

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

EXPERIENCIAS EN TORNO CNC LEADWELL LTC - 10
Y SU PROGRAMACION

TESIS

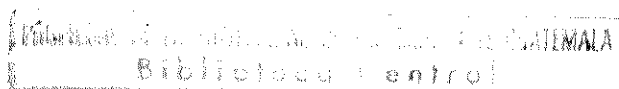
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

GLEN ROBERT JUI BAECHLI

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO

Guatemala, Octubre de 1,995.



08
T(3651)
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**EXPERIENCIAS EN TORNO CNC LEADWELL LTC-10
Y SU PROGRAMACION**

Tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 14 de marzo de 1,995.



GLEN ROBERT JUI BAECHLI

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO
VOCAL 1o.
VOCAL 2o.
VOCAL 3o.
VOCAL 4o.
VOCAL 5o.
SECRETARIO

Ing. Julio Ismael González Podszueck
Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
Br. Fernando Waldemar De León C.
Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO
EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO
EXAMINADOR
EXAMINADOR
EXAMINADOR
SECRETARIO

Ing. Julio Ismael González Podszueck
Ing. Lilian Eugenia López Valenzuela
Ing. Arturo Estrada
Ing. Jorge Chilo Siguere R.
Ing. Francisco Javier González López

GUATEMALA,
25 de Agosto de 1,995.

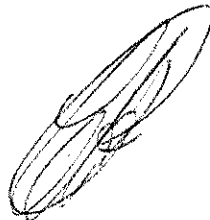
INGENIERO
Jorge Chilo Síguere R.
Coordinador Carrera Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
USAC.

Ingeniero Síguere:

Por medio de la presente le informo que he concluido la revisión del trabajo de tesis titulado "EXPERIENCIAS EN TORNO CNC LEADWELL LTC-10 Y SU PROGRAMACION", que efectuara bajo mi asesoramiento el estudiante GLEN ROBERT JUL BAECHLI, con número de carnet 90-30879.

Considero que dicho trabajo no sólo cumple con los requisitos de una tesis de grado, sino que además constituye un valioso aporte para el desarrollo de la industria en nuestro país. Por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,



CARLOS HUMBERTO PEREZ RODRIGUEZ
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 3,071



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Área Materiales Y Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor, y, habiendo revisado en su totalidad el trabajo titulado Experiencias en Torno CNC Leadwell LTC - 10 y su Programación, del estudiante Glen Robert Jui Baechli, recomienda la autorización.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Arturo Estrada Martínez

Coordinador de Área

Guatemala, septiembre de 1,995.

/bedei.



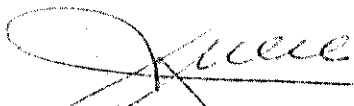
FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Area de Materiales y Complementaria al trabajo de tesis titulado EXPERIENCIAS EN TORNO CNC LEADWELL LTC - 10 Y SU PROGRAMACION, del estudiante GLEN ROBERT JUI BAECHLI, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Jorge C. Siquere Rockstroh

DIRECTOR DE ESCUELA

Guatemala, septiembre de 1,995.

/bedei.





FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela Técnica, Ingeniería en Sistemas, Ingeniería Electrónica y Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos.

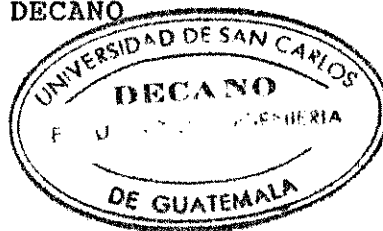
Apartado Postal 217-1-01-907, Guatemala
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ingeniero Jorge C. Siquere Rockstroh, al trabajo de tesis titulado EXPERIENCIAS EN TORNO CNC LEADWELL LTC - 10 Y SU PROGRAMACION, presentado por el estudiante universitario GLEN ROBERT JUI BAECHLI, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE

ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK

DECANO



Guatemala, octubre de 1,995.

/bedei.

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Mi Padre Celestial, por haberme guiado, dándome la perseverancia y el entendimiento necesarios para lograr esta meta.
- A MIS PADRES:** Mario Jui Rivera y Sandra Baechli de Jui.
Por su calidad de padres, amor y apoyo.
Que mi triunfo sea de gran satisfacción por los esfuerzos realizados.
- A MIS HERMANOS:** Jim, Hans, Suan y Hendy.
Con mucho amor.
- A MIS ABUELOS:** Adolfo Baechli Diéguez y en memoria de Rosa Maldonado de Baechli.
Con cariño en su recuerdo.
- A MIS TIOS:** Adolfo, Walter, Edgar y Rosa María.
Por ser tan especiales.
- A MIS AMIGOS:** Samadja Castillo, Edgar Say, Jaime Escobar y Víctor Ramírez.
Por su sincera amistad.
- A USTED:** Como una muestra de amistad.
- A:** Todas las personas que de una u otra manera han colaborado para esta realización.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

AL INGENIERO CARLOS PEREZ: Por su valiosa asesoría y ayuda incondicional.

AL PROFESOR MACO : Marco Tulio Cabrera, instructor del INTECAP, por su colaboración, sin la cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

AL INTECAP: Por la ayuda prestada para la realización de mis estudios.

A LA FAMILIA CHIN DIAZ: Por el cariño brindado.

INDICE GENERAL

DESCRIPCION	PAGINA No.
INDICE DE GRAFICAS	I
INDICE DE TABLAS	III
GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS	IV
INTRODUCCION	V
CAPITULO 1. ANTECEDENTES DEL CONTROL NUMERICO	1
1.1. NECESIDADES QUE DIERON ORIGEN AL CONTROL NUMERICO	1
1.2. INICIO DEL TORNO CON CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO	2
1.3. DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO	4
CAPITULO 2. DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DEL TORNO CON CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO, LEADWELL LTC-10 AP	8
2.1. SISTEMA DE ARRANQUE	9
2.2. PRESIONES EN EL TORNO	9
2.3. GRADUACIONES DE LAS REVOLUCIONES POR MINUTO	9
2.4. INDICADOR DE GRAFICAS	10
2.5. FUNCIONAMIENTO DE LA TORRE PORTAHERRAMIENTAS	11
2.6. AJUSTE DEL MANDRIL	14
2.7. DESCRIPCIONES GENERALES DE LA PANTALLA	14
2.8. TIPOS DE LUBRICANTES UTILIZADOS	21
2.9. TIPOS DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS	21
2.10. DISPOSITIVOS DE EMERGENCIA	23

CAPITULO 3.	PROGRAMACION DEL TORNO CNC LEADWELL LTC-10 AP	24
3.1.	SISTEMAS DE COORDENADAS	29
3.2.	DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS	29
3.3.	COMANDOS UTILIZADOS PARA EL MANEJO DEL PROGRAMA	31
3.4.	COMANDOS PARA PROGRAMAR Y DESCRIPCION DE SU USO	33
3.5.	EJEMPLOS	37
3.6.	ORDEN PARA PROGRAMAR	41
3.7.	SIMULACION DEL PROGRAMA	42
CAPITULO 4.	COMPARACION DEL PROCESO MANUAL vs CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO	45
4.1.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS MAQUINAS CNC vs LAS MANUALES	45
4.2.	COMPARACION DE TIEMPOS DE TRABAJO EN TORNOS MECA- NICOS Y CON CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO	46
4.3.	PROGRAMAS ELABORADOS PARA PIEZAS MECANICAS TRABA- JADAS EN EL TORNO LEADWELL LTC-10 AP	51
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	58
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
	BIBLIOGRAFIA	60

INDICE DE GRAFICAS

FIGURA No.	DESCRIPCION	PAGINA No.
1	CINTA MAGNETICA	4
2	CINTAS PERFORADAS	5
3	DISCO/DISQUETE	6
4	DISCO DURO	6
5	TAMBOR MAGNETICO	7
6	RODAMIENTO DE MOVIMIENTO LINEAL	8
7	GRAFICA CON SEÑALIZACION DE LOS EIES "X" Y "Z"	10
8	TORRE PORTAHERRAMIENTAS	12
9	ESQUEMA DE TRABAJO DE LA TORRE PORTAHERRAMIENTAS	13
10	VISTA FRONTAL DE UN MANDRIL UNIVERSAL	14
11	PANTALLA DE CONTROL NUMERICO DEL TORNO	15
12	TECLADO DE CONTROL NUMERICO DEL TORNO	16
13	DIFERENTES TIPOS DE HERRAMIENTAS DE CORTE UTILIZADAS EN TORNO CNC	23
14	ESTRUCTURACION DE UN BLOQUE	25
15	TRAYECTORIA SEGUIDA POR UNA MAQUINA CN DEL TIPO PUNTO A PUNTO	27
16	REPRESENTACION DE LA TRAYECTORIA SEGUIDA POR UNA FRESADORA CON CN PARAXIAL	28

17	TRAYECTORIA DEL CORTADOR PARA PROGRAMACION CONTINUA	28
18	DIRECCION Y SENTIDO DE LOS EJES DE TRABAJO DEL TORNO CNC	29
19	REPRESENTACION DE PUNTOS EN EL ESPACIO Y SUS COORDENADAS, ASI COMO LA TRAYECTORIA A SEGUIR DE LA HERRAMIENTA DE CORTE ENTRE DOS PUNTOS	30
20	PUNTOS DE UNA PIEZA DE REVOLUCION	31
21	CICLO DE TRABAJO DEL COMANDO G90	36
22	PIEZA CON RADIO, CILINDRADA Y REFRENTADA	37
23	PIEZA CONICA CON TALADRADO INTERIOR	40
24	PANTALLA DEL SIMULADOR EN EL TORNO LEADWELL LTC-10 AP	44
25	COMPARACION TIPICA DEL COSTO DEL CN CON OTROS METODOS	47
26	PIEZA DE ILUSTRACION PARA OBTENCION DE TIEMPOS COMPARATIVOS	48

INDICE DE TABLAS

TABLA No.	DESCRIPCION	PAGINA No.
1	TIPOS DE LUBRICANTES UTILIZADOS EN EL TORNO LEADWELL LTC-10 AP	22
2	PARAMETROS COMPARATIVOS EN TIEMPO	51

GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS

AUTOMATICO:	provisto de un organismo que, obrando por sí mismo, ejecuta o regula una acción determinada en un punto predefinido de una operación.
CN:	control numérico.
CNC:	control numérico computarizado.
°C:	grados centígrados.
COMPENSACION DE MEDIDA:	cantidad de medida excedente o faltante en las medidas originales para que la pieza que se trabaja quede con las dimensiones requeridas.
COORDENADAS:	ejes perpendiculares entre sí (que se definen generalmente con las letras X, Y ó Z) utilizados para definir un punto en el espacio en términos matemáticos desde cualquier otro punto.
CPU:	unidad central de proceso (Central Process Unit).
HOME:	punto de inicio del movimiento de la torreta de la máquina.
MAQUINAS-HERRAMIENTA:	todas aquellas máquinas que para realizar un trabajo necesitan de una herramienta de corte.
m/min:	metros por minuto.
mm:	milímetros.
mm/min:	milímetros por minuto.
psi:	libras por pulgada cuadrada (pounds square inch)
PUESTA A PUNTO:	colocación en la máquina herramienta de los valores de las coordenadas de la pieza que se trabaja,
rpm:	revoluciones por minuto.

INTRODUCCION

La industria moderna ha sido forzada a adaptarse a los cambios drásticos que infliere la Globalización y para ello se ha tenido que actualizar en sus medios productivos; como parte fundamental, aparecen las máquinas herramienta con control numérico computarizado (CNC).

Hoy en día, el control numérico computarizado no es una alta tecnología a nivel mundial, pues ya en los países industrializados se habla de cibernética, a la cual pertenece la robótica. En Guatemala, esta tecnología recién se comienza a introducir y hasta en cierto punto se considera de vital importancia, ya que la industria metal mecánica ve a estas máquinas como un buen recurso para incrementar su productividad y ponerla en una buena situación en el mercado regional.

El incremento de la productividad se alcanza al combinar sistemas computarizados con el diseño de las máquinas herramienta, y lograr menor desperdicio de tiempo, material y recurso humano, así también se eleva la precisión en las medidas y aumenta la complejidad en las formas de las piezas.

El siguiente trabajo de tesis tiene el objetivo de dotar a estudiantes, técnicos, ingenieros y a toda persona involucrada en el área metal mecánica, con los conocimientos básicos que conllevan a la toma de decisiones para la selección entre una máquina convencional y una máquina con CNC, a través del análisis de ventajas y desventajas respectivas, así también sus eficiencias y costos, de acuerdo a la producción.

La tesis introduce al lector en la tecnología del control numérico computarizado y para ello se expone un ejemplo ilustrativo que es el torno para metales LEADWELL LTC-10 AP, y además se desarrolla un trabajo comparativo con un torno convencional, para observar en una mejor forma los parámetros de trabajo de ambos casos.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES DEL CONTROL NUMERICO

1.1. NECESIDADES QUE DIERON ORIGEN AL CONTROL NUMERICO.

Antes de enumerar las necesidades que le dieron origen, definiremos qué es y sobre qué trata el control numérico.

Un sistema de control numérico (CN) es aquel conjunto de operaciones, en el cual las instrucciones para realizar un trabajo se dan a una máquina como números y se llevan a cabo en forma automática y precisa.

El sistema se programa fácilmente para cualquier tarea dentro de su alcance. Al ejecutarse un trabajo, pueden introducirse programas nuevos para la realización de otros trabajos y así sucesivamente. Debido a lo anterior, al control numérico se le llama PROGRAMACION VARIABLE.

En sí, es un sistema que aplicado a las máquinas herramienta, automatiza y controla todas las acciones de las máquinas. En general, en el caso del torno se puede controlar lo siguiente:

- a) Los movimientos de los carros o del cabezal fijo.
- b) El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte.
- c) Cambios de la pieza y de herramientas.
- d) Conducciones de funcionamiento de la máquina, en cuanto a su modo de trabajar (con o sin refrigerante, frenos) o en cuanto a su estado de funcionamiento (deficiencias o averías).

Y, sobre el programa tiene:

- 1. Control de flujos de información.
- 2. Control de sintaxis de programación.
- 3. Diagnóstico de su funcionamiento.

Toda la información necesaria para la ejecución de una pieza constituye el programa que es escrito en un lenguaje especial (códigos) por medio de caracteres alfanuméricos sobre un soporte físico. Aunque el control numérico se ha orientado fundamentalmente hacia máquinas herramienta (máquinas que trabajan por arranque de viruta), su utilización no queda restringida a estas aplicaciones.

Otras aplicaciones del control numérico a diversos tipos de máquinas son: taladradoras, fresadoras, tornos, rectificadoras, punzonadoras, máquinas de electroerosión, máquinas de soldar, dobladoras, plegadoras, máquinas de dibujar, robots, etc.

El control numérico es la base del control numérico computarizado (CNC). El CNC permite que una máquina pueda realizar diversidad de procesos diferentes y no sólo un proceso específico como sucedía con los controles antiguos.

El CNC cuenta con una unidad central de procesos (CPU) que realiza los procesos aritméticos y lógicos, y puede realizar las funciones requeridas del control. Cuenta con una memoria que almacena el programa ejecutivo (software) que dirige la unidad central de procesos para llevar a cabo las funciones de control.

El CNC nació con la finalidad de satisfacer cada necesidad en la forma más eficiente y económica; dentro de estas necesidades tenemos:

1. Mayor precisión de proceso y mejor calidad.
2. Reducción del porcentaje de piezas defectuosas.
3. Elaborar con facilidad productos de conformidad complicada.
4. Reducir los tiempos de ciclos operacionales.
5. Satisfacer trabajos de urgencia.

1.2. INICIO DEL TORNO CON CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO.

El CNC principió con una entrada perforada en cinta, y se llamó CONTROL CON CINTA, tal es el caso de instrumentos musicales, como el violín y el piano, que fue desarrollado previamente al CN de máquinas herramienta. Ambos instrumentos se controlan neumáticamente utilizando una cinta de papel; el violín requería una señal de control continua y el piano usaba una señal discreta, aunque las máquinas de CN permiten arrancar y parar posiciones sucesivas o continuas de la mesa y herramientas, avances y velocidades de corte, el principio es similar.

Las tarjetas y cintas perforadas se han aplicado para dirigir máquinas por más de 150 años, en instrumentos musicales y en telares Jacquard en las máquinas para cortar tela.

Uno de los más notables impulsos al CN fue dado por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos de América, durante la segunda guerra mundial, ya que carecían de un método o máquina eficaz para elaborar levas con alta calidad.

El Departamento de Ingeniería decidió sustituir las máquinas copiadoras por máquinas que utilizaran coordenadas. La primera máquina CN moderna, que es una máquina fresadora, se desarrolló y exhibió en 1,953 en el Massachusetts Institute of Technology. En el corto período que ha transcurrido desde entonces, las máquinas herramienta CN han llegado a constituir una porción apreciable de todas las máquinas herramienta hechas y vendidas en el mundo.

A continuación, se exponen algunos hechos relevantes en la evolución del control numérico:

- 1,725 - 1,863: máquinas de coser construidas en Inglaterra, utilizada en tejidos Jacquard, controladas por tarjetas perforadas.
- 1,863 - 1,870: construcción del M Forneaux, que fue el primer piano que tocó automáticamente, y que forzó aire a través de rollos perforados de papel.
- 1,870 - 1,890: introducción de una variedad de herramientas para el maquinado de metales, donde se utilizó el sistema norteamericano de manufactura de partes intercambiables. Comienzo de la producción a gran escala.
- 1,890 - 1,940: introducción de los controles hidráulicos, neumáticos y electrónicos, que aumenta el interés en el maquinado automático.
- 1,940 - 1,945: comienzo de la investigación, el desarrollo y experimentos de producción a gran escala con control numérico.
- 1,945 - 1,957: comenzaron a aparecer las herramientas automatizadas en las plantas de producción para la Fuerza Aérea de los Estados Unidos de América. Hay concentración en la investigación y el desarrollo del control numérico.
- 1,957 - 1,960: se perfeccionaron las aplicaciones a la producción de una gama más grande de procedimientos de maquinado de metales, debido a la creación de varios sistemas nuevos de control numérico. Se hallaron aplicaciones a actividades diferentes al maquinado de metales.
- 1,960 - 1,994: se utilizan sistemas computarizados de control numérico, así como documentos computarizados de planeación gráficos.

Se han desarrollado procedimientos computarizados de trazo de curvas de nivel por control numérico a un bajo costo, y se han establecido centros de maquinado para utilización general.

1.3. DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO.

Los dispositivos de almacenamiento son equipos en el cual puede darse entrada a datos y conservarlos para una recuperación posterior; los que utilizan los sistemas CNC son: discos duros, disquete, cintas perforadas, tarjetas perforadas, cintas magnéticas, tarjetas magnéticas y tambores magnéticos; a continuación, se presentan algunas características de los dispositivos de almacenamiento.

CINTA MAGNETICA:

Material semejante a un listón que se emplea como medio auxiliar de almacenamiento para guardar datos en una posición secuencial a lo largo. Cinta de poliéster recubierta con un material de óxido de hierro (o un material que pueda polarizarse magnéticamente). La cinta se enrolla en carretes o se empaca en cartuchos o en cassettes para insertarse en grabadoras/reproductoras de cintas.

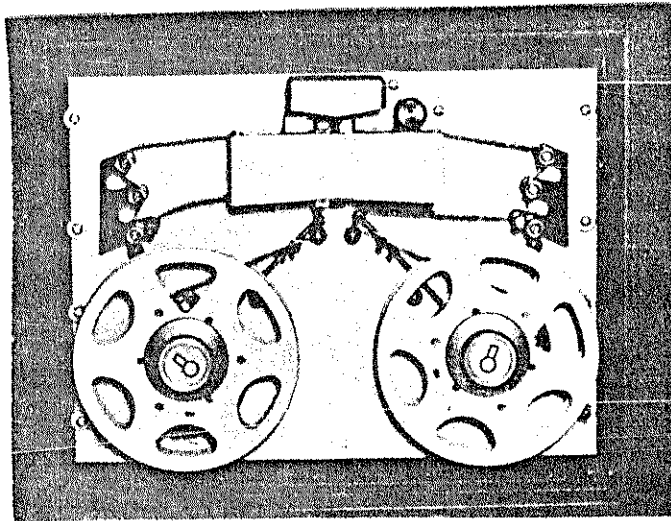
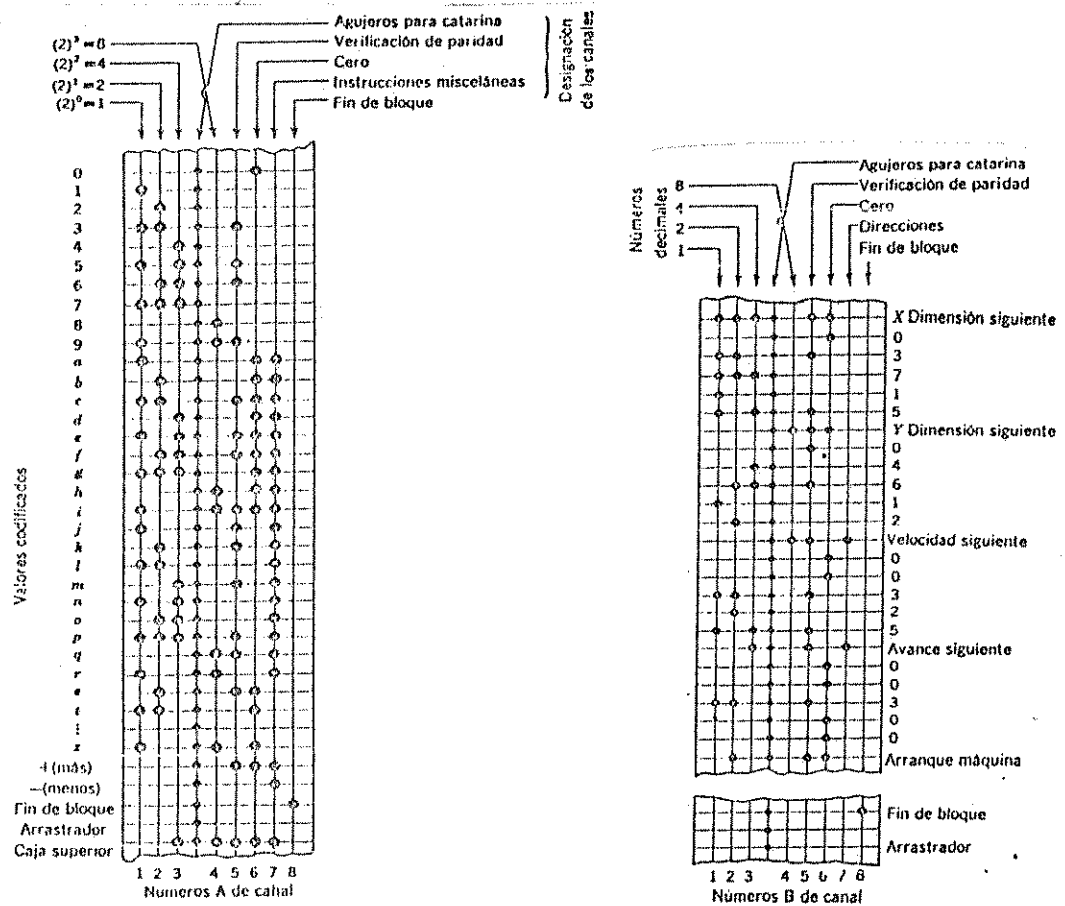


Figura 1. Cinta magnética.

CINTAS PERFORADAS:

Método casi obsoleto de almacenar programas y datos, los cuales están representados por perforaciones en cinta de papel o vinil. La cinta tiene 25.4 milímetros de ancho y 8 canales. Los agujeros se perforan en diferentes canales en patrones codificados que entiende el operador.



A: Cinta con código binario decimal, vista posterior.

B: Programa BCD.

Figura 2. Cintas perforadas.

DISCO/DISQUETE:

Placa circular plana con una superficie magnética, en la cual pueden almacenarse datos mediante la magnetización selectiva de puntos sobre la superficie de Mylar. El disco al girar permite que los datos binarios se almacenen como puntos polarizados y magnéticamente arreglados, en círculos concéntricos denominados pistas, y contener así las órdenes de operación para la máquina.

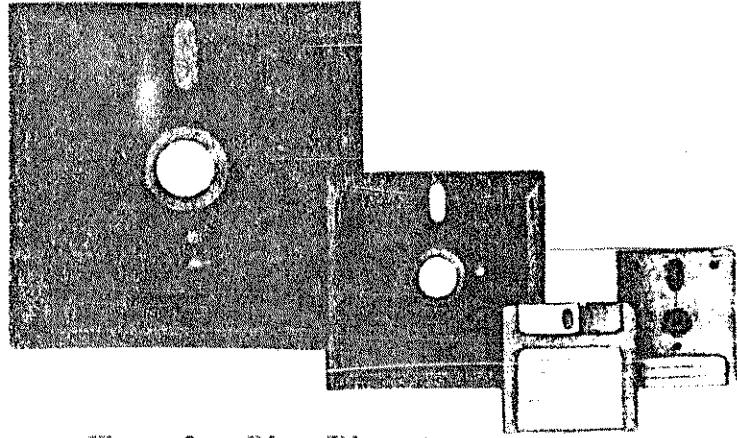


Figura 3. Disco/Disquete.

DISCO DURO:

Medio de almacenamiento masivo en disco que utiliza un disco de material rígido sobre el cual está depositado el medio magnético que almacena los datos. Este dispositivo de almacenamiento está clasificado como propio de la máquina, ya que por lo general el disco no es removible y está sellado herméticamente. Los sistemas de disco duro permiten acceso más veloz y pueden almacenar muchos más datos que los discos flexibles.

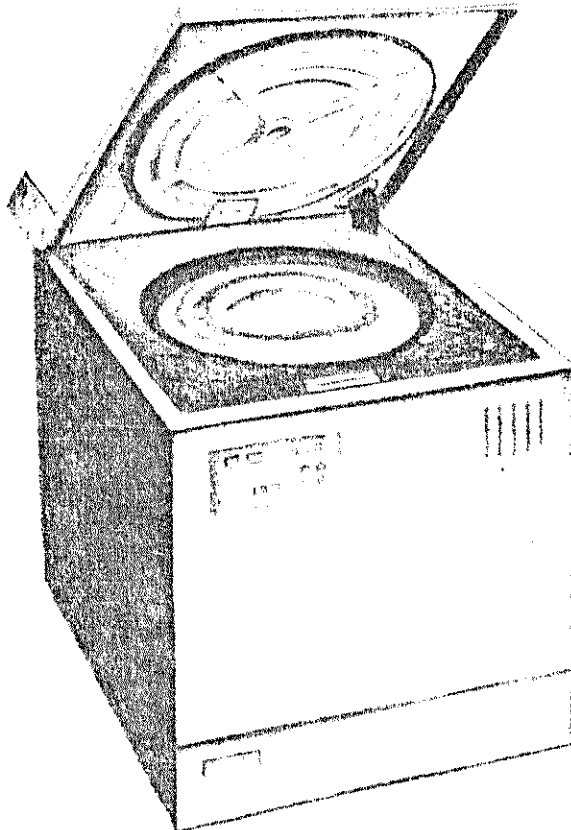


Figura 4. Disco duro.

TAMBOR MAGNETICO:

Tambor cubierto con material magnético que gira con alta velocidad; sobre la superficie del tambor, se posicionan fijamente cierto número de cabezas magnéticas de lectura y escritura, las cuales registran y obtienen la información en el tambor.

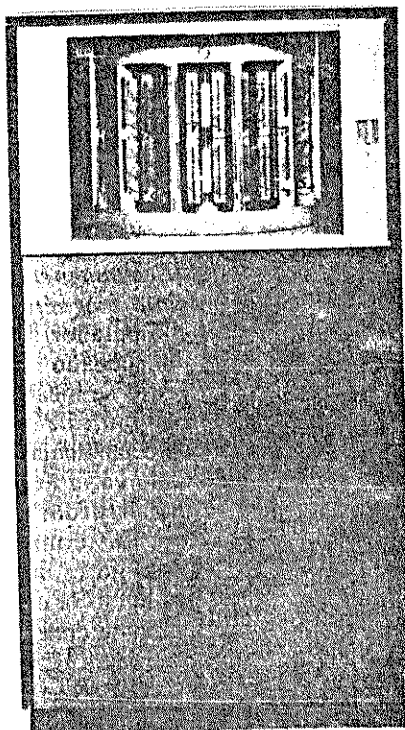


Figura 5. Tambor magnético.

TARJETA MAGNETICA:

Tarjeta plástica que puede insertarse en una calculadora programable o computadora de mano para darle datos o instrucciones. Los programas y datos almacenados en tarjetas magnéticas permiten a la calculadora o computadora realizar varias tareas.

CAPITULO 2.

DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DEL TORNO CON CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO, LEADWELL LTC-10 AP.

El torno CNC es una máquina rígida, sin juegos, exacta y capaz de seguir con fidelidad las medidas establecidas.

El sistema de impulsión es rígido para minimizar las vueltas de más y favorecer la estabilidad del impulsor subordinado. Posee baja inercia para una respuesta rápida al seguir las señales cambiantes de comando. Las fuerzas de fricción son bajas y uniformes para permitir estabilidad, respuesta rápida y exactitud de posicionamiento.

Este torno como cualquier máquina CNC, está diseñada para períodos largos de producción continua. Para lograr las características anteriores y combatir el desgaste a que se somete, se utilizan los rodamientos de movimiento lineal, los cuales permiten un ajuste preciso, bajo desgaste y movimiento casi sin rozamiento.

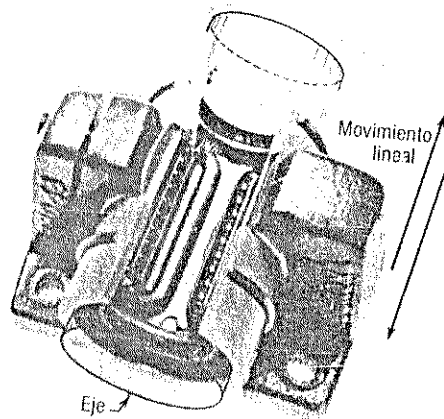


Figura 6. Rodamiento de movimiento lineal.

En general, este torno ofrece optimización programada de las velocidades de corte y avance, selección de la herramienta y arranque de viruta constante. Posee una torreta de sección circular con una cantidad de herramientas montadas sobre la misma. Debido a la gran cantidad de viruta cortada, debe controlarse y retirarse ésta por medio de transportadores.

Es necesaria la verificación y corrección de los programas que van a introducirse, especialmente cuando va a trabajarse con materiales caros, herramientas y piezas preprocesadas; es conveniente que el programa sea revisado por una segunda persona.

2.1. SISTEMA DE ARRANQUE.

Trabaja con una caja de contactores (donde ingresa la alimentación), la cual tiene que accionarse para luego conectar la llave de alimentación propia de la máquina; los botones de reajuste se conectan, así como la tecla para abrir el sistema, que hace que la máquina empiece a funcionar (activando también la computadora del sistema).

Cuando la llave de alimentación es conectada, se activa el paso de corriente a la máquina, permitiendo el accionamiento de las presiones de aceite.

2.2. PRESIONES EN EL TORNO.

Las presiones que requiere el TORNO LEADWELL LTC-10 AP son de tipo hidráulico. La presión general es regulable e indica la presión en todos los mandos hidráulicos de la máquina. La lectura óptima de la presión general es de 30 libras por pulgada cuadrada.

Otra presión que se debe considerar es la presión que se lleva a cabo en el mandril del torno, debido que no puede ser tan alta que cause marcas o hendiduras a la pieza en trabajo, o tan baja que la pieza en proceso quede floja y corra el riesgo de desprenderse debido a cualquier fuerza de corte realizada por la herramienta, y causar de esta manera algún accidente. La presión recomendada en el mandril es de aproximadamente 18 libras por pulgada cuadrada.

Una presión con igual importancia a la anterior, es la que debe aplicarse en el contrapunto; debido a que no debe ser tan elevada que cause fricción, o tan baja que permita el juego entre la pieza y él, y evitar de esta manera el deterioro del mismo contrapunto o la ruptura de herramientas. La presión en el contrapunto debe de oscilar en las 20 libras por pulgada cuadrada.

2.3. GRADUACIONES DE LAS REVOLUCIONES POR MINUTO.

Las graduaciones de revoluciones por minuto pueden realizarse de 2 maneras:

1. Por un comando, seguido de la letra S (XXXXX), poniendo dentro del paréntesis la velocidad deseada.
2. Se pueden regular manualmente por medio de una perilla.

Las revoluciones pueden trabajarse a velocidad constante como en el caso del taladrado y roscado, o a velocidad regulable cuando se trabaja en cilindrado y refrentado.

El número de revoluciones va a depender del tamaño del diámetro de la pieza (coordenada X), como del material de la misma, y las máximas rpm a desarrollar son las que se indican con la letra "S". En la siguiente tabla, se enumeran los diámetros y sus respectivas rpm, graduados automáticamente por el torno, para un material de diámetro inicial de 50 milímetros que debe rebajarse a 22 milímetros.

DIAMETRO (X) (milímetros)	rpm
50.0	825
48.0	860
35.8	890
34.8	915
33.8	942
32.8	971
30.8	1,036
28.8	1,107
25.8	1,236
24.0	1,285
22.0	1,398

2.4. INDICADOR DE GRAFICAS.

El programa CN se corre en una computadora con un graficador, que trabaja en dos dimensiones. Aun así, una gráfica ordinaria revela solo errores serios y puede dar alguna indicación de las posibilidades de condiciones, pero no prueba que se mantienen también pequeñas tolerancias. Las especificaciones del trabajo, las monturas, y las herramientas cortantes junto con el programa se alimentan como información.

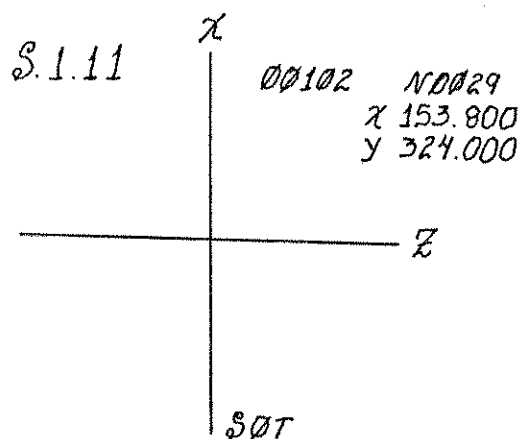


Figura 7. Gráfica con señalización de los ejes "X" y "Z".

El indicador de gráficas es utilizado para observar la trayectoria de la herramienta en corte, y puede trabajarse simultáneamente con el programa oprimiendo la tecla auxiliar de gráficas; también permite la localización del centro de la gráfica, así como tomar escalas de trabajo. La gráfica señala el eje "X" y el eje "Z". La letra "S" significa la escala a que se está generando la gráfica.

- 00102: es el número de programa.
- N0029: es el número de secuencia del programa.
- "X" y "Z": son las coordenadas en las que en ese momento está trabajando la máquina.
- "S": en la parte inferior de la pantalla, indica la velocidad a la que trabaja el torno; que puede ser en metros por minuto, milímetros por minuto o en revoluciones por minuto.
- "OT": en la posición de las siglas "OT", indica el número de herramienta que se está utilizando.

2.5. FUNCIONAMIENTO DE LA TORRE PORTAHERRAMIENTAS.

Con una torre portaherramientas controlada numéricamente, el torno puede realizar una gran variedad de trabajos de maquinado. El cambio de herramienta puede ser una operación de dos pasos con el tambor montado lateralmente a la máquina.

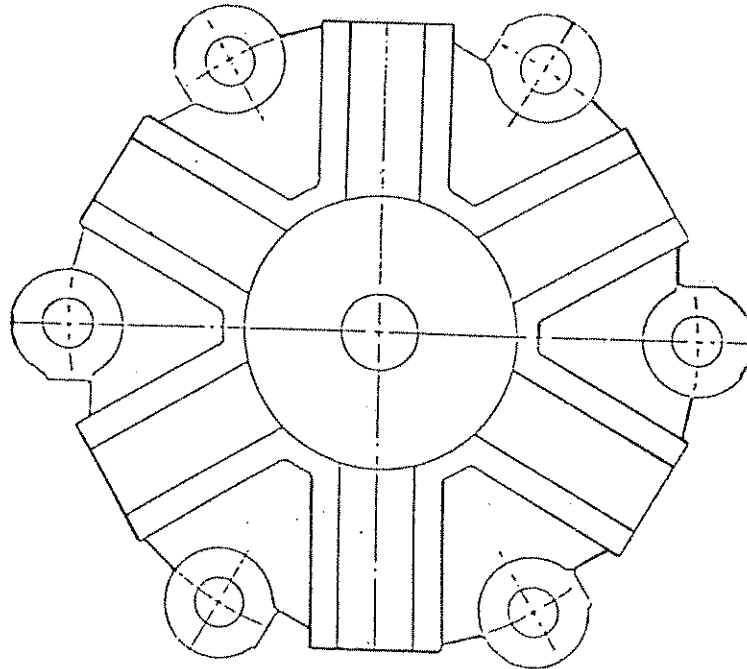
La torreta es el plato en que están instaladas las herramientas de corte, que en este caso son 12. Las herramientas son intercambiables y la torreta tiene adicionado el sistema de enfriamiento para el corte.

La torreta puede ser operada manual o automáticamente; para manejarla manualmente, se debe oprimir primero la tecla MPG, y luego con la manecilla darle los avances en el eje "Z" o en el eje "X", y se utiliza este sistema para el cambio o puesta a punto de la herramienta. La torreta es la que transmite todos los movimientos escritos en el programa para la herramienta de corte. Los útiles se seleccionan manualmente por medio de una perilla.

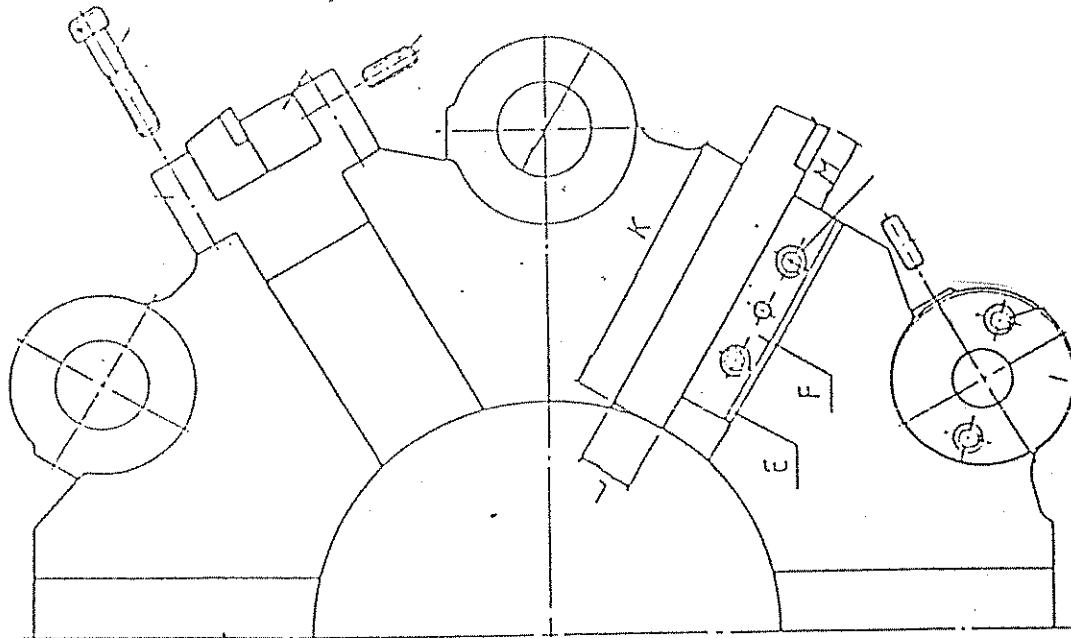
La torreta es manufacturada generalmente por fundición, y se opera automáticamente de acuerdo con la guía del programa.

El desplazamiento de la torreta en el eje "Z" es aproximadamente 40 cm y 7 cm de desplazamiento en línea en el eje "X". Los movimientos son realizados con base en tornillos de olas con servomotor.

Las herramientas se sujetan por medio de una claveta y un tornillo. Los largos de los portaherramientas son definidos, debido a que la torreta posee una gufa que los hace topar, con el objetivo que todos tengan la misma medida.

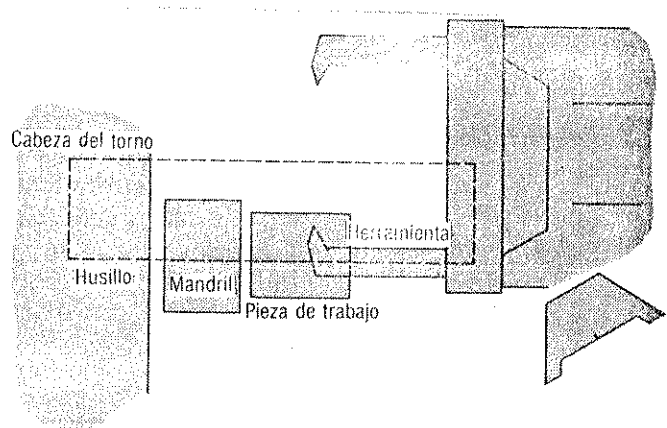


A: vista frontal de una torre portaherramientas.

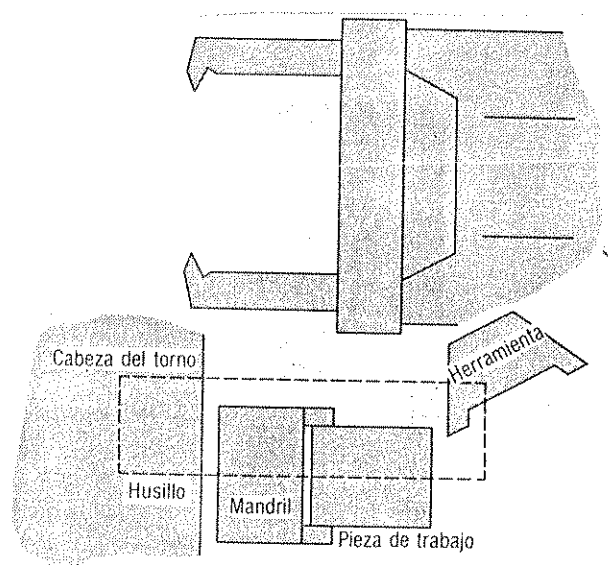


B: sujeción de los útiles de corte en la torre portaherramientas.

Figura 8. Torre portaherramientas.



A: torneado interior.



B: torneado exterior.

Figura 9. Esquemas de trabajo de la torre portaherramientas.

2.6. AJUSTE DEL MANDRIL.

El mandril posee dos clases de mordazas ajustables a los diámetros, las cuales son las mordazas duras y las mordazas blandas. Las mordazas duras tienen medidas prefijadas para un determinado grupo de diámetros, y las blandas se pueden ajustar a los diámetros de algunos materiales rebajándolas como un cilindrado interior.

El portamordazas, con un estriado que posee el mandril, le permite el ajuste de las mordazas con apriete por medio de un tornillo. Cada juego de mordazas consta de 3 piezas.

El objetivo del torneado de mordazas es ajustarlo al diámetro del material que se va a trabajar, buscando que los círculos de éstas, como de la pieza en trabajo, queden lo más paralelo posible.

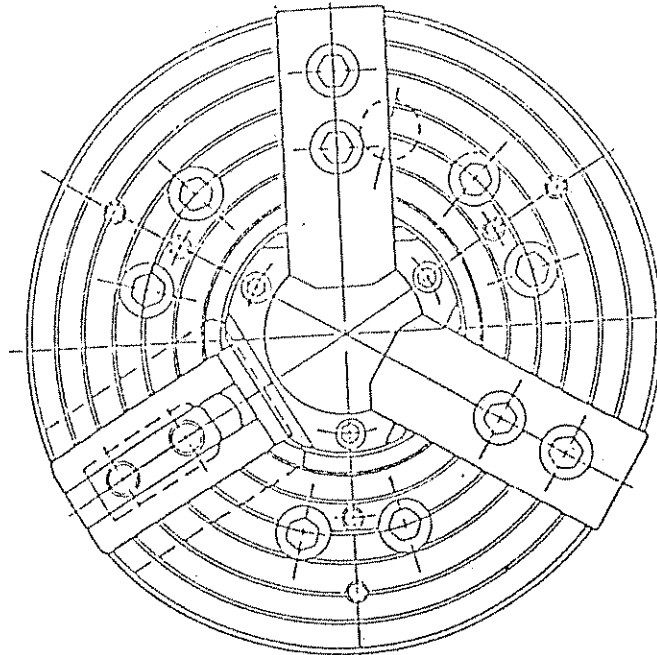


Figura 10. Vista frontal de un mandril universal.

2.7. DESCRIPCIONES GENERALES DE LA PANTALLA.

La pantalla y su respectivo teclado del torno LEADWELL LTC-10 AP se ilustran en la figura 11 y 12. Por medio del teclado, se pueden conseguir diferentes pantallas. La tecla de edición consigue las pantallas de edición de programas, así como la pantalla de la lista de programas.

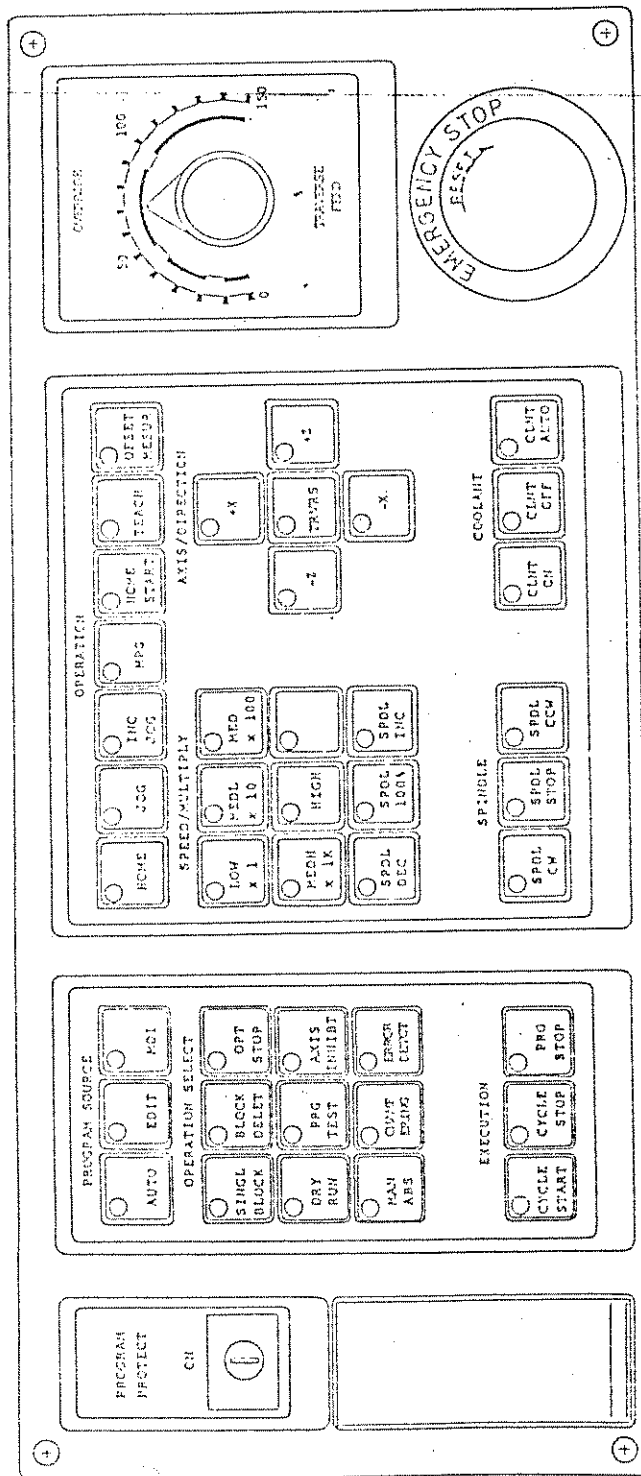


Figura 12. Teclado del Control Numérico del Torno.

A continuación, se ilustra el formato de la pantalla para programar el número de piezas que se va a trabajar:

```
Conversational Programming

***Program menu***

(REST No. OF PROGRAM 10 PCS)

(REST No. OF PROCESS 24 PCS)

PROGRAM No. = XXXX --> SFTKY
```

En donde 24 es el número de piezas que se van a hacer; 10 son las piezas realizadas en ese momento y en el lugar de "XXXX" va el número de programa.

La tecla MDI proporciona la pantalla con los indicativos de los comandos. La tecla AUTO es utilizada para verificar el programa cuando está corriendo, y también implementa las gráficas de trabajo. Seguidamente se proporciona el formato de la pantalla, obtenida por la tecla AUTO, que informa los datos acerca de la gráfica y de la pieza de trabajo.

```
WORKLENGHT      W = 75000
WORKDIAMETER    D =

PROGRAM STOP     N = 0
AUTO ERASE       A = 0
LIMIT            L = 0
                  X = 17739
GRAPHIC CENTER   Z = -22837
SCALE            S = 1.11
GRAPHIC MODE     M = 0
```

Las letras W y D indican las dimensiones del material trabajado; X y Z dan a conocer el centro de la gráfica; S da la escala del dibujo que sale en la pantalla en relación con las medidas originales.

DESCRIPCION DEL TABLERO DEL PROGRAMA.

- La tecla POS indica la posición de los ejes, ya sea en el momento de reposo o trabajo de la máquina. También indica los valores de las coordenadas en los sistemas absoluto y relativo.
- La tecla PRGRM llama el programa a la pantalla, cuando éste está cargado en la memoria.
- La tecla MENU OFFSET da el menú de los datos de la máquina (condiciones generales del mandril, roscado, lista de herramientas, ramurado, taladrado, rosca de tubo, rugosidades de las superficies, posición de la herramienta), así como la pantalla de las coordenadas de trabajo en un instante determinado.
- MENU OFFSET WEAR permite hacer las compensaciones respectivas, o sea sumar o restar cantidades a las medidas originales para que la pieza en trabajo quede con las dimensiones requeridas.
- MENU OFFSET W. SHFT da a conocer la posición relativa de los ejes.
- DGNO/PARAM utilizada para ingresar datos a los diferentes parámetros como diagnósticos y poder visualizar los distintos contenidos.
- OPR-ALARM únicamente muestra los mensajes de alarmas dados.
- AUX-GRAPH permite ver las gráficas del recorrido de la herramienta cuando se simula un programa o se ejecuta el trabajo de éste.
- El operador de pantalla del torno es un sistema sencillo y fácil de manejar. En el operador, hay teclas que poseen dos caracteres o más, en el cual un caracter se obtiene por una pulsación de la tecla respectiva; el otro caracter por una segunda pulsación y así sucesivamente; el primer caracter que aparece es seleccionado por el torno de acuerdo con la secuencia lógica que debería llevar el programa.
- La tecla del cursor sirven para moverlo a la izquierda o a la derecha saltando de palabra en palabra. Las teclas indicadas con PAGE muestran en la pantalla, página por página, y el programa en proceso.
- Las teclas del panel de control, que se muestran en la figura 12, se dividen en teclas de operación y de programación.

TECLADO DE PROGRAMACION:

- a. **EDIT:** se utiliza para introducir los programas o para observar o buscar los números de los programas ingresados que se guardan en la memoria de la máquina y llamar el programa deseado. Con la tecla EDIT en combinación con la llave protectora de memoria (que se puede observar en la figura 12) en posición abierta, se pueden modificar o corregir los programas ya ingresados.
- b. **AUTO:** permite ejecutar la fabricación de una pieza en forma automática, siempre con la guía del programa conseguido con EDIT, a la vez que proporciona la pantalla de simulación del corte automático de la pieza en proceso. Otra aplicación es que permite observar en pantalla las posiciones de los ejes "X" y "Z" en coordenadas absolutas, así como la distancia recorrida por la herramienta desde el punto de inicio de la máquina.
- c. **MDI:** con la tecla MDI se pueden configurar los datos que permiten el funcionamiento completo de la máquina. Esto se consigue por medio de distintas pantallas, ya sea pantalla de diagnósticos o pantalla de parámetros. En lo que respecta a la pantalla de parámetros, se incluyen datos que permiten ejecutar las diferentes funciones de la máquina, como son: velocidad, revoluciones por minuto, avance de la herramienta, sistema de funcionamiento (Sistemas Métrico o Inglés), velocidad de trabajo de la torreta, presión hidráulica de la máquina, etc.
- d. **SINGLE BLOCK:** al estar activada esta tecla, se consigue que la máquina trabaje el programa bloque por bloque, y únicamente se ejecutará la operación cuando se presiona la tecla **CICLE START**. Cuando la tecla está desactivada, los bloques del programa trabajan sin interrupción. Esto permite observar el desplazamiento de las herramientas de corte cuando el programa es nuevo, y evitar de esta forma cualquier percance en el proceso de trabajo.
- e. **BLOCK DELET:** sirve para borrar o saltarse bloques. Cuando el bloque empieza con la diagonal inversa y esta tecla está activada, se ignora la lectura del bloque no ejecutándolo y saltando al siguiente bloque. Si la tecla está desactivada, aunque el bloque posea la diagonal, siempre será leído.
- f. **OPT STOP:** elimina la función del comando M01, o sea las paradas opcionales, cuando está activada.
- g. **DRY RUN:** cuando se activa esta tecla, la operación de corte se realiza en seco. Si está desactivada, trabaja el refrigerante.
- h. **PRG TEST:** muestra las condiciones de trabajo en que se realizará el programa.
- i. **AXIS INHIBT:** suprime el movimiento de los ejes.

- j. MAN ABS - CHAMFERING: teclas de muy poca utilización, casi ignoradas en el manejo de la máquina, debido a que su funcionamiento es confuso. Es la función de la primera tecla, activar el mando absoluto en la máquina.
- k. ERROR DETECT: detecta los errores que existen en el programa. Generalmente su función es sustituida por una alarma.

TECLAS DE EJECUCION:

- CYCLE START: únicamente se utiliza cuando la máquina está en modo AUTO. Al oprimirla, da inicio al ciclo de fabricación de una pieza conforme el programa.
- CYCLE STOP: detiene el ciclo de trabajo.
- PRG STOP: detiene el programa, y mantiene las herramientas en el mismo lugar donde se suspendió el trabajo.

TECLAS DE OPERACION:

- HOME: se utiliza para trabajar los ejes manualmente en el modo MDI, para que lleve a la herramienta al punto de inicio de la máquina (home). Se utiliza conjuntamente con el botón HOME START para que dé inicio el traslado de herramienta a HOME.
- JOG: nos permite elegir varias pantallas como la pantalla de parámetros y diagnósticos, pantalla de posición de la herramienta en valor absoluto e incremental. Permite abrir o cerrar el ingreso a los datos, así como visualizarlos y cambiarlos.
- INC JOG: incremento del avance. Se trabaja conjuntamente con las teclas de velocidad de movimiento o de los ejes de la máquina.
- MPG: es un generador del pulso manual, gradúa manualmente el desplazamiento de la herramienta en los ejes. También se utiliza para trabajar y activar manualmente el giro del husillo.
- HOME START: se utiliza para enviar los ejes automáticamente a HOME.
- LOW*1, MEDL*10, MED*100: teclas que gradúan el avance de la herramienta cuando ésta se mueve manualmente.
- MEDH*1K, HIGH: velocidad del movimiento cuando los ejes van hacia HOME.
- SPDL DEC: para que decrezca la velocidad de rotación que se programó en el husillo.

- SPDL 100%: la velocidad del husillo se mantiene en 100% en relación con la programada.
- SPDL INC: para incrementar la velocidad de rotación del husillo, en comparación con la programada.
- SPDL CW-CCW: cambia el movimiento del husillo a favor o en contra de las agujas del reloj.
- CLNT ON: activa el refrigerante manualmente.
- CLNT OFF: desactiva el refrigerante.
- CLNT AUTO: el refrigerante fluye automáticamente.
- +X o -X: se activan de acuerdo con la dirección deseada en el eje X para que se desplace la herramienta.
- +Z o -Z: se activan de acuerdo con la dirección deseada en el eje Z para que se desplace la herramienta.
- TRVRS: ejecuta el movimiento de ejes muy rápidamente; se debe utilizar cuando se posea una gran habilidad para manejar la máquina.
- PERILLA DE AVANCE LATERAL: permite modificar el avance lateral programado. Las modificaciones van desde 0% hasta 150%. Se escoge el avance lateral de acuerdo con las características de la pieza en proceso y sobre todo a la capacidad de la máquina.
- PROGRAM PROTECT: posee una llave para abrir o cerrar el acceso a los programas y poder modificarlos o hacer correcciones.

2.8. TIPOS DE LUBRICANTES UTILIZADOS.

En la tabla 1 de la siguiente página, se presentan los lubricantes utilizados en cada sistema del TORNO CNC LEADWELL LTC-10 AP.

2.9. TIPOS DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS.

Un centro de maquinado representa gran inversión y debe trabajarse en forma continua y eficiente para que rinda utilidades; cada herramienta de corte está preparada para un diámetro y profundidad en un portaherramienta de cambio rápido, de modo que cuando se

coloque la pieza, corte las dimensiones programadas sin ningún ajuste en la máquina.

Hoy en día las herramientas más utilizadas en las máquinas CNC son aleaciones de grafito, y han tomado gran impulso las herramientas elaboradas a base de grafito monolítico, debido a su gran estabilidad térmica (3,000°C).

BRAND OIL ITEM SPE	MOBIL	SHELL	ESSO
LUBRICATOR OF PNEUMATIC	DTE OIL LIGHT	TURBO OIL T 32	1. TERESSO 32 2. NUTO H32
AUTO LUBRICATOR SYSTEM	VACTRA No. 2	TONNA OIL T 68	FEBIS K68
SPINDLE OIL COOLER SYSTEM	DTE OIL LIGHT	TURBO OIL T 32	1. TERESSO 32 2. NUTO H32
HYDRAULIC SYSTEM	DTE 24	TELLUS OIL 37	1. UNIVIS N32 2. NUTO H32
GEAR OF ROTARY TABLE	MOBIL G 29	OMALA OIL 150	SPARTAN EP 150

Tabla 1. Tipos de lubricantes utilizados en el TORNO LEADWEL LTC-10 AP.

Control numérico "punto a punto":

Se caracteriza por su uso en máquinas punzonadoras, de soldadura por puntos o taladradoras. Esta instrucción permite al árbol principal o a la pieza localizarse en una posición relativa específica, y la herramienta opera ya sea por mando de la cinta o manualmente. Mientras se mueve entre posiciones coordenadas, la herramienta no debe tocar la pieza.

La trayectoria seguida para pasar de un punto no tiene importancia, pues las funciones de posicionamiento y de mecanizado son distintas, debido a que la máquina puede desplazarse primero en un eje y después en el otro, o puede desplazarse en los dos ejes simultáneamente; la figura 15 muestra distintas trayectorias.

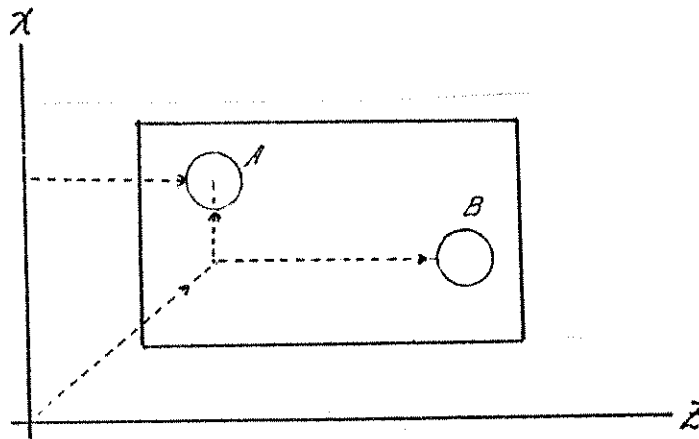


Figura 15. Trayectoria seguida por una máquina con CN del tipo punto a punto.

Control numérico paraxial:

Con este sistema es posible controlar, además de la posición del elemento desplazable, la trayectoria seguida por el mismo, según la dirección de los ejes de coordenadas.

Una aplicación corriente de este tipo de sistema se halla en la taladradora-fresadora. En cualquier caso, el fresado sólo puede realizarse en trayectorias rectilíneas. Por ejemplo: para fresar, nos posicionamos en el punto 1 y luego podemos ir fresando en todo el borde controlando el movimiento de toda la fresa, como se indica en la figura 16.

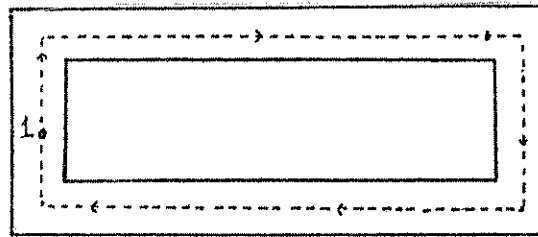


Figura 16. Representación de la trayectoria seguida por una fresadora con CN paraxial.

Control numérico continuo:

La herramienta de corte toda la piza cuando tiene lugar un movimiento coordinado. Las órdenes de desplazamiento son comunicadas al elemento desplazable bajo forma de componentes de un vector que permite alcanzar un punto próximo. La curva elemental descrita por este segmento será entonces un segmento de recta.

Cuando se requiera de un contorneado cualquiera, se descompondrá en segmentos elementales llamados incrementos. La descomposición de la curva en segmentos se llama interpolación. Se usan tres métodos de interpolación para conectar puntos coordenados definidos:

- Lineal.
- Circular.
- Parabólico.

En interpolación lineal la forma del maquinado es el resultado de una serie de pasos de maquinado en línea recta programados en cantidad suficiente para lograr una comparación aceptable entre los contornos del dibujo y la forma terminada. Entre las aplicaciones de este tipo están: fresadoras, tornos, máquinas de electroerosión, oxicorte, mesa de dibujo, etc.

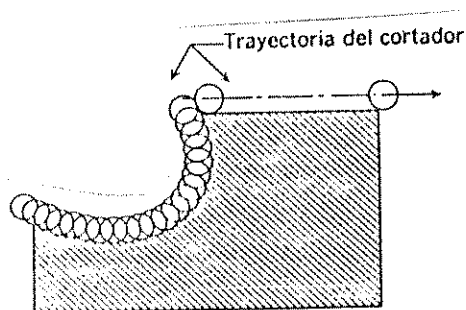


Figura 17. Trayectoria del cortador para programación continua.

3.1. SISTEMAS DE COORDENADAS.

El CN utiliza coordenadas rectangulares o cartesianas para definir un punto en el espacio en términos matemáticos desde cualquier otro punto a lo largo de ejes perpendiculares entre sí.

El propósito de la identificación de ejes de la máquina herramienta y del dimensionado para CN, es que el programador después que estudia el dibujo de la pieza de trabajo y determina la dirección y distancia que debe recorrer la herramienta de corte, dirija el movimiento de la máquina a lo largo de estas trayectorias, definiendo las direcciones de recorrido de los diferentes componentes de la máquina e indicando las instrucciones numéricas apropiadas.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE COORDENADAS.

La localización de los ejes, como el sentido positivo o negativo de éstos, dependen del tipo de torno. En el TORNO LEADWELL LTC-10 AP, los ejes utilizados, "X" y "Z", así como sus sentidos se ilustran en la siguiente gráfica, en donde el eje "Z" es paralelo al eje de rotación mecánica; la dirección es positiva del cero de coordenadas hacia la dirección del contador, o sea a la derecha. El eje "X" es positivo del punto de cero de coordenadas hacia arriba.

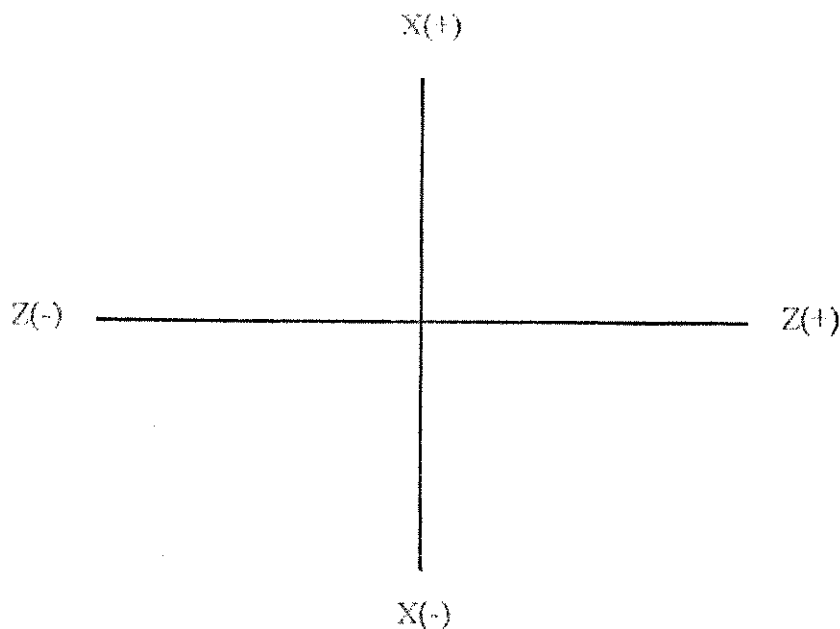


Figura 18. Dirección y sentido de los ejes de trabajo del torno CNC.

Como las piezas terminadas en el torno son cilíndricas, las medidas interiores y exteriores se dan en diámetros; esto implica que el valor de la coordenada del eje "X" del torno CNC debe entregar los mandos en diámetros y la máquina interpreta los radios, y permite que el movimiento físico del cortador sea la mitad del movimiento de mando. Lo anterior es más fácil de comprender prestando atención a la figura 19. Para el orden de nuestra programación, se dará primero el mando en el eje "X" y luego en el eje "Z".

Si se quiere mover la herramienta sobre los dos ejes, "X" y "Z", se programa al mismo tiempo, y la máquina seguirá la trayectoria más corta entre ambos puntos, como se ilustra en la figura 19, entre los puntos P1-P2 y P2-P3.

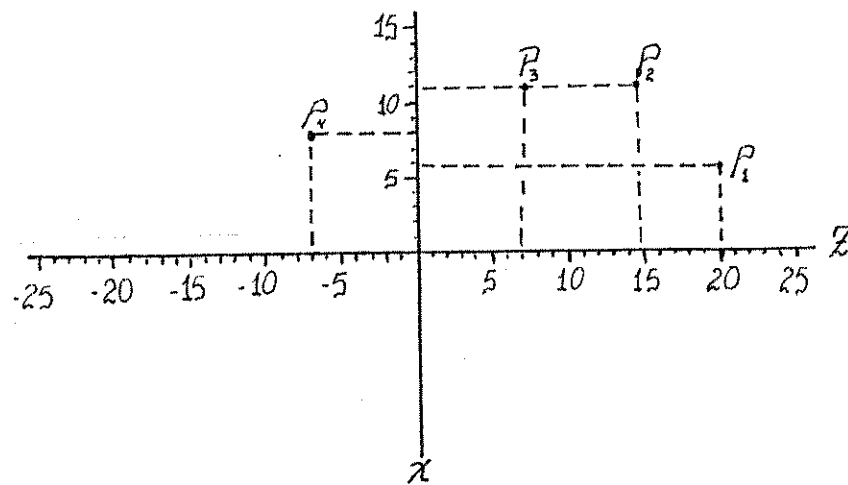


Figura 19. Representación de puntos en el espacio y sus coordenadas, así como la trayectoria que va a seguir la herramienta de corte entre dos puntos.

PUNTO	COORDENADAS	
	"X"	"Z"
P1	X12.0	Z20.0
P2	X22.0	Z15.0
P3	X22.0	Z07.0
P4	X16.0	Z-8.0

Cuando el número de las coordenadas no va antecedido por signo alguno, se debe asumir que es positivo.

Existen dos tipos de programación en los tornos CNC: la programación con valor absoluto y la programación con valor incremental, aunque el torno en estudio utiliza la programación con valor absoluto; realizaremos una pequeña descripción de ambos sistemas de programación.

Programación de valor absoluto:

Se aplica cuando se establecen las coordenadas de un punto con relación al punto de origen de coordenadas.

Programación de valor incremental:

Se aplica cuando se establecen las coordenadas de un punto, por acumulación sobre las del punto anterior. En este sistema se utilizan las letras "U" y "W" en sustitución de las letras "X" y "Z" respectivamente.

Por ejemplo: hallar los puntos de programación, en valor absoluto y valor incremental, para hacer el recorrido de P1 a P4.

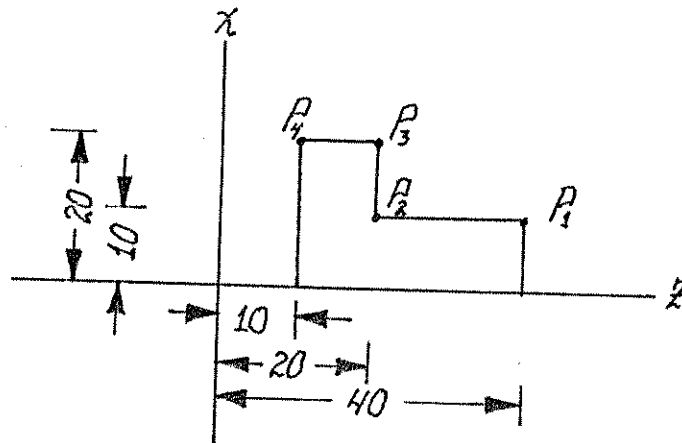


Figura 20. Puntos de una pieza de revolución.

VALOR ABSOLUTO

PUNTO 1. X20.0 Z40.0
PUNTO 2. X40.0 Z20.0
PUNTO 3. X20.0 Z20.0
PUNTO 4. X20.0 Z10.0

VALOR INCREMENTAL

PUNTO 1. U0.0 W0.0
PUNTO 1-PUNTO 2. U20.0 W-20.0
PUNTO 2-PUNTO 3. U-20.0 W0.0
PUNTO 3-PUNTO 4. U0.0 W-10.0

3.3. COMANDOS UTILIZADOS PARA EL MANEJO DEL PROGRAMA.

Los comandos y funciones de mayor importancia en el manejo del programa de simulación son detallados a continuación. Al ejecutar un comando o función, aparece la indicación en una línea verde, que aparece en la parte inferior de la pantalla.

- F9: Amplía el área de texto en una línea.
- Ctrl-Fx: Amplía el área de texto proporcionalmente al número de líneas que corresponda a "X". Por ejemplo, Ctrl-F5 amplía en 5 líneas el área de trabajo.
- F2: Permite grabar el programa; el formato es: SAVE DRIVE: NOMBRE DEL PROGRAMA.NC.
- E: Llama el programa a trabajar. El formato es: E DRIVE: NOMBRE DEL PROGRAMA.NC.
- F4: Permite salir del programa.
- Ctrl-home: Sitúa el cursor al principio del archivo.
- Ctrl-end: Sitúa el cursor al final del archivo.
- Ctrl-PgUp: Sitúa el cursor al principio de la pantalla.
- Ctrl-PgDown: Sitúa el cursor al final de la pantalla.
- Ctrl- <--: Mueve 40 caracteres a la izquierda.
- Ctrl- -->: Mueve 40 caracteres a la derecha.
- Alt- +: El cursor se sitúa en el primer carácter de la siguiente palabra.
- Alt- -: El cursor se sitúa en el primer carácter de la palabra anterior.
- TAB: El cursor se mueve 8 caracteres.
- F6: Se eliminan todos los caracteres desde la posición del cursor hasta el final de la línea.
- F5: Se elimina toda la línea donde se sitúa el cursor, y el cursor se sitúa en la primera posición de la línea borrada.
- Shift-F4: Recupera los caracteres borrados después de oprimir F5 ó F6.
- Movimientos de Líneas: escoger la línea que se va a mover y oprimir las teclas Alt-L; seguidamente situar el cursor en el punto donde se desee colocar la línea y oprimir las teclas Alt-M.

Movimientos de bloques:

- a) Situar el cursor al principio del bloque y oprimir las teclas Alt-L, luego colocar el cursor al final del bloque y hacer la misma operación.
- b) Luego posicionar el cursor donde se quiere trasladar dicho bloque y oprimir las teclas Alt-U.

Copiar texto: repetir la operación de movimientos de bloques del inciso a). En el inciso b) de la misma operación, sustituir Alt-U por Alt-Z.

Borrar un bloque de texto:

- a) Marcar el bloque con Alt-B.
- b) Oprimir Alt-D.

División de la pantalla:

- a) Ctrl-S: se divide en dos la pantalla.
- b) Ctrl-S dos veces: la pantalla se divide en cuatro partes.
- c) Ctrl-S tres veces: la pantalla vuelve a dividirse en dos partes.
- d) Ctrl-S cuatro veces: regresa la pantalla a su estado normal.
- e) Ctrl-Z: hace que la pantalla dividida, regrese a su estado normal, no importando el número de divisiones que posea.

Impresión:

- a) Para imprimir un documento se oprime F7.
- b) Para realizar un salto de página en la impresión, se coloca el cursor en la línea deseada y se oprime Alt-N.

3.4. COMANDOS PARA PROGRAMAR Y DESCRIPCION DE SU USO.

O: La letra "O" va acompañada del número del programa, ejemplo: O1235. El número del programa nos sirve para identificar el programa o para llamarlo posteriormente. La máquina acepta números desde 0001 hasta 9999.

N: va acompañada del número de secuencia que puede oscilar entre 0001 y 9999, ejemplo: N0125. El número de secuencia sirve para hacer la búsqueda de un bloque importante, puede ir escrito de cinco en cinco o de diez en diez, aunque puede omitirse, ya que la computadora ejecuta sólo el bloque y no el número de secuencia.

X,Z,U,W: indica el mando del movimiento de dirección sobre el eje de coordenadas.

F: avance de la herramienta de corte, por ejemplo, F200 significa que la herramienta avanza 200 milímetros por minuto (independientemente de la velocidad de rotación). También puede escribirse el avance relacionado con la velocidad de rotación, por ejemplo, F0.3 indica que existe 0.3 milímetros de avance por cada revolución.

S: indica la velocidad de rotación del husillo principal en rpm.

T: se acompaña del número de herramienta que se va a utilizar. Va desde T01 hasta la capacidad de herramientas que puede soportar la torreta. Por ejemplo: T0404, donde el primer 04 indica que se está trabajando con la herramienta No.4 y el segundo 04 es el número de compensación (lo que le falta a la pieza para que quede exacta en la medida deseada).

/: se le antecede a un bloque del programa cuando se quiere que éste no sea leído por la máquina.

- El Comando "M": es un mando auxiliar de dos dígitos consecutivos ya asignados, el cual actúa según los números de que sea precedido. Ejemplos:

M00: parada del programa.

M01: parada selectiva del programa (cuando se cambia herramienta de corte).

M02: fin del programa.

M03: rotación en contra de las agujas del reloj del eje principal.

M04: rotación a favor de las agujas del reloj, en este caso, rotación negativa del eje principal.

M05: parada del eje principal.

M06: intercambio de la herramienta de corte.

- M07: inicio del roceador refrigerante No.1, o bien, aceite.
- M08: inicio del roceador refrigerante No.2, o bien, taladrina.
- M09: parada del roceador refrigerante.
- M30: fin de programa y reposición de la memoria de la máquina.
- M40: velocidad neutra del husillo principal (no se mueve).
- M41: velocidad baja del husillo principal (entre 10 y 820 rpm).
- M42: velocidad alta del husillo principal (entre 30 hasta 2,500 rpm).
- M98: llamado al programa auxiliar.

NOTA: los comandos M03 y M04 se ponen junta con la letra "S", por ejemplo S500 M03*, ó S500 M04*.

El Comando "G": es un mando auxiliar de dos dígitos consecutivos ya asignados, el cual actúa según los números de que sea precedido. Ejemplos:

- G00: posicionamiento rápido de la herramienta de corte. Generalmente mueve la herramienta de su posición actual a la próxima posición en forma rápida en cualquier eje coordenado "X" o "Z", o simultáneamente, con el propósito de ahorrar tiempo en el movimiento cuando la herramienta de corte no está funcionando.
- G01: interpolación lineal (siempre que hay desplazamiento de corte). Su formato es el siguiente: G01 X__ Z__ F__*. Donde, en X y Z van las coordenadas de los respectivos ejes y F es la velocidad de avance.
- G02: interpolación circular en dirección de las agujas del reloj.
- G03: interpolación circular contraria al movimiento de las agujas del reloj.
- G04: tiempo de pausa.
- G10: puesta de compensación.
- G20: puesta de unidades en el sistema inglés (pulgada).
- G21: puesta de unidades en el sistema internacional (milímetros).

- G27: verificación del retorno al punto de referencia.
- G28: vuelta automática al punto de referencia. Su forma de mando es: G28 U0 W0.* Donde, U y W es el valor incremental de las coordenadas, sustituyendo U el valor de X, y W el valor de Z.
- G32: corte de roscado.
- G40: eliminación de compensación del radio "r" de la punta de la herramienta.
- G41: compensación izquierda del radio "r" de la punta de la herramienta.
- G42: compensación derecha del radio "r" de la punta de la herramienta.
- G50: puesta del sistema de coordenadas.
- G70: ciclo automático para afinado.
- G71: ciclo compuesto automático para desbaste.
- G75: ciclo compuesto automático para ramrado.
- G76: ciclo automático para roscar, con penetración oblicua.
- G90: ciclo fijo para desbastar. Su forma de mando es G90 X__ Z__ F__*
La ejecución del trabajo, para cilindros se indica en la figura siguiente:

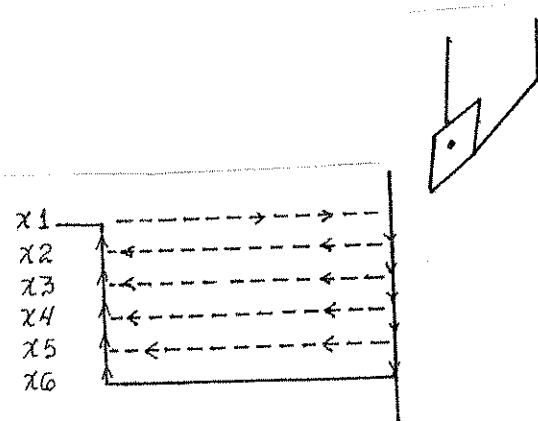


Figura 21. Ciclo de trabajo del comando G90.

También se puede utilizar este comando G90 para conos, siendo su formato el siguiente: G90 X__ Z__ I__ F__*. Donde $I=(D1-D2)/2+X$; D1 y D2 son los diámetros mayor y menor del cono respectivamente.

G92: corte de ciclo fijo para roscar.

G96 S160: rotación del husillo principal con velocidad de corte de 160 mm/min.

G97 S1200: rotación del husillo principal en mm/min. Generalmente se utilizan en roscas.

3.5. EJEMPLOS.

En estos ejemplos, se hará solamente el mando directo del comando, para que se pueda comprender de manera clara y fácil los programas que se exponen en la sección 4.3.

Debe de aclararse que al hacer un programa de desbaste se deja la pieza sobre medida, con una medida máxima de 1 mm en diámetro, y se da la medida exacta en el programa de afinado. El punto cero de coordenadas se toma en el lado derecho de la pieza.

EJEMPLO No. 1:

Hacer el programa de desbaste con ciclo fijo para la pieza:

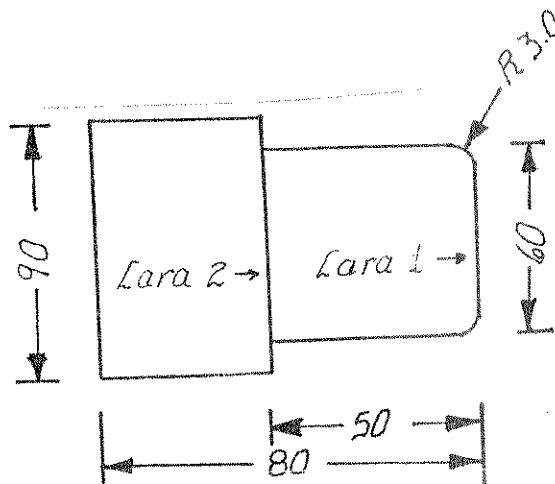


Figura 22. Pieza con radio, cilindrada y refrentada.

Para Desbaste:

encabezado --> ver la sección 3.6

G00	X92.0	Z0.1	*	->	posición rápida del herramienta de corte en las coordenadas indicadas.
G01	X0.0	F0.2	*	->	la herramienta corta hacia X0.0, refrenta la pieza, que deja una tolerancia de 0.1 (valor de Z).
G01	Z1.0			->	retira la herramienta 1 mm de la cara refrentada (cara 1) de la pieza.
G00	X91.0	Z1.0		->	traslado de la herramienta de corte.
G90	X90.0	Z-49.9	F0.2	->	se realiza el ciclo de G90 saliendo de X91.0 y Z0.1, llegando el corte con un largo de Z49.9.
X88.0					la herramienta corta a 88 mm de diámetro.
X86.0					la herramienta corta a 86 mm de diámetro.
X84.0					la herramienta corta a 84 mm de diámetro.
X82.0					la herramienta corta a 82 mm de diámetro.
X80.4					la herramienta corta a 80.4 mm de ancho, y deja una tolerancia de 0.4 mm para el afinado.
G28	U0.0	W0.0		->	la herramienta se vá a "HOME"

Para Afinado:

G00	X81.0	Z0.0			
G01	X0.0			->	refrentado en la cara 1.
G01	X74.0			->	se eleva a X74.0 que es donde empieza el radio ($80 - 3 * 2 = 74$)

G03	X80.0	Z-3	F0.2	->	realiza el radio; como es en favor de las agujas del reloj, se usa el comando G03. Las coordenadas dadas en X y Z, es el punto donde finaliza el radio.
G01	Z-50.0			->	cilindrado de donde terminó el radio hasta tocar la cara 2.
X90.0				->	refrentado de la cara 2.
Z-80.0				->	cilindrado en la sección de la pieza correspondiente al diámetro de 90 mm.
X91.0				->	antes de regresar la herramienta a HOME, se desplaza la herramienta de corte fuera de cualquier punto de contacto con el material en trabajo, para evitar cualquier tipo de accidente.

G28 U0.0 W0.0

Cuando falta alguna coordenada o un comando, el programa interpreta el valor de la coordenada o comando anterior. Por ejemplo: en el último comando G01, cuando aparece X90.0 el programa interpreta G01 X90.0 Z-50.0 y en el bloque en que aparece Z-80.0, el programa interpreta G01 X90.0 Z-80.0.

Todas las coordenadas deben de llevar el punto decimal, de lo contrario, creará error en la lectura del programa.

Debe de recordarse que las coordenadas en X se dan en función del diámetro y no del radio.

EJEMPLO No. 2:

Realizar el taladrado y el cono de la siguiente figura. Se dejan 5 mm en el eje Z, para que al entrar en contacto la herramienta de corte con la pieza de trabajo no deje gradas y nos proporcione mejores dimensiones.

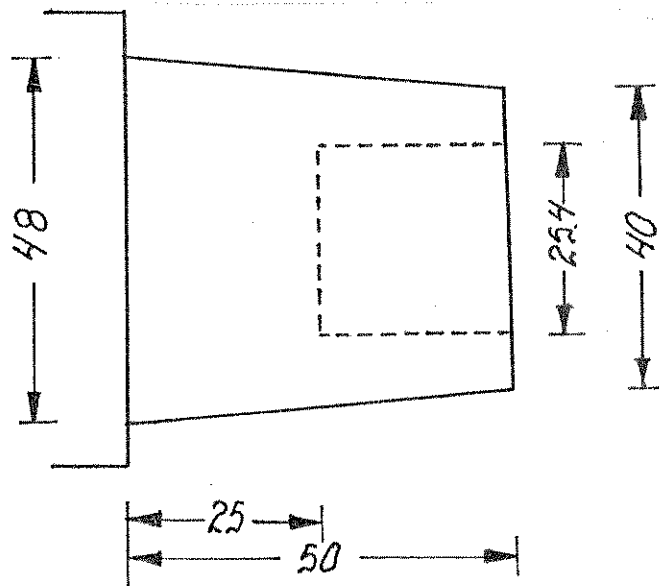


Figura 23. Pieza cónica con taladrado interior.

$$\text{tg} = 4/50 = 0.08.$$

$$\text{tg} = x/5 \rightarrow x = \text{tg} * 5 = 0.08 * 5 = 0.4$$

$$I = ((D1 - D2)/2) + x = (48 - 40)/2 + 0.4 = 4.4$$

Taladrado:

G00 X0.0 Z1.0 → pone la broca en el centro de la pieza.

G01 X0.0 Z-25.0 F0.1 → introduce la broca 25 mm.

Z3.0 → retira la broca 3 mm.

Desbaste del cono:

G00 X57.0 Z5.0 → punto donde empieza el ciclo de G90 ($x = D1 + 2 * I = 48 + 2(4.4) = 56.8$ mm).

G90 X55.0 Z-49.0 F0.2 → el largo del corte es 49 mm, y deja 1 mm de tolerancia.

X53.0 → debe de analizarse que en estos puntos del diámetro mayor, sólo se corta en una parte del recorrido que es en lado derecho de la pieza, y conforme el D1 se acerque a la medida deseada, más será el corte a lo largo del recorrido de la herramienta.

X51.0

X49.0 -> se deja 1 mm para el afinado.

Afinado del cono:

G00 X51.0 Z5.0

G90 X48.0 Z-50.0 F0.2

3.6. ORDEN PARA PROGRAMAR.

Todo programa realizado en CNC debe seguir un orden, para que pueda ser entendido y ejecutado por la computadora. Existe una serie de comandos de uso común al inicio de un programa; éstos son:

O1234 -> número del programa.

G28 U0.0 W0.0 -> puesta de la herramienta de corte en HOME.

G50 X200. Z100. S2000 -> el valor de X y Z son el resultado de la puesta de coordenadas en la pieza. La puesta de coordenadas se explica posteriormente. La velocidad de rotación máxima del husillo es de 2000 rpm.

G00 T0202 -> la herramienta de corte que se va a trabajar (02) es el número 2 en la torreta; el otro 02 es la compensación (ver sección 4.3).

G96 S130 M03 -> arranque del husillo.

/M08 -> aportación de refrigerante.

Puesta de Coordenadas:

I. En el Eje Z:

Para realizar la puesta de coordenadas en el eje Z, se realizan las siguientes operaciones:

- a) Medir las coordenadas absolutas en la cara de la pieza; esto se hace acercando la herramienta de corte con la que se va a trabajar, lo más cerca posible a la cara de la pieza y observar el valor de las coordenadas en la pantalla respectiva.

- b) Restar las coordenadas anteriores de 324.0, que es el valor de las coordenadas absolutas de la máquina.
 - c) Al resultado de la operación anterior, hay que sumarle unas 2 décimas o lo que se crea conveniente para refrentar.
2. En el Eje X:
- a) Realizar la operación "a" de la puesta de coordenadas en Z, con la excepción de que las coordenadas absolutas se miden en el lado diametral de la pieza.
 - b) El resultado anterior se le resta a 153.8.
 - c) Al resultado de la operación anterior se le suma el diámetro de la pieza.

Después de poner los comandos de encabezado, siguen los comandos de las operaciones a realizar en la pieza.

Los comandos de uso común para finalizar la pieza son los que se describen a continuación:

G28	U0.0	W0.0	->	regreso de la herramienta a HOME.
T0100			->	cancelación de la herramienta y la compensación.
M05	M03		->	parada del husillo principal y de la provisión de refrigerante.
M30			->	fin del programa y reposición de la memoria de la máquina.

3.7. SIMULACION DEL PROGRAMA.

El programa de CNC puede correrse en una computadora o graficador, si el trabajo requiere operaciones de punto a punto o contorneado. Sin embargo, una gráfica revela sólo errores serios y puede dar alguna indicación de las posibilidades de condiciones pero no prueba que también se mantengan las pequeñas tolerancias. Para simular por computadora las especificaciones del trabajo, de las herramientas de corte junto con las del programa CN, se alimentan como información.

El programa de verificación en una forma gráfica simula con animación dinámica los procesos de maquinado en una pantalla CRT, exhiben la relación existente entre el cortador y la pieza de trabajo.

El cortador se compara dinámicamente con el modelo del anterior en bruto, así también con la geometría de la pieza para verificar la configuración de la parte, y detectar condiciones, interferencias y condiciones sin maquinarse.

El orden para entrar y trabajar el simulador del TORNO LEADWELL LTC-10 AP se dan a continuación:

- a) Entrar al directorio CN.
- b) Entrar al archivo LCE o LSMC.
- c) Seleccionar del menú la opción 1, editar el programa y grabar.
- d) Salir de nuevo a la pantalla de menú con la tecla F4.
- e) Seleccionar la opción 3 que es para simular en inglés; se oprime F3 y se pone el drive como el nombre del programa a trabajar.
- f) Al salir la palabra comando, se pone la tecla TOO que nos va a permitir seleccionar las herramientas de corte.
- g) Al salir la palabra entrada de la configuración de la herramienta de corte, ponemos la palabra TEST para que nos muestre la gama de herramientas que se tiene.
- h) Poner los valores respectivos de la puesta de coordenadas en los espacios que se indican para X y Z. Para salir de esta pantalla, se oprime la tecla END.
- i) Se oprime la tecla F6 para que siga corriendo el programa.
- j) Entrar el diámetro y longitud de la pieza.
- k) Indicar el tamaño requerido de la pantalla, que generalmente oscila entre 100.0 y 125.0.
- l) Al salir el dibujo de la pieza, se oprime la tecla ENTER para que salga el punto de coordenadas.
- m) Oprimir la tecla F5 y varias veces la tecla ENTER, y cada vez que se pulse irá corriendo paso por paso la simulación.

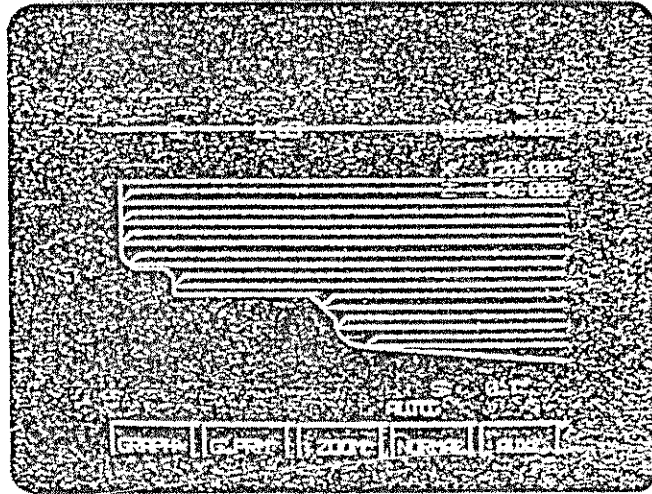


Figura 24. Pantalla del simulador en el TORNO LEADWELL LTC-10 AP.

CAPITULO 4

COMPARACION DEL PROCESO MANUAL vs CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO.

Ahora que podemos concebir una idea clara de los tornos con CNC, es necesario conocer las diferencias que nos proporcionan en la industria, respecto a los tornos convencionales.

Lo anterior se hace con la finalidad de brindar parámetros o ideas de economía, producción, tiempo, etc., que guíen al ingeniero a tomar la decisión correcta cuando tenga que decidir entre un torno convencional y un torno CNC, debido a que cuando la producción de la empresa es moderada y los procesos no son muy complicados, muchas veces es más conveniente adquirir un torno convencional.

4.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS MAQUINAS CNC vs LAS MANUALES.

En el diseño de máquinas herramienta convencionales, la mayor consideración es la comodidad del operador, mientras que en la máquina herramienta digital toda la operación complicada se ejecuta por el sistema de control, para que el operador se encargue solamente de entrar datos de control, colocar y fijar mordazas y piezas, por lo tanto, la diferencia principal está en el proceso de producción.

Ventajas de las máquinas con CN en la producción:

1. Mayor precisión del proceso y mejor calidad.
2. Reducción del porcentaje de piezas defectuosas.
3. Fácil ejecución de productos de apariencia complicada.
4. Apropiado para la producción de producto en gran volumen o en gran variedad.
5. Reducción de los tiempos de ciclos operacionales. Las causas principales de la reducción al mínimo de tiempos superfluos son:
 - a) Trayectorias y velocidades más ajustadas que en las máquinas convencionales.
 - b) Menor revisión constante de los planos y hojas de instrucciones.

- c) Menor verificación de medidas entre operaciones.
 - d) Reducción del tiempo de cambio de pieza.
6. Pueden controlarse varias unidades con CNC por un solo operador.
 7. Puede satisfacer pedidos de urgencia.
 8. Reducción del tiempo de inspección o control de calidad.

Ventajas en la Administración:

1. No requiere de operadores con experiencia.
2. Se reduce la fatiga en los operadores y se aumenta la eficiencia en el trabajo.
3. Mayor seguridad en el trabajo.
4. Fácil entrenamiento de ejecutivos medianos a los subordinados.

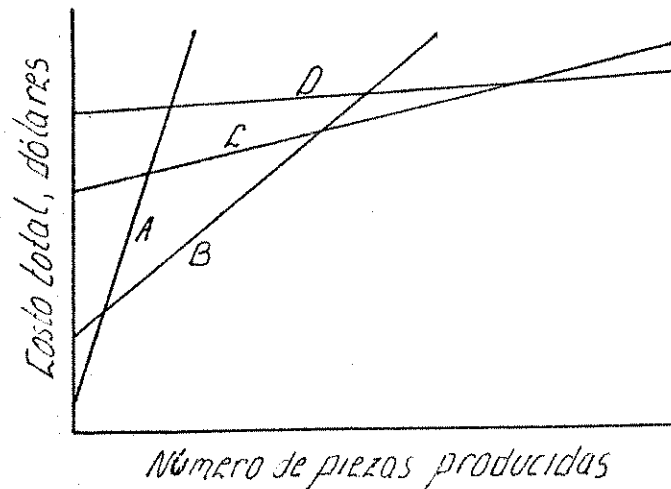
Desventajas de las máquinas CNC:

1. Alto costo inicial de compra (inversión) de las máquinas herramienta.
 2. Programar correctamente los cortadores y la secuencia de operación para el eficiente funcionamiento de la máquina.
 3. Por el sistema de control sofisticado, se aumenta el costo de mantenimiento.
 4. En nuestro medio, es difícil la reparación y hay escasez de profesionales especializados en caso de existir alguna falla.
- 4.2. COMPARACION DE TIEMPOS DE TRABAJO EN TORNOS MECANICOS Y CON CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO.

El CN no siempre es la mejor alternativa para realizar trabajos, ya que resulta más económico para cierta clase de trabajos y cantidades.

En muchos casos, cuando se trabaja una o varias piezas simples, como refrentados o torneado de diámetros, resulta más económico y menos tiempo, si estas piezas son elaboradas por un tornero hábil en un torno convencional.

Por otro lado, con partes de geometría más complicada, aun una pieza puede hacerse con más economía con el CN. Una vez que se ha programado, el tiempo con frecuencia es menor por pieza en la máquina CN, lo cual hace que la máquina sea más económica para más de unas cuantas piezas. Las características anteriores se ilustran en la gráfica expuesta a continuación:



- A Máquina convencional de propósito general.
- B Máquina CN.
- C Máquina ordinaria con herramienta especial.
- D Máquina y herramienta especiales con CNC.

Figura 25. Comparación típica del costo del CN con otros métodos.

Existe una gran variedad de razones para que las máquinas CN operen frecuentemente con mayor rapidez que las máquinas convencionales manejadas manualmente, entre ellas tenemos:

- No existe la fatiga.
- El tiempo de ocio es mínimo.
- Se evitan errores humanos.
- La planificación se hace por anticipado.
- Los rechazos son pocos.
- El tiempo de inspección y revisión son cortos.

A continuación, se muestran los resultados de tiempo de la pieza ilustrada en la figura 26. Estos resultados se obtuvieron en un estudio realizado, en el departamento de Control Numérico Computarizados del Centro de Capacitación Guatemala 1 del Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP); y en Talleres Industriales Baechli.

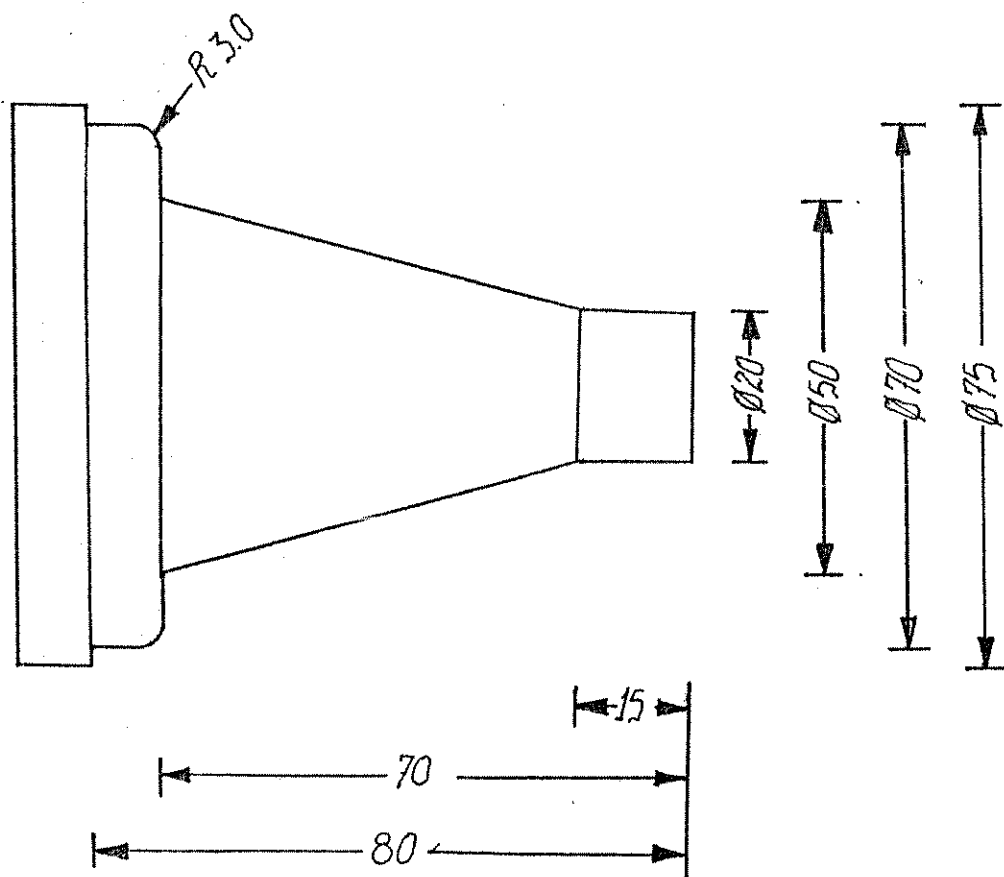


Figura 26. Pieza de ilustración para obtención de tiempos comparativos.

El estudio se basó en la elaboración de 5 piezas en serie (bajo las mismas características de medidas y materiales) en el TORNO LEADWELL LTC-10 AP del INTECAP, así como en el torno convencional marca Buffalo Cincinnati de Talleres Industriales Bacelli, y se tabulan en cada proceso los tiempos correspondientes.

Tiempos en el TORNO LEADWELL LTC-10 AP:

1. Primera pieza:

	OPERACION	TIEMPO
a)	Tiempo en hacer el programa:	25 minutos.
b)	Simulación y posibles arreglos del programa:	42 minutos.
c)	Cambio de mordazas y ajuste al diámetro:	20 minutos.
d)	Ingreso de programa:	9 minutos.
e)	Puesta a punto:	15 minutos.
f)	Tiempo de elaboración de la pieza:	18.4 minutos.
	TIEMPO TOTAL	129.4 minutos.

2. Piezas restantes:

	TIEMPO PROMEDIO DE ELABORACION	19.2 minutos.
--	--------------------------------	---------------

Tiempos en el torno convencional Buffalo Cincinnati:

1. Primera pieza:

	OPERACION	TIEMPO
a)	Tiempo de centrado:	4.5 minutos.
b)	Tiempo de ajustes generales de la herramienta de corte, y cambio de ésta en el proceso de desbaste a afinado:	10 minutos.
c)	Tiempo de cálculo geométrico:	5 minutos.
d)	Tiempo de elaboración de la pieza:	59.5 minutos.
	TIEMPO TOTAL	79 minutos.

2. Piezas restantes:

TIEMPO PROMEDIO DE ELABORACION 51.7 minutos.

Tomando en cuenta la característica de que las piezas elaboradas en el torno CNC tienen radios exactos, mientras que las piezas elaboradas en el torno convencional los radios son aceptables; situación que pudiera ser perjudicial en el caso de que estos radios ejecutaran una operación vital en la función que realiza la pieza y los márgenes de tolerancia sean muy pequeños.

El tiempo total invertido en la elaboración de las 5 piezas en torno CNC fué: $129.4 + (4 \times 19.2) = 206.2$ minutos, mientras que en el torno convencional el tiempo total invertido en la elaboración de las cinco piezas fué: $79 + (4 \times 51.7) = 285.8$ minutos.

Es importante resaltar el hecho de que a pesar que el tiempo invertido en la preparación y elaboración de la primera pieza es mucho mayor en el torno CNC, al final de la elaboración de las 5 piezas, **el torno CNC empleó el 72.14% del tiempo requerido por el torno convencional.**

Podemos analizar que cuanto más piezas se trabajen, menor será el porcentaje de tiempo del torno CNC respecto al convencional, ya que el porcentaje del tiempo neto de elaboración del torno CNC respecto al torno convencional es:

$$(19.2/51.7) \times 100 = 37.13\%$$

En otras palabras, quiere decir que mientras se elabora una pieza en el torno convencional, se pueden elaborar 2.69 piezas en el torno CNC.

La tabla 2 muestra cómo disminuye el tiempo empleado en el torno CNC respecto al convencional, cuando el número de piezas elaboradas va en aumento.

Es importante observar el hecho de que al ser grande el número de piezas que se va a trabajar, el tiempo del torno CNC respecto al convencional oscilará entre 37 a 38%. El ahorro de tiempo de trabajo trae consigo el incremento de ganancia en la productividad.

NUMERO DE PIEZAS	PORCENTAJE DE TIEMPO EMPLEADO RESPECTO AL TORNO CONVENCIONAL	PORCENTAJE DE AHORRO DE TIEMPO
1	163.80	-63.80
2	113.69	-13.69
3	91.99	8.01
4	79.88	20.12
5	72.14	27.86
10	55.52	44.48
20	46.56	53.44
35	42.58	57.42
50	40.96	59.04
100	39.06	60.94
200	38.10	61.90
500	37.52	62.48
1000	37.33	62.67
2000	37.23	62.77
5000	37.17	62.82
10000	37.15	62.84

Tabla 2. Parámetros comparativos en tiempo.

4.3. PROGRAMAS ELABORADOS PARA PIEZAS MECANICAS TRABAJADAS EN EL TORNO LEADWELL LTC-10 AP.

A continuación, se da una serie de problemas con el propósito de que el lector termine de comprender la manera de programar en el TORNO LEADWELL LTC-10 AP.

Para simplificar la programación de corte de formas complicadas y sólo dar las medidas de forma de proceso para cortes precisos, se han creado los ciclos automáticos donde el CNC confirmará el trayecto aproximado de la herramienta de corte en forma automática. Entre estos comandos tenemos: G70, G71, G75 y G76.

G70: corte automático de ciclo compuesto para afinado.

G71: corte automático de ciclo compuesto para desbaste.

G75: ciclo compuesto automático para ranurado.

G76: ciclo automático para roscar, con penetración oblicua.

Para corte de desbaste y afinado, hay que escribir los valores de bloques de inicio y final del número de secuencia de operaciones. Para el corte de desbaste, se escribe todo el programa y para el corte de afinado únicamente los cinco bloques básicos y valores para refrentado y avance.

Luego con comando G00 se manda la herramienta de corte al punto de referencia en "X", para después colocar el mando G70 con los valores o números de secuencia inicial y final. Este bloque quedará únicamente con estos datos.

De los números de secuencia, se anotan el inicial y el final al principio de cada bloque respectivo; esto se hace con el fin de que la máquina realice las operaciones respectivas de afinado, y que la herramienta haga un salto hasta el inicio del programa. La forma de comando para máquinas serie OT es la siguiente:

G71 U(d) R(b)

G71 P(NI) Q(NF) U(tx) T(tz)

Donde:

- d: profundidad de corte (mando de diámetro, no tiene signo positivo o negativo).
- b: velocidad de regreso.
- NI: número de secuencia del corte automático que determina el inicio del proceso (número de secuencia inicial).
- NF: número de secuencia automático que determina el fin de la trayectoria.
- tx: tolerancia en el eje "X".
- tz: tolerancia en el eje "Z".

NOTA: los comandos G70 y G71 sólo permiten los comandos G00, G01, G02 y G03.

El formato para el ciclo de roscado automático es el siguiente:

G76 P(m) (r) (a) R(d)

G76 X(u) Z(w) R(i) P(k) Q(d) F(l)

Donde:

- m: número de veces de acabado en la finalización.
- r: biselado de subida antes de finalizar.
- a: ángulo de la herramienta de corte.
- d: tolerancia de finalización.
- u: diámetro del núcleo de la rosca.
- w: longitud de la rosca.
- i: se usa en roscas cónicas únicamente; diferencia de radios en roscas cónicas.
- k: profundidad de rosca o altura total.
- l: paso de la rosca.

PROGRAMA PARA ROSCA DE MEDIA PULGADA:

```
N0003
G28 U0.0 W0.0
G50 X100.0 Z50.0
G00 T0303
G97 S1000 M03
/M08
G00 X15.0 Z5.0
G76 X8.151 Z-10.9 P0.687 Q0.4 F1.058
G28 U0.0 W0.0
T0300
M09 M05
M30
```

PROGRAMA DE LA PIEZA PARA LA CUAL SE TABULARON LOS TIEMPOS DE TRABAJO:

```
01250
G28 U0.0 W0.0
G50 X100.0 Z50.0 S1000
G00 T0101
G96 S130 M03
/M08
G00 X78.5 Z0.1
G01 X0.0 F0.2
Z1 0
G00 X78.5
G71 P010 Q070 U0.2 W0.1 D0.5 F0.2
N010 X20.0
N020 G01 Z-25.0
N030 G01 X50.0 Z-80.0 F0.2
N040 X64.0
N050 G03 X70.0 Z-83.0 R3.0 F0.2
N060 G01 Z-90.0
N070 X80.0
G28 U0.0 W0.0
T0100
M05 M09
G28 U0.0 W0.0
G50 X100.0 Z50.0 S1000
G00 T0707
G96 S130 M03
/M08
G00 X22.0 Z0.0
G01 X0.0 F0.1
G00 X80.0
G70 P010 Q070 F0.1
G28 U0.0 W0.0
T0700
M05 M09
M30
```

PROGRAMA PARA LA PIEZA ESCALONADA:

```
03333
G28 U0.0 W0.0
G50 X200.0 Z100.0 S1000
G00 T0101
G96 S130 M03
/M08
G00 X91.0 Z0.1
G01 X-1.0 F0.2
Z1.0
G00 X90.0
G71 P010 Q110 U0.2 W0.1 D0.5 F0.2
N010 G00 X44
N020 G01 X50.0 Z-2.0
N030 Z-18.0
N040 X56.0
N050 X60.0 Z-20.0
N060 Z-25.0
N070 G02 X70.0 Z-30.0 R5.0 F0.2
N080 G01 X83.0
N090 X87.0 Z-32.0
N100 Z-45.0
N110 X90
G28 U0.0 W0.0
T0100
M05 M09
M01
G28 U0.0 W0.0
G50 X200.0 Z100.0 S2000
G00 T0202
G96 S160 M03
/M08
G00 X52.0 Z0.0
G01 X0.0 F0.1
Z1.0
G00 X90.0
G70 P010 Q110 F0.1
G28 U0.0 W0.0
T0200
M09
M30
```

Exactitud del Control Numérico Computarizado:

La exactitud en el TORNO LEADWELL LTC-10 AP se puede obtener por compensación o por decalaje de la herramienta.

La compensación es el método más utilizado, consiste en tomar las medidas que se están obteniendo en la pieza y compensar, si fuera necesario, los valores requeridos en el eje X y Z. Los valores de la compensación se introducen en la pantalla de compensaciones.

Se llama decalaje de la herramienta al desplazamiento que hay que darle a ésta en la dirección de algunos de los ejes, para que su línea de corte recorra el perfil antes calculado. Este decalaje se hace necesario porque la herramienta presenta una punta que termina en forma redondeada.

Se llama resolución del sistema CN al incremento más pequeño que puede especificarse por una señal. Obviamente, para una serie de pulsos, el valor de un pulso es la resolución. La resolución aceptable en un sistema de alta calidad es de 2.5um (0.0001 pulgadas). La exactitud de la mayoría de las máquinas CN queda entre los márgenes de 5 a 25 um, aunque la tolerancia aceptable para el torneado o formado de un diámetro es de 130 a 250 um (0.005 a 0.10 pulgadas).

De lo anterior, podemos intuir la gran exactitud que nos proporcionan las máquinas herramienta CNC, en cualquier proceso que elaboren.

CONCLUSIONES

1. El Control Numérico es resultado de una evolución tecnológica, creado por la necesidad de mejorar los procesos de fabricación y la automatización en el trabajo de las empresas.
2. Para la fabricación de cantidades pequeñas de piezas, es más recomendable la aplicación del torno convencional.
3. El Control Numérico Computarizado es el método adecuado cuando el número de piezas que se va a producir es considerable o cuando la geometría es complicada y se necesita de una alta precisión.
4. La utilización del Control Numérico Computarizado en las máquinas herramienta reduce en ahorros sustanciales, debido a que reduce: el tiempo de habilitación de la máquina, tiempo de trabajo, el desperdicio de material, el margen de error y el costo de inspección, y aumenta de esta manera la productividad de las máquinas y del proceso mismo.
5. La administración de una empresa encuentra en el Control Numérico varias ventajas, entre las que se pueden mencionar las siguientes: no requieren operador con experiencia, reduce la fatiga, aumenta la eficiencia y la confiabilidad del proceso, brinda seguridad en el trabajo, y desplazan a los operadores por un solo controlador del sistema de máquinas herramienta.
6. En trabajos que involucren cantidades industriales, el tiempo necesario de preparación de las herramientas de corte y del programa de las operaciones para el TORNO LEADWELL LTC-10 AP es de 25 a 30% del tiempo necesario para la misma operación en las máquinas herramienta convencionales.
7. La ventaja que el Control Numérico Computarizado posee sobre las máquinas de proceso especial con programa fijo, es la versatilidad de clases de trabajos que puede realizar.

RECOMENDACIONES

1. Esta tesis pretende ser una guía para aquellas personas o empresas interesadas en automatizar sus procesos o que se dediquen a la producción masiva; se utilizan para ello las máquinas herramienta con Control Numérico.
2. Es recomendable que las empresas guatemaltecas comparen la productividad entre máquinas convencionales y aquellas con Control Numérico Computarizado, para modificar sus mecanismos de producción, y así poder salir del resguardo tecnológico que hoy en día nos impide competir en los mercados internacionales.
3. Es conveniente que el estudiante de Ingeniería Mecánica se prepare en este campo, que le permita preparar, supervisar y en términos más generales, administrar sistemas productivos más eficientes y confiables, y se ponga al día con la tecnología, para hacer más fácil su incorporación a la vida profesional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AWAD, Elías. Introducción de los computadores en los negocios. España: Editorial Dossat, S.A., 1,991.
- CHRISTIE, Linda. Enciclopedia de Términos de Microcomputación. México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A., 1,986.
- DOYLE, Lawrence. Procesos y Materiales de Manufactura para Ingenieros. México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A., 1,985
- FREEDMAN, Alan. Glosario de computación. México: Editorial Publi-Mex, S.A., 1,985.
- HACKETT, W.J. Manual Técnico de Seguridad. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., 1,989.
- HARVEY, Greg. PC/MS DOS. México: Editorial Alfaomega S.A., 1,989.
- KIBBE, Richard. Manual de Máquinas Herramienta. México: Editorial Limusa S.A., 1,988.
- MARKS, Theodore. Manual del Ingeniero Mecánico. Colombia: Editorial Carvajal S.A., 1,990.
- OSTWALD, Phillip. Procesos de Manufactura, Versión SI. México: Editorial CECSA, 1,984.
- O'BRIEN, Robert. Colección Científica de Máquina de Life. México: Editorial Offser Multicolor S.A., 1,968.
- RICHES, Thomas. Register Thomas. Estados Unidos de América: s.p.i. 1,994.
- ROBB, Louis. Diccionario para Ingenieros. México: Editorial Continental S.A., 1,993.
- VELASQUEZ, Mariano. Diccionario de los Idiomas Inglés y Español. Estados Unidos de América: Editorial Prentice-Hall. 1,973.
- CNC, CNC - West. Vol. VIII No.1. s.l.i.: s.p.i. 1,989.

BIBLIOGRAFIA

- AWAD, Elías. Introducción de los computadores en los negocios. España: Editorial Dossat, S.A., 1,991.
- CHRISTIE, Linda. Enciclopedia de Términos de Microcomputación. México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A., 1,986.
- DOYLE, Lawrence. Procesos y Materiales de Manufactura para Ingenieros. México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A., 1,985
- FREEDMAN, Alan. Glosario de computación. México: Editorial Publi-Mex, S.A., 1,985.
- GERLING, Heinrich. Alrededor de las Máquinas - Herramientas. España: Editorial Reverté, S.A., 1,972.
- HACKETT, W.I. Manual Técnico de Seguridad. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., 1,989.
- HARVEY, Greg. PC/MS DOS. México: Editorial Alfaomega S.A., 1,989.
- KIBBE, Richard. Manual de Máquinas Herramienta. México: Editorial Limusa S.A., 1,988.
- MARKS, Theodore. Manual del Ingeniero Mecánico. Colombia: Editorial Carvajal S.A., 1,990.
- OSTWALD, Phillip. Procesos de Manufactura, Versión SI. México: Editorial CECSA, 1,984.
- O'BRIEN, Robert. Colección Científica de Máquina de Life. México: Editorial Offser Multicolor S.A., 1,968.
- RICHES, Thomas. Register Thomas. Estados Unidos de América: s.p.i. 1,994.
- ROBB, Louis. Diccionario para Ingenieros. México: Editorial Continental S.A., 1,993.
- VELASQUEZ, Mariano. Diccionario de los Idiomas Inglés y Español. Estados Unidos de América: Editorial Prentice-Hall. 1,973.
- CNC, CNC - West. Vol. VIII No.1. s.l.i.: s.p.i. 1,989.