10					
N0150	G02		X=10 Y=0				10	
N0160	G01		Z=129					
N0170	G01		X=145					
N0180	G02		X=155 Y=-10				10	

HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Utilis.
N0190	G01		Y=-90					
N0200	G02		X=145 Y=-100				10	
N0210	G01		X=10					
N0220	G02		X=0 Y=-90				10	
N0230	G01		Y=-10					
N0240	G02		X=10 Y=0				10	
N0250	G01		Z=138					
N0260	G28		X=0 Y=0 Z=150					
N0270		M06				02		
N0280	G00	M03	X=14 Y=-10		2500			
N0290	G00		Z=138					
N0300	G01		Z=130	300				
N0310	G01		X=26.29 Y=-18.60					
N0320	G01		Z=138					
N0330	G00		X=14 Y=-90					
N0340	G01		Z=130					
N0350	G01		X=26.29 Y=-81.40					
N0360	G01		Z=138					
N0370	G00		X=141 Y=-90					

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. cjes	F	S	T	R	Uds.
N0380	G01		Z=130	300				
N0390	G01		X=128.71 Y=-81.40					
N0400	G01		Z=138					
N0410	G00		X=141 Y=-10					
N0420	G01		Z=130					
N0430	G01		X=128.71 Y=-18.60					
N0440	G01		Z=138					
N0450	G28		X=0 Y=0 Z=150					
N0460		M06				01		
N0470	G00	M03	X=100 Y=-50		2500			
N0480	G00		Z=138					
N0490	G01		Z=132	288				
N0500	G01		X=108					
N0510	G02		X=100 Y=-58				8	
N0520	G02		X=92 Y=-50				8	
N0530	G02		X=100 Y=-42				8	
N0540	G02		X=108 Y=-50				8	
N0550	G01		X=116					
N0560	G02		X=100 Y=-66				16	

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Piza tipo  
Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Utili.
N0570	G02		X=84 Y=-50				16	
N0580	G02		X=100 Y=-34				16	
N0590	G02		X=116 Y=-50				16	
N0600	G01		X=125					
N0610	G02		X=100 Y=-75				25	
N0620	G02		X=75 Y=-50				25	
N0630	G02		X=100 Y=-25				25	
N0640	G02		X=125 Y=-50				25	
N0650	G00		Z=138					
N0660	G01		X=100					
N0670	G01		Z=130					
N0680	G01		X=108					
N0690	G02		X=100 Y=-58				8	
N0700	G02		X=92 Y=-50				8	
N0710	G02		X=100 Y=-42				8	
N0720	G02		X=108 Y=-50				8	
N0730	G01		X=116					
N0740	G02		X=100 Y=-66				16	
N0750	G02		X=84 Y=-50				16	

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Utils.
N0760	G02		X=100 Y=-34				16	
N0770	G02		X=116 Y=-50				16	
N0780	G01		X=125					
N0790	G02		X=100 Y=-75				25	
N0800	G02		X=75 Y=-50				25	
N0810	G02		X=100 Y=-25				25	
N0820	G02		X=125 Y=-50				25	
N0830	G00		Z=138					
N0840	G01		X=100					
N0850	G01		Z=129					
N0860	G01		X=108					
N0870	G02		X=100 Y=-58				8	
N0880	G02		X=92 Y=-50				8	
N0890	G02		X=100 Y=-42				8	
N0900	G02		X=108 Y=-50				8	
N0910	G01		X=116					
N0920	G02		X=100 Y=-66				16	
N0930	G02		X=84 Y=-50				16	
N0940	G02		X=100 Y=-34				16	

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Unid.
N0950	G02		X=116 Y=-50				16	
N0960	G01		X=125					
N0970	G02		X=100 Y=-75				25	
N0980	G02		X=75 Y=-50				25	
N0990	G02		X=100 Y=-25				25	
N1000	G02		X=125 Y=-50				25	
N1010	G00		Z=138					
N1020	G28		X=0 Y=0 Z=150					
N1030		M06				03		
N1040	G00	M03	X=100 Y=-24.5		2500			
N1050	G00		Z=133					
N1060	G01		Z=126	300				
N1070	G01		Y=-31.5					
N1080	G01		Z=133					
N1090	G00		X=74.5 Y=-50					
N1100	G01		Z=126					
N1110	G01		X=81.5					
N1120	G01		Z=133					

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Utils.
N1130	G00		X=100 Y=-75.5					
N1140	G01		Z=126					
N1150	G01		Y=-68.5					
N1160	G01		Z=133					
N1170	G00		X=125.5 Y=-50					
N1180	G01		Z=126					
N1190	G01		X=118.5					
N1200	G01		Z=133					
N1210	G00		Z=138					
N1220	G28		X=0 Y=0 Z=150					
N1230	G00		X=119.05 Y=-61					
N1240	G00		Z=133					
N1250	G01		Z=126					
N1260	G01		Z=133					
N1270	G00		X=111 Y=-69.05					
N1280	G01		Z=126					
N1290	G01		Z=133					
N1300	G00		X=89					
N1310	G01		Z=126					

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Util.
N1320	G01		Z=133					
N1330	G00		X=80.95 Y=-61					
N1340	G01		Z=126					
N1350	G01		Z=133					
N1360	G00		Y=-39					
N1370	G01		Z=126					
N1380	G01		Z=133					
N1390	G00		X=89 Y=-30.95					
N1400	G01		Z=126					
N1410	G01		Z=133					
N1420	G00		X=111					
N1430	G01		Z=126					
N1440	G01		Z=133					
N1450	G00		X=119.05 Y=-39					
N1460	G01		Z=126					
N1470	G01		Z=133					
N1480	G00		Z=138					
N1490	G28		X=0 Y=0 Z=150					
N1500		M06				07		

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. cjes	F	S	T	R	Utils.
N1510	G00	M03	X=32 Y=-40		2500			
N1520	G00		Z=138					
N1530	G01		Z=132	300				
N1540	G01		X=43					
N1550	G01		Y=-43.5					
N1560	G01		X=32					
N1570	G01		Y=-47					
N1580	G01		X=43					
N1590	G01		Y=-50.5					
N1600	G01		X=32					
N1610	G01		Y=-54					
N1620	G01		X=43					
N1630	G01		Y=-57.5					
N1640	G01		X=32					
N1650	G01		Y=-61					
N1660	G01		X=46					
N1670	G01		Y=-37					
N1680	G01		X=29					
N1690	G01		Y=-63					

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo  
 Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Utils.
N1700	G01		X=46					
N1710	G01		Y=-61					
N1720	G01		Z=138					
N1730	G00		X=32 Y=-40					
N1740	G01		Z=130					
N1750	G01		X=43					
N1760	G01		Y=-43.5					
N1770	G01		X=32					
N1780	G01		Y=-47					
N1790	G01		X=43					
N1800	G01		Y=-50.5					
N1810	G01		X=32					
N1820	G01		Y=-54					
N1830	G01		X=43					
N1840	G01		Y=-57.5					
N1850	G01		X=32					
N1860	G01		Y=-61					
N1870	G01		X=46					
N1880	G01		Y=-37					

## HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjunto:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Util.
N1890	G01		X=29					
N1900	G01		Y=-63					
N1910	G01		X=46					
N1920	G01		Y=-61					
N1930	G01		Z=138					
N1940	G28		X=0 Y=0 Z=150					
N1950	G00		X=24 Y=-31					
N1960	G00		Z=138					
N1970	G01		Z=132					
N1980	G01		X=19					
N1990	G03		X=15 Y=-35				4	
N2000	G01		Y=-65					
N2010	G03		X=19 Y=-69				4	
N2020	G01		X=24					
N2030	G01		Z=138					
N2040	G00		X=24 Y=-31					
N2050	G01		Z=130					
N2060	G01		X=19					
N2070	G03		X=15 Y=-35				4	

HOJA DE PROGRAMACION

Nombre: Pieza tipo

Conjuntor:

Bloque N	Cod. G	Cod. M	Mov. ejes	F	S	T	R	Utils.
N2080	G01		Y=-65					
N2090	G03		X=19 Y=-69				4	
N2100	G01		X=24					
N2110	G01		Z=138					
N2120	G00		X=51 Y=-31					
N2130	G01		Z=132					
N2140	G01		X=56					
N2150	G02		X=60 Y=-35				4	
N2160	G01		Y=-65					
N2170	G02		X=56 Y=-69				4	
N2180	G01		X=51					
N2190	G01		Z=138					
N2200	G00		X=51 Y=-31					
N2210	G01		Z=130					
N2220	G01		X=56					
N2230	G02		X=60 Y=-35				4	
N2240	G01		Y=-65					
N2250	G02		X=56 Y=-69				4	
N2260	G01		X=51					



PROGRAMA DE PIEZA TIPO EN PROGRAMACION MANUAL

(BILLET X160 Y100 Z20 ;  
 N0010 G21 ;  
 N0020 G17 ;  
 N0030 G28 X0 Y0 Z150 ;  
 N0040 M06 T01 ;  
 N0050 G00 X10 Y0 M03 S2500 ;  
 N0060 G00 Z138 ;  
 N0070 G01 Z131.5 F288 ;  
 N0080 G01 X145 ;  
 N0090 G02 X155 Y-10 R10 ;  
 N0100 G01 Y-90 ;  
 N0110 G02 X145 Y-100 R10 ;  
 N0120 G01 X10 ;  
 N0130 G02 X0 Y-90 R10 ;  
 N0140 G01 Y-10 ;  
 N0150 G02 X10 Y0 R10 ;  
 N0160 G01 Z129 ;  
 N0170 G01 X145 ;  
 N0180 G02 X155 Y-10 R10 ;  
 N0190 G01 Y-90 ;  
 N0200 G02 X145 Y-100 R10 ;  
 N0210 G01 X10 ;  
 N0220 G02 X0 Y-90 R10 ;  
 N0230 G01 Y-10 ;  
 N0240 G02 X10 Y0 R10 ;  
 N0250 G00 Z138 ;  
 N0260 G28 X0 Y0 Z150 ;  
 N0270 M06 T02 ;  
 N0280 G00 X14 Y-10 M03 S2500 ;  
 N0290 G00 Z138 ;  
 N0300 G01 Z130 F300 ;  
 N0310 G01 X26.29 Y-18.60 ;  
 N0320 G00 Z138 ;  
 N0330 G00 X14 Y-90 ;

N0340 G01 Z130 ;  
N0350 G01 X26.29 Y-81.40 ;  
N0360 G00 Z138 ;  
N0370 G00 X141 Y-90 ;  
N0380 G01 Z130 ;  
N0390 G01 X128.71 Y-81.40 ;  
N0400 G00 Z138 ;  
N0410 G00 X141 Y-10 ;  
N0420 G01 Z130 ;  
N0430 G01 X128.71 Y-18.60 ;  
N0440 G00 Z138 ;  
N0450 G28 X0 Y0 Z150 ;  
N0460 M06 T01 ;  
N0470 G00 X100 Y-50 M03 S2500 ;  
N0480 G00 Z138 ;  
N0490 G01 Z132 F288 ;  
N0500 G01 X108 ;  
N0510 G02 X100 Y-58 R8 ;  
N0520 G02 X92 Y-50 R8 ;  
N0530 G02 X100 Y-42 R8 ;  
N0540 G02 X108 Y-50 R8 ;  
N0550 G01 X116 ;  
N0560 G02 X100 Y-66 R16 ;  
N0570 G02 X84 Y-50 R16 ;  
N0580 G02 X100 Y-34 R16 ;  
N0590 G02 X116 Y-50 R16 ;  
N0600 G01 X125 ;  
N0610 G02 X100 Y-75 R25 ;  
N0620 G02 X75 Y-50 R25 ;  
N0630 G02 X100 Y-25 R25 ;  
N0640 G02 X125 Y-50 R25 ;  
N0650 G00 Z138 ;  
N0660 G01 X100 ;  
N0670 G01 Z130 ;  
N0680 G01 X108 ;  
N0690 G02 X100 Y-58 R8 ;

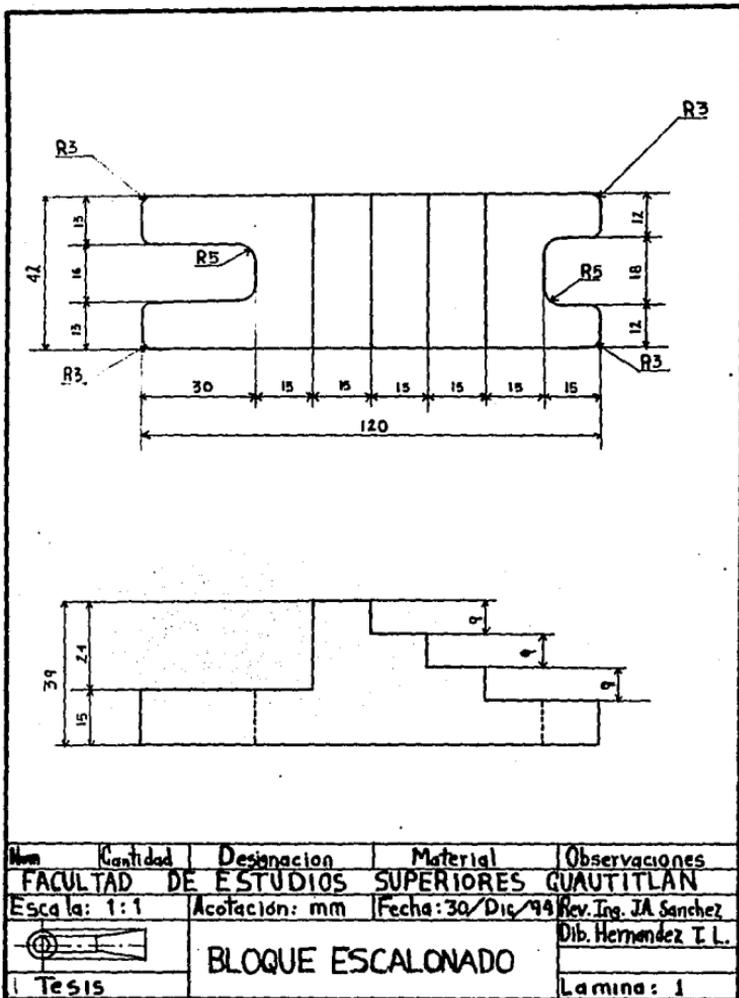
N0700 G02 X92 Y-50 R8 ;  
N0710 G02 X100 Y-42 R8 ;  
N0720 G02 X108 Y-50 R8 ;  
N0730 G01 X116 ;  
N0740 G02 X100 Y-66 R16 ;  
N0750 G02 X84 Y-50 R16 ;  
N0760 G02 X100 Y-34 R16 ;  
N0770 G02 X116 Y-50 R16 ;  
N0780 G01 X125 ;  
N0790 G02 X100 Y-75 R25 ;  
N0800 G02 X75 Y-50 R25 ;  
N0810 G02 X100 Y-25 R25 ;  
N0820 G02 X125 Y-50 R25 ;  
N0830 G00 Z138 ;  
N0840 G01 X100 ;  
N0850 G01 Z129 ;  
N0860 G01 X108 ;  
N0870 G02 X100 Y-58 R8 ;  
N0880 G02 X92 Y-50 R8 ;  
N0890 G02 X100 Y-42 R8 ;  
N0900 G02 X108 Y-50 R8 ;  
N0910 G01 X116 ;  
N0920 G02 X100 Y-66 R16 ;  
N0930 G02 X84 Y-50 R16 ;  
N0940 G02 X100 Y-34 R16 ;  
N0950 G02 X116 Y-50 R16 ;  
N0960 G01 X125 ;  
N0970 G02 X100 Y-75 R25 ;  
N0980 G02 X75 Y-50 R25 ;  
N0990 G02 X100 Y-25 R25 ;  
N1000 G02 X125 Y-50 R25 ;  
N1010 G00 Z138 ;  
N1020 G28 XO YO Z150 ;  
N1030 M06 T03 ;  
N1040 G00 X100 Y-24.5 M03 S2500 ;  
N1050 G00 Z133 ;

N1060 G01 Z126 F300 ;  
 N1070 G01 Y-31.5 ;  
 N1080 G00 Z133 ;  
 N1090 G00 X74.5 Y-50 ;  
 N1100 G01 Z126 ;  
 N1110 G01 X81.5 ;  
 N1120 G00 Z133 ;  
 N1130 G00 X100 Y-75.5 ;  
 N1140 G01 Z126 ;  
 N1150 G01 Y-68.5 ;  
 N1160 G00 Z133 ;  
 N1170 G00 X125.5 Y-50 ;  
 N1180 G01 Z126 ;  
 N1190 G01 X118.5 ;  
 N1200 G00 Z133 ;  
 N1210 G00 Z138 ;  
 N1220 G28 X0 Y0 Z150 ;  
 N1230 G00 X119.05 Y-61 ;  
 N1240 G00 Z133 ;  
 N1250 G01 Z126 ;  
 N1260 G00 Z133 ;  
 N1270 G00 X111 Y-69.05 ;  
 N1280 G01 Z126 ;  
 N1290 G00 Z133 ;  
 N1300 G00 X89 ;  
 N1310 G01 Z126 ;  
 N1320 G00 Z133 ;  
 N1330 G00 X80.95 Y-61 ;  
 N1340 G01 Z126 ;  
 N1350 G00 Z133 ;  
 N1360 G00 Y-39 ;  
 N1370 G01 Z126 ;  
 N1380 G00 Z133 ;  
 N1390 G00 X89 Y-30.95 ;  
 N1400 G01 Z126 ;  
 N1410 G00 Z133 ;



N1780 G01 Y-47 ;  
 N1790 G01 X43 ;  
 N1800 G01 Y-50.5 ;  
 N1810 G01 X32 ;  
 N1820 G01 Y-54 ;  
 N1830 G01 X43 ;  
 N1840 G01 Y-57.5 ;  
 N1850 G01 X32 ;  
 N1860 G01 Y-61 ;  
 N1870 G01 X46 ;  
 N1880 G01 Y-37 ;  
 N1890 G01 X29 ;  
 N1900 G01 Y-63 ;  
 N1910 G01 X46 ;  
 N1920 G01 Y-61 ;  
 N1930 G00 Z138 ;  
 N1940 G28 X0 Y0 Z150 ;  
 N1950 G00 X24 Y-31 ;  
 N1960 G00 Z138 ;  
 N1970 G01 Z132 ;  
 N1980 G01 X19 ;  
 N1990 G01 X15 Y-35 R4 ;  
 N2000 G01 Y-65 ;  
 N2010 G03 X19 Y-69 R4 ;  
 N2020 G01 X24 ;  
 N2030 G00 Z138 ;  
 N2040 G00 X24 Y-31 ;  
 N2050 G01 Z130 ;  
 N2060 G01 X19 ;  
 N2070 G03 X15 Y-35 R4 ;  
 N2080 G01 Y-65 ;  
 N2090 G03 X19 Y-69 R4 ;  
 N2100 G01 X24 ;  
 N2110 G00 Z138 ;  
 N2120 G00 X51 Y-31 ;  
 N2130 G01 Z132 ;

N2140 G01 X56 ;  
N2150 G02 X60 Y-35 R4 ;  
N2160 G01 Y-65 ;  
N2170 G02 X56 Y-69 R4 ;  
N2180 G01 X51 ;  
N2190 G00 Z138 ;  
N2200 G00 X51 Y-31 ;  
N2210 G01 Z130 ;  
N2220 G01 X56 ;  
N2230 G02 X60 Y-35 R4 ;  
N2240 G01 Y-65 ;  
N2250 G02 X56 Y-69 R4 ;  
N2260 G01 X51 ;  
N2270 G00 Z138 ;  
N2280 G28 X0 Y0 Z150 ;  
N2290 M30 ;



PIEZA NUMERO 2  
BLOQUE ESCALONADO

N00010 G17 ;  
( CNC program produced from a  
( DXF file  
( Wednesday 28th December 1994  
( CAM Profile 1 .....  
N00020 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N00030 M06 T0101 ;  
N00040 G00 X125.000 Y47.000 M03 S2500 ;  
N00050 G00 Z165.000 ;  
N00060 G01 Z162.600 F300 ;  
N00070 G01 Y5.000 ;  
N00080 G01 X70.000 ;  
N00090 G01 Y47.000 ;  
N00100 G01 X117.000 ;  
N00110 G01 Y13.000 ;  
N00120 G01 X78.000 ;  
N00130 G01 Y39.000 ;  
N00140 G01 X109.000 ;  
N00150 G01 Y21.000 ;  
N00160 G01 X86.000 ;  
N00170 G01 Y31.000 ;  
N00180 G01 X101.000 ;  
N00190 G01 Y26.000 ;  
N00200 G01 X94.000 ;  
N00210 G01 Z165.000 ;  
N00220 G00 Z180.000 ;  
N00230 G00 X125.000 Y47.000 ;  
N00240 G00 Z165.000 ;  
N00250 G01 Z160.200 ;  
N00260 G01 Y5.000 ;  
N00270 G01 X70.000 ;

N00280 G01 Y47.000 ;  
 N00290 G01 X117.000 ;  
 N00300 G01 Y13.000 ;  
 N00310 G01 X78.000 ;  
 N00320 G01 Y39.000 ;  
 N00330 G01 X109.000 ;  
 N00340 G01 Y21.000 ;  
 N00350 G01 X86.000 ;  
 N00360 G01 Y31.000 ;  
 N00370 G01 X101.000 ;  
 N00380 G01 Y26.000 ;  
 N00390 G01 X94.000 ;  
 N00400 G01 Z165.000 ;  
 N00410 G00 Z180.000 ;  
 N00420 G00 X125.000 Y47.000 ;  
 N00430 G00 Z165.000 ;  
 N00440 G01 Z157.800 ;  
 N00450 G01 Y5.000 ;  
 N00460 G01 X70.000 ;  
 N00470 G01 Y47.000 ;  
 N00480 G01 X117.000 ;  
 N00490 G01 Y13.000 ;  
 N00500 G01 X78.000 ;  
 N00510 G01 Y39.000 ;  
 N00520 G01 X109.000 ;  
 N00530 G01 Y21.000 ;  
 N00540 G01 X86.000 ;  
 N00550 G01 Y31.000 ;  
 N00560 G01 X101.000 ;  
 N00570 G01 Y26.000 ;  
 N00580 G01 X94.000 ;  
 N00590 G01 Z165.000 ;  
 N00600 G00 Z180.000 ;  
 N00610 G00 X125.000 Y47.000 ;  
 N00620 G00 Z165.000 ;  
 N00630 G01 Z155.400 ;

N00640 G01 Y5.000 ;  
 N00650 G01 X70.000 ;  
 N00660 G01 Y47.000 ;  
 N00670 G01 X117.000 ;  
 N00680 G01 Y13.000 ;  
 N00690 G01 X78.000 ;  
 N00700 G01 Y39.000 ;  
 N00710 G01 X109.000 ;  
 N00720 G01 Y21.000 ;  
 N00730 G01 X86.000 ;  
 N00740 G01 Y31.000 ;  
 N00750 G01 X101.000 ;  
 N00760 G01 Y26.000 ;  
 N00770 G01 X94.000 ;  
 N00780 G01 Z165.000 ;  
 N00790 G00 Z180.000 ;  
 N00800 G00 X125.000 Y47.000 ;  
 N00810 G00 Z165.000 ;  
 N00820 G01 Z153.000 ;  
 N00830 G01 Y5.000 ;  
 N00840 G01 X70.000 ;  
 N00850 G01 Y47.000 ;  
 N00860 G01 X117.000 ;  
 N00870 G01 Y13.000 ;  
 N00880 G01 X78.000 ;  
 N00890 G01 Y39.000 ;  
 N00900 G01 X109.000 ;  
 N00910 G01 Y21.000 ;  
 N00920 G01 X86.000 ;  
 N00930 G01 Y31.000 ;  
 N00940 G01 X101.000 ;  
 N00950 G01 Y26.000 ;  
 N00960 G01 X94.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 2 .....  
 N00970 G00 Z180.000 ;

N00980 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N00990 G00 X125.000 Y47.000 ;  
N01000 G00 Z156.000 ;  
N01010 G01 Z153.600 F300 ;  
N01020 G01 Y5.000 ;  
N01030 G01 X85.000 ;  
N01040 G01 Y47.000 ;  
N01050 G01 X117.000 ;  
N01060 G01 Y13.000 ;  
N01070 G01 X93.000 ;  
N01080 G01 Y39.000 ;  
N01090 G01 X109.000 ;  
N01100 G01 Y21.000 ;  
N01110 G01 X101.000 ;  
N01120 G01 Y31.000 ;  
N01130 G01 Z156.000 ;  
N01140 G00 Z180.000 ;  
N01150 G00 X125.000 Y47.000 ;  
N01160 G00 Z156.000 ;  
N01170 G01 Z151.200 ;  
N01180 G01 Y5.000 ;  
N01190 G01 X85.000 ;  
N01200 G01 Y47.000 ;  
N01210 G01 X117.000 ;  
N01220 G01 Y13.000 ;  
N01230 G01 X93.000 ;  
N01240 G01 Y39.000 ;  
N01250 G01 X109.000 ;  
N01260 G01 Y21.000 ;  
N01270 G01 X101.000 ;  
N01280 G01 Y31.000 ;  
N01290 G01 Z156.000 ;  
N01300 G00 Z180.000 ;  
N01310 G00 X125.000 Y47.000 ;

N01320 G00 Z156.000 ;  
N01330 G01 Z148.800 ;  
N01340 G01 Y5.000 ;  
N01350 G01 X85.000 ;  
N01360 G01 Y47.000 ;  
N01370 G01 X117.000 ;  
N01380 G01 Y13.000 ;  
N01390 G01 X93.000 ;  
N01400 G01 Y39.000 ;  
N01410 G01 X109.000 ;  
N01420 G01 Y21.000 ;  
N01430 G01 X101.000 ;  
N01440 G01 Y31.000 ;  
N01450 G01 Z156.000 ;  
N01460 G00 Z180.000 ;  
N01470 G00 X125.000 Y47.000 ;  
N01480 G00 Z156.000 ;  
N01490 G01 Z146.400 ;  
N01500 G01 Y5.000 ;  
N01510 G01 X85.000 ;  
N01520 G01 Y47.000 ;  
N01530 G01 X117.000 ;  
N01540 G01 Y13.000 ;  
N01550 G01 X93.000 ;  
N01560 G01 Y39.000 ;  
N01570 G01 X109.000 ;  
N01580 G01 Y21.000 ;  
N01590 G01 X101.000 ;  
N01600 G01 Y31.000 ;  
N01610 G01 Z156.000 ;  
N01620 G00 Z180.000 ;  
N01630 G00 X125.000 Y47.000 ;  
N01640 G00 Z156.000 ;  
N01650 G01 Z144.000 ;  
N01660 G01 Y5.000 ;  
N01670 G01 X85.000 ;

N01680 G01 Y47.000 ;  
 N01690 G01 X117.000 ;  
 N01700 G01 Y13.000 ;  
 N01710 G01 X93.000 ;  
 N01720 G01 Y39.000 ;  
 N01730 G01 X109.000 ;  
 N01740 G01 Y21.000 ;  
 N01750 G01 X101.000 ;  
 N01760 G01 Y31.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 3 .....  
 N01770 G00 Z180.000 ;  
 N01780 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N01790 G00 X125.000 Y47.000 ;  
 N01800 G00 Z147.000 ;  
 N01810 G01 Z144.600 F300 ;  
 N01820 G01 Y5.000 ;  
 N01830 G01 X100.000 ;  
 N01840 G01 Y47.000 ;  
 N01850 G01 X117.000 ;  
 N01860 G01 Y13.000 ;  
 N01870 G01 X108.000 ;  
 N01880 G01 Y39.000 ;  
 N01890 G01 X112.000 ;  
 N01900 G01 Z147.000 ;  
 N01910 G00 Z180.000 ;  
 N01920 G00 X125.000 Y47.000 ;  
 N01930 G00 Z147.000 ;  
 N01940 G01 Z142.200 ;  
 N01950 G01 Y5.000 ;  
 N01960 G01 X100.000 ;  
 N01970 G01 Y47.000 ;  
 N01980 G01 X117.000 ;  
 N01990 G01 Y13.000 ;

G00 Z180.000  
 G01 Y47.000  
 G01 X117.000  
 G01 Y13.000  
 G01 X93.000  
 G01 Y39.000  
 G01 X109.000  
 G01 Y21.000  
 G01 X101.000  
 G01 Y31.000  
 G00 Z180.000  
 G28 U0 W0  
 G00 X125.000 Y47.000  
 G00 Z147.000  
 G01 Z144.600  
 G01 Y5.000  
 G01 X100.000  
 G01 Y47.000  
 G01 X117.000  
 G01 Y13.000  
 G01 X108.000  
 G01 Y39.000  
 G01 X112.000  
 G01 Z147.000  
 G00 Z180.000  
 G00 X125.000 Y47.000  
 G00 Z147.000  
 G01 Z142.200  
 G01 Y5.000  
 G01 X100.000  
 G01 Y47.000  
 G01 X117.000  
 G01 Y13.000

NO2000 G01 X108.000 ;  
NO2010 G01 Y39.000 ;  
NO2020 G01 X112.000 ;  
NO2030 G01 Z147.000 ;  
NO2040 G00 Z180.000 ;  
NO2050 G00 X125.000 Y47.000 ;  
NO2060 G00 Z147.000 ;  
NO2070 G01 Z139.800 ;  
NO2080 G01 Y5.000 ;  
NO2090 G01 X100.000 ;  
NO2100 G01 Y47.000 ;  
NO2110 G01 X117.000 ;  
NO2120 G01 Y13.000 ;  
NO2130 G01 X108.000 ;  
NO2140 G01 Y39.000 ;  
NO2150 G01 X112.000 ;  
NO2160 G01 Z147.000 ;  
NO2170 G00 Z180.000 ;  
NO2180 G00 X125.000 Y47.000 ;  
NO2190 G00 Z147.000 ;  
NO2200 G01 Z137.400 ;  
NO2210 G01 Y5.000 ;  
NO2220 G01 X100.000 ;  
NO2230 G01 Y47.000 ;  
NO2240 G01 X117.000 ;  
NO2250 G01 Y13.000 ;  
NO2260 G01 X108.000 ;  
NO2270 G01 Y39.000 ;  
NO2280 G01 X112.000 ;  
NO2290 G01 Z147.000 ;  
NO2300 G00 Z180.000 ;  
NO2310 G00 X125.000 Y47.000 ;  
NO2320 G00 Z147.000 ;  
NO2330 G01 Z135.000 ;  
NO2340 G01 Y5.000 ;  
NO2350 G01 X100.000 ;

N02360 G01 Y47.000 ;  
 N02370 G01 X117.000 ;  
 N02380 G01 Y13.000 ;  
 N02390 G01 X108.000 ;  
 N02400 G01 Y39.000 ;  
 N02410 G01 X112.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 4 .....  
 N02420 G00 Z180.000 ;  
 N02430 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N02440 G00 X5.000 Y47.000 ;  
 N02450 G00 Z165.000 ;  
 N02460 G01 Z162.750 F300 ;  
 N02470 G01 X45.000 ;  
 N02480 G01 Y5.000 ;  
 N02490 G01 X5.000 ;  
 N02500 G01 Y39.000 ;  
 N02510 G01 X37.000 ;  
 N02520 G01 Y13.000 ;  
 N02530 G01 X13.000 ;  
 N02540 G01 Y31.000 ;  
 N02550 G01 X29.000 ;  
 N02560 G01 Y21.000 ;  
 N02570 G01 X21.000 ;  
 N02580 G01 Y26.000 ;  
 N02590 G01 Z165.000 ;  
 N02600 G00 Z180.000 ;  
 N02610 G00 X5.000 Y47.000 ;  
 N02620 G00 Z165.000 ;  
 N02630 G01 Z160.500 ;  
 N02640 G01 X45.000 ;  
 N02650 G01 Y5.000 ;  
 N02660 G01 X5.000 ;  
 N02670 G01 Y39.000 ;

N02680 G01 X37.000 ;  
N02690 G01 Y13.000 ;  
N02700 G01 X13.000 ;  
N02710 G01 Y31.000 ;  
N02720 G01 X29.000 ;  
N02730 G01 Y21.000 ;  
N02740 G01 X21.000 ;  
N02750 G01 Y26.000 ;  
N02760 G01 Z165.000 ;  
N02770 G00 Z180.000 ;  
N02780 G00 X5.000 Y47.000 ;  
N02790 G00 Z165.000 ;  
N02800 G01 Z158.250 ;  
N02810 G01 X45.000 ;  
N02820 G01 Y5.000 ;  
N02830 G01 X5.000 ;  
N02840 G01 Y39.000 ;  
N02850 G01 X37.000 ;  
N02860 G01 Y13.000 ;  
N02870 G01 X13.000 ;  
N02880 G01 Y31.000 ;  
N02890 G01 X29.000 ;  
N02900 G01 Y21.000 ;  
N02910 G01 X21.000 ;  
N02920 G01 Y26.000 ;  
N02930 G01 Z165.000 ;  
N02940 G00 Z180.000 ;  
N02950 G00 X5.000 Y47.000 ;  
N02960 G00 Z165.000 ;  
N02970 G01 Z156.000 ;  
N02980 G01 X45.000 ;  
N02990 G01 Y5.000 ;  
N03000 G01 X5.000 ;  
N03010 G01 Y39.000 ;  
N03020 G01 X37.000 ;  
N03030 G01 Y13.000 ;



N03400 G01 X29.000 ;  
N03410 G01 Y21.000 ;  
N03420 G01 X21.000 ;  
N03430 G01 Y26.000 ;  
N03440 G01 Z165.000 ;  
N03450 G00 Z180.000 ;  
N03460 G00 X5.000 Y47.000 ;  
N03470 G00 Z165.000 ;  
N03480 G01 Z149.250 ;  
N03490 G01 X45.000 ;  
N03500 G01 Y5.000 ;  
N03510 G01 X5.000 ;  
N03520 G01 Y39.000 ;  
N03530 G01 X37.000 ;  
N03540 G01 Y13.000 ;  
N03550 G01 X13.000 ;  
N03560 G01 Y31.000 ;  
N03570 G01 X29.000 ;  
N03580 G01 Y21.000 ;  
N03590 G01 X21.000 ;  
N03600 G01 Y26.000 ;  
N03610 G01 Z165.000 ;  
N03620 G00 Z180.000 ;  
N03630 G00 X5.000 Y47.000 ;  
N03640 G00 Z165.000 ;  
N03650 G01 Z147.000 ;  
N03660 G01 X45.000 ;  
N03670 G01 Y5.000 ;  
N03680 G01 X5.000 ;  
N03690 G01 Y39.000 ;  
N03700 G01 X37.000 ;  
N03710 G01 Y13.000 ;  
N03720 G01 X13.000 ;  
N03730 G01 Y31.000 ;  
N03740 G01 X29.000 ;  
N03750 G01 Y21.000 ;

N03760 G01 X21.000 ;  
N03770 G01 Y26.000 ;  
N03780 G01 Z165.000 ;  
N03790 G00 Z180.000 ;  
N03800 G00 X5.000 Y47.000 ;  
N03810 G00 Z165.000 ;  
N03820 G01 Z144.750 ;  
N03830 G01 X45.000 ;  
N03840 G01 Y5.000 ;  
N03850 G01 X5.000 ;  
N03860 G01 Y39.000 ;  
N03870 G01 X37.000 ;  
N03880 G01 Y13.000 ;  
N03890 G01 X13.000 ;  
N03900 G01 Y31.000 ;  
N03910 G01 X29.000 ;  
N03920 G01 Y21.000 ;  
N03930 G01 X21.000 ;  
N03940 G01 Y26.000 ;  
N03950 G01 Z165.000 ;  
N03960 G00 Z180.000 ;  
N03970 G00 X5.000 Y47.000 ;  
N03980 G00 Z165.000 ;  
N03990 G01 Z142.500 ;  
N04000 G01 X45.000 ;  
N04010 G01 Y5.000 ;  
N04020 G01 X5.000 ;  
N04030 G01 Y39.000 ;  
N04040 G01 X37.000 ;  
N04050 G01 Y13.000 ;  
N04060 G01 X13.000 ;  
N04070 G01 Y31.000 ;  
N04080 G01 X29.000 ;  
N04090 G01 Y21.000 ;  
N04100 G01 X21.000 ;  
N04110 G01 Y26.000 ;

N04120 G01 Z165.000 ;  
N04130 G00 Z180.000 ;  
N04140 G00 X5.000 Y47.000 ;  
N04150 G00 Z165.000 ;  
N04160 G01 Z140.250 ;  
N04170 G01 X45.000 ;  
N04180 G01 Y5.000 ;  
N04190 G01 X5.000 ;  
N04200 G01 Y39.000 ;  
N04210 G01 X37.000 ;  
N04220 G01 Y13.000 ;  
N04230 G01 X13.000 ;  
N04240 G01 Y31.000 ;  
N04250 G01 X29.000 ;  
N04260 G01 Y21.000 ;  
N04270 G01 X21.000 ;  
N04280 G01 Y26.000 ;  
N04290 G01 Z165.000 ;  
N04300 G00 Z180.000 ;  
N04310 G00 X5.000 Y47.000 ;  
N04320 G00 Z165.000 ;  
N04330 G01 Z138.000 ;  
N04340 G01 X45.000 ;  
N04350 G01 Y5.000 ;  
N04360 G01 X5.000 ;  
N04370 G01 Y39.000 ;  
N04380 G01 X37.000 ;  
N04390 G01 Y13.000 ;  
N04400 G01 X13.000 ;  
N04410 G01 Y31.000 ;  
N04420 G01 X29.000 ;  
N04430 G01 Y21.000 ;  
N04440 G01 X21.000 ;  
N04450 G01 Y26.000 ;  
( End of roll round cut  
( CAM Profile 5 .....

N04460 G00 Z180.000 ;  
N04470 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N04480 M06 T0202 ;  
N04490 G00 X8.000 Y3.000 M03 S2500 ;  
N04500 G00 Z141.000 ;  
N04510 G01 Z138.429 F300 ;  
N04520 G02 X3.000 Y8.000 R5 ;  
N04530 G01 Y15.000 ;  
N04540 G02 X8.000 Y20.000 R5 ;  
N04550 G01 X30.000 ;  
N04560 G03 X33.000 Y23.000 R3 ;  
N04570 G01 Y29.000 ;  
N04580 G03 X30.000 Y32.000 R3 ;  
N04590 G01 X8.000 ;  
N04600 G02 X3.000 Y37.000 R5 ;  
N04610 G01 Y44.000 ;  
N04620 G02 X8.000 Y49.000 R5 ;  
N04630 G01 Z141.000 ;  
N04640 G00 Z180.000 ;  
N04650 G00 Y3.000 ;  
N04660 G00 Z141.000 ;  
N04670 G01 Z135.857 ;  
N04680 G02 X3.000 Y8.000 R5 ;  
N04690 G01 Y15.000 ;  
N04700 G02 X8.000 Y20.000 R5 ;  
N04710 G01 X30.000 ;  
N04720 G03 X33.000 Y23.000 R3 ;  
N04730 G01 Y29.000 ;  
N04740 G03 X30.000 Y32.000 R3 ;  
N04750 G01 X8.000 ;  
N04760 G02 X3.000 Y37.000 R5 ;  
N04770 G01 Y44.000 ;  
N04780 G02 X8.000 Y49.000 R5 ;  
N04790 G01 Z141.000 ;

N04800 G00 Z180.000 ;  
N04810 G00 Y3.000 ;  
N04820 G00 Z141.000 ;  
N04830 G01 Z133.286 ;  
N04840 G02 X3.000 Y8.000 R5 ;  
N04850 G01 Y15.000 ;  
N04860 G02 X8.000 Y20.000 R5 ;  
N04870 G01 X30.000 ;  
N04880 G03 X33.000 Y23.000 R3 ;  
N04890 G01 Y29.000 ;  
N04900 G03 X30.000 Y32.000 R3 ;  
N04910 G01 X8.000 ;  
N04920 G02 X3.000 Y37.000 R5 ;  
N04930 G01 Y44.000 ;  
N04940 G02 X8.000 Y49.000 R5 ;  
N04950 G01 Z141.000 ;  
N04960 G00 Z180.000 ;  
N04970 G00 Y3.000 ;  
N04980 G00 Z141.000 ;  
N04990 G01 Z130.714 ;  
N05000 G02 X3.000 Y8.000 R5 ;  
N05010 G01 Y15.000 ;  
N05020 G02 X8.000 Y20.000 R5 ;  
N05030 G01 X30.000 ;  
N05040 G03 X33.000 Y23.000 R3 ;  
N05050 G01 Y29.000 ;  
N05060 G03 X30.000 Y32.000 R3 ;  
N05070 G01 X8.000 ;  
N05080 G02 X3.000 Y37.000 R5 ;  
N05090 G01 Y44.000 ;  
N05100 G02 X8.000 Y49.000 R5 ;  
N05110 G01 Z141.000 ;  
N05120 G00 Z180.000 ;  
N05130 G00 Y3.000 ;  
N05140 G00 Z141.000 ;  
N05150 G01 Z128.143 ;

N05160 G02 X3.000 Y8.000 R5 ;  
N05170 G01 Y15.000 ;  
N05180 G02 X8.000 Y20.000 R5 ;  
N05190 G01 X30.000 ;  
N05200 G03 X33.000 Y23.000 R3 ;  
N05210 G01 Y29.000 ;  
N05220 G03 X30.000 Y32.000 R3 ;  
N05230 G01 X8.000 ;  
N05240 G02 X3.000 Y37.000 R5 ;  
N05250 G01 Y44.000 ;  
N05260 G02 X8.000 Y49.000 R5 ;  
N05270 G01 Z141.000 ;  
N05280 G00 Z180.000 ;  
N05290 G00 Y3.000 ;  
N05300 G00 Z141.000 ;  
N05310 G01 Z125.571 ;  
N05320 G02 X3.000 Y8.000 R5 ;  
N05330 G01 Y15.000 ;  
N05340 G02 X8.000 Y20.000 R5 ;  
N05350 G01 X30.000 ;  
N05360 G03 X33.000 Y23.000 R3 ;  
N05370 G01 Y29.000 ;  
N05380 G03 X30.000 Y32.000 R3 ;  
N05390 G01 X8.000 ;  
N05400 G02 X3.000 Y37.000 R5 ;  
N05410 G01 Y44.000 ;  
N05420 G02 X8.000 Y49.000 R5 ;  
N05430 G01 Z141.000 ;  
N05440 G00 Z180.000 ;  
N05450 G00 Y3.000 ;  
N05460 G00 Z141.000 ;  
N05470 G01 Z123.000 ;  
N05480 G02 X3.000 Y8.000 R5 ;  
N05490 G01 Y15.000 ;  
N05500 G02 X8.000 Y20.000 R5 ;  
N05510 G01 X30.000 ;

N05520 G03 X33.000 Y23.000 R3 ;  
 N05530 G01 Y29.000 ;  
 N05540 G03 X30.000 Y32.000 R3 ;  
 N05550 G01 X8.000 ;  
 N05560 G02 X3.000 Y37.000 R5 ;  
 N05570 G01 Y44.000 ;  
 N05580 G02 X8.000 Y49.000 R5 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 6 .....  
 N05590 G00 Z180.000 ;  
 N05600 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N05610 G00 X122.000 Y49.000 ;  
 N05620 G00 Z138.000 ;  
 N05630 G01 Z136.125 F300 ;  
 N05640 G02 X127.000 Y44.000 R5 ;  
 N05650 G01 Y38.000 ;  
 N05660 G02 X122.000 Y33.000 R5 ;  
 N05670 G01 X115.000 ;  
 N05680 G03 X112.000 Y30.000 R3 ;  
 N05690 G01 Y22.000 ;  
 N05700 G03 X115.000 Y19.000 R3 ;  
 N05710 G01 X122.000 ;  
 N05720 G02 X127.000 Y14.000 R5 ;  
 N05730 G01 Y8.000 ;  
 N05740 G02 X122.000 Y3.000 R5 ;  
 N05750 G01 Z138.000 ;  
 N05760 G00 Z180.000 ;  
 N05770 G00 Y49.000 ;  
 N05780 G00 Z138.000 ;  
 N05790 G01 Z134.250 ;  
 N05800 G02 X127.000 Y44.000 R5 ;  
 N05810 G01 Y38.000 ;  
 N05820 G02 X122.000 Y33.000 R5 ;  
 N05830 G01 X115.000 ;

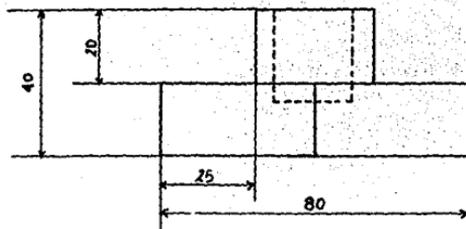
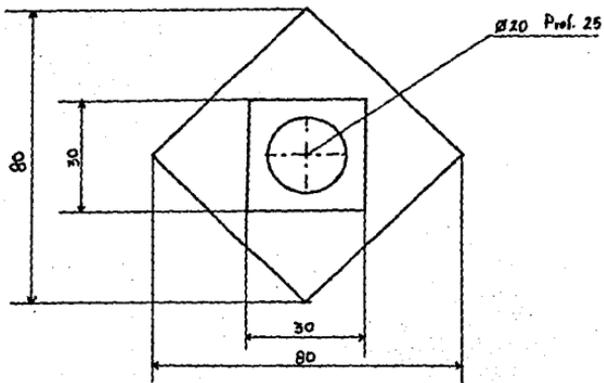
N05840 G03 X112.000 Y30.000 R3 ;  
 N05850 G01 Y22.000 ;  
 N05860 G03 X115.000 Y19.000 R3 ;  
 N05870 G01 X122.000 ;  
 N05880 G02 X127.000 Y14.000 R5 ;  
 N05890 G01 Y8.000 ;  
 N05900 G02 X122.000 Y3.000 R5 ;  
 N05910 G01 Z138.000 ;  
 N05920 G00 Z180.000 ;  
 N05930 G00 Y49.000 ;  
 N05940 G00 Z138.000 ;  
 N05950 G01 Z132.375 ;  
 N05960 G02 X127.000 Y44.000 R5 ;  
 N05970 G01 Y38.000 ;  
 N05980 G02 X122.000 Y33.000 R5 ;  
 N05990 G01 X115.000 ;  
 N06000 G03 X112.000 Y30.000 R3 ;  
 N06010 G01 Y22.000 ;  
 N06020 G03 X115.000 Y19.000 R3 ;  
 N06030 G01 X122.000 ;  
 N06040 G02 X127.000 Y14.000 R5 ;  
 N06050 G01 Y8.000 ;  
 N06060 G02 X122.000 Y3.000 R5 ;  
 N06070 G01 Z138.000 ;  
 N06080 G00 Z180.000 ;  
 N06090 G00 Y49.000 ;  
 N06100 G00 Z138.000 ;  
 N06110 G01 Z130.500 ;  
 N06120 G02 X127.000 Y44.000 R5 ;  
 N06130 G01 Y38.000 ;  
 N06140 G02 X122.000 Y33.000 R5 ;  
 N06150 G01 X115.000 ;  
 N06160 G03 X112.000 Y30.000 R3 ;  
 N06170 G01 Y22.000 ;  
 N06180 G03 X115.000 Y19.000 R3 ;  
 N06190 G01 X122.000 ;

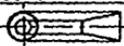
N06200 G02 X127.000 Y14.000 R5 ;  
N06210 G01 Y8.000 ;  
N06220 G02 X122.000 Y3.000 R5 ;  
N06230 G01 Z138.000 ;  
N06240 G00 Z180.000 ;  
N06250 G00 Y49.000 ;  
N06260 G00 Z138.000 ;  
N06270 G01 Z128.625 ;  
N06280 G02 X127.000 Y44.000 R5 ;  
N06290 G01 Y38.000 ;  
N06300 G02 X122.000 Y33.000 R5 ;  
N06310 G01 X115.000 ;  
N06320 G03 X112.000 Y30.000 R3 ;  
N06330 G01 Y22.000 ;  
N06340 G03 X115.000 Y19.000 R3 ;  
N06350 G01 X122.000 ;  
N06360 G02 X127.000 Y14.000 R5 ;  
N06370 G01 Y8.000 ;  
N06380 G02 X122.000 Y3.000 R5 ;  
N06390 G01 Z138.000 ;  
N06400 G00 Z180.000 ;  
N06410 G00 Y49.000 ;  
N06420 G00 Z138.000 ;  
N06430 G01 Z126.750 ;  
N06440 G02 X127.000 Y44.000 R5 ;  
N06450 G01 Y38.000 ;  
N06460 G02 X122.000 Y33.000 R5 ;  
N06470 G01 X115.000 ;  
N06480 G03 X112.000 Y30.000 R3 ;  
N06490 G01 Y22.000 ;  
N06500 G03 X115.000 Y19.000 R3 ;  
N06510 G01 X122.000 ;  
N06520 G02 X127.000 Y14.000 R5 ;  
N06530 G01 Y8.000 ;  
N06540 G02 X122.000 Y3.000 R5 ;  
N06550 G01 Z138.000 ;

N06560 G00 Z180.000 ;  
N06570 G00 Y49.000 ;  
N06580 G00 Z138.000 ;  
N06590 G01 Z124.875 ;  
N06600 G02 X127.000 Y44.000 R5 ;  
N06610 G01 Y38.000 ;  
N06620 G02 X122.000 Y33.000 R5 ;  
N06630 G01 X115.000 ;  
N06640 G03 X112.000 Y30.000 R3 ;  
N06650 G01 Y22.000 ;  
N06660 G03 X115.000 Y19.000 R3 ;  
N06670 G01 X122.000 ;  
N06680 G02 X127.000 Y14.000 R5 ;  
N06690 G01 Y8.000 ;  
N06700 G02 X122.000 Y3.000 R5 ;  
N06710 G01 Z138.000 ;  
N06720 G00 Z180.000 ;  
N06730 G00 Y49.000 ;  
N06740 G00 Z138.000 ;  
N06750 G01 Z123.000 ;  
N06760 G02 X127.000 Y44.000 R5 ;  
N06770 G01 Y38.000 ;  
N06780 G02 X122.000 Y33.000 R5 ;  
N06790 G01 X115.000 ;  
N06800 G03 X112.000 Y30.000 R3 ;  
N06810 G01 Y22.000 ;  
N06820 G03 X115.000 Y19.000 R3 ;  
N06830 G01 X122.000 ;  
N06840 G02 X127.000 Y14.000 R5 ;  
N06850 G01 Y8.000 ;  
N06860 G02 X122.000 Y3.000 R5 ;  
( End of roll round cut  
( End of program  
N06870 G00 Z180.000 ;  
N06880 G28 UO W0 ;  
N06890 M30 ;



Fig. 11.26 Bloque escalonado



Num	Cantidad	Designacion	Material	Observaciones
	FACULTAD	DE ESTUDIOS	SUPERIORES	CUAUTITLAN
Escola: 1:1	Acotaciones: mm	Fecha: 30/Dic/99	Rev: Ing. J.A. Sanchez	Dib: Hernandez T. L.
	TINTERO			Lamina: 1
TESIS				

PIEZA NUMERO 3

TINTERO

N00010 G17 ;  
 ( CNC program produced from a  
 ( DXF file  
 ( Tuesday 27th December 1994  
 ( CAM Profile 1 .....  
 N00020 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N00030 M06 T0101 ;  
 N00040 G00 X20.000 Y20.000 M03 S2500 ;  
 N00050 G00 Z162.000 ;  
 N00060 G01 Z160.000 F300 ;  
 N00070 G01 Y60.000 ;  
 N00080 G01 X0.000 Y40.000 ;  
 N00090 G01 X17.000 Y23.000 ;  
 N00100 G01 Y53.000 ;  
 N00110 G01 X5.000 Y40.000 ;  
 N00120 G01 X13.000 Y32.000 ;  
 N00130 G01 X12.000 Y43.000 ;  
 N00140 G01 Z162.000 ;  
 N00150 G00 Z180.000 ;  
 N00160 G00 X20.000 Y20.000 ;  
 N00170 G00 Z162.000 ;  
 N00180 G01 Z158.000 ;  
 N00190 G01 Y60.000 ;  
 N00200 G01 X0.000 Y40.000 ;  
 N00210 G01 X17.000 Y23.000 ;  
 N00220 G01 Y53.000 ;  
 N00230 G01 X5.000 Y40.000 ;  
 N00240 G01 X13.000 Y32.000 ;  
 N00250 G01 X12.000 Y43.000 ;  
 N00260 G01 Z162.000 ;  
 N00270 G00 Z180.000 ;

N00280 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N00290 G00 Z162.000 ;  
N00300 G01 Z156.000 ;  
N00310 G01 Y60.000 ;  
N00320 G01 X0.000 Y40.000 ;  
N00330 G01 X17.000 Y23.000 ;  
N00340 G01 Y53.000 ;  
N00350 G01 X5.000 Y40.000 ;  
N00360 G01 X13.000 Y32.000 ;  
N00370 G01 X12.000 Y43.000 ;  
N00380 G01 Z162.000 ;  
N00390 G00 Z180.000 ;  
N00400 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N00410 G00 Z162.000 ;  
N00420 G01 Z154.000 ;  
N00430 G01 Y60.000 ;  
N00440 G01 X0.000 Y40.000 ;  
N00450 G01 X17.000 Y23.000 ;  
N00460 G01 Y53.000 ;  
N00470 G01 X5.000 Y40.000 ;  
N00480 G01 X13.000 Y32.000 ;  
N00490 G01 X12.000 Y43.000 ;  
N00500 G01 Z162.000 ;  
N00510 G00 Z180.000 ;  
N00520 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N00530 G00 Z162.000 ;  
N00540 G01 Z152.000 ;  
N00550 G01 Y60.000 ;  
N00560 G01 X0.000 Y40.000 ;  
N00570 G01 X17.000 Y23.000 ;  
N00580 G01 Y53.000 ;  
N00590 G01 X5.000 Y40.000 ;  
N00600 G01 X13.000 Y32.000 ;  
N00610 G01 X12.000 Y43.000 ;  
N00620 G01 Z162.000 ;  
N00630 G00 Z180.000 ;

N00640 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N00650 G00 Z162.000 ;  
N00660 G01 Z150.000 ;  
N00670 G01 Y60.000 ;  
N00680 G01 X0.000 Y40.000 ;  
N00690 G01 X17.000 Y23.000 ;  
N00700 G01 Y53.000 ;  
N00710 G01 X5.000 Y40.000 ;  
N00720 G01 X13.000 Y32.000 ;  
N00730 G01 X12.000 Y43.000 ;  
N00740 G01 Z162.000 ;  
N00750 G00 Z180.000 ;  
N00760 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N00770 G00 Z162.000 ;  
N00780 G01 Z148.000 ;  
N00790 G01 Y60.000 ;  
N00800 G01 X0.000 Y40.000 ;  
N00810 G01 X17.000 Y23.000 ;  
N00820 G01 Y53.000 ;  
N00830 G01 X5.000 Y40.000 ;  
N00840 G01 X13.000 Y32.000 ;  
N00850 G01 X12.000 Y43.000 ;  
N00860 G01 Z162.000 ;  
N00870 G00 Z180.000 ;  
N00880 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N00890 G00 Z162.000 ;  
N00900 G01 Z146.000 ;  
N00910 G01 Y60.000 ;  
N00920 G01 X0.000 Y40.000 ;  
N00930 G01 X17.000 Y23.000 ;  
N00940 G01 Y53.000 ;  
N00950 G01 X5.000 Y40.000 ;  
N00960 G01 X13.000 Y32.000 ;  
N00970 G01 X12.000 Y43.000 ;  
N00980 G01 Z162.000 ;  
N00990 G00 Z180.000 ;

N01000 G00 X20.000 Y20.000 ;  
 N01010 G00 Z162.000 ;  
 N01020 G01 Z144.000 ;  
 N01030 G01 Y60.000 ;  
 N01040 G01 X0.000 Y40.000 ;  
 N01050 G01 X17.000 Y23.000 ;  
 N01060 G01 Y53.000 ;  
 N01070 G01 X5.000 Y40.000 ;  
 N01080 G01 X13.000 Y32.000 ;  
 N01090 G01 X12.000 Y43.000 ;  
 N01100 G01 Z162.000 ;  
 N01110 G00 Z180.000 ;  
 N01120 G00 X20.000 Y20.000 ;  
 N01130 G00 Z162.000 ;  
 N01140 G01 Z142.000 ;  
 N01150 G01 Y60.000 ;  
 N01160 G01 X0.000 Y40.000 ;  
 N01170 G01 X17.000 Y23.000 ;  
 N01180 G01 Y53.000 ;  
 N01190 G01 X5.000 Y40.000 ;  
 N01200 G01 X13.000 Y32.000 ;  
 N01210 G01 X12.000 Y43.000 ;  
 N01220 G01 Z162.000 ;  
 N01230 G00 Z180.000 ;  
 N01240 G00 X20.000 Y20.000 ;  
 N01250 G00 Z162.000 ;  
 N01260 G01 Z140.000 ;  
 N01270 G01 Y60.000 ;  
 N01280 G01 X0.000 Y40.000 ;  
 N01290 G01 X17.000 Y23.000 ;  
 N01300 G01 Y53.000 ;  
 N01310 G01 X5.000 Y40.000 ;  
 N01320 G01 X13.000 Y32.000 ;  
 N01330 G01 X12.000 Y43.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 2 .....

N01340 G00 Z180.000 ;  
N01350 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N01360 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N01370 G00 Z162.000 ;  
N01380 G01 Z160.000 F300 ;  
N01390 G01 X60.000 ;  
N01400 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N01410 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N01420 G01 X52.000 ;  
N01430 G01 X40.000 Y5.000 ;  
N01440 G01 X32.000 Y13.000 ;  
N01450 G01 X42.000 Y12.000 ;  
N01460 G01 Z162.000 ;  
N01470 G00 Z180.000 ;  
N01480 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N01490 G00 Z162.000 ;  
N01500 G01 Z158.000 ;  
N01510 G01 X60.000 ;  
N01520 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N01530 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N01540 G01 X52.000 ;  
N01550 G01 X40.000 Y5.000 ;  
N01560 G01 X32.000 Y13.000 ;  
N01570 G01 X42.000 Y12.000 ;  
N01580 G01 Z162.000 ;  
N01590 G00 Z180.000 ;  
N01600 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N01610 G00 Z162.000 ;  
N01620 G01 Z156.000 ;  
N01630 G01 X60.000 ;  
N01640 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N01650 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N01660 G01 X52.000 ;  
N01670 G01 X40.000 Y5.000 ;

N01680 G01 X32.000 Y13.000 ;  
N01690 G01 X42.000 Y12.000 ;  
N01700 G01 Z162.000 ;  
N01710 G00 Z180.000 ;  
N01720 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N01730 G00 Z162.000 ;  
N01740 G01 Z154.000 ;  
N01750 G01 X60.000 ;  
N01760 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N01770 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N01780 G01 X52.000 ;  
N01790 G01 X40.000 Y5.000 ;  
N01800 G01 X32.000 Y13.000 ;  
N01810 G01 X42.000 Y12.000 ;  
N01820 G01 Z162.000 ;  
N01830 G00 Z180.000 ;  
N01840 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N01850 G00 Z162.000 ;  
N01860 G01 Z152.000 ;  
N01870 G01 X60.000 ;  
N01880 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N01890 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N01900 G01 X52.000 ;  
N01910 G01 X40.000 Y5.000 ;  
N01920 G01 X32.000 Y13.000 ;  
N01930 G01 X42.000 Y12.000 ;  
N01940 G01 Z162.000 ;  
N01950 G00 Z180.000 ;  
N01960 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N01970 G00 Z162.000 ;  
N01980 G01 Z150.000 ;  
N01990 G01 X60.000 ;  
N02000 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N02010 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N02020 G01 X52.000 ;  
N02030 G01 X40.000 Y5.000 ;

N02040 G01 X32.000 Y13.000 ;  
N02050 G01 X42.000 Y12.000 ;  
N02060 G01 Z162.000 ;  
N02070 G00 Z180.000 ;  
N02080 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N02090 G00 Z162.000 ;  
N02100 G01 Z148.000 ;  
N02110 G01 X60.000 ;  
N02120 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N02130 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N02140 G01 X52.000 ;  
N02150 G01 X40.000 Y5.000 ;  
N02160 G01 X32.000 Y13.000 ;  
N02170 G01 X42.000 Y12.000 ;  
N02180 G01 Z162.000 ;  
N02190 G00 Z180.000 ;  
N02200 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N02210 G00 Z162.000 ;  
N02220 G01 Z146.000 ;  
N02230 G01 X60.000 ;  
N02240 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N02250 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N02260 G01 X52.000 ;  
N02270 G01 X40.000 Y5.000 ;  
N02280 G01 X32.000 Y13.000 ;  
N02290 G01 X42.000 Y12.000 ;  
N02300 G01 Z162.000 ;  
N02310 G00 Z180.000 ;  
N02320 G00 X20.000 Y20.000 ;  
N02330 G00 Z162.000 ;  
N02340 G01 Z144.000 ;  
N02350 G01 X60.000 ;  
N02360 G01 X40.000 Y0.000 ;  
N02370 G01 X23.000 Y17.000 ;  
N02380 G01 X52.000 ;  
N02390 G01 X40.000 Y5.000 ;

N02400 G01 X32.000 Y13.000 ;  
 N02410 G01 X42.000 Y12.000 ;  
 N02420 G01 Z162.000 ;  
 N02430 G00 Z180.000 ;  
 N02440 G00 X20.000 Y20.000 ;  
 N02450 G00 Z162.000 ;  
 N02460 G01 Z142.000 ;  
 N02470 G01 X60.000 ;  
 N02480 G01 X40.000 Y0.000 ;  
 N02490 G01 X23.000 Y17.000 ;  
 N02500 G01 X52.000 ;  
 N02510 G01 X40.000 Y5.000 ;  
 N02520 G01 X32.000 Y13.000 ;  
 N02530 G01 X42.000 Y12.000 ;  
 N02540 G01 Z162.000 ;  
 N02550 G00 Z180.000 ;  
 N02560 G00 X20.000 Y20.000 ;  
 N02570 G00 Z162.000 ;  
 N02580 G01 Z140.000 ;  
 N02590 G01 X60.000 ;  
 N02600 G01 X40.000 Y0.000 ;  
 N02610 G01 X23.000 Y17.000 ;  
 N02620 G01 X52.000 ;  
 N02630 G01 X40.000 Y5.000 ;  
 N02640 G01 X32.000 Y13.000 ;  
 N02650 G01 X42.000 Y12.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 3 .....  
 N02660 G00 Z180.000 ;  
 N02670 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N02680 G00 X20.000 Y60.000 ;  
 N02690 G00 Z162.000 ;  
 N02700 G01 Z160.000 F300 ;  
 N02710 G01 X60.000 ;

G01 X32.000 Y13.000 ;  
 G01 X42.000 Y12.000 ;  
 G01 Z162.000 ;  
 G00 Z180.000 ;  
 G00 X20.000 Y20.000 ;  
 G00 Z162.000 ;  
 G01 Z142.000 ;  
 G01 X60.000 ;  
 G01 X40.000 Y0.000 ;  
 G01 X23.000 Y17.000 ;  
 G01 X52.000 ;  
 G01 X40.000 Y5.000 ;  
 G01 X32.000 Y13.000 ;  
 G01 X42.000 Y12.000 ;  
 G01 Z162.000 ;  
 G00 Z180.000 ;  
 G00 X20.000 Y20.000 ;  
 G00 Z162.000 ;  
 G01 Z140.000 ;  
 G01 X60.000 ;  
 G01 X40.000 Y0.000 ;  
 G01 X23.000 Y17.000 ;  
 G01 X52.000 ;  
 G01 X40.000 Y5.000 ;  
 G01 X32.000 Y13.000 ;  
 G01 X42.000 Y12.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 3 .....  
 G00 Z180.000 ;  
 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 G00 X20.000 Y60.000 ;  
 G00 Z162.000 ;  
 G01 Z160.000 F300 ;  
 G01 X60.000 ;



N03080 G01 X40.000 Y80.000 ;  
N03090 G01 X22.000 Y62.000 ;  
N03100 G01 X54.000 ;  
N03110 G01 X40.000 Y75.000 ;  
N03120 G01 X30.000 Y65.000 ;  
N03130 G01 X42.000 Y68.000 ;  
N03140 G01 Z162.000 ;  
N03150 G00 Z180.000 ;  
N03160 G00 X20.000 Y60.000 ;  
N03170 G00 Z162.000 ;  
N03180 G01 Z152.000 ;  
N03190 G01 X60.000 ;  
N03200 G01 X40.000 Y80.000 ;  
N03210 G01 X22.000 Y62.000 ;  
N03220 G01 X54.000 ;  
N03230 G01 X40.000 Y75.000 ;  
N03240 G01 X30.000 Y65.000 ;  
N03250 G01 X42.000 Y68.000 ;  
N03260 G01 Z162.000 ;  
N03270 G00 Z180.000 ;  
N03280 G00 X20.000 Y60.000 ;  
N03290 G00 Z162.000 ;  
N03300 G01 Z150.000 ;  
N03310 G01 X60.000 ;  
N03320 G01 X40.000 Y80.000 ;  
N03330 G01 X22.000 Y62.000 ;  
N03340 G01 X54.000 ;  
N03350 G01 X40.000 Y75.000 ;  
N03360 G01 X30.000 Y65.000 ;  
N03370 G01 X42.000 Y68.000 ;  
N03380 G01 Z162.000 ;  
N03390 G00 Z180.000 ;  
N03400 G00 X20.000 Y60.000 ;  
N03410 G00 Z162.000 ;  
N03420 G01 Z148.000 ;  
N03430 G01 X60.000 ;

N03440 G01 X40.000 Y80.000 ;  
N03450 G01 X22.000 Y62.000 ;  
N03460 G01 X54.000 ;  
N03470 G01 X40.000 Y75.000 ;  
N03480 G01 X30.000 Y65.000 ;  
N03490 G01 X42.000 Y68.000 ;  
N03500 G01 Z162.000 ;  
N03510 G00 Z180.000 ;  
N03520 G00 X20.000 Y60.000 ;  
N03530 G00 Z162.000 ;  
N03540 G01 Z146.000 ;  
N03550 G01 X60.000 ;  
N03560 G01 X40.000 Y80.000 ;  
N03570 G01 X22.000 Y62.000 ;  
N03580 G01 X54.000 ;  
N03590 G01 X40.000 Y75.000 ;  
N03600 G01 X30.000 Y65.000 ;  
N03610 G01 X42.000 Y68.000 ;  
N03620 G01 Z162.000 ;  
N03630 G00 Z180.000 ;  
N03640 G00 X20.000 Y60.000 ;  
N03650 G00 Z162.000 ;  
N03660 G01 Z144.000 ;  
N03670 G01 X60.000 ;  
N03680 G01 X40.000 Y80.000 ;  
N03690 G01 X22.000 Y62.000 ;  
N03700 G01 X54.000 ;  
N03710 G01 X40.000 Y75.000 ;  
N03720 G01 X30.000 Y65.000 ;  
N03730 G01 X42.000 Y68.000 ;  
N03740 G01 Z162.000 ;  
N03750 G00 Z180.000 ;  
N03760 G00 X20.000 Y60.000 ;  
N03770 G00 Z162.000 ;  
N03780 G01 Z142.000 ;  
N03790 G01 X60.000 ;

N03800 G01 X40.000 Y80.000 ;  
 N03810 G01 X22.000 Y62.000 ;  
 N03820 G01 X54.000 ;  
 N03830 G01 X40.000 Y75.000 ;  
 N03840 G01 X30.000 Y65.000 ;  
 N03850 G01 X42.000 Y68.000 ;  
 N03860 G01 Z162.000 ;  
 N03870 G00 Z180.000 ;  
 N03880 G00 X20.000 Y60.000 ;  
 N03890 G00 Z162.000 ;  
 N03900 G01 Z140.000 ;  
 N03910 G01 X60.000 ;  
 N03920 G01 X40.000 Y80.000 ;  
 N03930 G01 X22.000 Y62.000 ;  
 N03940 G01 X54.000 ;  
 N03950 G01 X40.000 Y75.000 ;  
 N03960 G01 X30.000 Y65.000 ;  
 N03970 G01 X42.000 Y68.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 4 .....  
 N03980 G00 Z180.000 ;  
 N03990 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N04000 G00 X60.000 Y60.000 ;  
 N04010 G00 Z162.000 ;  
 N04020 G01 Z160.000 F300 ;  
 N04030 G01 Y20.000 ;  
 N04040 G01 X80.000 Y40.000 ;  
 N04050 G01 X62.000 Y58.000 ;  
 N04060 G01 Y26.000 ;  
 N04070 G01 X75.000 Y40.000 ;  
 N04080 G01 X65.000 Y50.000 ;  
 N04090 G01 X67.000 Y38.000 ;  
 N04100 G01 Z162.000 ;  
 N04110 G00 Z180.000 ;

N04120 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N04130 G00 Z162.000 ;  
N04140 G01 Z158.000 ;  
N04150 G01 Y20.000 ;  
N04160 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N04170 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N04180 G01 Y26.000 ;  
N04190 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N04200 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N04210 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N04220 G01 Z162.000 ;  
N04230 G00 Z180.000 ;  
N04240 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N04250 G00 Z162.000 ;  
N04260 G01 Z156.000 ;  
N04270 G01 Y20.000 ;  
N04280 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N04290 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N04300 G01 Y26.000 ;  
N04310 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N04320 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N04330 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N04340 G01 Z162.000 ;  
N04350 G00 Z180.000 ;  
N04360 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N04370 G00 Z162.000 ;  
N04380 G01 Z154.000 ;  
N04390 G01 Y20.000 ;  
N04400 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N04410 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N04420 G01 Y26.000 ;  
N04430 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N04440 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N04450 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N04460 G01 Z162.000 ;  
N04470 G00 Z180.000 ;

N04480 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N04490 G00 Z162.000 ;  
N04500 G01 Z152.000 ;  
N04510 G01 Y20.000 ;  
N04520 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N04530 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N04540 G01 Y26.000 ;  
N04550 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N04560 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N04570 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N04580 G01 Z162.000 ;  
N04590 G00 Z180.000 ;  
N04600 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N04610 G00 Z162.000 ;  
N04620 G01 Z150.000 ;  
N04630 G01 Y20.000 ;  
N04640 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N04650 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N04660 G01 Y26.000 ;  
N04670 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N04680 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N04690 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N04700 G01 Z162.000 ;  
N04710 G00 Z180.000 ;  
N04720 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N04730 G00 Z162.000 ;  
N04740 G01 Z148.000 ;  
N04750 G01 Y20.000 ;  
N04760 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N04770 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N04780 G01 Y26.000 ;  
N04790 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N04800 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N04810 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N04820 G01 Z162.000 ;  
N04830 G00 Z180.000 ;

N04840 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N04850 G00 Z162.000 ;  
N04860 G01 Z146.000 ;  
N04870 G01 Y20.000 ;  
N04880 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N04890 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N04900 G01 Y26.000 ;  
N04910 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N04920 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N04930 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N04940 G01 Z162.000 ;  
N04950 G00 Z180.000 ;  
N04960 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N04970 G00 Z162.000 ;  
N04980 G01 Z144.000 ;  
N04990 G01 Y20.000 ;  
N05000 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N05010 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N05020 G01 Y26.000 ;  
N05030 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N05040 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N05050 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N05060 G01 Z162.000 ;  
N05070 G00 Z180.000 ;  
N05080 G00 X60.000 Y60.000 ;  
N05090 G00 Z162.000 ;  
N05100 G01 Z142.000 ;  
N05110 G01 Y20.000 ;  
N05120 G01 X80.000 Y40.000 ;  
N05130 G01 X62.000 Y58.000 ;  
N05140 G01 Y26.000 ;  
N05150 G01 X75.000 Y40.000 ;  
N05160 G01 X65.000 Y50.000 ;  
N05170 G01 X67.000 Y38.000 ;  
N05180 G01 Z162.000 ;  
N05190 G00 Z180.000 ;

N05200 G00 X60.000 Y60.000 ;  
 N05210 G00 Z162.000 ;  
 N05220 G01 Z140.000 ;  
 N05230 G01 Y20.000 ;  
 N05240 G01 X80.000 Y40.000 ;  
 N05250 G01 X62.000 Y58.000 ;  
 N05260 G01 Y26.000 ;  
 N05270 G01 X75.000 Y40.000 ;  
 N05280 G01 X65.000 Y50.000 ;  
 N05290 G01 X67.000 Y38.000 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 5 .....  
 N05300 G00 Z180.000 ;  
 N05310 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N05320 G00 X40.000 Y40.000 ;  
 N05330 G00 Z162.000 ;  
 N05340 G01 Z160.071 F300 ;  
 N05350 G01 X45.000 ;  
 N05360 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
 N05370 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
 N05380 G01 Z162.000 ;  
 N05390 G00 Z180.000 ;  
 N05400 G00 X40.000 Y40.000 ;  
 N05410 G00 Z162.000 ;  
 N05420 G01 Z158.143 ;  
 N05430 G01 X45.000 ;  
 N05440 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
 N05450 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
 N05460 G01 Z162.000 ;  
 N05470 G00 Z180.000 ;  
 N05480 G00 X40.000 Y40.000 ;  
 N05490 G00 Z162.000 ;  
 N05500 G01 Z156.214 ;  
 N05510 G01 X45.000 ;

N05520 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N05530 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N05540 G01 Z162.000 ;  
N05550 G00 Z180.000 ;  
N05560 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N05570 G00 Z162.000 ;  
N05580 G01 Z154.286 ;  
N05590 G01 X45.000 ;  
N05600 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N05610 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N05620 G01 Z162.000 ;  
N05630 G00 Z180.000 ;  
N05640 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N05650 G00 Z162.000 ;  
N05660 G01 Z152.357 ;  
N05670 G01 X45.000 ;  
N05680 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N05690 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N05700 G01 Z162.000 ;  
N05710 G00 Z180.000 ;  
N05720 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N05730 G00 Z162.000 ;  
N05740 G01 Z150.429 ;  
N05750 G01 X45.000 ;  
N05760 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N05770 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N05780 G01 Z162.000 ;  
N05790 G00 Z180.000 ;  
N05800 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N05810 G00 Z162.000 ;  
N05820 G01 Z148.500 ;  
N05830 G01 X45.000 ;  
N05840 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N05850 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N05860 G01 Z162.000 ;  
N05870 G00 Z180.000 ;

N05880 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N05890 G00 Z162.000 ;  
N05900 G01 Z146.571 ;  
N05910 G01 X45.000 ;  
N05920 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N05930 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N05940 G01 Z162.000 ;  
N05950 G00 Z180.000 ;  
N05960 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N05970 G00 Z162.000 ;  
N05980 G01 Z144.643 ;  
N05990 G01 X45.000 ;  
N06000 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N06010 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N06020 G01 Z162.000 ;  
N06030 G00 Z180.000 ;  
N06040 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N06050 G00 Z162.000 ;  
N06060 G01 Z142.714 ;  
N06070 G01 X45.000 ;  
N06080 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N06090 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N06100 G01 Z162.000 ;  
N06110 G00 Z180.000 ;  
N06120 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N06130 G00 Z162.000 ;  
N06140 G01 Z140.786 ;  
N06150 G01 X45.000 ;  
N06160 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N06170 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N06180 G01 Z162.000 ;  
N06190 G00 Z180.000 ;  
N06200 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N06210 G00 Z162.000 ;  
N06220 G01 Z138.857 ;  
N06230 G01 X45.000 ;

N06240 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N06250 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N06260 G01 Z162.000 ;  
N06270 G00 Z180.000 ;  
N06280 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N06290 G00 Z162.000 ;  
N06300 G01 Z136.929 ;  
N06310 G01 X45.000 ;  
N06320 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N06330 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
N06340 G01 Z162.000 ;  
N06350 G00 Z180.000 ;  
N06360 G00 X40.000 Y40.000 ;  
N06370 G00 Z162.000 ;  
N06380 G01 Z135.000 ;  
N06390 G01 X45.000 ;  
N06400 G03 X35.000 Y40.000 R5.000 ;  
N06410 G03 X44.974 Y39.490 R5 ;  
( End of roll round cut  
( End of program  
N06420 G00 Z180.000 ;  
N06430 G28 UO W0 ;  
N06440 M30 ;



Fig. 11.27 Tintero (pieza en bruto)

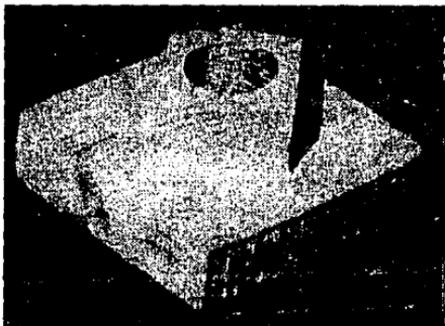
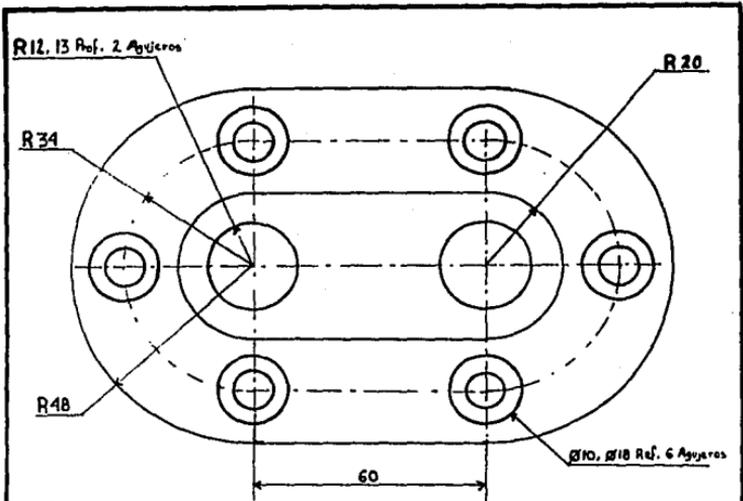


Fig. 11.28 Tintero terminado



Num	Cantidad	Designacion	Material	Observaciones
FACULTAD DE ESTUDIOS		SUPERIORES		QUATILAN
Escala: 1:1	Acotacion: mm	Fecha: 30/Dic/94	Rev: Ing. JA Sanchez	
 <b>Tesis</b>	<b>BRIDA</b>			Dib. Hernandez T. L.
				Laminas: 1

## PIEZA NUMERO 4

## BRIDA

```
N00010 G17 ;
( CNC program produced from a
( DXF file
( Wednesday 28th December 1994
( CAM Profile 1 .....
N00020 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N00030 M06 T0101 ;
N00040 G00 X109.000 Y1.000 M03 S2500 ;
N00050 G00 Z162.000 ;
N00060 G01 Z159.875 F300 ;
N00070 G01 X50.000 ;
N00080 G02 X50.000 Y99.000 R49.000 ;
N00090 G01 X110.000 ;
N00100 G02 X110.000 Y1.000 R49.000 ;
N00110 G01 X109.000 Y9.000 ;
N00120 G01 X50.000 ;
N00130 G02 X50.000 Y91.000 R41.000 ;
N00140 G01 X110.000 ;
N00150 G02 X110.000 Y9.000 R41.000 ;
N00160 G01 X108.000 Y17.000 ;
N00170 G01 X50.000 ;
N00180 G02 X50.000 Y83.000 R33.000 ;
N00190 G01 X110.000 ;
N00200 G02 X110.000 Y17.000 R33.000 ;
N00210 G01 X109.000 ;
N00220 G01 Y25.000 ;
N00230 G01 X50.000 ;
N00240 G02 X50.000 Y75.000 R25.000 ;
N00250 G01 X110.000 ;
N00260 G02 X110.000 Y25.000 R25.000 ;
N00270 G01 Z162.000 ;
```

N00280 G00 Z180.000 ;  
 N00290 G00 X109.000 Y1.000 ;  
 N00300 G00 Z162.000 ;  
 N00310 G01 Z157.750 ;  
 N00320 G01 X50.000 ;  
 N00330 G02 X50.000 Y99.000 R49.000 ;  
 N00340 G01 X110.000 ;  
 N00350 G02 X110.000 Y1.000 R49.000 ;  
 N00360 G01 X109.000 Y9.000 ;  
 N00370 G01 X50.000 ;  
 N00380 G02 X50.000 Y91.000 R41.000 ;  
 N00390 G01 X110.000 ;  
 N00400 G02 X110.000 Y9.000 R41.000 ;  
 N00410 G01 X108.000 Y17.000 ;  
 N00420 G01 X50.000 ;  
 N00430 G02 X50.000 Y83.000 R33.000 ;  
 N00440 G01 X110.000 ;  
 N00450 G02 X110.000 Y17.000 R33.000 ;  
 N00460 G01 X109.000 ;  
 N00470 G01 Y25.000 ;  
 N00480 G01 X50.000 ;  
 N00490 G02 X50.000 Y75.000 R25.000 ;  
 N00500 G01 X110.000 ;  
 N00510 G02 X110.000 Y25.000 R25.000 ;  
 N00520 G01 Z162.000 ;  
 N00530 G00 Z180.000 ;  
 N00540 G00 X109.000 Y1.000 ;  
 N00550 G00 Z162.000 ;  
 N00560 G01 Z155.625 ;  
 N00570 G01 X50.000 ;  
 N00580 G02 X50.000 Y99.000 R49.000 ;  
 N00590 G01 X110.000 ;  
 N00600 G02 X110.000 Y1.000 R49.000 ;  
 N00610 G01 X109.000 Y9.000 ;  
 N00620 G01 X50.000 ;  
 N00630 G02 X50.000 Y91.000 R41.000 ;

N00640 G01 X110.000 ;  
N00650 G02 X110.000 Y9.000 R41.000 ;  
N00660 G01 X108.000 Y17.000 ;  
N00670 G01 X50.000 ;  
N00680 G02 X50.000 Y83.000 R33.000 ;  
N00690 G01 X110.000 ;  
N00700 G02 X110.000 Y17.000 R33.000 ;  
N00710 G01 X109.000 ;  
N00720 G01 Y25.000 ;  
N00730 G01 X50.000 ;  
N00740 G02 X50.000 Y75.000 R25.000 ;  
N00750 G01 X110.000 ;  
N00760 G02 X110.000 Y25.000 R25.000 ;  
N00770 G01 Z162.000 ;  
N00780 G00 Z180.000 ;  
N00790 G00 X109.000 Y1.000 ;  
N00800 G00 Z162.000 ;  
N00810 G01 Z153.500 ;  
N00820 G01 X50.000 ;  
N00830 G02 X50.000 Y99.000 R49.000 ;  
N00840 G01 X110.000 ;  
N00850 G02 X110.000 Y1.000 R49.000 ;  
N00860 G01 X109.000 Y9.000 ;  
N00870 G01 X50.000 ;  
N00880 G02 X50.000 Y91.000 R41.000 ;  
N00890 G01 X110.000 ;  
N00900 G02 X110.000 Y9.000 R41.000 ;  
N00910 G01 X108.000 Y17.000 ;  
N00920 G01 X50.000 ;  
N00930 G02 X50.000 Y83.000 R33.000 ;  
N00940 G01 X110.000 ;  
N00950 G02 X110.000 Y17.000 R33.000 ;  
N00960 G01 X109.000 ;  
N00970 G01 Y25.000 ;  
N00980 G01 X50.000 ;  
N00990 G02 X50.000 Y75.000 R25.000 ;

N01000 G01 X110.000 ;  
 N01010 G02 X110.000 Y25.000 R25.000 ;  
 N01020 G01 Z162.000 ;  
 N01030 G00 Z180.000 ;  
 N01040 G00 X109.000 Y1.000 ;  
 N01050 G00 Z162.000 ;  
 N01060 G01 Z151.375 ;  
 N01070 G01 X50.000 ;  
 N01080 G02 X50.000 Y99.000 R49.000 ;  
 N01090 G01 X110.000 ;  
 N01100 G02 X110.000 Y1.000 R49.000 ;  
 N01110 G01 X109.000 Y9.000 ;  
 N01120 G01 X50.000 ;  
 N01130 G02 X50.000 Y91.000 R41.000 ;  
 N01140 G01 X110.000 ;  
 N01150 G02 X110.000 Y9.000 R41.000 ;  
 N01160 G01 X108.000 Y17.000 ;  
 N01170 G01 X50.000 ;  
 N01180 G02 X50.000 Y83.000 R33.000 ;  
 N01190 G01 X110.000 ;  
 N01200 G02 X110.000 Y17.000 R33.000 ;  
 N01210 G01 X109.000 ;  
 N01220 G01 Y25.000 ;  
 N01230 G01 X50.000 ;  
 N01240 G02 X50.000 Y75.000 R25.000 ;  
 N01250 G01 X110.000 ;  
 N01260 G02 X110.000 Y25.000 R25.000 ;  
 N01270 G01 Z162.000 ;  
 N01280 G00 Z180.000 ;  
 N01290 G00 X109.000 Y1.000 ;  
 N01300 G00 Z162.000 ;  
 N01310 G01 Z149.250 ;  
 N01320 G01 X50.000 ;  
 N01330 G02 X50.000 Y99.000 R49.000 ;  
 N01340 G01 X110.000 ;  
 N01350 G02 X110.000 Y1.000 R49.000 ;

N01360 G01 X109.000 Y9.000 ;  
N01370 G01 X50.000 ;  
N01380 G02 X50.000 Y91.000 R41.000 ;  
N01390 G01 X110.000 ;  
N01400 G02 X110.000 Y9.000 R41.000 ;  
N01410 G01 X108.000 Y17.000 ;  
N01420 G01 X50.000 ;  
N01430 G02 X50.000 Y83.000 R33.000 ;  
N01440 G01 X110.000 ;  
N01450 G02 X110.000 Y17.000 R33.000 ;  
N01460 G01 X109.000 ;  
N01470 G01 Y25.000 ;  
N01480 G01 X50.000 ;  
N01490 G02 X50.000 Y75.000 R25.000 ;  
N01500 G01 X110.000 ;  
N01510 G02 X110.000 Y25.000 R25.000 ;  
N01520 G01 Z162.000 ;  
N01530 G00 Z180.000 ;  
N01540 G00 X109.000 Y1.000 ;  
N01550 G00 Z162.000 ;  
N01560 G01 Z147.125 ;  
N01570 G01 X50.000 ;  
N01580 G02 X50.000 Y99.000 R49.000 ;  
N01590 G01 X110.000 ;  
N01600 G02 X110.000 Y1.000 R49.000 ;  
N01610 G01 X109.000 Y9.000 ;  
N01620 G01 X50.000 ;  
N01630 G02 X50.000 Y91.000 R41.000 ;  
N01640 G01 X110.000 ;  
N01650 G02 X110.000 Y9.000 R41.000 ;  
N01660 G01 X108.000 Y17.000 ;  
N01670 G01 X50.000 ;  
N01680 G02 X50.000 Y83.000 R33.000 ;  
N01690 G01 X110.000 ;  
N01700 G02 X110.000 Y17.000 R33.000 ;  
N01710 G01 X109.000 ;

```

N01720 G01 Y25.000 ;
N01730 G01 X50.000 ;
N01740 G02 X50.000 Y75.000 R25.000 ;
N01750 G01 X110.000 ;
N01760 G02 X110.000 Y25.000 R25.000 ;
N01770 G01 Z162.000 ;
N01780 G00 Z180.000 ;
N01790 G00 X109.000 Y1.000 ;
N01800 G00 Z162.000 ;
N01810 G01 Z145.000 ;
N01820 G01 X50.000 ;
N01830 G02 X50.000 Y99.000 R49.000 ;
N01840 G01 X110.000 ;
N01850 G02 X110.000 Y1.000 R49.000 ;
N01860 G01 X109.000 Y9.000 ;
N01870 G01 X50.000 ;
N01880 G02 X50.000 Y91.000 R41.000 ;
N01890 G01 X110.000 ;
N01900 G02 X110.000 Y9.000 R41.000 ;
N01910 G01 X108.000 Y17.000 ;
N01920 G01 X50.000 ;
N01930 G02 X50.000 Y83.000 R33.000 ;
N01940 G01 X110.000 ;
N01950 G02 X110.000 Y17.000 R33.000 ;
N01960 G01 X109.000 ;
N01970 G01 Y25.000 ;
N01980 G01 X50.000 ;
N01990 G02 X50.000 Y75.000 R25.000 ;
N02000 G01 X110.000 ;
N02010 G02 X110.000 Y25.000 R25.000 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 2 .....
N02020 G00 Z180.000 ;
N02030 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation

```

N02040 G00 X50.000 Y50.000 ;  
N02050 G00 Z162.000 ;  
N02060 G01 Z159.857 F300 ;  
N02070 G01 X57.000 ;  
N02080 G03 X43.000 Y50.000 R7.000 ;  
N02090 G03 X56.930 Y49.010 R7 ;  
N02100 G01 Z162.000 ;  
N02110 G00 Z180.000 ;  
N02120 G00 X50.000 Y50.000 ;  
N02130 G00 Z162.000 ;  
N02140 G01 Z157.714 ;  
N02150 G01 X57.000 ;  
N02160 G03 X43.000 Y50.000 R7.000 ;  
N02170 G03 X56.930 Y49.010 R7 ;  
N02180 G01 Z162.000 ;  
N02190 G00 Z180.000 ;  
N02200 G00 X50.000 Y50.000 ;  
N02210 G00 Z162.000 ;  
N02220 G01 Z155.571 ;  
N02230 G01 X57.000 ;  
N02240 G03 X43.000 Y50.000 R7.000 ;  
N02250 G03 X56.930 Y49.010 R7 ;  
N02260 G01 Z162.000 ;  
N02270 G00 Z180.000 ;  
N02280 G00 X50.000 Y50.000 ;  
N02290 G00 Z162.000 ;  
N02300 G01 Z153.429 ;  
N02310 G01 X57.000 ;  
N02320 G03 X43.000 Y50.000 R7.000 ;  
N02330 G03 X56.930 Y49.010 R7 ;  
N02340 G01 Z162.000 ;  
N02350 G00 Z180.000 ;  
N02360 G00 X50.000 Y50.000 ;  
N02370 G00 Z162.000 ;  
N02380 G01 Z151.286 ;  
N02390 G01 X57.000 ;

NO2400 G03 X43.000 Y50.000 R7.000 ;  
 NO2410 G03 X56.930 Y49.010 R7 ;  
 NO2420 G01 Z162.000 ;  
 NO2430 G00 Z180.000 ;  
 NO2440 G00 X50.000 Y50.000 ;  
 NO2450 G00 Z162.000 ;  
 NO2460 G01 Z149.143 ;  
 NO2470 G01 X57.000 ;  
 NO2480 G03 X43.000 Y50.000 R7.000 ;  
 NO2490 G03 X56.930 Y49.010 R7 ;  
 NO2500 G01 Z162.000 ;  
 NO2510 G00 Z180.000 ;  
 NO2520 G00 X50.000 Y50.000 ;  
 NO2530 G00 Z162.000 ;  
 NO2540 G01 Z147.000 ;  
 NO2550 G01 X57.000 ;  
 NO2560 G03 X43.000 Y50.000 R7.000 ;  
 NO2570 G03 X56.930 Y49.010 R7 ;  
 { End of roll round cut  
 { CAM Profile 3 .....  
 NO2580 G00 Z180.000 ;  
 NO2590 G28 U0 W0 ;  
 { Start of roll round cut  
 { No tool compensation  
 NO2600 G00 X110.000 Y50.000 ;  
 NO2610 G00 Z162.000 ;  
 NO2620 G01 Z159.857 F300 ;  
 NO2630 G01 X117.000 ;  
 NO2640 G03 X103.000 Y50.000 R7.000 ;  
 NO2650 G03 X116.930 Y49.010 R7 ;  
 NO2660 G01 Z162.000 ;  
 NO2670 G00 Z180.000 ;  
 NO2680 G00 X110.000 Y50.000 ;  
 NO2690 G00 Z162.000 ;  
 NO2700 G01 Z157.714 ;  
 NO2710 G01 X117.000 ;

N02720 G03 X103.000 Y50.000 R7.000 ;  
 N02730 G03 X116.930 Y49.010 R7 ;  
 N02740 G01 Z162.000 ;  
 N02750 G00 Z180.000 ;  
 N02760 G00 X110.000 Y50.000 ;  
 N02770 G00 Z162.000 ;  
 N02780 G01 Z155.571 ;  
 N02790 G01 X117.000 ;  
 N02800 G03 X103.000 Y50.000 R7.000 ;  
 N02810 G03 X116.930 Y49.010 R7 ;  
 N02820 G01 Z162.000 ;  
 N02830 G00 Z180.000 ;  
 N02840 G00 X110.000 Y50.000 ;  
 N02850 G00 Z162.000 ;  
 N02860 G01 Z153.429 ;  
 N02870 G01 X117.000 ;  
 N02880 G03 X103.000 Y50.000 R7.000 ;  
 N02890 G03 X116.930 Y49.010 R7 ;  
 N02900 G01 Z162.000 ;  
 N02910 G00 Z180.000 ;  
 N02920 G00 X110.000 Y50.000 ;  
 N02930 G00 Z162.000 ;  
 N02940 G01 Z151.286 ;  
 N02950 G01 X117.000 ;  
 N02960 G03 X103.000 Y50.000 R7.000 ;  
 N02970 G03 X116.930 Y49.010 R7 ;  
 N02980 G01 Z162.000 ;  
 N02990 G00 Z180.000 ;  
 N03000 G00 X110.000 Y50.000 ;  
 N03010 G00 Z162.000 ;  
 N03020 G01 Z149.143 ;  
 N03030 G01 X117.000 ;  
 N03040 G03 X103.000 Y50.000 R7.000 ;  
 N03050 G03 X116.930 Y49.010 R7 ;  
 N03060 G01 Z162.000 ;  
 N03070 G00 Z180.000 ;

N03080 G00 X110.000 Y50.000 ;  
 N03090 G00 Z162.000 ;  
 N03100 G01 Z147.000 ;  
 N03110 G01 X117.000 ;  
 N03120 G03 X103.000 Y50.000 R7.000 ;  
 N03130 G03 X116.930 Y49.010 R7 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 4 .....  
 N03140 G00 Z180.000 ;  
 N03150 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N03160 G00 X54.000 Y16.000 ;  
 N03170 G00 Z147.000 ;  
 N03180 G01 Z144.500 F300 ;  
 N03190 G03 X46.000 Y16.000 R4.000 ;  
 N03200 G03 X53.881 Y15.030 R4 ;  
 N03210 G01 Z147.000 ;  
 N03220 G00 Z180.000 ;  
 N03230 G00 X54.000 Y16.000 ;  
 N03240 G00 Z147.000 ;  
 N03250 G01 Z142.000 ;  
 N03260 G03 X46.000 Y16.000 R4.000 ;  
 N03270 G03 X53.881 Y15.030 R4 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 5 .....  
 N03280 G00 Z180.000 ;  
 N03290 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N03300 G00 X114.000 Y16.000 ;  
 N03310 G00 Z147.000 ;  
 N03320 G01 Z144.500 F300 ;  
 N03330 G03 X106.000 Y16.000 R4.000 ;  
 N03340 G03 X113.881 Y15.030 R4 ;  
 N03350 G01 Z147.000 ;

```

N03360 G00 Z180.000 ;
N03370 G00 X114.000 Y16.000 ;
N03380 G00 Z147.000 ;
N03390 G01 Z142.000 ;
N03400 G03 X106.000 Y16.000 R4.000 ;
N03410 G03 X113.881 Y15.030 R4 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 6 .....
N03420 G00 Z180.000 ;
N03430 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N03440 G00 X148.000 Y50.000 ;
N03450 G00 Z147.000 ;
N03460 G01 Z144.500 F300 ;
N03470 G03 X140.000 Y50.000 R4.000 ;
N03480 G03 X147.881 Y49.030 R4 ;
N03490 G01 Z147.000 ;
N03500 G00 Z180.000 ;
N03510 G00 X148.000 Y50.000 ;
N03520 G00 Z147.000 ;
N03530 G01 Z142.000 ;
N03540 G03 X140.000 Y50.000 R4.000 ;
N03550 G03 X147.881 Y49.030 R4 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 7 .....
N03560 G00 Z180.000 ;
N03570 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N03580 G00 X114.000 Y84.000 ;
N03590 G00 Z147.000 ;
N03600 G01 Z144.500 F300 ;
N03610 G03 X106.000 Y84.000 R4.000 ;
N03620 G03 X113.881 Y83.030 R4 ;
N03630 G01 Z147.000 ;

```

```

N03640 G00 Z180.000 ;
N03650 G00 X114.000 Y84.000 ;
N03660 G00 Z147.000 ;
N03670 G01 Z142.000 ;
N03680 G03 X106.000 Y84.000 R4.000 ;
N03690 G03 X113.881 Y83.030 R4 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 8 .....
N03700 G00 Z180.000 ;
N03710 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N03720 G00 X54.000 Y84.000 ;
N03730 G00 Z147.000 ;
N03740 G01 Z144.500 F300 ;
N03750 G03 X46.000 Y84.000 R4.000 ;
N03760 G03 X53.881 Y83.030 R4 ;
N03770 G01 Z147.000 ;
N03780 G00 Z180.000 ;
N03790 G00 X54.000 Y84.000 ;
N03800 G00 Z147.000 ;
N03810 G01 Z142.000 ;
N03820 G03 X46.000 Y84.000 R4.000 ;
N03830 G03 X53.881 Y83.030 R4 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 9 .....
N03840 G00 Z180.000 ;
N03850 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N03860 G00 X20.000 Y50.000 ;
N03870 G00 Z147.000 ;
N03880 G01 Z144.500 F300 ;
N03890 G03 X12.000 Y50.000 R4.000 ;
N03900 G03 X19.881 Y49.030 R4 ;
N03910 G01 Z147.000 ;

```

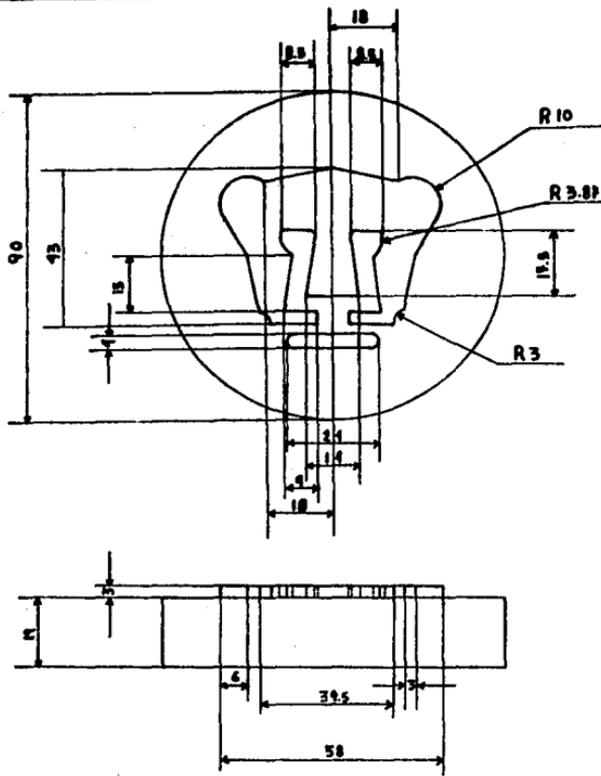
```
N03920 G00 Z180.000 ;
N03930 G00 X20.000 Y50.000 ;
N03940 G00 Z147.000 ;
N03950 G01 Z142.000 ;
N03960 G03 X12.000 Y50.000 R4.000 ;
N03970 G03 X19.881 Y49.030 R4 ;
( End of roll round cut
( CAM Profile 10 .....
N03980 G00 Z180.000 ;
N03990 G28 U0 W0 ;
( Start of drilling cycles
N04000 G00 X16.000 Y50.000 ;
N04010 G00 Z162.000 ;
N04020 G01 Z134.000 F300 ;
N04030 G00 Z162.000 ;
N04040 G00 X50.000 Y84.000 ;
N04050 G01 Z134.000 ;
N04060 G00 Z162.000 ;
N04070 G00 X110.000 ;
N04080 G01 Z134.000 ;
N04090 G00 Z162.000 ;
N04100 G00 X144.000 Y50.000 ;
N04110 G01 Z134.000 ;
N04120 G00 Z162.000 ;
N04130 G00 X110.000 Y16.000 ;
N04140 G01 Z134.000 ;
N04150 G00 Z162.000 ;
N04160 G00 X50.000 ;
N04170 G01 Z134.000 ;
N04180 G00 Z162.000 ;
( End of drilling
( End of program
N04190 G00 Z180.000 ;
N04200 G28 U0 W0 ;
N04210 M30 ;
```



Fig. 11.30 Brida (pieza en bruto)



Fig. 11.31 Brida terminada



Num	Cantidad	Designacion	Material	Observaciones
		FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES	CUAUTITLAN	
		Escala: 1:1	Acotacion: mm	Fecha: 30/Dic/91
				Rev: Ing. J.A. Sanchez
				Dib: Hernandez T.L.
				Lamina: 1

PUMA

Tesis

## PIEZA NUMERO 5

PUMA

```
N00010 G17 ;
( CNC program produced from a
( DXF file
( Wednesday 11th January 1995
( CAM Profile 1 .....
N00020 G28 U0 W0 ;
( Start of roll round cut
( No tool compensation
N00030 M06 T0101 ;
N00040 G00 X80.000 Y40.000 M03 S2500 ;
N00050 G00 Z144.000 ;
N00060 G01 Z142.000 F300 ;
N00070 G03 X40.000 Y80.000 R40 ;
N00080 G03 X0.000 Y40.000 R40 ;
N00090 G03 X40.000 Y0.000 R40 ;
N00100 G03 X79.950 Y38.002 R40 ;
N00110 G01 X79.950 Y38.003 ;
N00120 G01 X77.000 Y40.000 ;
N00130 G03 X40.000 Y77.000 R37 ;
N00140 G03 X3.000 Y40.000 R37 ;
N00150 G03 X40.000 Y3.000 R37 ;
N00160 G03 X76.946 Y38.003 R37 ;
N00170 G01 X76.947 Y38.021 ;
N00180 G01 X72.000 Y40.000 ;
N00190 G02 X40.000 Y8.000 R32 ;
N00200 G02 X8.000 Y40.000 R32 ;
N00210 G01 X12.000 ;
N00220 G01 X15.000 Y25.000 ;
N00230 G01 X22.000 Y16.000 ;
N00240 G01 Z144.000 ;
N00250 G00 Z180.000 ;
N00260 G00 X80.000 Y40.000 ;
N00270 G00 Z144.000 ;
```

N00280 G01 Z140.000 ;  
N00290 G03 X40.000 Y80.000 R40 ;  
N00300 G03 X0.000 Y40.000 R40 ;  
N00310 G03 X40.000 Y0.000 R40 ;  
N00320 G03 X79.950 Y38.002 R40 ;  
N00330 G01 X79.950 Y38.003 ;  
N00340 G01 X77.000 Y40.000 ;  
N00350 G03 X40.000 Y77.000 R37 ;  
N00360 G03 X3.000 Y40.000 R37 ;  
N00370 G03 X40.000 Y3.000 R37 ;  
N00380 G03 X76.946 Y38.003 R37 ;  
N00390 G01 X76.947 Y38.021 ;  
N00400 G01 X72.000 Y40.000 ;  
N00410 G02 X40.000 Y8.000 R32 ;  
N00420 G02 X8.000 Y40.000 R32 ;  
N00430 G01 X12.000 ;  
N00440 G01 X15.000 Y25.000 ;  
N00450 G01 X22.000 Y16.000 ;  
N00460 G01 Z144.000 ;  
N00470 G00 Z180.000 ;  
N00480 G00 X80.000 Y40.000 ;  
N00490 G00 Z144.000 ;  
N00500 G01 Z138.000 ;  
N00510 G03 X40.000 Y80.000 R40 ;  
N00520 G03 X0.000 Y40.000 R40 ;  
N00530 G03 X40.000 Y0.000 R40 ;  
N00540 G03 X79.950 Y38.002 R40 ;  
N00550 G01 X79.950 Y38.003 ;  
N00560 G01 X77.000 Y40.000 ;  
N00570 G03 X40.000 Y77.000 R37 ;  
N00580 G03 X3.000 Y40.000 R37 ;  
N00590 G03 X40.000 Y3.000 R37 ;  
N00600 G03 X76.946 Y38.003 R37 ;  
N00610 G01 X76.947 Y38.021 ;  
N00620 G01 X72.000 Y40.000 ;  
N00630 G02 X40.000 Y8.000 R32 ;

N00640 G02 X8.000 Y40.000 R32 ;  
 N00650 G01 X12.000 ;  
 N00660 G01 X15.000 Y25.000 ;  
 N00670 G01 X22.000 Y16.000 ;  
 N00680 G01 Z144.000 ;  
 N00690 G00 Z180.000 ;  
 N00700 G00 X80.000 Y40.000 ;  
 N00710 G00 Z144.000 ;  
 N00720 G01 Z136.000 ;  
 N00730 G03 X40.000 Y80.000 R40 ;  
 N00740 G03 X0.000 Y40.000 R40 ;  
 N00750 G03 X40.000 Y0.000 R40 ;  
 N00760 G03 X79.950 Y38.002 R40 ;  
 N00770 G01 X79.950 Y38.003 ;  
 N00780 G01 X77.000 Y40.000 ;  
 N00790 G03 X40.000 Y77.000 R37 ;  
 N00800 G03 X3.000 Y40.000 R37 ;  
 N00810 G03 X40.000 Y3.000 R37 ;  
 N00820 G03 X76.946 Y38.003 R37 ;  
 N00830 G01 X76.947 Y38.021 ;  
 N00840 G01 X72.000 Y40.000 ;  
 N00850 G02 X40.000 Y8.000 R32 ;  
 N00860 G02 X8.000 Y40.000 R32 ;  
 N00870 G01 X12.000 ;  
 N00880 G01 X15.000 Y25.000 ;  
 N00890 G01 X22.000 Y16.000 ;  
 N00900 G01 Z144.000 ;  
 N00910 G00 Z180.000 ;  
 N00920 G00 X80.000 Y40.000 ;  
 N00930 G00 Z144.000 ;  
 N00940 G01 Z134.000 ;  
 N00950 G03 X40.000 Y80.000 R40 ;  
 N00960 G03 X0.000 Y40.000 R40 ;  
 N00970 G03 X40.000 Y0.000 R40 ;  
 N00980 G03 X79.950 Y38.002 R40 ;  
 N00990 G01 X79.950 Y38.003 ;

N01000 G01 X77.000 Y40.000 ;  
N01010 G03 X40.000 Y77.000 R37 ;  
N01020 G03 X3.000 Y40.000 R37 ;  
N01030 G03 X40.000 Y3.000 R37 ;  
N01040 G03 X76.946 Y38.003 R37 ;  
N01050 G01 X76.947 Y38.021 ;  
N01060 G01 X72.000 Y40.000 ;  
N01070 G02 X40.000 Y8.000 R32 ;  
N01080 G02 X8.000 Y40.000 R32 ;  
N01090 G01 X12.000 ;  
N01100 G01 X15.000 Y25.000 ;  
N01110 G01 X22.000 Y16.000 ;  
N01120 G01 Z144.000 ;  
N01130 G00 Z180.000 ;  
N01140 G00 X80.000 Y40.000 ;  
N01150 G00 Z144.000 ;  
N01160 G01 Z132.000 ;  
N01170 G03 X40.000 Y80.000 R40 ;  
N01180 G03 X0.000 Y40.000 R40 ;  
N01190 G03 X40.000 Y0.000 R40 ;  
N01200 G03 X79.950 Y38.002 R40 ;  
N01210 G01 X79.950 Y38.003 ;  
N01220 G01 X77.000 Y40.000 ;  
N01230 G03 X40.000 Y77.000 R37 ;  
N01240 G03 X3.000 Y40.000 R37 ;  
N01250 G03 X40.000 Y3.000 R37 ;  
N01260 G03 X76.946 Y38.003 R37 ;  
N01270 G01 X76.947 Y38.021 ;  
N01280 G01 X72.000 Y40.000 ;  
N01290 G02 X40.000 Y8.000 R32 ;  
N01300 G02 X8.000 Y40.000 R32 ;  
N01310 G01 X12.000 ;  
N01320 G01 X15.000 Y25.000 ;  
N01330 G01 X22.000 Y16.000 ;  
( End of roll round cut  
( CAM Profile 2 .....

N01340 G00 Z180.000 ;  
N01350 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N01360 G00 X58.000 Y16.500 ;  
N01370 G00 Z144.000 ;  
N01380 G01 Z142.000 F300 ;  
N01390 G01 X66.000 Y25.000 ;  
N01400 G01 X68.000 Y40.000 ;  
N01410 G01 X75.000 Y52.500 ;  
N01420 G01 X67.500 Y66.500 ;  
N01430 G01 X57.000 ;  
N01440 G01 X40.000 Y70.000 ;  
N01450 G01 X23.000 Y66.000 ;  
N01460 G01 Z144.000 ;  
N01470 G00 Z180.000 ;  
N01480 G00 X58.000 Y16.500 ;  
N01490 G00 Z144.000 ;  
N01500 G01 Z140.000 ;  
N01510 G01 X66.000 Y25.000 ;  
N01520 G01 X68.000 Y40.000 ;  
N01530 G01 X75.000 Y52.500 ;  
N01540 G01 X67.500 Y66.500 ;  
N01550 G01 X57.000 ;  
N01560 G01 X40.000 Y70.000 ;  
N01570 G01 X23.000 Y66.000 ;  
N01580 G01 Z144.000 ;  
N01590 G00 Z180.000 ;  
N01600 G00 X58.000 Y16.500 ;  
N01610 G00 Z144.000 ;  
N01620 G01 Z138.000 ;  
N01630 G01 X66.000 Y25.000 ;  
N01640 G01 X68.000 Y40.000 ;  
N01650 G01 X75.000 Y52.500 ;  
N01660 G01 X67.500 Y66.500 ;  
N01670 G01 X57.000 ;

N01680 G01 X40.000 Y70.000 ;  
N01690 G01 X23.000 Y66.000 ;  
N01700 G01 Z144.000 ;  
N01710 G00 Z180.000 ;  
N01720 G00 X58.000 Y16.500 ;  
N01730 G00 Z144.000 ;  
N01740 G01 Z136.000 ;  
N01750 G01 X66.000 Y25.000 ;  
N01760 G01 X68.000 Y40.000 ;  
N01770 G01 X75.000 Y52.500 ;  
N01780 G01 X67.500 Y66.500 ;  
N01790 G01 X57.000 ;  
N01800 G01 X40.000 Y70.000 ;  
N01810 G01 X23.000 Y66.000 ;  
N01820 G01 Z144.000 ;  
N01830 G00 Z180.000 ;  
N01840 G00 X58.000 Y16.500 ;  
N01850 G00 Z144.000 ;  
N01860 G01 Z134.000 ;  
N01870 G01 X66.000 Y25.000 ;  
N01880 G01 X68.000 Y40.000 ;  
N01890 G01 X75.000 Y52.500 ;  
N01900 G01 X67.500 Y66.500 ;  
N01910 G01 X57.000 ;  
N01920 G01 X40.000 Y70.000 ;  
N01930 G01 X23.000 Y66.000 ;  
N01940 G01 Z144.000 ;  
N01950 G00 Z180.000 ;  
N01960 G00 X58.000 Y16.500 ;  
N01970 G00 Z144.000 ;  
N01980 G01 Z132.000 ;  
N01990 G01 X66.000 Y25.000 ;  
N02000 G01 X68.000 Y40.000 ;  
N02010 G01 X75.000 Y52.500 ;  
N02020 G01 X67.500 Y66.500 ;  
N02030 G01 X57.000 ;

N02040 G01 X40.000 Y70.000 ;  
N02050 G01 X23.000 Y66.000 ;  
( End of roll round cut  
( CAM Profile 3 .....  
N02060 G00 Z180.000 ;  
N02070 G28 U0 W0 ;  
( Start of roll round cut  
( No tool compensation  
N02080 M06 T0202 ;  
N02090 G00 X40.000 Y12.000 M03 S2500 ;  
N02100 G00 Z144.000 ;  
N02110 G01 Z142.000 F300 ;  
N02120 G01 Y13.500 ;  
N02130 G01 X30.000 ;  
N02140 G02 X30.000 Y20.500 R3.500 ;  
N02150 G01 X37.500 ;  
N02160 G01 Y27.500 ;  
N02170 G01 X29.500 ;  
N02180 G01 X30.500 Y40.000 ;  
N02190 G02 X27.500 Y44.500 R3.870 ;  
N02200 G01 X33.500 ;  
N02210 G01 X31.500 Y28.500 ;  
N02220 G01 X48.500 ;  
N02230 G01 X46.500 Y44.500 ;  
N02240 G01 X52.500 ;  
N02250 G02 X49.500 Y40.000 R3.729 ;  
N02260 G01 X50.500 Y27.500 ;  
N02270 G01 X38.500 ;  
N02280 G01 Y20.500 ;  
N02290 G01 X41.000 ;  
N02300 G01 Y25.500 ;  
N02310 G01 X42.500 ;  
N02320 G01 Y20.500 ;  
N02330 G01 X50.000 ;  
N02340 G02 X50.000 Y13.500 R3.500 ;  
N02350 G01 X40.500 ;

N02360 G01 Z144.000 ;  
N02370 G00 Z180.000 ;  
N02380 G00 X40.000 Y12.000 ;  
N02390 G00 Z144.000 ;  
N02400 G01 Z140.000 ;  
N02410 G01 Y13.500 ;  
N02420 G01 X30.000 ;  
N02430 G02 X30.000 Y20.500 R3.500 ;  
N02440 G01 X37.500 ;  
N02450 G01 Y27.500 ;  
N02460 G01 X29.500 ;  
N02470 G01 X30.500 Y40.000 ;  
N02480 G02 X27.500 Y44.500 R3.870 ;  
N02490 G01 X33.500 ;  
N02500 G01 X31.500 Y28.500 ;  
N02510 G01 X48.500 ;  
N02520 G01 X46.500 Y44.500 ;  
N02530 G01 X52.500 ;  
N02540 G02 X49.500 Y40.000 R3.729 ;  
N02550 G01 X50.500 Y27.500 ;  
N02560 G01 X38.500 ;  
N02570 G01 Y20.500 ;  
N02580 G01 X41.000 ;  
N02590 G01 Y25.500 ;  
N02600 G01 X42.500 ;  
N02610 G01 Y20.500 ;  
N02620 G01 X50.000 ;  
N02630 G02 X50.000 Y13.500 R3.500 ;  
N02640 G01 X40.500 ;  
N02650 G01 Z144.000 ;  
N02660 G00 Z180.000 ;  
N02670 G00 X40.000 Y12.000 ;  
N02680 G00 Z144.000 ;  
N02690 G01 Z138.000 ;  
N02700 G01 Y13.500 ;  
N02710 G01 X30.000 ;

N02720 G02 X30.000 Y20.500 R3.500 ;  
N02730 G01 X37.500 ;  
N02740 G01 Y27.500 ;  
N02750 G01 X29.500 ;  
N02760 G01 X30.500 Y40.000 ;  
N02770 G02 X27.500 Y44.500 R3.870 ;  
N02780 G01 X33.500 ;  
N02790 G01 X31.500 Y28.500 ;  
N02800 G01 X48.500 ;  
N02810 G01 X46.500 Y44.500 ;  
N02820 G01 X52.500 ;  
N02830 G02 X49.500 Y40.000 R3.729 ;  
N02840 G01 X50.500 Y27.500 ;  
N02850 G01 X38.500 ;  
N02860 G01 Y20.500 ;  
N02870 G01 X41.000 ;  
N02880 G01 Y25.500 ;  
N02890 G01 X42.500 ;  
N02900 G01 Y20.500 ;  
N02910 G01 X50.000 ;  
N02920 G02 X50.000 Y13.500 R3.500 ;  
N02930 G01 X40.500 ;  
N02940 G01 Z144.000 ;  
N02950 G00 Z180.000 ;  
N02960 G00 X40.000 Y12.000 ;  
N02970 G00 Z144.000 ;  
N02980 G01 Z136.000 ;  
N02990 G01 Y13.500 ;  
N03000 G01 X30.000 ;  
N03010 G02 X30.000 Y20.500 R3.500 ;  
N03020 G01 X37.500 ;  
N03030 G01 Y27.500 ;  
N03040 G01 X29.500 ;  
N03050 G01 X30.500 Y40.000 ;  
N03060 G02 X27.500 Y44.500 R3.870 ;  
N03070 G01 X33.500 ;

N03080 G01 X31.500 Y28.500 ;  
N03090 G01 X48.500 ;  
N03100 G01 X46.500 Y44.500 ;  
N03110 G01 X52.500 ;  
N03120 G02 X49.500 Y40.000 R3.729 ;  
N03130 G01 X50.500 Y27.500 ;  
N03140 G01 X38.500 ;  
N03150 G01 Y20.500 ;  
N03160 G01 X41.000 ;  
N03170 G01 Y25.500 ;  
N03180 G01 X42.500 ;  
N03190 G01 Y20.500 ;  
N03200 G01 X50.000 ;  
N03210 G02 X50.000 Y13.500 R3.500 ;  
N03220 G01 X40.500 ;  
N03230 G01 Z144.000 ;  
N03240 G00 Z180.000 ;  
N03250 G00 X40.000 Y12.000 ;  
N03260 G00 Z144.000 ;  
N03270 G01 Z134.000 ;  
N03280 G01 Y13.500 ;  
N03290 G01 X30.000 ;  
N03300 G02 X30.000 Y20.500 R3.500 ;  
N03310 G01 X37.500 ;  
N03320 G01 Y27.500 ;  
N03330 G01 X29.500 ;  
N03340 G01 X30.500 Y40.000 ;  
N03350 G02 X27.500 Y44.500 R3.870 ;  
N03360 G01 X33.500 ;  
N03370 G01 X31.500 Y28.500 ;  
N03380 G01 X48.500 ;  
N03390 G01 X46.500 Y44.500 ;  
N03400 G01 X52.500 ;  
N03410 G02 X49.500 Y40.000 R3.729 ;  
N03420 G01 X50.500 Y27.500 ;  
N03430 G01 X38.500 ;

N03440 G01 Y20.500 ;  
N03450 G01 X41.000 ;  
N03460 G01 Y25.500 ;  
N03470 G01 X42.500 ;  
N03480 G01 Y20.500 ;  
N03490 G01 X50.000 ;  
N03500 G02 X50.000 Y13.500 R3.500 ;  
N03510 G01 X40.500 ;  
N03520 G01 Z144.000 ;  
N03530 G00 Z180.000 ;  
N03540 G00 X40.000 Y12.000 ;  
N03550 G00 Z144.000 ;  
N03560 G01 Z132.000 ;  
N03570 G01 Y13.500 ;  
N03580 G01 X30.000 ;  
N03590 G02 X30.000 Y20.500 R3.500 ;  
N03600 G01 X37.500 ;  
N03610 G01 Y27.500 ;  
N03620 G01 X29.500 ;  
N03630 G01 X30.500 Y40.000 ;  
N03640 G02 X27.500 Y44.500 R3.870 ;  
N03650 G01 X33.500 ;  
N03660 G01 X31.500 Y28.500 ;  
N03670 G01 X48.500 ;  
N03680 G01 X46.500 Y44.500 ;  
N03690 G01 X52.500 ;  
N03700 G02 X49.500 Y40.000 R3.729 ;  
N03710 G01 X50.500 Y27.500 ;  
N03720 G01 X38.500 ;  
N03730 G01 Y20.500 ;  
N03740 G01 X41.000 ;  
N03750 G01 Y25.500 ;  
N03760 G01 X42.500 ;  
N03770 G01 Y20.500 ;  
N03780 G01 X50.000 ;  
N03790 G02 X50.000 Y13.500 R3.500 ;

N03800 G01 X40.500 ;  
 ( End of roll round cut  
 ( CAM Profile 4 .....  
 N03810 G00 Z180.000 ;  
 N03820 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of drilling cycles  
 N03830 G00 X49.500 Y42.500 ;  
 N03840 G00 Z144.000 ;  
 N03850 G01 Z132.000 F300 ;  
 N03860 G00 Z144.000 ;  
 N03870 G00 X30.500 ;  
 N03880 G01 Z132.000 ;  
 N03890 G00 Z144.000 ;  
 ( End of drilling  
 ( CAM Profile 5 .....  
 N03900 G00 Z180.000 ;  
 N03910 G28 U0 W0 ;  
 ( Start of roll round cut  
 ( No tool compensation  
 N03920 G00 X30.000 Y20.500 ;  
 N03930 G00 Z144.000 ;  
 N03940 G01 Z142.000 F300 ;  
 N03950 G01 X22.500 ;  
 N03960 G03 X19.500 Y23.500 R3 ;  
 N03970 G01 X16.500 Y40.000 ;  
 N03980 G01 X13.524 Y44.463 ;  
 N03990 G02 X23.000 Y61.500 R9.962 ;  
 N04000 G01 X40.000 Y65.500 ;  
 N04010 G01 X57.104 Y61.475 ;  
 N04020 G02 X67.500 Y46.000 R9.628 ;  
 N04030 G01 X63.500 Y40.000 ;  
 N04040 G01 X60.500 Y23.500 ;  
 N04050 G03 X57.500 Y20.500 R3 ;  
 N04060 G01 X50.000 ;  
 N04070 G01 Z144.000 ;  
 N04080 G00 Z180.000 ;

N04090 G00 X30.000 ;  
N04100 G00 Z144.000 ;  
N04110 G01 Z140.000 ;  
N04120 G01 X22.500 ;  
N04130 G03 X19.500 Y23.500 R3 ;  
N04140 G01 X16.500 Y40.000 ;  
N04150 G01 X13.524 Y44.463 ;  
N04160 G02 X23.000 Y61.500 R9.962 ;  
N04170 G01 X40.000 Y65.500 ;  
N04180 G01 X57.104 Y61.475 ;  
N04190 G02 X67.500 Y46.000 R9.628 ;  
N04200 G01 X63.500 Y40.000 ;  
N04210 G01 X60.500 Y23.500 ;  
N04220 G03 X57.500 Y20.500 R3 ;  
N04230 G01 X50.000 ;  
N04240 G01 Z144.000 ;  
N04250 G00 Z180.000 ;  
N04260 G00 X30.000 ;  
N04270 G00 Z144.000 ;  
N04280 G01 Z138.000 ;  
N04290 G01 X22.500 ;  
N04300 G03 X19.500 Y23.500 R3 ;  
N04310 G01 X16.500 Y40.000 ;  
N04320 G01 X13.524 Y44.463 ;  
N04330 G02 X23.000 Y61.500 R9.962 ;  
N04340 G01 X40.000 Y65.500 ;  
N04350 G01 X57.104 Y61.475 ;  
N04360 G02 X67.500 Y46.000 R9.628 ;  
N04370 G01 X63.500 Y40.000 ;  
N04380 G01 X60.500 Y23.500 ;  
N04390 G03 X57.500 Y20.500 R3 ;  
N04400 G01 X50.000 ;  
N04410 G01 Z144.000 ;  
N04420 G00 Z180.000 ;  
N04430 G00 X30.000 ;  
N04440 G00 Z144.000 ;

N04450 G01 Z136.000 ;  
N04460 G01 X22.500 ;  
N04470 G03 X19.500 Y23.500 R3 ;  
N04480 G01 X16.500 Y40.000 ;  
N04490 G01 X13.524 Y44.463 ;  
N04500 G02 X23.000 Y61.500 R9.962 ;  
N04510 G01 X40.000 Y65.500 ;  
N04520 G01 X57.104 Y61.475 ;  
N04530 G02 X67.500 Y46.000 R9.628 ;  
N04540 G01 X63.500 Y40.000 ;  
N04550 G01 X60.500 Y23.500 ;  
N04560 G03 X57.500 Y20.500 R3 ;  
N04570 G01 X50.000 ;  
N04580 G01 Z144.000 ;  
N04590 G00 Z180.000 ;  
N04600 G00 X30.000 ;  
N04610 G00 Z144.000 ;  
N04620 G01 Z134.000 ;  
N04630 G01 X22.500 ;  
N04640 G03 X19.500 Y23.500 R3 ;  
N04650 G01 X16.500 Y40.000 ;  
N04660 G01 X13.524 Y44.463 ;  
N04670 G02 X23.000 Y61.500 R9.962 ;  
N04680 G01 X40.000 Y65.500 ;  
N04690 G01 X57.104 Y61.475 ;  
N04700 G02 X67.500 Y46.000 R9.628 ;  
N04710 G01 X63.500 Y40.000 ;  
N04720 G01 X60.500 Y23.500 ;  
N04730 G03 X57.500 Y20.500 R3 ;  
N04740 G01 X50.000 ;  
N04750 G01 Z144.000 ;  
N04760 G00 Z180.000 ;  
N04770 G00 X30.000 ;  
N04780 G00 Z144.000 ;  
N04790 G01 Z132.000 ;  
N04800 G01 X22.500 ;

N04810 G03 X19.500 Y23.500 R3 ;  
N04820 G01 X16.500 Y40.000 ;  
N04830 G01 X13.524 Y44.463 ;  
N04840 G02 X23.000 Y61.500 R9.962 ;  
N04850 G01 X40.000 Y65.500 ;  
N04860 G01 X57.104 Y61.475 ;  
N04870 G02 X67.500 Y46.000 R9.628 ;  
N04880 G01 X63.500 Y40.000 ;  
N04890 G01 X60.500 Y23.500 ;  
N04900 G03 X57.500 Y20.500 R3 ;  
N04910 G01 X50.000 ;  
( End of roll round cut  
( End of program  
N04920 G00 Z180.000 ;  
N04930 G28 U0 W0 ;  
N04940 M30 ;

IN THE UNITED STATES OF AMERICA  
DISTRICT COURT OF THE DISTRICT OF COLUMBIA  
IN RE: THE ESTATE OF JAMES EARL RAY, JR.  
Case No. 77-1000  
JAMES EARL RAY, JR., Plaintiff,  
vs.  
UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE,  
Defendant.

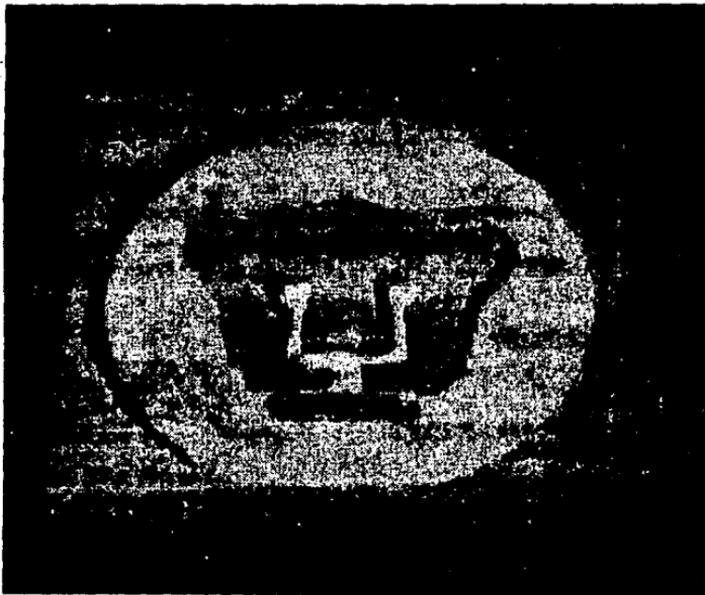


Fig. 11.32 Puma

# ***CONCLUSIONES***

Como se pudo observar, la operación de máquinas de control numérico conlleva el tener conocimientos que abarcan desde el dibujo elemental, pasando por la operación de computadoras, hasta los códigos de operación normalizados.

Es por esto que este trabajo abarca desde los conocimientos generales de dibujo hasta la operación de la fresadora.

Las piezas que se diseñaron para maquinarse trataron de ser didácticas para que fuera más asimilable para las personas que quieren adentrarse en esta área.

La segunda parte de este trabajo es fundamental para el buen entendimiento del maquinado de las piezas. Las dos formas básicas de programación que se utilizan tienen sus ventajas una del otro. La programación automática se utiliza cuando se cuenta con sistemas CAD y CAM. La programación manual realiza el sistema CAM basándose en la serie de dibujos que se le introducen por medio de sistemas CAD. En este caso la desventaja que presenta la programación automática con respecto a la manual consiste en que no se pueden realizar movimientos simultáneos en el eje X y Y con el eje Z.

Aunque la realización de piezas fue satisfactoria, existen algunos problemas técnicos que, aunque no se puedan resolver a corto plazo, sí se puede adaptar el trabajo a estas dificultades. Uno de los problemas fundamentales es que el software MCAM no es el apropiado para la máquina-herramienta, por lo que las profundidades de corte tienen diferentes valores. También los ciclos de trabajo llamados vaciado circular y vaciado rectangular no son soportados por el paquete por lo que estos ciclos se tuvieron que realizar con el ciclo llamado roll round.

Otra causa por la que se dificultó este trabajo es que la máquina-herramienta tiene problemas con una cuña de ajuste en el movimiento

del eje Y, por lo cual pierde el punto de referencia en algunos trabajos y se tiene que realizar nuevamente.

Para terminar, queremos decir que este trabajo no debe ser tomado como un manual de referencia, ya que, aunque los códigos de programación son similares en diferentes máquinas-herramientas de CNC, los problemas que se presenten serán diferentes, por lo cual recomendamos seguir una metodología como la realizada aquí, que nos llevó a un trabajo satisfactorio.

## APENDICE 1

### CARACTERES DE DIRECCIONAMIENTO PARA CONTROL NUMERICO, SEGUN NORMA ISO

- A - Coordenada angular alrededor del eje X
- B - Coordenada angular alrededor del eje Y
- C - Coordenada angular alrededor del eje Z
- D - Coordenada angular alrededor del eje especial o tercera velocidad de avance
- E - Coordenada angular alrededor de un eje especial o segunda velocidad de avance
- F - Función velocidad de avance
- G - Función preparatoria
- H - Disponible
- I - Disponible para utilizar en CN continuos
- J - Disponible para utilizar en CN continuos
- K - Disponible para utilizar en CN continuos
- M - Función auxiliar
- N - Número de bloques
- O - No utilizar

- P - Movimiento terciario paralelo al eje X
- Q - Movimiento terciario paralelo al eje Y
- R - Movimiento terciario paralelo al eje Z o desplazamiento rápido según Z
- S - Función velocidad de rotación
- T - Función herramienta
- U - Movimiento secundario paralelo al eje X
- V - Movimiento secundario paralelo al eje Y
- W - Movimiento secundario paralelo al eje Z
- X - Movimiento principal del eje X
- Y - Movimiento principal del eje Y
- Z - Movimiento principal del eje Z

## APENDICE 2

### GLOSARIO DE TERMINOS EMPLEADOS EN CONTROL NUMERICO

**Aceleración y deceleración automática.**- Característica de ciertos sistemas de control que permite una aceleración y deceleración constantes en los movimientos de la máquina.

**ACTION.**- Lenguaje de programación para el contorneado bidimensional creado por Numerical Control and Computing Services, USA. Puede ser tratado en la computadora IBM 360/30 con una capacidad de 64 Kbytes.

**ADAPT.**- Lenguaje de programación derivado del APT, para el contorneado bidimensional. Puede ser tratado en computadoras con capacidad entre 32 y 64 Kbytes.

**Algoritmo.**- Relación de reglas u operaciones bien definidas que suministran la resolución de un problema en una serie definida de pasos lógicos. Un algoritmo puede ser representado por un diagrama.

**Analógico.**- Una magnitud variable se llama analógica cuando puede ser representada por una magnitud física, cuyo valor es proporcional al de la variable. Las magnitudes analógicas pueden variar en una forma continua. Por ejemplo, la representación de un desplazamiento por una tensión eléctrica, constituye una representación analógica. Diversos captadores de posición utilizados en control numérico son de funcionamiento analógico.

**APT.**- Lenguaje de programación de piezas universal que permite la programación en contorneado hasta 5 ejes. Ha sido creado por el M.I.T. El sistema APT está basado en la descripción geométrica de la pieza y el cálculo de la posición de la herramienta. No incluye el cálculo de las variables tecnológicas. El lenguaje comprende un vocabulario de unas 300 palabras y requiere para su tratamiento una

computadora de 256 Kbytes. La administración y la responsabilidad para la utilización y perfeccionamiento del APT recae sobre el IIT Research Institute, USA.

**AUTOMAP.**- Lenguaje de programación de piezas en control numérico que permite la programación de contorneado en dos dimensiones. Ha sido creado por IBM, y es derivado del APT, con un vocabulario de cerca de 50 palabras.

**AUTOPIT.**- Lenguaje de programación para tornos con control numérico creado por Pittler e IBM. Existe en dos versiones, el AUTOPIT 1 para control paraaxial y el AUTOPIT 2 para contorneado. Su tratamiento se puede llevar a cabo sobre una computadora de capacidad media.

**AUTOPOL.**- Lenguaje de programación para tornos creado por IBM en Alemania, en colaboración con un grupo de fabricantes de tornos. Es un lenguaje muy conciso con formato de entrada fijo. Su "processeur", está escrito en Fortran IV y puede ser tratado en una computadora con capacidad de 32 Kbytes.

**AUTOPROG.**- Lenguaje de programación de piezas creado por el Instituto VUOSO de Praga.

**AUTOSPOT.**- Lenguaje de programación de piezas para trabajo de punto a punto y paraaxial, creado por IBM. AUTOSPOT es muy utilizado para la programación de taladros y fresadoras de control numérico, así como para centros de maquinado. Aunque no es compatible con el APT, puede ser utilizado conjuntamente con el ADAPT. AUTOSPOT puede ser tratado en una computadora de 32 Kbytes.

**AUTODIE.**- Lenguaje de programación creado por Olivetti CN, diseñado especialmente para facilitar la programación de matrices y moldes, es decir, la producción con control numérico de una pieza única.

**BCD.-** Método de presentación numérica en que cada cifra de un número decimal se representa por un número binario.

**Binario, código.-** Característica de una condición para la que no existe más que una alternativa, por ejemplo, sí o no, dos valores y que no puede ser afectada más que por cada uno de esos valores. La numeración binaria es un sistema de numeración de base 2 que no utiliza más que dos cifras: 0 y 1. El peso de cada posición binaria de derecha e izquierda, es el valor de la potencia de 2 correspondiente a cada posición.

**Bit.-** Abreviatura de expresión "Binary Digit". Como tal, el dígito binario es la unidad mínima de información que puede representarse físicamente en una máquina o en un soporte (por ejemplo, existencia de agujero o no en la cinta perforada).

**Bloque.-** En lenguaje de programación de control numérico, se llama bloque al conjunto de instrucciones necesarias para definir una operación. Cada bloque está constituido por una serie de palabras y separado del siguiente por un carácter llamado fin de bloque.

**Bucle cerrado.-** Un sistema en el que la magnitud de salida es medida de forma continua o por incrementos, y transmitida por medio de un bucle de retorno a un comparador para ser comparada con la magnitud de entrada. En control numérico, la magnitud de salida es la posición real del órgano móvil y la magnitud de entrada, la posición prescrita por el programa. El comparador establece una comparación entre estas posiciones y suministra una señal de error hasta que coinciden.

**Bucle abierto.-** Sistema de control sin retroalimentación, es decir, sin comparación entre la posición real y la posición prescrita. En el caso del control numérico, el órgano móvil se desplaza accionado por un motor "paso a paso", una cantidad de pasos (desplazamientos elementales) prescrita por el equipo de control.

**Captador de posición.**- Captador se llama a todo aparato destinado a la medición de una magnitud física. Captador de posición en un sentido estricto es un aparato capaz de medir la posición real de un órgano móvil. Por extensión, se conoce también como captador de posición a los captadores de desplazamiento.

**Cero flotante.**- Una máquina dispone de cero flotante cuando el origen de coordenadas puede situarse en cualquier punto dentro de los cursos de la máquina.

**CNC.**- Abreviatura de Computer Numerical Control. Unidad de control numérico con calculador integrado que permite mayor capacidad respecto a los controles numéricos tradicionales. Por ejemplo, Autotest de averías.

**Código EIA.**- Código normalizado para los sistemas de control numérico, propuesto por U.S. Electronic Industries Association, en su norma RS-244. Utiliza banda de papel de 8 pistas, de 25.4 mm de ancho. Este código a sido aceptado por la VDI alemana y por la American Standards Association. El número de perforaciones de un carácter en impar.

**Código ISO.**- Código de perforación normalizado por International Standard Organisation. El número de perforaciones de un carácter es siempre par.

**Contorneado.**- Sistema de control numérico en el que el control de la trayectoria relativa pieza-herramienta es efectuado de una forma continua por movimientos simultáneos y coordinados según los ejes.

**Control adaptativo.**- Sistema de control que adapta las condiciones de corte con el fin de acercarse a condiciones de producción óptima. Está basado en la medida de parámetros de corte como fuerzas, acabados superficiales, etc., y en la adaptación de variables como velocidad y avance en función de dichos parámetros.

**Corrección de herramienta.**- Desplazamiento de la trayectoria de la herramienta, introducido manualmente por el operador de una máquina de CN y que sirve para compensar diferencias entre los radios o longitudes de las herramientas programadas y las realmente utilizadas.

**Digital.**- Un sistema es digital cuando utiliza números, magnitudes o señales discretas. La introducción de información en control numérico se lleva a cabo siempre en forma digital.

**CMD.**- Control numérico directo a partir de calculadora; indica un sistema en el que una computadora central distribuye a cada máquina con CN los datos necesarios para la ejecución de las piezas. En general, varias máquinas son controladas simultáneamente por una única computadora.

**EXAPT.**- Sistema de programación de máquinas con CN por computadora desarrollado en Alemania. Resuelve no sólo el tratamiento geométrico del maquinado sino también el tratamiento tecnológico. El sistema comprende tres secciones: EXAPT 1 para trabajos punto a punto, EXAPT 2 para trabajos de torneado y EXAPT 3 para trabajos de fresado en 2 1/2 ejes. El sistema EXAPT requiere para su tratamiento computadoras grandes.

**IFAPT.**- Lenguaje de programación por computadora de piezas, universal, para punto a punto y contorneado en el plano desarrollado por la C.I.I. y administrado por ADEPA (Francia). Su "processeur" está escrito en FORTRAN, es de concepción modular y puede ser tratado en computadoras medias.

**Interpolación.**- Cálculo de puntos intermedios de una recta o curva a partir de posiciones extremas.

**Interpolador.**- Calculador especial que en las máquinas de control numérico calcula los puntos de la trayectoria de la herramienta y la velocidad de desplazamiento a partir de una definición de la

trayectoria y de los puntos extremos de la misma. La interpolación puede ser lineal, circular o parabólica.

**Lenguaje.-** Juego de instrucciones codificadas en forma adecuada para programar las operaciones en máquinas con CN.

**Lenguaje de máquina.-** Conjunto de instrucciones codificadas para programar el funcionamiento de la máquina con control numérico.

**MINIAPT.-** Lenguaje de programación de piezas creado en Alemania por Horn Software, para el control punto a punto y contorneado en dos ejes y medio. MINIAPT es un lenguaje derivado del APT. Comprende cerca de 200 palabras y puede ser tratado en computadoras con una capacidad de 32 Kbytes.

**Modal.-** Una instrucción tiene carácter modal cuando resulta válida hasta que sea anulada o sustituida por otra del mismo carácter.

**Posicionamiento simultáneo.-** Posicionamiento de órganos móviles según dos o más ejes al mismo tiempo.

**Postprocesador.-** Traduce los cálculos hechos por la computadora para una operación de contorneado, de manera tal, que se adapta a la forma necesaria para su interpretación por una determinada máquina y sistema de control. En una computadora, se requiere un programa postprocesador independiente para cada uno de los diferentes sistemas de control.

**Processeur.-** El processeur o programa general es un programa que en programación automática de máquinas con CN, trata el programa pieza y, después de efectuar los cálculos geométricos correspondientes, define la trayectoria de la herramienta y suministra un resultado denominado CLDATA (Cutter Location Data) independiente de la máquina que va a efectuar al maquinado. Este resultado requiere un tratamiento suplementario de adaptación por un postprocesseur.

**Programa.**- Secuencia de operaciones realizadas por una computadora con el fin de resolver un problema, o secuencia de operaciones que ha de realizar una máquina controlada numéricamente, con el fin de completar una operación de maquinado. Actualmente, el programa suele significar más comúnmente el conjunto de instrucciones codificadas necesarias para controlar el funcionamiento de un ordenador de CN.

**Servomecanismo.**- Un servomecanismo es un sistema de control en bucle cerrado en el que la magnitud regulada es una posición mecánica. En control numérico se emplean servomecanismos para control de posición, trayectoria o velocidad.

### APENDICE 3

#### CALCULO DE LA VELOCIDAD DE AVANCE Y VELOCIDAD DEL HUSILLO

Por lo general, la velocidad de corte que se utiliza para realizar ciertos trabajos en las máquinas herramientas es conocido, y viene tabulada dependiendo de la dureza del material a trabajar, la profundidad de corte, la velocidad de avance y el diámetro del cortador. Por consiguiente, es necesario conocer la velocidad de rotación del husillo y la velocidad de avance para llevar a buen término un maquinado y no provocar el rompimiento de la fresa, y presentar un acabado aceptable.

De tablas, se sabe que la velocidad de corte para el aluminio es de 90 a 305 m/min. Para este caso utilizamos la menor, que es de 90.

La velocidad del husillo viene dada por la siguiente expresión

$$R.P.M. = \frac{V_c \cdot 320}{D}$$

Donde

V<sub>c</sub> = Velocidad de corte en m/min

D = Diámetro de la fresa

320 = Factor de conversión

La velocidad de avance viene dada por la siguiente expresión

$$V_a = 0.05 \cdot R.P.M. \cdot z$$

Donde

0.05 = Distancia que recorre el diente del cortador por revolución

$\alpha$  = Número de filos del cortador

RPM = Velocidad de rotación del husillo

De las fórmulas anteriores se calculará la velocidad del husillo y la velocidad de avance para los cortadores T1 (10 mm de diámetro), T2 (4 mm de diámetro) y T3 (3 mm de diámetro).

Velocidad del husillo

D = 10 mm

Vc = 90 m/min

$$R.P.M. = \frac{90 \cdot 320}{10} = 2880$$

Velocidad de avance

$$V_A = 0.05 \cdot 2880 \cdot 2 = 288$$

Por lo tanto, para la herramienta T1

Velocidad de rotación del husillo = 2880 R.P.M.

Velocidad de avance = 288 mm/min

Para la herramienta T2

$$R.P.M. = \frac{90 \cdot 320}{4} = 7200$$

Como este valor sobrepasa la velocidad que maneja la máquina, se tomará su máxima velocidad

R.P.M. = 3000

$$V_A = 0.05 \cdot 3000 \cdot 2 = 300$$

Velocidad de avance = 300 mm/min

Para la herramienta T3

$$R.P.M. = \frac{90 \cdot 320}{3} = 9600$$

Como en el caso anterior se tomará

R.P.M. = 3000

$$V_A = 0.05 \cdot 3000 \cdot 2 = 300$$

Velocidad de avance = 300 mm/min

## ***BIBLIOGRAFIA***

- Luzadder Warren J. p.e.  
FUNDAMENTOS DE DIBUJO EN INGENIERIA  
Compañia Editorial Continental S.A.  
1° Edición en español de la 7° en inglés  
México, 1981.
- Jensen C. H., Mason F. H. S.  
FUNDAMENTOS DE DIBUJO MECANICO  
Editorial McGraw-Hill  
2° Edición  
México, 1982.
- Comité Consultivo No. 21 de Normalización del Dibujo  
Técnico.  
NORMA MEXICANA DE DIBUJO TECNICO PARA LA INDUSTRIA  
MECANICA Y CONEXAS  
México, 1970.
- Hearn Donald, Baker M. Pauline  
GRAFICAS POR COMPUTADORA  
Prentice Hall Hispanoamericana  
México, 1988.
- Gerling Heinrich.  
ALREDEDOR DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS  
Editorial Reverté S.A.  
2° Edición.  
España, 1964.
- Vela Cuautle Carlos.  
TECNOLOGIA DEL AJUSTADOR 3 (MAQUINAS HERRAMIENTAS)  
Compañia Editorial Continental S.A. de C.V.  
México, 1982.

- Pollack Herman W.**  
**MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y MANEJO DE MATERIALES**  
Editorial Prentice Hall Internacional.  
2ª Edición.  
Colombia, 1982.
- Alique J. R.**  
**SISTEMAS CAD/CAM/CAE, DISEÑO Y FABRICACION POR COMPUTADORA**  
**SERIE MUNDO ELECTRONICO**  
Publicaciones Marcombo, S.A.  
México, 1988.
- González Núñez Juan**  
**EL CONTROL NUMERICO EN LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS**  
Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.  
2ª Edición.  
México, 1990.
- Johnson Nelson.**  
**AUTOCAD: MANUAL DE REFERENCIA**  
Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España S.A.  
1ª Edición en Español.  
España, 1990.
- Navas Mariano.**  
**AUTOCAD**  
Editorial Paraninfo S.A.  
4ª Edición.  
España, 1991.
- Miller Alan R.**  
**EL ABC DEL AUTOCAD**  
Ventura Ediciones  
México, 1990.

-Manual de MCAM.

-Manual FANUC de Control Numérico para Fresadora Starmill.