

70



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**“DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDO POR  
COMPUTADORA. MAQUINADO DE PIEZAS EN  
TÓRNO CNC”.**

**TRABAJO DE SEMINARIO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
RIGOBERTO AUGUSTO OTAL MORENO**

**ASESOR: M. EN ING FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**2000.**

280311



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
PROFESIONALES - CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Diseño y Manufactura Asistido por Computadora.

Maquinado de Piezas en Torno CNC.

que presenta el pasante: Rigoberto Augusto Otal Moreno.

con número de cuenta: 9453416-2 para obtener el título de :

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

**A T E N T A M E N T E**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 1 de Marzo de 2000.

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>Modulo I</u>	<u>M.I. Felipe Diaz Del Castillo</u>	<u></u>
<u>Modulo II</u>	<u>Ing. Enrique Cortes Gonzalez</u>	<u></u>
<u>Modulo III</u>	<u>Ing. Eusebio Reyes Carranza</u>	<u></u>

Dedico este trabajo a mis padres, a mi hermana, a mi novia , y a mi hermano; en agradecimiento al apoyo que me brindaron, durante el transcurso de mi carrera profesional, así como en la elaboración de este trabajo.

## INDICE

INTRODUCCION.	1
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>CARACTERISTICAS GENERALES DEL TORNO CNC.</b>	4
1.1.- Tipos de cambios automáticos.	8
1.2.- Programación.	10
1.3.- Configuración de los ejes y su identificación.	13
1.4.- Tipos de movimiento.	16
1.5.- Sistema incremental y absoluto.	17
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>CODIGOS G (GEOMETRICOS) Y CODIGOS M (MISCELANEOS O AUXILIARES).</b>	21
2.1.- Códigos	21
2.2.- Principales códigos G empleados en el torno.	21
2.3.- Principales códigos M empleados en el torno.	23
2.4.- Ciclos enlatados (Canned cycles).	25
2.4.1.- Ciclo de cilindrado o torneado (G71).	25
2.4.2.- Ciclo de careado o refrentado (G72).	27
2.4.3.- Ciclo de roscado (G76).	27
2.4.4.- Ciclo de barrenado (G74).	28
2.4.5.- Ciclo de acabado (G70).	29

<b>CAPITULO 3</b>	
<b>PROGRAMACION PARA EL MAQUINADO DE PIEZAS PARA AJEDRES, UTILIZANDO LOS CODIGOS Y CICLOS DEL TORNO CNC.</b>	<b>31</b>
3.1. - INTRODUCCION.	31
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>46</b>
<b>APENDICE A.</b>	<b>48</b>
<b>APENDICE B.</b>	<b>49</b>

## INTRODUCCION

La necesidad en la industria de una alta producción, una calidad óptima y la gran competencia existente en el mercado creó la necesidad de automatizar la maquinaria, ya que la producción cada día depende más de las máquinas que de las capacidades humanas.

Como ejemplo de ello, se tiene el desarrollo del primer torno, mostrado en la figura 1. A principios del siglo XVIII, John Wilkenson construyó una máquina para barrenar, y Jacquard construyó e incorporó un mecanismo para la máquina de tejer, que pudo ser usado para cambiar o controlar, patrones en materiales que fueran tejidos en tela. Él usó una tarjeta perforada. A mediados del siglo XVIII, John Parsons construyó un piano automático, el cual usaba un papel ondular extenso perforado. Debido a que un fuelle bombeaba aire a través de los agujeros, las teclas del piano eran activadas, causando que fuera tocada una melodía. Hoy en día, los agujeros en una cinta de papel activan interruptores, estos controlan los avances y velocidades de los componentes de las máquinas, o herramientas, para ejecutar diversas operaciones.

Mucho tiempo después, las herramientas de corte eran controladas por levas e instrumentos hidráulicos, junto con esto, se creó una gran demanda debido a la gran producción y a la mayor precisión que tenían estas herramientas de corte. Muy pronto, con la llegada del automóvil, se automatizaron las líneas de montaje lo que ocasionó una drástica disminución de los tiempos muertos y aumentó la calidad del producto.

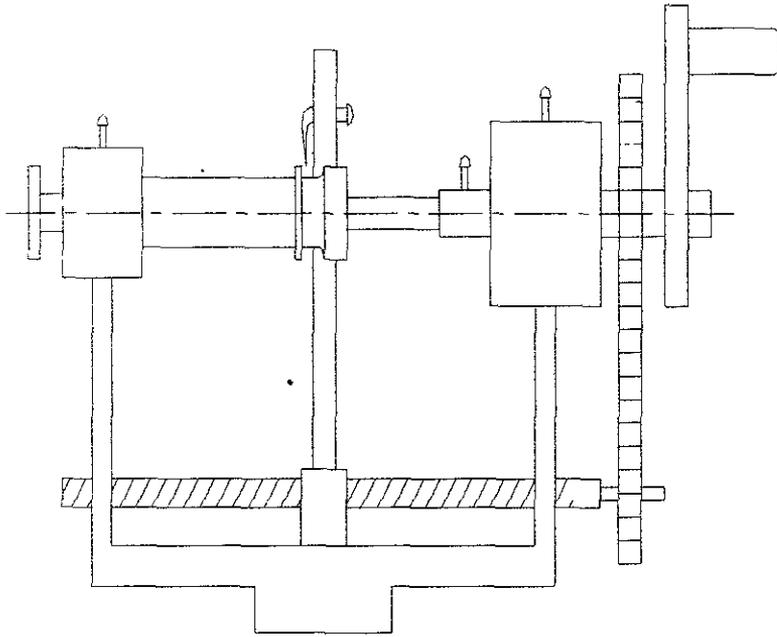


Figura 1 Primer torno desarrollado.

A principios de los años cuarentas, las necesidades de producción fueron más estrictas, debido en gran parte a las demandas de la fuerza aérea de los Estados Unidos, ya que las aeronaves eran cada vez más complicadas y sofisticadas; por lo tanto se tenían 2 problemas al mismo tiempo: la necesidad de una alta producción y de una gran precisión en piezas de geometría complicada, pero la industria no contaba en ese momento con la tecnología necesaria para resolverlos. Para darle solución a dichas necesidades, la fuerza aérea de los Estados Unidos comisionó a John Parsons para construir una máquina que pudiera resolver estas demandas. En 1950, John Parsons, trabajando en cooperación con el Instituto de Tecnología de Massachusetts, desarrolló un sistema de control y una máquina-herramienta de ejes individuales. Dos años más tarde ellos fabricaron una máquina-herramienta con 3 ejes. La más reciente usaba una cinta perforada. Estas máquinas, ahora llamadas máquinas de control numérico (NC), usaban interfaces de control complicadas. El control consistía de una combinación de tubos y dispositivos mecánicos.

Posteriormente, se mejoran los sistemas de almacenamiento y se desarrollo el concepto de "memoria de sólo lectura" (memoria ROM), esto es, los datos almacenados en la memoria se mantienen aún cuando la máquina se apague.

## **CAPITULO 1**

### **CARACTERISTICAS GENERALES DEL TORNO CNC**

Las máquinas de CNC poseen una entrada de datos manual (MDI), que hace posible anular programas existentes. Esto permite cambiar, o insertar, nuevas dimensiones, velocidades; etc.

La cinta magnética o disco, se usa para proporcionar información a la memoria, la cual controla a la máquina. Las máquinas de control numérico, están disponibles actualmente en una gran variedad de tipos y medidas; como son:

- Taladradoras.
- Fresadoras.
- Mandrinadoras.
- Tornos.
- Centro de maquinado.
- Rectificadoras.
- Punzonadoras.
- Máquinas de electroerosión.
- Máquinas de soldar.
- Máquinas de oxicorte.
- Dobladoras.
- Plegadoras.
- Máquinas de dibujar.

- Máquinas de trazar.
- Bobinadoras.
- Máquinas de medir por coordenadas.
- Manipuladores.
- Etcétera.

Por medio del control numérico (CN), se pueden automatizar y controlar todas las acciones de la máquina. En general, con un CN pueden controlarse:

- Los movimientos de los carros o del cabezal;
- El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte;
- Los cambios de herramientas y de las piezas;
- Las condiciones de funcionamiento de la máquina, en cuanto a su modo de trabajar (con/sin refrigerante, frenos, etc.), o en cuanto a su estado de funcionamiento (deficiencias, averías, etc.).

Así mismo, el control numérico se encarga de coordinar otras funciones que le son propias; entre ellas:

- Control de flujos de información.
- Control de la sintaxis de programación.
- Diagnóstico de su funcionamiento, etc.

Toda la información necesaria para la ejecución de una pieza constituye el programa, que es escrito en un lenguaje especial (código) por medio de caracteres alfanuméricos sobre un soporte físico (cinta magnética).

Así, algunas definiciones importantes son:

**CONTROL NUMERICO (NC):**

Es el término utilizado para describir las máquinas que son controladas por una serie de instrucciones formadas por números y letras del alfabeto.

**BLOQUES DE INFORMACION:**

En forma usual son proporcionados en forma de cinta perforada o cinta magnética a la unidad de control de la máquina, la cual interpreta y ejecuta secuencialmente cada bloque de información proporcionando los datos a la máquina-herramienta, la cual define los movimientos y parámetros de maquinado.

**CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC):**

Este es el término general que se usa para describir un sistema de control el cual incluye una computadora o un microprocesador digital. Las máquinas CNC son adaptables a un amplio rango de procesos de manufactura, algunas aplicaciones son: corte de metales, soldadura, corte mediante flama, trabajo en madera, etc. Las máquinas de este tipo son capaces de trabajar muchas horas con una supervisión mínima y son ideales para producción en serie y en lotes.

En la figura 1.1 se muestra un centro de maquinado CNC típico y en la figura 1.2 se muestra un centro de torneado. De varias maneras las máquinas controladas numéricamente son similares a sus contrapartes manuales. La generación primaria de movimientos relativa de las herramientas de corte y piezas de trabajo son idénticas, así como las técnicas de maquinado y aproximaciones.

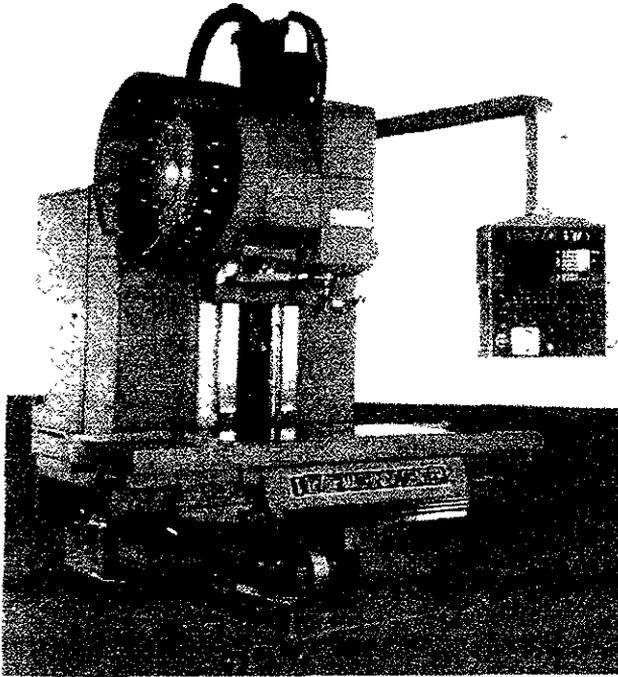


Figura 1.1 Centro de maquinado CNC.

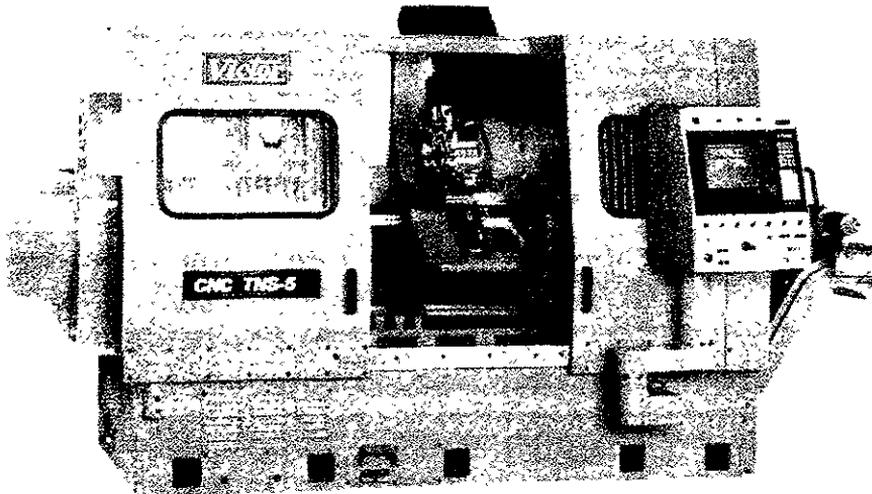


Figura 1.2 Centro de torneado CNC.

La diferencia esencial es que los movimientos posicionales manuales son reemplazados por movimientos motores, de manera que las posiciones de la herramienta de corte son controladas por una computadora. Este cambio simple tiene un efecto dramático en las capacidades de las máquinas-herramienta con Control Numérico Computarizado.

Los componentes principales de una máquina fresadora de CNC típica se muestran en la figura 1.3. La máquina consiste de una base rígida con una mesa de trabajo horizontal movable, un eje vertical para herramienta, un cambiador automático para herramienta, y una unidad de control. La máquina fresadora de CNC esta diseñada y construida para mantener una alta precisión de movimiento y reducir vibraciones debido a las altas cargas cortantes y distorsiones de origen térmico.

La notación convencional para el desplazamiento de una herramienta de corte relativa a una pieza de trabajo, en los ejes X, Y y Z, se observa en la figura 1.3.

La notación correspondiente para los ejes X y Z en un torno de Control Numérico Computarizado, está dada en la figura 1.4. Las máquinas CNC están definidas por el número de ejes de control; las máquinas fresadoras normalmente tienen tres, cuatro o cinco ejes; mientras que los tornos normalmente tienen dos ejes.

### **1.1.- Tipos de cambios automáticos**

El cambio automático de herramientas es una de las particularidades de las máquinas-herramienta de control numérico, ya que se evitan todos los tiempos superfluos necesarios para cambiarlas manualmente. Entre los distintos sistemas de

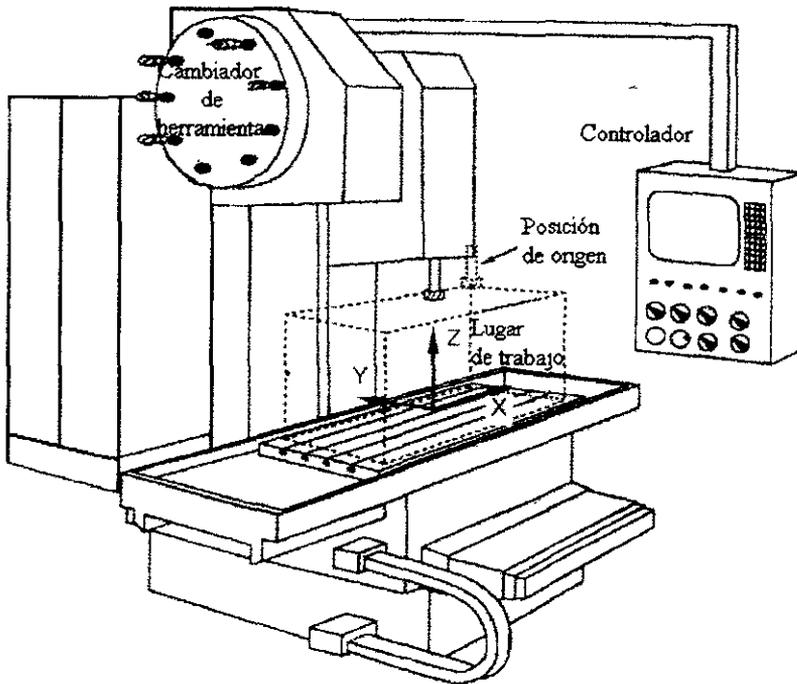


Figura 1.3 Componentes principales de una máquina fresadora de CNC.

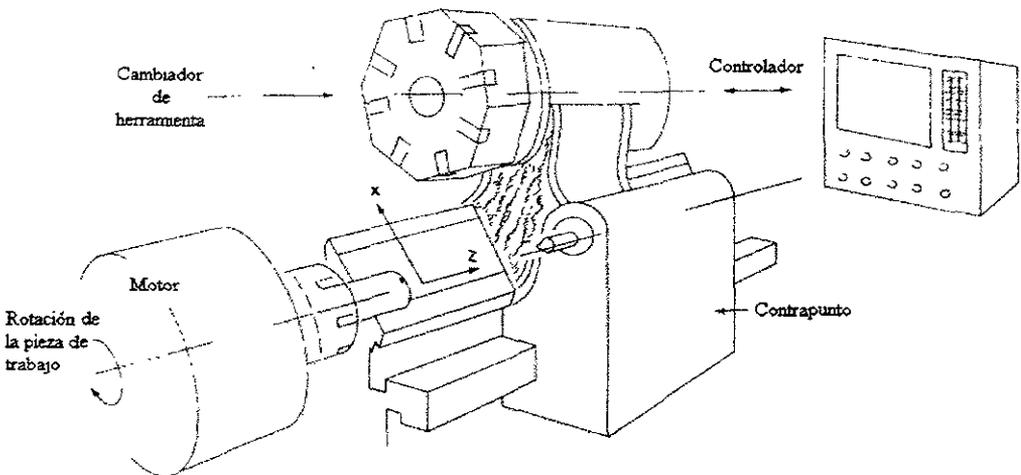


Figura 1.4 Componentes principales de un torno de CNC.

cambio están: 1) cambio por giro de torreta, 2) cambio por desplazamiento de un brazo giratorio.

El primer sistema es el adoptado por los tornos y taladros, en los cuales el número de herramientas necesario para mecanizar una pieza es reducido. El segundo sistema es propio de máquinas que necesitan un gran número de herramientas por cada pieza a mecanizar, este sistema es empleado por los centros de maquinado.

### **1.2.- Programación**

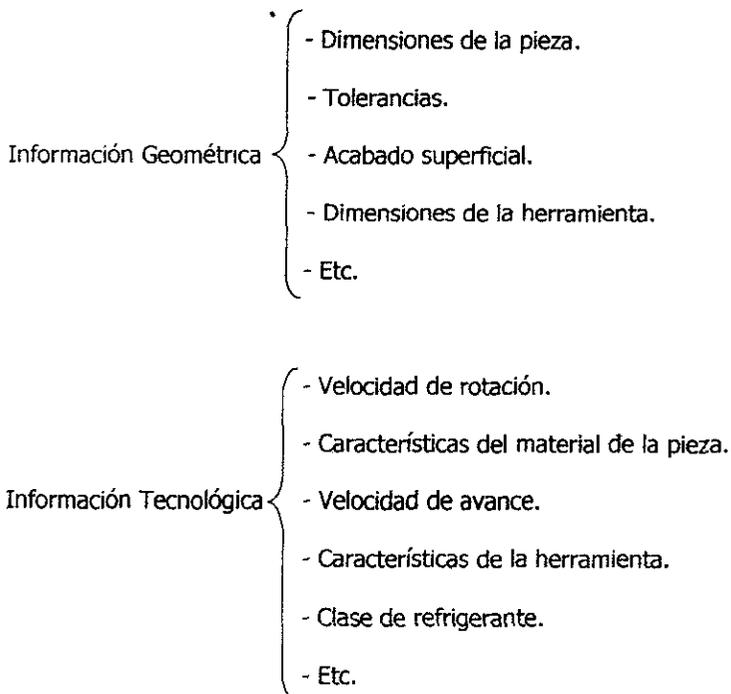
La máquina de control numérico es una máquina total o parcialmente automática, a la que le son comunicadas las órdenes por medio de signos simbólicos contenidos en un soporte material, banda magnética o cinta perforada.

Para resolver el problema de la comunicación de las órdenes del hombre a la máquina, se ha desarrollado un lenguaje alfanumérico (letras, números y signos) accesible al hombre e interpretable por la máquina; y se le llama **lenguaje de programación**, el cual posee su propia sintaxis codificada.

La información necesaria para la ejecución de una pieza en la máquina-herramienta de control numérico puede ser de tipo geométrica o de tipo tecnológica.

La **información geométrica** es la que contiene los datos con respecto a las superficies de referencia, origen de los movimientos, etc.

La **información tecnológica** describe los datos relacionados a las condiciones de mecanizado, los materiales, el modo de funcionamiento de la máquina, etc. En conclusión, todos aquellos que no tienen que ver con la geometría de la pieza.



La preparación de esta información para el control numérico se denomina programación. Así, para la realización del programa, es necesario conocer o establecer:

- La capacidad y características de la máquina-herramienta: potencia, velocidades, etcétera.

- Las características del control numérico: número de ejes, lista de funciones codificadas, etcétera.

- El plano de la pieza.

- Las dimensiones de la pieza a maquinar antes de su montaje en la máquina-herramienta.

- Los mecanizados a realizar con la máquina-herramienta: tipos, dimensiones, etc.

- La situación de los puntos y **superficies** de referencia de la pieza.

- Los tipos de herramientas disponibles en el taller para la máquina-herramienta, así como sus condiciones de utilización y dimensiones.

A partir de toda esta información, se deben dar 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:

- el número de trayectorias de la herramienta.

- la longitud de estas trayectorias.

- los cambios de herramienta.

- las pasadas de la máquina, etc.

2. Determinar las herramientas y el utillaje necesarios, así como sus condiciones de trabajo.

3. Realizar los cálculos necesarios para la definición de las trayectorias de las

herramientas, calculando las coordenadas de los puntos de trabajo.

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 determinado, las operaciones a realizar por la máquina.

### **1.3.- Configuración de los ejes y su identificación**

Todas las máquinas-herramientas tienen más de una posibilidad de movimiento y es importante identificarlas de manera individual, existen tres planos en los cuales se puede tener movimiento: longitudinal, transversal, vertical; a cada plano se le asigna una letra y se identifica como un eje; y son el eje X, el eje Y y el eje Z.

El **eje Z** siempre es paralelo al principal movimiento de giro de la máquina. El sentido positivo del eje Z incrementa la distancia entre la pieza y la herramienta.

El **eje X** siempre será paralelo a la principal superficie de trabajo de la máquina y perpendicular al eje Z. 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 corresponde con el sentido de corte; por ejemplo, la limadora (cepillo). 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 determinar 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. El **eje Y** es perpendicular a los ejes Z y X. La identificación de los ejes X, Y y Z, para el maquinado de la fresadora se muestra en la figura 1.5; y la identificación de los ejes X y Z, para el maquinado del torno se muestra en la figura 1.6; ya que como se recordara al maquinar con fresadora se manejan 3 ejes, y al maquinar con torno se manejan solo dos.

La situación del origen del sistema de coordenadas definido difiere de unos controles a otros, pero responden de una forma simplificada a los siguientes tres tipos: origen fijo, origen móvil y origen flotante.

El origen de una máquina-herramienta es fijo si el origen del sistema de coordenadas se encuentra definido y situado permanentemente en un punto de ésta.

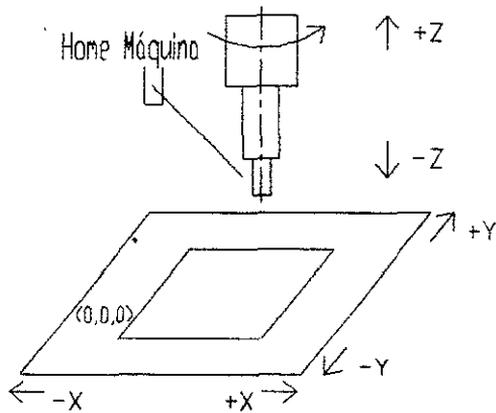


Figura 1.5 Identificación de los ejes X, Y y Z para el maquinado de la fresadora.

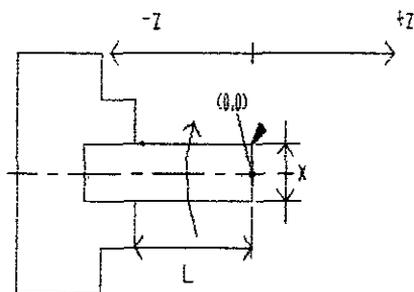


Figura 1.6 Identificación de los ejes X y Z para el maquinado del torno.

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 semejantes a los de fin de carrera (microinterruptor, interruptor, detector de proximidad, 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 es debida sustancialmente del modo físico de resolverlos. El origen fijo se utiliza principalmente sobre taladradoras y tornos.

#### **1.4.- TIPOS DE MOVIMIENTO**

El movimiento de las máquinas CNC a posiciones predeterminadas puede ser realizado de tres maneras: punto a punto, movimiento lineal y contorno.

**Punto a punto:** Es la programación de instrucciones mediante las cuales se moverá una pieza o herramienta de una posición a otra, a una velocidad alta preprogramada, serán involucrados uno o más ejes, pero el movimiento no es coordinado y hay que tener cuidado para prevenir choques con algún dispositivo de sujeción.

**Nota:** Ninguna operación de corte deberá hacerse en el posicionamiento punto a punto.

**Movimiento lineal:** También conocido como interpolación lineal, se refiere a la programación del movimiento a la siguiente posición requerida, así mismo se necesita

especificar la velocidad de avance. El movimiento lineal se usa cuando la herramienta va a cortar en línea recta.

**Contorneo:** Este movimiento es similar al movimiento lineal, pero pueden realizarse movimientos circulares a una cierta velocidad de avance.

**Nota:** Las máquinas Denford utilizan los códigos G02 y G03; el código G02 se utiliza para realizar una interpolación circular en sentido horario; y el código G03, se utiliza para realizar una interpolación en sentido antihorario.

### **1.5.- SISTEMA INCREMENTAL Y ABSOLUTO**

Existen dos sistemas para establecer las coordenadas de un punto, el modo incremental o relativo y el modo absoluto.

El sistema de posicionamiento incremental o relativo, establece todas las dimensiones punto a punto, esto es siempre usa el punto anterior como el origen para realizar el próximo movimiento; mientras que el sistema absoluto establece todas las dimensiones desde un solo punto, que se fija inicialmente; ejemplo:

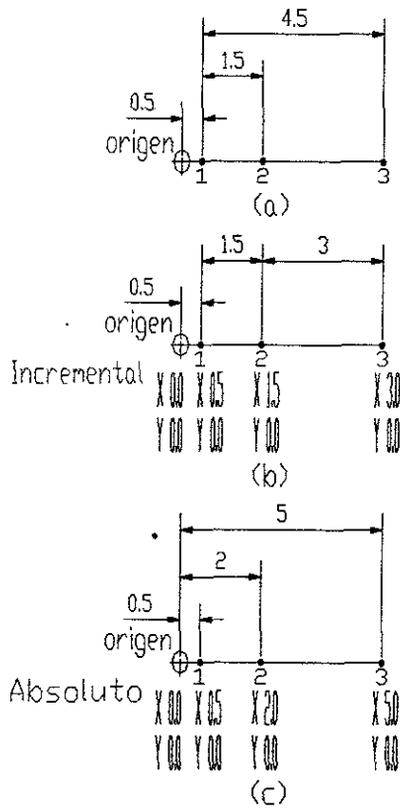


Figura 1.7 Sistema incremental y absoluto:

En el ejemplo anterior, el inciso (a) está redimensionado en el sistema incremental en el inciso (b). En la Tabla 1.1 se muestra el análisis incremental, donde se puede observar que la suma de los movimientos X y Y da un resultado de cero. En el ejemplo anterior, el inciso (a) está redimensionado en el sistema absoluto en el inciso (c). El análisis absoluto se muestra en la Tabla 1.2, donde se observa que en el movimiento 3 a S.P., tenemos  $X=0$ ,  $Y=0$ , donde con esto le estamos indicando a la máquina que se regrese al origen (S.P.).

En la fresadora para indicar que estamos utilizando el sistema incremental se utiliza el código G91, y para el sistema absoluto se utiliza el código G90.

En el torno para indicar que estamos utilizando el sistema incremental, se utilizan las letras U y W, para indicar los movimientos de la máquina; y para el sistema absoluto se utilizan las letras X y Z, para el mismo caso.

Tabla 1.1.- Análisis Incremental

Movimiento	X	Y
S.P.	0.000	0.000
S.P. a 1	0.5000	0.000
1 a 2	1.500	0.000
2 a 3	3.000	-0.000
3 a S.P.	-5.000	0.000
Suma	0.000	0.000

Tabla 1.2.- Análisis Absoluto

Movimiento	X	Y
S.P.	0.000	0.000
S.P. a 1	0.5000	0.000
1 a 2	2.000	0.000
2 a 3	5.000	0.000
3 a S.P.	0.000	0.000

**Nota:** Se puede definir el torno de control numérico como una máquina de arranque de viruta, construida con unas características mecánicas tales que, combinándola con el Control Numérico Computarizado, ofrezca una seguridad de rigidez, precisión y repetibilidad suficientes para abordar cualquier tipo de trabajo en piezas de revolución con garantía de éxito. El torno tiene capacidad para ocho herramientas, de las cuales cuatro son para exteriores (se ocupan números impares para designarlas); y cuatro son para interiores (se ocupan números pares para designarlas).

## CAPITULO 2

### CODIGOS G (GEOMETRICOS) Y CODIGOS M (MISCELANEOS O AUXILIARES)

#### 2.1.- Códigos

**CODIGO S.-** Se usa este código para programar la velocidad del husillo en la fresadora y la velocidad de la pieza en el torno; por ejemplo, S1000, S0050, S0750. Cuando se programa junto a los códigos M03, M04 y M05, se controla el sentido de giro, M03 sentido horario, M04 sentido antihorario y M05 paro del husillo.

**CODIGO F.-** Se usa el código F para programar la velocidad de la herramienta en el caso del torno, y la velocidad de la mesa en el caso de la fresadora. Se puede programar como mm/min o plg/min.

**CODIGO T.-** Este código se utiliza para indicar el número de herramienta en un carrusel. La herramienta se coloca en una posición en particular en el carrusel y se puede utilizar en el momento que sea necesario. Cuando se usa conjuntamente con el código M06 se activa el cambio de herramientas; por ejemplo, M06 T01.

#### 2.2.- Principales códigos G empleados en el torno

**CODIGO G.-** Indica una función preparatoria, después un cambio en la operación a realizar; en general el código G hace referencia al modo y forma de realizar los desplazamientos y trayectorias lineales o circulares. Hay dos tipos de código G, modal y no modal; los códigos G modal se retienen en memoria hasta que otro código G del

mismo grupo lo modifique; y los códigos no modales son aquellos que solo actúan en la línea de información en que aparecen.

**G00.-** Interpolación lineal al máximo avance de la máquina. Para colocar la herramienta rápidamente a un punto de seguridad fuera de la pieza (sin corte); se programa: G00 X20 Z5. Ver Figura 2.1.

**G01.-** Interpolación lineal a un avance determinado. Este movimiento es generalmente para dar cortes a la pieza. En el eje "X" ó en el eje "Z" ó en ambos ejes; se programa: G01 X10 Z-30 F100. Ver Figura 2.1.

**G02.-** Interpolación circular sentido horario a un avance determinado; se programa: G02 X10 Z-30 R4 F50. Ver Figura 2.1.

**G03.-** Interpolación circular sentido antihorario a un avance determinado; se programa: G03 X10 Z-30 R4 F50. Ver Figura 2.1.

**G04.-** Retardo de tiempo (dwell), se programa con la literal "X" expresada en segundos; se programa: G04 X20.

**G20.-** Programación en el sistema inglés (pulgadas).

**G21.-** Programación en el sistema métrico decimal (mm).

**G28.-** Programación para mandar la herramienta a casa o Home (posición de origen de la herramienta ó cero máquina); se programa: G28 U0 W0.

**G70.-** Ciclo de acabado, se programa después del ciclo G71 ó G72; se programa G70 P080 Q220 F50 (opcional).

**G71.-** Ciclo de torneado, dónde la mayor longitud de corte es en el eje "Z"; (Ver Figura 2.1), se programa en dos bloques de trabajo:

G71 U1.0 R0.5

G71 P070 Q220 U0.5 W0.2 F100

**G72.-** Ciclo de careado, dónde la mayor longitud de corte es en el eje "X"; se programa en dos bloques de trabajo:

G72 W0.3 R0.5

G72 P070 Q140 U0.5 W1.0 F100

**G76.-** Ciclo de roscado múltiple; se programa en dos bloques de trabajo:

G76 P031560 Q150 R0.15

G76 X17.96 Z-50 R0.0 P1020 Q250 F1.5

**G98.-** Avance en mm/min.

**G99.-** Avance en mm/rev.

### **2.3.- Principales códigos M empleados en el torno**

**CODIGOS M.-** Hacen referencia al modo de funcionamiento de la máquina-herramienta, por ejemplo; cambiar herramienta o aplicar un refrigerante.

**M00.-** Parada programada, esta instrucción detiene el funcionamiento de la máquina-herramienta hasta que el operador da la orden de reanudación.

**M01.-** Parada opcional o parada facultativa.

**M02.-** Fin de programa, se acaba el programa y se queda el cursor en el final del programa.

**M03.-** Giro del husillo en sentido horario.

**M04.-** Giro del husillo en sentido antihorario.

**M05.-** Parada del husillo.

**M06.-** Cambio de herramienta, esta instrucción indica que se va a realizar el cambio de la herramienta indicada por la función T.

**M07.-** Lubricación o refrigeración número 1 en marcha.

**M08.-** Lubricación o refrigeración número 2 en marcha, o bien conexión del aspirador de viruta.

**M09.-** Parada para la refrigeración indicada por las funciones M07, M08.

**M13.-** Giro del husillo en sentido horario y refrigeración en marcha.

**M14.-** Giro del husillo en sentido antihorario y refrigeración en marcha.

**M30.-** Fin de programa, se acaba el programa y el cursor se va a el inicio del programa; esto es con la finalidad de volver a correrlo en caso de que se quiera maquinar otra pieza.

**M98.-** Para llamar un subprograma, ya elaborado.

**M99.-** Fin del subprograma, esta instrucción indica la terminación del subprograma indicado por la función M98.

## **2.4.- CICLOS ENLATADOS (CANNED CYCLES):**

Estos ciclos reducen el número de pasos para maquinar una pieza, esto quiere decir; que utilizando un ciclo enlatado se van a emplear menos bloques de información para realizar el programa de la pieza que se va a maquinar. Dentro de los ciclos enlatados se tienen: ciclo de cilindrado o torneado, ciclo de careado o refrentado, ciclo de roscado, ciclo de barrenado.

**2.4.1.- Ciclo de cilindrado o torneado (G71):** Dónde la mayor longitud de corte es en el eje "Z" (Ver Figura 2.1). Se programa en dos bloques de trabajo:

1er Bloque de Información

N060 G71 U1.0 R1.0

G71= Ciclo de cilindrado o torneado.

U = Profundidad de corte en el eje X.

R = Desahogo de la herramienta.

2º Bloque de Información

N070 G71 P080 Q170 U0.5 W0.5 F80

G71 = Ciclo de cilindrado o torneado.

P = Siguiete número progresivo después del último G71.

Q = último bloque de información al terminar el ciclo.

U = Tolerancia de acabado en el eje X.

W = Tolerancia de acabado en el eje Z.

F = Avance.

**Nota:** Los valores mostrados son únicamente para ejemplificar los códigos.

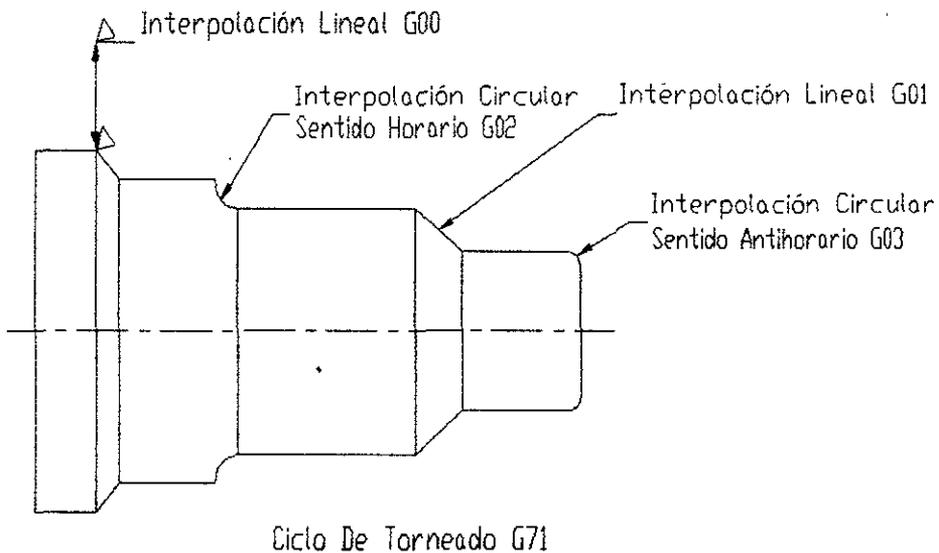


Figura 2.1 Utilización de los códigos G00, G01, G02, G03 y del ciclo de torneado G71.

**2.4.2.- Ciclo de careado o refrentado (G72):** Este ciclo es similar al código G71 y es utilizado cuando la mayor longitud de corte es en el eje "X". Este ciclo G72 requiere dos bloques de información:

1er Bloque de Información

N050 G72 W0.3 R0.5

G72 = Ciclo de careado.

W = Profundidad de corte en el eje Z.

R = Desahogo de la herramienta.

2º Bloque de Información

N060 G72 P070 Q140 U0.5 W1.0 F100

G72 = Ciclo de careado.

P = Siguiete número progresivo después del último G72.

Q = último bloque de información al terminar el ciclo.

U = Tolerancia de acabado en el eje X.

W = Tolerancia de acabado en el eje Z.

F = Avance.

**2.4.3.- Ciclo de roscado (G76):** Este ciclo G76 requiere dos bloques de información (Ver Figura 2.2):

1er Bloque de Información

G76 P031560 Q150 R0.15

G76 = Ciclo de roscado.

P 03 = Número de pasadas de acabado.

15 = Angulo de salida de la herramienta al final.

60 = Angulo de la rosca ó ángulo entre crestas.

Q = Profundidad de corte después de la primer pasada en milésimas.

R = Tolerancia para el acabado de la rosca.

## 2º Bloque de Información

G76 X17.96 Z-50 R0.0 P1020 Q250 F1.5

G76 = Ciclo de roscado.

X = Diámetro del núcleo o fondo de la rosca.

Z = Longitud de la rosca.

R = Debe ser cero para una rosca recta.

P = Altura o profundidad de la rosca en milésimas.

Q = Profundidad de corte de la primer pasada en milésimas.

F = Paso de la rosca.

**Nota:** Las características completas de las roscas Americana y milimetrica se muestran en los Apéndices A y B.

**2.4.4.- Ciclo de barrenado (G74):** Este ciclo G74 requiere dos bloques de información (Ver Figura 2.2):

1er Bloque de Información.

G74 R1.0

G74 = Ciclo de barrenado.

R = Constante, cuyo valor es 1.0.

## 2º Bloque de Información

**G74 X0 Z-35 P2000 Q5000 R0.0 F40**

G74 = Ciclo de barrenado.

X = Ubicación en el eje X.

Z = Profundidad del barreno.

P = Distancia que retrocede la herramienta en milésimas.

Q = Distancia que penetra la herramienta en milésimas.

R = Constante, cuyo valor es 0.0.

F = Avance.

**2.4.5.- Ciclo de acabado (G70):** Se programa después del ciclo G71 ó G72. Se

programa:

**G70 P080 Q220 F50 (opcional)**

G70 = Ciclo de acabado.

P = Siguiete número progresivo después del último G71 ó G72.

Q = Ultimo bloque de Información al terminar el ciclo G71 ó G72.

F = Avance.

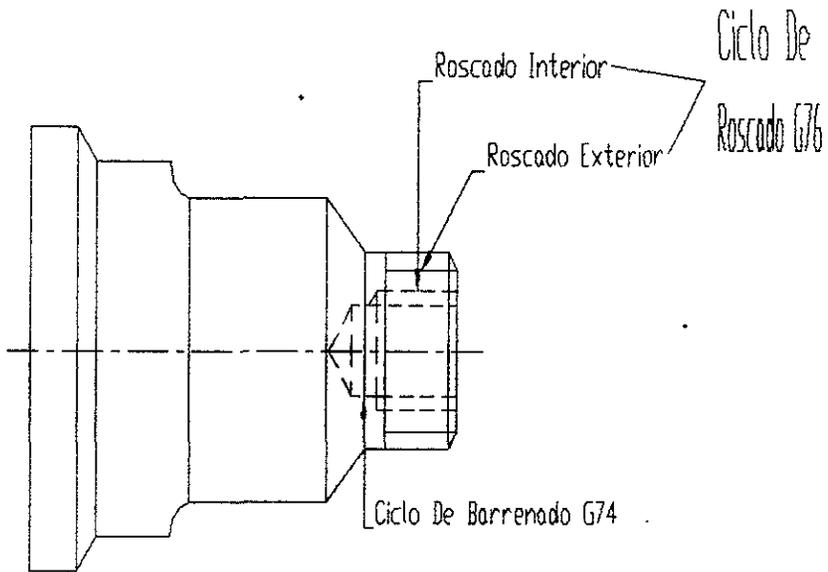


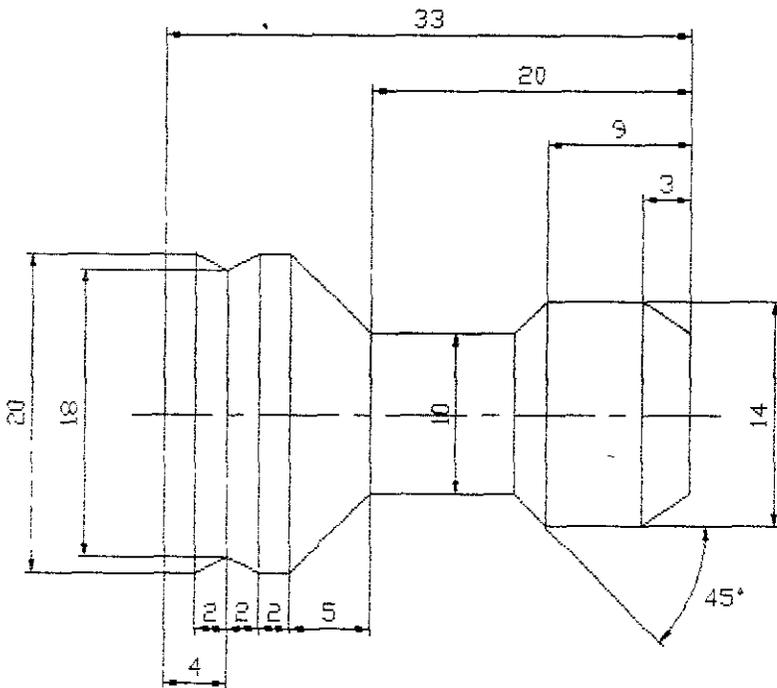
Figura 2.2 Utilización del ciclo de barrenado G74 y del ciclo de roscado G76.

## **CAPITULO 3**

### **PROGRAMACION PARA EL MAQUINADO DE PIEZAS DE AJEDREZ, UTILIZANDO LOS CODIGOS Y CICLOS DEL TORNO CNC.**

#### **3.1.- INTRODUCCION**

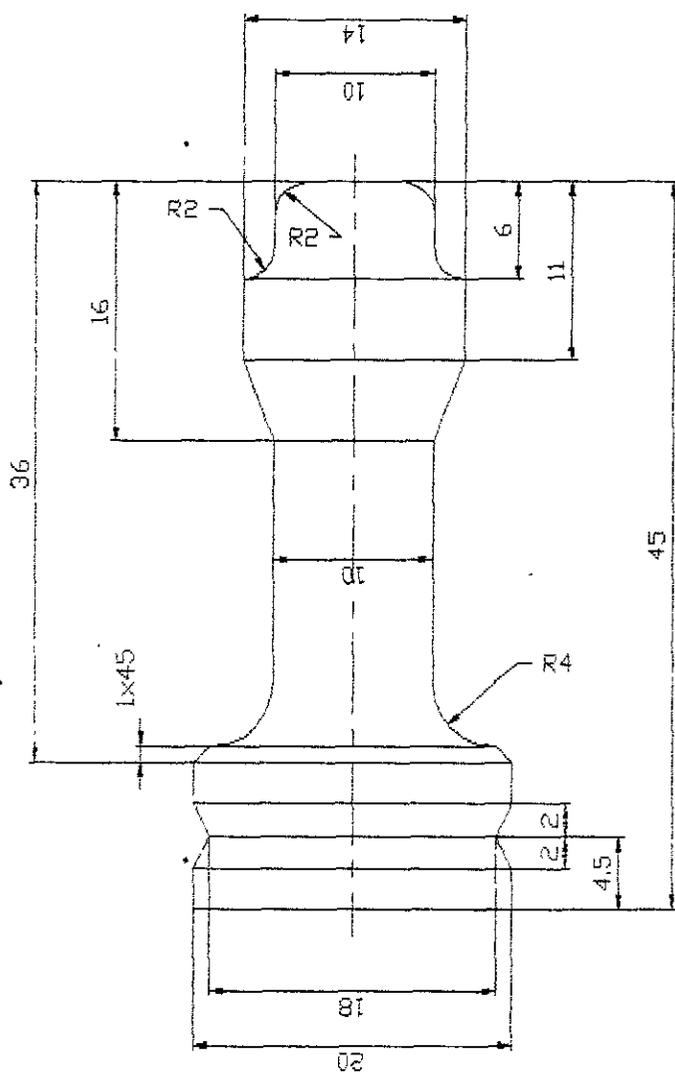
Para ejemplificar la utilización de los códigos G (G00, G01, G02, G03, G21 y G28) y de los códigos M (M02, M03 y M06), en la programación del torno CNC; así como los distintos ciclos que se ocupan en el mismo; el ciclo de torneado, el ciclo de acabado, el ciclo de barrenado, y el ciclo de roscado; se diseñaron varias piezas para ajedrez las cuales fueron: el peón, el alfil, la torre, la reina, el rey y el caballo, con sus respectivos programas, los mismos que se ejecutaron en el torno de control numérico computarizado. Para la elaboración física de las piezas para ajedrez se utilizó como material aluminio comercial.

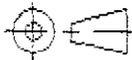


ESC: 3:1	FES-CUAUTILAN	27-04-99	OTAL MORENO RIGOBERTO
ACOT: MM			REVI F.D.C.R.
	   		No. 3.1
	MATERIAL: ALUMINIO W		

**PEON**

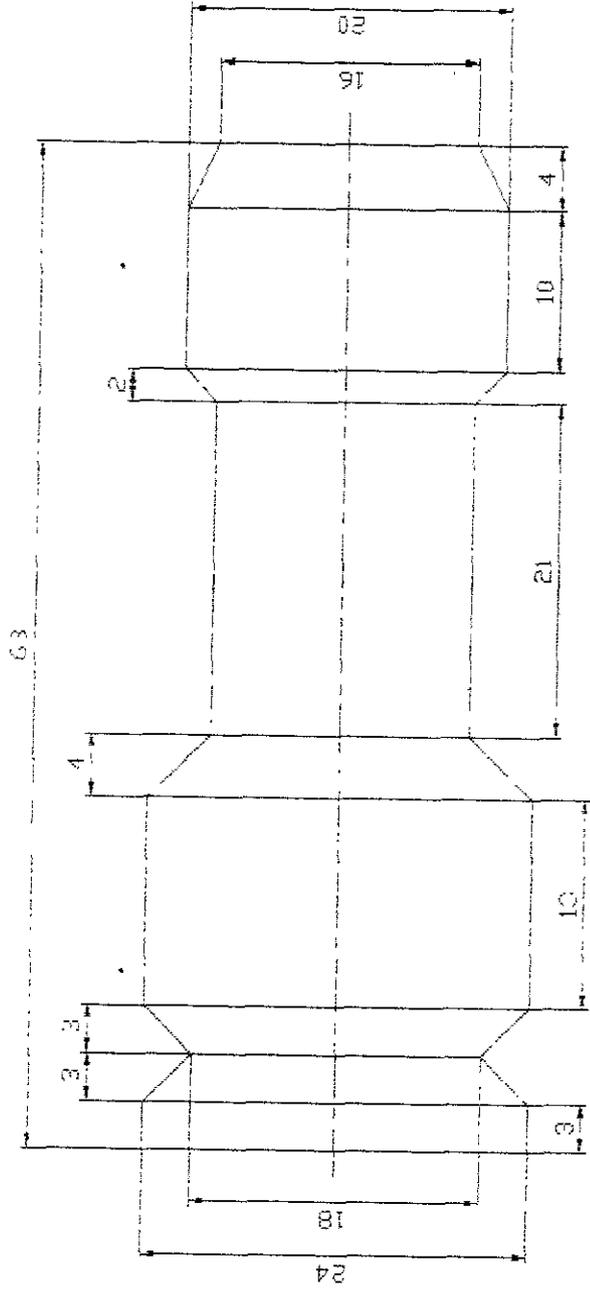
[BILLET X25.4 Z33  
[TOOLDEF T01  
N010 G21  
N020 G28 U0  
N030 G28 W0  
N040 M06 T01  
N050 M03 S1500  
N060 G00 X25.4 Z3  
N070 G71 U0.5 R0.5  
N080 G71 P090 Q190 U0.5 W0.5 F80  
N090 G00 X10 Z3  
N100 G01 Z0 F80  
N110 X14 Z-3  
N120 Z-9  
N130 X10 Z-11  
N140 Z-20  
N150 X20 Z-25  
N160 Z-27  
N170 X18 Z-29  
N180 X20 Z-31  
N190 Z-33  
N200 G70 P090 Q190 F40  
N210 G28 U0  
N220 G28 W0  
N230 M02



ESC. 3:1	FES-CUAUTITLAN	20-05-99	OTAL MORENO RIGOBERTO
ACOT. MM			REVI F.D.C.R.
			No. 32
	MATERIAL: ALUMINIO W		

**ALFIL**

[BILLET X25.4 Z45  
[TOOLDEF T01  
N010 G21  
N020 G28 U0  
N030 G28 W0  
N040 M06 T01  
N050 M03 S1500  
N060 G00 X25.4 Z3  
N070 G71 U0.5 R0.5  
N080 G71 P090 Q220 U0.5 W0.5 F80  
N090 G00 X6 Z3  
N100 G01 Z0 F80  
N110 G03 X10 Z-2 R2 F40  
N120 G01 Z-4 F80  
N130 G02 X14 Z-6 R2 F40  
N140 G01 Z-11 F80  
N150 X10 Z-16  
N160 Z-31  
N170 G02 X18 Z-35 R4 F40  
N180 G01 X20 Z-36 F80  
N190 Z-38.5  
N200 X18 Z-40.5  
N210 X20 Z-42.5  
N220 Z-45  
N230 G70 P090 Q220 F40  
N240 G28 U0  
N250 G28 W0  
N260 M02



ESC 36

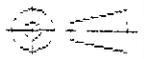
FES-CUAUTITLAN

66-05-99

ITAL NOBENO RIGOBERTO

AC57-104

REVIF DCR

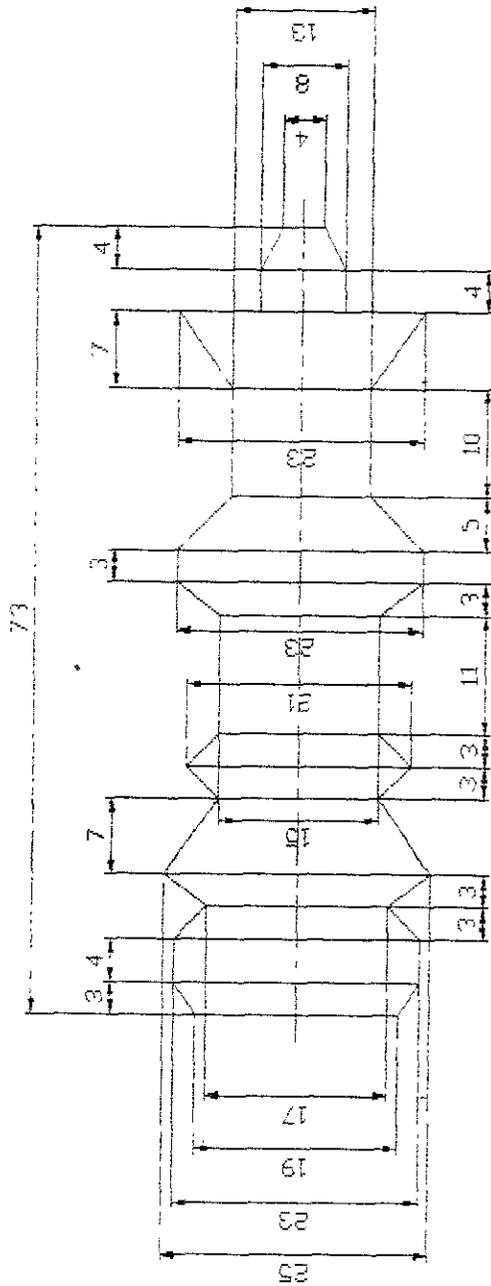


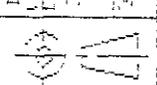
**TORRE**  
MATERIALI ALUMINIO W

No 33

## TORRE

[BILLET X25.4 Z63  
[TOOLDEF T01  
N010 G21  
N020 G28 U0  
N030 G28 W0  
N040 M06 T01  
N050 M03 S1500  
N060 G00 X25.4 Z3  
N070 G71 U0.5 R0.5  
N080 G71 P090 Q190 U0.5 W0.5 F80  
N090 G00 X16 Z3  
N100 G01 Z0 F80  
N110 X20 Z-4  
N120 Z-14  
N130 X16 Z-16  
N140 Z-37  
N150 X24 Z-41  
N160 Z-54  
N170 X18 Z-57  
N180 X24 Z-60  
N190 Z-63  
N200 G70 P090 Q190 F40  
N210 G28 U0  
N220 G28 W0  
N230 M02

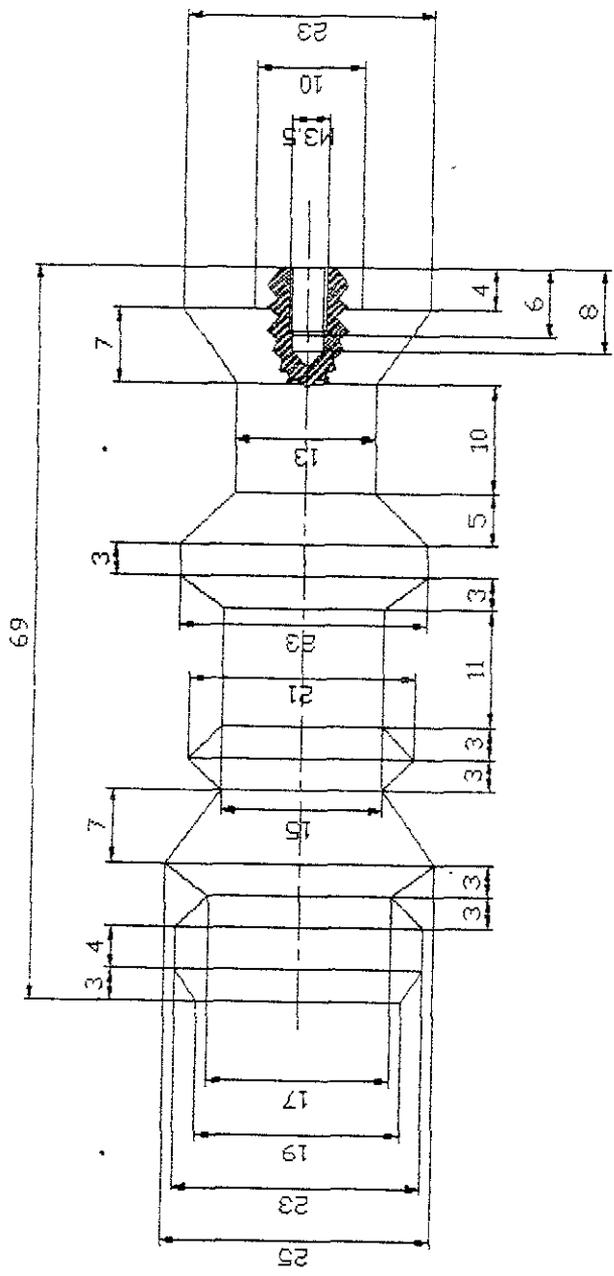


ESC 21	FES-CUAUTITLAN	20-05-99	OTAL MORENO FIGOBERTE
ASET. 4M	 <b>REINA</b> MATERIAL ALUMINIO S de RL		REV. F.D.C.R.
			No. 34

**REINA**

[BILLET X25.4 Z73  
[TOOLDEF T01  
N010 G21  
N020 G28 U0  
N030 G28 W0  
N040 M06 T01  
N050 M03 S0800  
N060 G00 X25.4 Z3  
N070 G71 U0.5 R0.5  
N080 G71 P090 Q260 U0.5 W0.5 F80  
N090 G00 X4 Z3  
N100 G01 Z0 F80  
N110 X8 Z-4  
N120 Z-8  
N130 X23  
N140 X13 Z-15  
N150 Z-25  
N160 X23 Z-30  
N170 Z-33  
N180 X15 Z-36  
N190 Z-47  
N200 X21 Z-50  
N210 X15 Z-53  
N220 X25 Z-60  
N230 X17 Z-63  
N240 X23 Z-66  
N250 Z-70  
N260 X19 Z-73  
N270 G70 P090 Q260 F40  
N280 G28 U0  
N290 G28 W0  
N300 M02

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

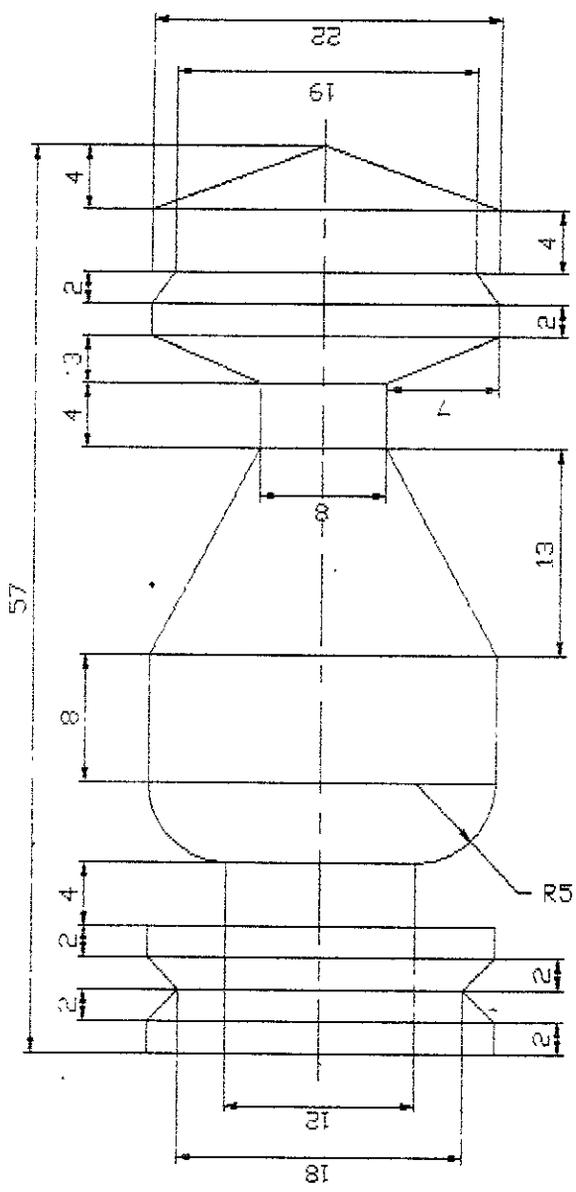


ESC: 2:1	FES-CUAUTILAN	20-05-99	ITAL MORENO RIGOBERTO
ACOT: MM			REV: F.D.C.R.
			No. 35
MATERIAL: ALUMINIO W			

**REY**

[BILLET X25.4 Z69  
[TOOLDEF T01  
[TOOLDEF T02  
[TOOLDEF T04  
N010 G21  
N020 G28 U0  
N030 G28 W0  
N040 M06 T01  
N050 M03 S0800  
N060 G00 X25.4 Z3  
N070 G71 U0.5 R0.5  
N080 G71 P090 Q250 U0.5 W0.5 F80  
N090 G00 X10 Z3  
N100 G01 Z0 F80  
N110 Z-4  
N120 X23  
N130 X13 Z-11  
N140 Z-21  
N150 X23 Z-26  
N160 Z-29  
N170 X15 Z-32  
N180 Z-43  
N190 X21 Z-46  
N200 X15 Z-49  
N210 X25 Z-56  
N220 X17 Z-59  
N230 X23 Z-62  
N240 Z-66  
N250 X19 Z-69  
N260 G70 P090 Q250 F40  
N270 G28 U0 W0  
N280 M06 T02  
N290 M03 S0750  
N300 G00 X0 Z3  
N310 G74 R1.0  
N320 G74 X0 Z-9.5 P2000 Q3000 R0.0 F40  
N330 G00 X0 Z3  
N340 G28 U0 W0  
N350 M06 T04  
N360 M03 S0200  
N370 G00 X2.8 Z3  
N380 G76 P031560 Q100 R0.15

N390 G76 X3.5 Z-6 R0.0 P368 Q150 F0.60  
N400 G00 X2.8 Z3  
N410 G28 U0  
N420 G28 W0  
N430 M02



ESC: 3:1	FES-CUAUTITLAN	27-04-99	OTAL MORENO RIGOBERTO
ACOT: MM			REV: F.D.C.R
			No. 3.6
MATERIAL: ALUMINIO W			

## CABALLO

[BILLET X25.4 Z57  
[TOOLDEF T01  
N010 G21  
N020 G28 U0  
N030 G28 W0  
N040 M06 T01  
N050 M03 S0800  
N060 G00 X25.4 Z3  
N070 G71 U0.5 R0.5  
N080 G71 P090 Q260 U0.5 W0.5 F80  
N090 G00 X0 Z3  
N100 G01 Z0 F80  
N110 X22 Z-4  
N120 Z-8  
N130 X19  
N140 X22 Z-10  
N150 Z-12  
N160 X8 Z-15  
N170 Z-19  
N180 X22 Z-32  
N190 Z-40  
N200 G03 X12 Z-45 R5 F40  
N210 G01 Z-49 F80  
N220 X22  
N230 Z-51  
N240 X18 Z-53  
N250 X22 Z-55  
N260 Z-57  
N270 G70 P090 Q260 F40  
N280 G28 U0  
N290 G28 W0  
N300 M02

## CONCLUSIONES

Antes de emplear una máquina CNC, es necesario conocer su funcionamiento, los pasos que se deben seguir para el maquinado de una pieza, y saber realizar el programa correspondiente; esto es la configuración de los ejes y su identificación, así como los tipos de movimiento que existen, el tipo de sistema con el que se va a trabajar (incremental o absoluto), los códigos que se van a manejar, y los ciclos que se van a ocupar; si es que la máquina soporta ciclos. La utilización de una máquina CNC da como resultado el reducir el porcentaje de piezas defectuosas y reducir el tiempo de inspección; esto debido a que la máquina CNC tiene una gran precisión para maquinar piezas de geometría complicada. La utilización de éstas máquinas, ocasiona que tengan una gran demanda en la industria cuyo capital es muy elevado, ya que el costo de dichas máquinas es relativamente elevado; por lo que las industrias pequeñas tendrán que conformarse por el momento con un torno o una fresadora común y corriente, ya que no tienen el capital suficiente para adquirir varias máquinas CNC; así mismo tendrán la necesidad de capacitar a su personal, para poder hacer uso adecuado de dichas máquinas.

Cabe entonces recalcar la importancia que tiene y tendrá para la pequeña y mediana industria nacional el poder hacer uso de las tecnologías de punta y así poder subsistir en el actual entorno global.

## BIBLIOGRAFIA

- Pollack, Herman W.  
Computer numerical control.  
Editorial: Prentice-Hall.
  
- Geoffrey W. Vickers.  
Numerically controlled machine tools.  
Editorial: Ellis Horwood.
  
- Juan González Nuñez.  
El control numérico y la programación manual de las máquinas herramienta con control numérico.  
Editorial: Bilbao.
  
- Lionel S. Marks.  
Manual del ingeniero mecánico.  
Editorial: McGraw -Hill.
  
- G. E. Thyer.  
Computer Numerical Control, Of Machine Tools.  
Editorial: Butterworth-Heinemann Newnes, segunda edición.

- Steve Krar, Arthur Gill.

CNC Technology And Programming.

Editorial: McGraw-Hill, editado en 1990.

## APENDICE A

### Características geométricas de las roscas métricas

DIAMETRO NOM. en mm	DIAMETRO DEL NUCLEO (X) en mm	PASO (F) en mm	PROF. DE LA ROSCA (P) en mm	DIAMETRO DE LA BROCA
1.6	1.1706	0.35	0.2147	1.25
1.8	1.3706	0.35	0.2147	1.45
2.0	1.5092	0.40	0.2454	1.60
2.2	1.6480	0.45	0.2760	1.75
2.5	1.9480	0.45	0.2760	1.75
3.0	2.3866	0.5	0.3067	2.5
3.5	2.7638	0.6	0.3581	2.9
4.0	3.1412	0.7	0.4294	3.3
4.5	3.5798	0.75	0.4501	3.8
5.0	4.0184	0.8	0.4908	4.2
6.0	4.7732	1	0.6134	5
7.0	5.7732	1	0.6134	6
8.0	6.4664	1.25	0.7668	6.8
10.0	8.1596	1.5	0.9202	8.5
12.0	9.8535	1.75	1.0735	10.2
14.0	11.5462	2	1.2269	12
16	13.5462	2	1.2269	14.0
18	14.9328	2.5	1.5336	15.5
20	16.9328	2.5	1.5336	17.5
22	18.9328	2.5	1.5336	19.5
24	20.3194	3	1.8403	21.0
27	23.3194	3	1.8403	24
30	25.7060	3.5	2.1470	26.6
33	28.7060	3.5	2.1470	29.5
36	31.0924	4.0	2.4538	32.0
39	34.0924	4.0	2.4538	35.0
42	36.4790	4.5	2.7605	37.05
45	39.4790	4.5	2.7605	40.5
48	41.8646	5.0	3.0672	43
50	45.8646	5.0	3.0672	47

## APENDICE B

### Características geométricas de las roscas americanas (UNC y UNF)

DIAMETRO NOM. en plg.	SERIE DE ROSCAS ESTANDAR (UNC Y NC)		SERIE DE ROSCAS FINAS (UNF Y NF)	
	HILOS POR PULGADA	DIA. DE LA BROCA en plg.	HILOS POR PULGADA	DIA. DE LA BROCA en plg.
0.060			80	3/64
1.073	64	No. 53	72	No. 53
2.086	56	No. 50	64	No. 50
3.099	48	No. 47	56	No. 45
4.112	40	No. 43	48	No. 42
5.125	40	No. 38	44	No. 37
6.138	32	No. 36	40	No. 33
8.164	32	No. 29	36	No. 29
10.190	24	No. 25	32	No. 21
12.216	24	No. 16	28	No. 14
1/4	20	No. 7	28	No. 3
5/16	18	F	24	I
3/8	16	5/16	24	Q
7/16	14	U	20	25/64
1/2	13	27/64		
3/4	12		20	29/64
9/16	12	31/64	18	33/64
5/8	11	17/32	18	37/64
3/4	10	21/32	16	11/16
7/8	9	49/64	14	13/16
1	8	7/8	12	29/64
1 1/8	7	63/64	12	1 3/64
1 1/4	7	1 7/64	12	1 11/64
1 3/8	6	1 7/32	12	1 19/64
1 1/2	6	1 11/32	12	1 27/64
1 3/4	5	1 9/16		
2	4 1/2	1 25/32		
2 1/4	4 1/2	2 1/32		
2 1/2	4	2 1/4		
2 3/4	4	2 1/2		
3	4	2 3/4		
3 1/4	4	3		
3 1/2	4	3		
3 3/4	4	3 1/2		
4	4	3 3/4		