ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Instituto de Tecnologías

Programa de Tecnología en Mecánica Industrial

"Diseño y Manufactura Asistida por Computador (CAD-CAM) en la construcción de pieza con proceso de Torneado de Control Numérico (CNC)"

TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA INDUSTRIAL

Presentada por:

MANUEL ENRIQUE LARREA ARIAS

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año

2010

AGRADECIMIENTO

Al Tcnlgo. Luis Vargas Ayala, por su
guía y apoyo permanente en la
elaboración de esta tesina.

DEDICATORIA

A MIS PADRES,

A MI ESPOSA,

A MIS HIJOS,

A MIS HERMANOS Y

A MIS SUEGROS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Cristóbal Villacís M.	Tclgo. Luis Vargas Ayala
COORDINADOR PROTMEC	PROFESOR DE SEMINARIO

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesina de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Manuel Larrea Arias

RESUMEN

La presente tesina desarrolla los procesos de Diseño y Manufactura Asistida por Computador (CAD-CAM) en la construcción de una pieza con proceso de Torneado de Control Numérico (CNC)

El proyecto esta basado en una controladora conectada a una computadora, que mediante un programa de simulación CAD-CAM se dibuja y realiza la simulación del mecanizado para luego generar el comando que sirven para que el centro de torneado CNC maquine la pieza.

Se deja en esta Tesina un punto de partida de todo lo necesario para maquinar piezas en el torno CNC, ya sean ilustraciones, materiales, cálculos y diseños de una pieza modelo para utilizarlo como un aprendizaje inicial en el manejo del equipo.

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN I

INDICE GENERAL II

ABREVIATURAS V

INDICE DE FIGURAS VI

INDICE DE TABLAS VI

CAPITULO 1

Introducción

1.1 Antecedentes de la tesina 1

1.2 Objetivos 1

1.3 Metodología 2

1.4 Estructura de la tesina 3

CAPITULO 2

Sistemas CAD CAM CNC

2.1 CAD CAM 4

2.1.1 Que es CAD 5

2.1.2 Programas CAD 6

2.1.3 Que es CAM 7

2.1.4 Uso combinado del CAD/CAM 7

2.2 Equipos de Manufactura CNC 9

2.2.1 Que es CNC 9

2.2.2 Desarrollo Histórico CNC 12

2.2.3 Aplicación de CNC 14

2.2.4 Ventajas y desventajas del CNC 15

2.2.5 Elementos Básicos de una Máquina herramientas CNC 16

2.2.6 Tipos de Controladores 19

2.2.7 Clasificación de los Controles Numéricos 19

2.2.8 Lenguaje de programación CNC 25

2.2.9 Estructura de un programa CNC 26

2.2.9.1 Programación de CNC con códigos G y M 28

2.2.9.2 Códigos Generales G 29

2.2.9.3 Funciones Misceláneas M 30

2.2.9.4 Análisis de algunas funciones utilizadas 33

2.2.9.5 Puntos de referencia en torno CNC 36

2.3.3 CNC en el Ecuador 38

CAPITULO 3

Manufactura de la pieza Modelo

3.1 Geometría CAD para Diseño de la pieza 40

3.2 Hoja de Proceso 41

3.3 Creación CAM de la pieza 44

3.4 Generación de Código G y M 45

3.5 Maquinado de la Pieza Modelo en Torno CNC 52

3.5.1 Planificación del Proceso de Mecanizado CNC 54

3.6 Costos de Fabricación para 1.000 unidades en Torno CNC 55

3.6.1 Materia Prima 55

3.6.2 Tiempo de Maquinado... 57

3.6.3 Tiempo de Producción 57

3.6.4 Costo General de Fabricación 58

3.6.5 Estado de Mercadería Vendida 61

3.6.6 Estado de Pérdidas y Ganancias Provisional........................ 61

CAPITULO 4

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones.. 63

4.2 recomendaciones 64

APENDICES

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

CAD Diseño asistido por computador (del inglés Computer Aided Design)

CAM Fabricación asistida por computadora (del inglés Computer Aided Manufacturing).

CN Control Numérico (en inglés NC Numerical Control).

CNC Control Numérico por Computador (del inglés Computer Numerical Control).

CPU Unidad Central de Proceso o microprocesador

ISO Organización Internacional para la Estandarización (del ingés International Organization for Standardization)

DIN Instituto Alemán de Normalización (del alemán Deutsches Institut für Normung).

RPM Revoluciones por minuto

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1.1 Metodología seguida para el desarrollo de tesina 2

Figura 2.1 Proceso CAD-CAM-CNC para maquinado de una pieza 4

Figura 2.2 Un primer equipo CNC y su sala de control 13

Figura 2.3 Elementos básicos de una máquina CNC 19

Figura 2.4 Estructura de una línea ó bloque CN 27

Figura 2.5 Desplazamiento en Incremental y Absoluto 34

Figura 2.6 Desplazamiento Circular con G02 y G03 35

Figura 2.7 Desarrollo de trayectoria Circular 36

Figura 2.8 Puntos de referencia en torno CNC 37

Figura 3.1 Plano de pieza a maquinar en torno CNC 40

Figura 3.2 Ruta de Proceso para una pieza en CAM 44

Figura 3.3 SpectraLIGHT 0400 Turning Center. 53

Figura 3.4 Hoja de Ruta de Proceso de Mecanizado 14

INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 2.1 Hoja de Proceso 1a 42

Tabla 2.2 Hoja de Proceso 1b 43

Tabla 2.3 Programa CNC y descripción de Bloque 1/7 46

Tabla 2.4 Programa CNC y descripción de Bloque 2/7 47

Tabla 2.5 Programa CNC y descripción de Bloque 3/7 48

Tabla 2.6 Programa CNC y descripción de Bloque 4/7 49

Tabla 2.7 Programa CNC y descripción de Bloque 5/7 50

Tabla 2.8 Programa CNC y descripción de Bloque 6/7 51

Tabla 2.9 Programa CNC y descripción de Bloque 7/7 52

Tabla 2.10 Estado de Mercadería Vendida.. 61

Tabla 2.11 Estado de pérdidas y Ganancias Provisional.................................. 52

CAPITULO 1

Introducción

1.1 Antecedentes de la tesina

La presente tesina describe la construcción de piezas usando software para diseño un programa CAD externo (sea este Autocad o SolidWorks) para luego integrarlo a (SpectraCAM Turning de Intelitek), que convierte los dibujos en CAD en lenguaje de programación estándar de control numérico (NC); y exportarlo al software de CNC (CNCMotion de Intelitek) para la simulación interactiva en 3D y de control; que unido a una interfase se comunica con la máquina CNC, el Centro de Torneado CNC (SpectraLIGHT 0400 Turning Center de Intelitek) donde se maquina la pieza según a las trayectorias programadas por CAM.

1.2 Objetivos

El objetivo de esta tesina es comprender el funcionamiento básico de una Máquina – Herramienta con Control Numérico Computarizado (CNC), su programación, simulación y mecanizado de una pieza modelo.

Además se incluye los inicios del CNC, cálculos de costos de manufactura y tablas necesarias para el desarrollo del mecanizado.

1.3 Metodología

La metodología se describe en el diagrama de flujo de la Figura 1.1:

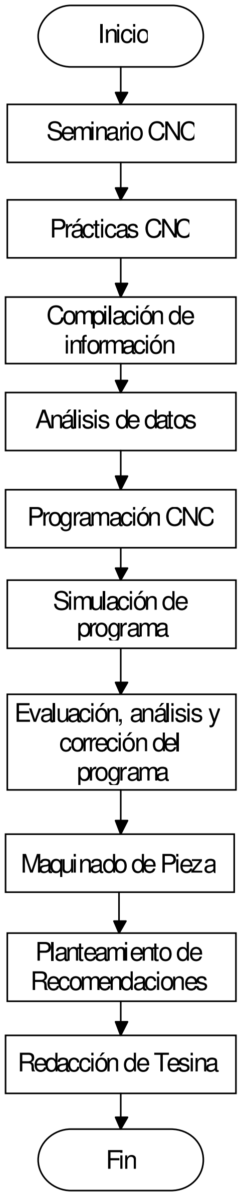


Figura 1.1 Metodología seguida para el desarrollo del presente trabajo

1.4 Estructura de la tesina

A continuación se presentará una breve descripción de cada capítulo.

Capítulo 1

Breve introducción de lo que es la estructura y objetivos de la tesina .

Capítulo 2

En éste capítulo se introduce a describir que es CAD - CAM y CNC y sus generalidades.

Capítulo 3

Dentro de éste capítulo se describe el proceso de de manufactura de la pieza modelo iniciando desde el diseño de la pieza en CAD, la programación CAM y la construcción de la pieza en torno CNC.

Capítulo 4

En este capítulo se determinan todas las conclusiones obtenidas

CAPITULO 2

Sistemas CAD CAM CNC

2.1 CAD CAM

La industria a través de muchos años de experiencia desarrollando programas CAD CAM CNC ha llegado a un punto de intersección donde, con un grupo de aplicaciones CAD CAM CNC, interactúan sin problemas, cumpliendo para ellos con normas FlashCut (corte rápido) de calidad a un precio asequible y con buen soporte técnico.

En la actualidad hay muchos tipos de programas utilizan para pasar del diseño a realizar la parte física usando una simple PC basada en Windows.

Para tener una idea de las partes que se deben desarrollar para llegar a la construcción de una pieza y lo que cada una de ellas aporta podemos resumirla en el gráfico de la Figura 2.1:

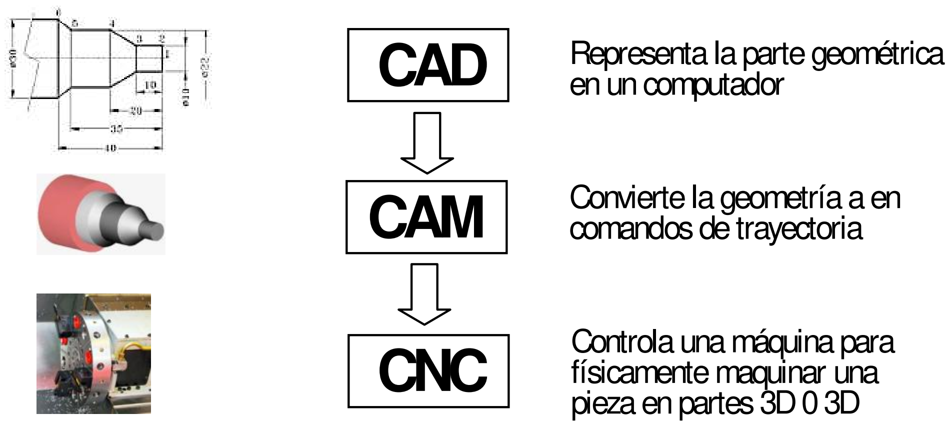


Figura 2.1 Proceso CAD-CAM-CNC para maquinado de una pieza

2.1.1 Que es CAD

El Diseño Asistido por Computadora, más conocido por sus siglas inglesas CAD es usado por un gran número de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos, tecnólogos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades.

Mediante el CAD se logra:

- Mejorar la calidad de los productos, porque permite desarrollar alternativas y solventar los problemas en las etapas iniciales del proceso de diseño
- Reducir el tiempo de diseño, lo cual disminuye el coste y el tiempo que se tarda en lanzar un producto
- Reducir los costes de fabricación, porque facilita los cambios
- Facilitar la capacidad de reutilización de los diseños

Esta herramienta se puede dividir básicamente en programas de dibujo en dos dimensiones (2D) y modeladores en tres dimensiones (3D). Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

El usuario de esta herramienta de dibujo y diseño puede asociar a cada entidad una serie de propiedades como color, usuario, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además pueden asociarse a las entidades o conjuntos de éstas otro tipo de propiedades como material, propiedades físicas, etc., que permiten enlazar el CAD a los sistemas de gestión y producción.

De los modelos realizados en estas herramientas pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica específica de cada proyecto. Los modeladores en 3D pueden, además, producir previsualizaciones fotorealistas del producto. En otras ocasiones los usuarios prefieren exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación para agregar detalles y entorno.

2.1.2 Programas CAD

Entre los programas CAD 2D/3D existentes a la fecha en el mercado industrial se encuentran:

- AutoCAD, Autodesk Inventor (www.autodesk.es)
- CADKEY (www.cadkey.com)
- CATIA (www.3ds.com/products/catia/welcome)
- Solidworks (www.solidworks.com)
- FreeCAD (http://sourceforge.net/projects/free-cad/)
- IronCAD (www.ironcad.com)

- Pro/Engineer (www.ptc.com/products/proengineer/)
- Microstation (www.bentley.com)
- PowerCADD (www.engsw.com)
- QCad (www.ribbonsoft.com/qcad.html)
- Rhinoceros 3D (www.rhino3d.com)
- Solid Edge (www.solidedge.com)
- Vectorworks Machine Design (www.nemetschek.net)

2.1.3 Que es CAM

La Fabricación Asistida por Computadora, también conocida por las siglas en inglés CAM, implica el uso de computadores y tecnología de cómputo para dar soporte en todas las fases de manufactura de un producto, incluyendo la planificación del proceso y la producción, mecanizado, calendarización, administración y control de calidad, con una intervención mínima del operario.

2.1.4 Uso combinado del CAM/CAM

Debido a sus ventajas, se suele combinar el diseño y la fabricación asistida por computadora en los sistemas **CAD/CAM**. Esta combinación permite la transferencia de información desde la etapa de diseño a la etapa de planificación para la fabricación de un producto, sin necesidad de volver a capturar manualmente los datos geométricos de la pieza diseñada. La base de datos que se desarrolla durante el CAD es procesada por el CAM, para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar la maquinaria de producción, el equipo de manejo de materiales y las pruebas e inspecciones automatizadas para establecer la calidad del producto.

Una función de CAD/CAM importante en operaciones de mecanizado es la posibilidad de describir la trayectoria de la herramienta para diversas operaciones, como por ejemplo torneado, fresado y taladrado con control numérico. Las instrucciones o programas se generan en computadora, y pueden modificar el programador para optimizar la trayectoria de las herramientas. El ingeniero, tecnólogo o el técnico pueden entonces mostrar y comprobar visualmente si la trayectoria tiene posibles colisiones con prensas, soportes u otros objetos.

En cualquier momento es posible modificar la trayectoria de la herramienta para tener en cuenta otras formas de piezas que se vayan a mecanizar. También, los sistemas CAD/CAM son capaces de codificar y clasificar las piezas que tengan formas semejantes en grupos, mediante codificación alfanumérica.

Con el desarrollo de la tecnología el software de manufactura asistida por computadora (CAM) es un vínculo importante en el proceso de fabricación. Forma la conexión entre los diseños del dibujo asistido por computadora (CAD) y la fabricación CNC incorporando códigos de maquinado dentro de archivos CAD. Estos módulos, esta basados en software, el cual convierte los dibujos CAD en archivos de control numérico (NC) que se pueden usar para producir partes en un centro de torneado CNC.

2.2 Equipos de Manufactura CNC

El desarrollo de la electrónica permitió realizar a inicios de la década de los 70, controles electrónicos. De aquí nace el concepto de control numérico que se generaliza en los años 80 y que con el avance de la informática logra crecer a pasos agigantados.

Con el control numérico y su adaptación a todo tipo de máquinas nace el centro de mecanizado, que es una máquina que es capaz de realizar las funciones de torneado, fresado, mandrinado, taladrado y es capaz de posicionar la pieza a mecanizar en las diferente posiciones y colocaciones necesarias. Todo ello con un control centralizado.

Actualmente las máquinas han ganado simplicidad primero con controles mecánicos, eléctricos y luego pasar a los electrónicos para de allí llegar a los programables.

2.2.1 Que es CNC

Antes de definir que es un CNC, comenzaremos por saber que es Control Numérico (CN) revisando diversas definiciones, todas ellas válidas, a lo que lo describe:

- Es todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas a partir de las instrucciones codificadas en un programa.

- Es todo dispositivo que realiza un mando mediante números, haciendo que las máquinas desarrollen su trabajo automáticamente mediante la introducción en su memoria de un programa en el que se definen las operaciones a realizar por medio de combinaciones de letras y números.

- Son sistemas que, en base a una serie de instrucciones codificadas (programa), gobierna todas las acciones de una máquina o mecanismo al que le ha sido aplicado haciendo que éste desarrolle una secuencia de operaciones y movimientos en el orden previamente establecido por el programador.

- El control numérico (CN) es una forma de automatización programable en la cual el equipo de procesado se controla a través de números, letras y otros símbolos. Estos números, letras y símbolos están codificados en un formato apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta. Cuando la tarea en cuestión cambia, se cambia el programa de instrucciones. La capacidad de cambiar el programa hace que el CN sea apropiado para volúmenes de producción bajos o medios, dado que es más fácil escribir nuevos programas que realizar cambios en los equipos de procesado.

Quizá la definición más clara en lo que se refiere al CN aplicado a las máquinas-herramienta sea la siguiente:

"Sistema que aplicado a una máquina-herramienta automatiza y controla todas las acciones de la misma, entre las que se encuentran: los movimientos de los carros y del cabezal, el valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte, los cambios de herramientas y de piezas a mecanizar, las condiciones de funcionamiento de la máquina (bloqueos, refrigerantes, lubricación, etc.), el estado de funcionamiento de la máquina (averías, funcionamiento defectuoso, etc.); la coordinación y el control de las propias acciones del CN (flujos de información, sintaxis de programación, diagnóstico de su funcionamiento, comunicación con otros dispositivos, etc.)."

De todo ello podemos deducir que los elementos básicos de un sistema de control numérico son en general:

- El programa, que contiene la información precisa para que se desarrollen esas tareas. El programa se escribe en un lenguaje especial (código) compuesto por letras y números y se graba en un soporte físico (disco duro, CD, etc.) o se envía directamente al control vía RS-232.

- El control numérico (CN), que debe interpretar las instrucciones contenidas en el programa, convertirlas en señales que accionen los dispositivos de las máquinas y comprobar su resultado.

Conforme pasó el tiempo nace el CNC que es aquella unidad de CN que posee un computador integrado que permite mayor capacidad respecto a los CN tradicionales.

2.2.2 Desarrollo Histórico CNC

El CN en sus inicios no se lo crea para mejorar procesos de fabricación sino para dar solución a problemas surgidos del diseño de piezas muy difíciles de mecanizar durante la segunda Guerra Mundial.

La Bendix Corporation, en 1942, tenía inconvenientes para diseñar una leva tridimensional para el regulador de una bomba inyectora para motores de aviación. Ese perfil era casi imposible de mecanizar con máquinas-herramientas convencionales, ya que se debía combinar los movimientos en los varios ejes de coordenadas.

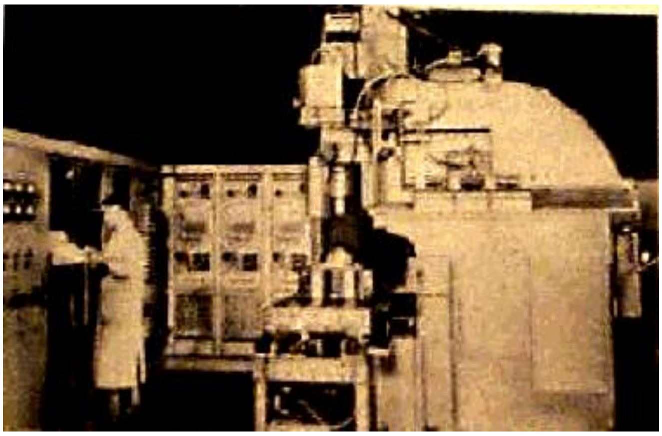


Figura 2.2 Un primer equipo CNC y su sala de control

Para dar solución a este inconveniente, se desarrolló matemáticamente la trayectoria a seguir a intervalos pequeños, y se procedía a mover la pieza de un punto a otro.

En 1947, John Parsons, constructor de hélices de helicópteros, concibe un mando automático con entrada de información numérica utilizando cartas perforadas, y fue rápidamente incorporado por la USAF (United States Air Force) y se le encargó a Parsons y al MIT (Massachusetts Institute of Technology) su perfeccionamiento con el apoyo del gobierno norteamericano.

En 1953 el MIT por primera vez utiliza el nombre de ¨Numerical Control¨ para este tipo de máquinas. El empleo de máquinas con movimientos simples pero que requieren un exacto posicionado, hizo que aparezca el "Control Numérico Punto a Punto", que aunque más simple que el "Control Numérico en Contorneado", fue posterior a este. Más tarde apareció el "Control Numérico Paraxial".

Actualmente las computadoras han ayudado a que el uso del CNC se extienda a todo tipo de maquinaria: tornos, rectificadoras, electroerosionadoras, máquinas de coser, etc.

2.2.3 Aplicación de CNC

El control numérico puede aplicarse a una gran variedad de máquinas, entre las que podemos enlistar:

- Máquinas de dibujar
- tornos,
- fresadoras,
- centros de mecanizado,
- taladradoras,
- punteadoras,
- mandrinadoras,
- rectificadoras,
- punzonadoras,
- dobladoras,
- plegadoras,
- prensas,
- cizallas,
- máquinas de electroerosión,

- máquinas de soldar,
- máquinas de oxicorte,
- máquinas de corte por láser, plasma, chorro de agua, etc.,
- máquinas de dibujar y trazar (plotters),
- máquinas de bobinar,
- máquinas de medir por coordenadas,
- robots y manipuladores.

2.2.4 Ventajas y desventajas del CNC

Algunas **ventajas** que presentan la aplicación de las máquinas herramientas con control numérico:

a.- Reducción de los tiempos de ciclos operacionales: las causas principales de la reducción al mínimo de los tiempos superfluos son:

- Trayectorias y velocidades más ajustadas que en las máquinas convencionales.
- Menor revisión constante de planos y hojas de instrucciones.
- Menor verificación de medidas entre operaciones.

b.- Ahorro de herramientas y utillajes: Por la utilización de herramientas más universales; y en cuanto a utillaje por el menor número de operaciones en máquinas distintas.

c.- Reducción del porcentaje de piezas defectuosas.

d.- Reducción del tiempo de cambio de las piezas.

e.- Reducción del tamaño del lote.

f.- Reducción del tiempo de inspección: ya que la probabilidad de que se produzcan piezas defectuosas dentro de una serie es menor y se puede evitarse inspecciones intermedias entre ciclos.

Como **desventajas** se pueden indicar las siguientes:

a.- Necesidad de realizar un programa previo al mecanizado de la primera pieza.

b.- Coste elevado de herramientas y accesorios

c.- Conveniencia de tener una gran ocupación para la máquina debido a su alto costo.

2.2.5 Elementos Básicos de una Máquina herramientas CNC

Los elementos constitutivos y que conforman la base de un CNC para toda máquina herramienta son:

El programa de instrucciones, que consta de una serie de sentencias ejecutadas paso a paso que directamente dirigen el equipo de procesado. El programa se escribe en un lenguaje especial (código).

El control numérico (CN), es la unidad que debe interpretar las instrucciones contenidas en el programa, convertirlas en señales que accionen los dispositivos de las máquinas y comprobar su resultado.

El equipo de procesamiento, es el componente que realiza el trabajo útil, y lo forman la mesa de trabajo, las máquinas herramienta, el sistema de cambio de herramienta y pieza, así como los motores y mecanismos de posicionamiento para ubicarlas.

Sistemas de cambio de herramientas y de piezas. En la línea de proporcionar a la máquina el mayor grado de automatismo, se hace necesario incluir algún sistema que permita reducir al mínimo los tiempos en los que no está mecanizando. Entre los sistemas utilizados se encuentran los de cambio automático de herramientas y de piezas.

Mecanismos de posicionamiento tienen como objeto conducir los dispositivos móviles (carros, husillos, etc.) automáticamente a una posición determinada según una trayectoria especificada con unas condiciones adecuadas de precisión, velocidad y aceleración.

Los componentes básicos de los mecanismos de posicionamiento son los accionadores y el propio sistema de control de posicionamiento.

Por accionadores se entienden aquellos dispositivos que permiten realizar algún movimiento (motores, válvulas, etc.), incluyendo todos los dispositivos asociados de regulación y amplificación de la señal de mando.

Unidad de enlace con la máquina, que es la donde está enlazado la máquina-herramienta a través de los órganos de mando y control sobre los motores que accionan los órganos móviles (husillos de los carros y mesas) para que su movimiento se ajuste a lo programado.

CPU (Unidad Central de Proceso) o microprocesador es el encargado del control de los elementos que componen la máquina en función del programa que ejecuta. Básicamente, accede a las instrucciones del programa, las decodifica y ejecuta las acciones especificadas, además de calcular todas las operaciones aritmético-lógicas que precise.

Visualizadores de datos que son monitores que permiten que el operador controle la marcha de la programación o del proceso de mecanizado, además de conocer el estado de la máquina a través de los mensajes que aparecen en el mismo.

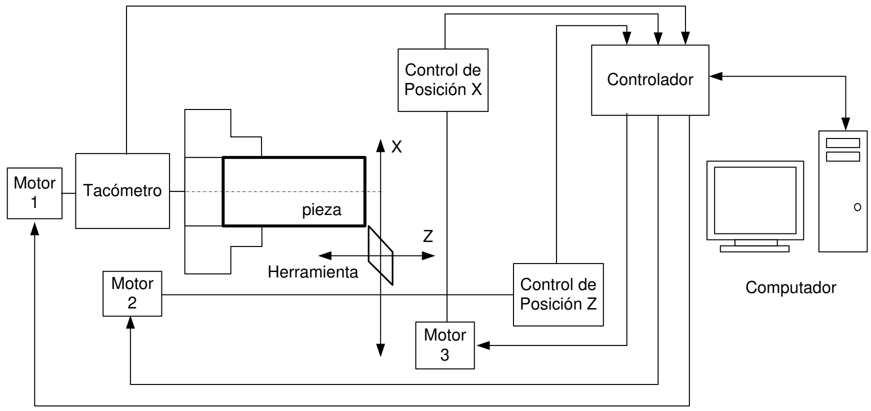


Figura 2.3 Elementos básicos de una máquina CNC

2.2.6 Tipos de Controladores

Dentro del mundo de los Controladores CNC existen firmas que lideran, bajo especificaciones técnicas sus propios controladores, podemos mencionar alguno de ellos:

FANUC, SIMUMERIK, MITSUBISHI, GSK, HNC, KND, WA, SKY, HAAS, GREAT, RENHE, FAGOR, DASEN.

2.2.7 Clasificación de los Controles Numéricos

Debido a las diferencias que existen entre las máquinas que pueden ser gobernadas por un CN, a las dificultades técnicas en el diseño de los controladores y a condiciones tipo económico, en el mercado existen diversos tipos de CN que pueden clasificarse:

a) Según el sistema de referencia

b) Según el control de las trayectorias

c) Según el tipo de accionamiento

d) Según el bucle de control

e) Según la tecnología de control

a) Clasificación según el sistema de referencia

Para programar los sistemas de CN es necesario establecer un sistema de referencia estándar en el que puedan ser especificadas las diferentes posiciones relativas de la máquina herramienta con respecto al trabajo a realizar. Para facilitar las cosas de cara al programador la pieza a ser maquinada se fija a una mesa de trabajo mientras que la máquina herramienta se mueve en torno a ella. De este modo el sistema de referencia se fija con respecto a la mesa de trabajo.

El propósito de los sistemas de referencia es localizar la herramienta en relación con la pieza a ser maquinada. Dependiendo del tipo de máquina de CN el programador puede tener varias opciones para especificar esta localización. En el caso de **sistemas de referencia fijos**, el origen siempre se localiza en la misma posición con respecto a la mesa de trabajo. En el caso de **sistema de referencia flotante**, más común en las modernas máquinas de CN, permiten que el operador fije el origen del sistema en cualquier posición de la mesa de trabajo. A esta característica se le llama origen flotante. El programador es el que decide donde debe estar situado el origen. Esta decisión corresponde a la conveniencia de la parte de programación.

b) Clasificación según el control de las trayectorias

Estos se pueden clasificar en:

- CN punto a punto
- CN paraxial
- CN continuo o de contorneado

- Control numérico punto a punto:

El CN punto a punto controla únicamente el posicionado de la herramienta en los puntos donde debe ser realizada una operación de mecanizado realizando los desplazamientos en vacío según trayectorias paralelas a los ejes o a 45 grados sin ninguna coordinación entre los sistemas de mando de cada uno. Se utiliza fundamentalmente en máquinas taladradoras, punzonadoras, punteadoras y en algunas mandrinadoras. El mecanizado no comienza hasta que se han alcanzado todas las cotas en los diversos ejes para dicho punto. El camino seguido para ir de un punto a otro no importa con tal de que no existan colisiones. El método a es quizás el más lento, pero más sencillo. Un método más común, en el que los dos ejes comienzan a moverse simultáneamente a máxima velocidad (formando 45 grados) hasta alcanzar la cota límite en alguno de los ejes, momento en el cual, para ese eje y continúan los demás.

- Control numérico paraxial:

El CN paraxial permite controlar la posición y trayectoria durante el mecanizado del elemento desplazable, siempre que esta última sea paralela a los ejes de la máquina y, en algunos casos, a 45 grados. En principio es aplicable a cualquier tipo de máquina-herramienta si bien su uso en la práctica se reduce al gobierno de taladradoras y fresadoras.

- Control numérico de contorneado:

Los sistemas CN de contorneado controlan no sólo la posición final de la herramienta sino el movimiento en cada instante de los ejes y coordinan su movimiento usando técnicas de interpolación lineal, circular y parabólica. La denominación de continuo viene dada por su capacidad de un control continuo de la trayectoria de la herramienta durante el mecanizado, y de contorneado por la posibilidad de realizar trayectorias definidas matemáticamente de formas cualesquiera obtenidas por aproximación. Este tipo de control de contorneado se aplica a tornos, fresadoras, centros de mecanizado y, en general, a cualquier tipo de máquina que deba realizar mecanizados según una trayectoria más o menos compleja.

c) Según el tipo de accionamiento

Según el tipo de accionamiento pueden ser: hidráulicos, eléctricos o neumáticos.

d) Según el bucle de control

El control del sistema se puede realizar de dos formas: en bucle cerrado, donde a través de sensores se mide el valor a la salida, y se compara en todo instante con un valor de referencia proporcionando una adecuada señal de control; o en bucle abierto donde no existe tal realimentación.

e) Clasificación según la tecnología de control

Si atendemos a la clasificación según la forma física de realizar el control encontramos los siguientes tipos de CN:

- Control Numérico (CN)
- Control Numérico Computerizado (CNC)
- Control Numérico Adaptativo (CNA)

- Control Numérico (CN):

La denominación de Control Numérico (CN) se utiliza para designar aquellos controles donde cada una de las funciones que realiza el control son implementadas por un circuito electrónico específico únicamente destinado a este fin, realizándose la interconexión entre ellos con lógica cableada.

- Control Numérico Computarizado (CN):

Como nos hemos referido anteriormente el CNC. se refiere al control numérico de máquinas, generalmente Máquinas de Herramientas. Normalmente este tipo de control se ejerce a través de un computador y la máquina está diseñada a fin de obedecer las instrucciones de un programa establecido.

- Control Numérico Adaptativo (CNA)

El Control Numérico Adaptativo es la tendencia actual de los controles. En este tipo el controlador detecta las características del mecanizado que está realizando y en función de ellas optimiza los parámetros como: las velocidades de corte y los avances; es decir., adapta las condiciones teóricas o programadas del mecanizado a las características reales del mismo. Para ello, usa sistemas sensoriales de fuerza y deformación en la herramienta, par, temperatura de corte, vibraciones, potencia, entre otros.

2.2.8 Lenguaje de programación CNC

El lenguaje de programación de un sistema de control determina las reglas con las que deberán construirse los bloques de programa en un programa CN-CNC.

Las bases del lenguaje de programación usado en sistemas de control CNC están estandarizadas internacionalmente. La norma DIN 66025 "Desarrollo de programas para máquinas de control numérico" coincide en contenido con el estándar internacional ISO/DIS 6983 y ISO/DP 6983 "Control numérico de máquinas".

2.2.9 Estructura de un programa CNC

Los programas de control numérico, se componen de líneas (también llamadas bloques). En cada una se codifican las operaciones de mecanizado que el control CNC se encargará de interpretar. Por ello es necesario seguir estrictamente una "sintaxis" de programación.

La estructura de una línea ó bloque de un programa CN esta conformada de la siguiente manera (Figura 2.4):

Dentro de cada bloque debe mantenerse el orden indicado en la Figura 2.4. Sin embargo, no es necesario que estén presentes todos los ítems. Se puede programar en sistema métrico (mm) o en pulgadas.

Cada una de las líneas ó bloques que forman un programa de control numérico, cumple unas reglas como se indica a continuación por medio de un ejemplo de una línea de programa.

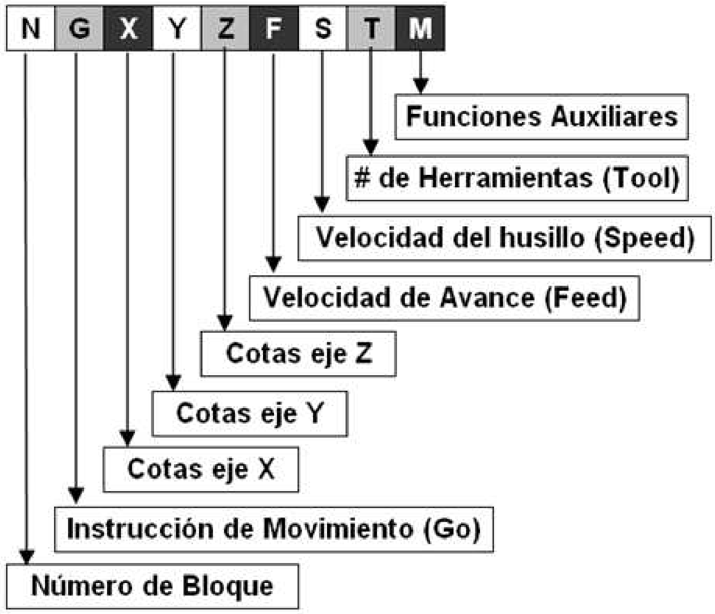


Figura 2.4 Estructura de una línea ó bloque CN

Ejemplo de una línea de programa de CNC:

N80 G0 X30 Z20 F0.3 T03 M03

En la línea o bloque se distingue, por un lado:

El orden, donde se destaca el número del bloque, la ubicación en el programa.

La información geométrica relacionada con los movimientos de la herramienta, perfil de la pieza a mecanizar.

La información tecnológica relacionada con las velocidades de corte, formas de las herramientas. Así mismo, aparecen diferentes letras que se corresponden con funciones de programación auxiliares.

Los bloques siguen este formato en donde se especifican tanto la información geométrica como tecnológica.

Orden	Información Geométrica	Información Tecnológica
N80	G0 X30 Z20	F0.25 T03 M03

A menudo los programadores separan entre distintas líneas los aspectos tecnológicos de los geométricos.

Así, es lo mismo programar:

N20 G00 X20 Z20 F0.25 S2000 T03 M03

Que hacerlo en dos líneas:

N20 F0.25 S200 T03 M03; Aspecto Tecnológico
N21 G0 X30 Z20; Aspecto Geométrico

2.2.9.1 Programación de CNC con códigos G y M

La programación nativa de la mayoría de las máquinas de Control Numérico Computarizado se efectúa mediante un lenguaje de bajo nivel llamado G y M.

Se trata de un lenguaje de programación vectorial mediante el que se describen acciones simples y entidades geométricas sencillas (básicamente segmentos de recta y arcos de circunferencia) junto con sus parámetros de maquinado (velocidades de husillo y de avance de herramienta).

El nombre G y M viene del hecho de que el programa está constituido por instrucciones Generales y Misceláneas.

A pesar de tratarse de un lenguaje de programación muy básico y rudimentario para los tiempos actuales, lo robusto de su comportamiento y su estandarización hacen funcionar máquinas de CNC a nivel mundial.

A modo de ejemplo, presentamos los códigos de programación más utilizados en tornos de CNC. Según el fabricante algunos de los códigos pueden ser distintos a los citados a continuación:

2.2.9.2 Códigos Generales o código GG

Las funciones preparatorias, también conocidas como G-Codes o Códigos G, son las más importantes en la programación CNC, ya que controlan el modo en que la máquina va a realizar un trazado, o el modo en que va a desplazarse sobre la superficie de la pieza que está trabajando.

G00: Marcha o Posicionamiento rápido (sin maquinar)

G01: Interpolación lineal (maquinando)

G02: Interpolación circular (sentido horario)

G03: Interpolación circular (sentido antihorario)

G04: Tiempo de espera para accesorio

G05: Tiempo de espera para operador

G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)

G21: Comienzo de uso de unidades métricas

G28: Volver al home de la máquina (0,0)

G33: Indica ciclo automático de roscado.

G70: Indicaciones de medidas en pulgadas

G71 Indicaciones de medidas en mm

G77: Es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de un cilindro, etc.

G77: Es un ciclo de refrentado.

G84 Ciclo fijo de cilindrado/Ciclo de refrentado (según fabricante)

G85 Ciclo de roscado

G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)

G96: Velocidad de giro constante

G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)

2.2.9.3 Funciones Misceláneas M

Las funciones auxiliares **M** producen distintas acciones en la máquina. Ejemplo: arrancar o detener el husillo, arrancar o detener el suministro de líquido refrigerante. Hay otras que están relacionadas con la ejecución del programa CNC: finalizarlo, resetear valores, etc. No pueden ser programadas junto con otras funciones, deben ir en bloques exclusivos y pueden incluirse hasta siete en un mismo bloque

M00	Parada de programa
M01	Parada condicional del programa
M02	Final del programa
M03	Arranque del husillo en sentido horario
M04	Arranque del husillo en sentido anti-horario
M05	Parada del husillo
M06	Cambio de herramienta
M30	Final del programa con reseteo de variables

Ejemplo:

N50 G1 X20 Z30 F200 S1000

N60 X100

N70 G0 Z50

El bloque **N50**, ordena a la herramienta que vaya desde las coordenadas en que se encuentre (en las que quedó luego de la ejecución del bloque anterior), en **G1** (trayectoria recta) a las coordenadas **X20 Z30**, a una velocidad de avance (**F**) de 200 milímetros por minuto, con el husillo girando a (**S**) 1000 revoluciones por minuto.

Si nos situamos en el siguiente bloque, el nuevo movimiento es en **G1** que no está especificado en el bloque por ser una función **Modal**; es decir que ésta función una vez programada, puede permanecer activa hasta que se programa una función contraria, o el programa llegue a concluir; en este caso, ya está especificado en el bloque N50. Ahora el bloque **N60** ordena ir a **X100**, esto significa que el movimiento no tendrá nuevas cotas en **Z**, o sea que el nuevo destino es **X100 Z30**. Al no haber nuevas cotas, no es necesario incluirlas en el bloque, también son modales. Al no haber especificación de **F** ni de **S**, el movimiento se hará con los mismos valores del bloque anterior. **F** y **S** también son modales.

Bloque **N70**, movimiento rápido **G0** desde la cota anterior a **Z50**, asume **F** a la velocidad máxima de la máquina. **S** según último bloque.

Puede programarse en forma absoluta (todos los valores están dados respecto del 0,0) o incremental (los valores son relativos a la cota previa). Por defecto los CNC asumen programación en absolutas (**G90**). En caso de querer trabajar en incrementales deberá programarse un **G91** en la línea inicial.

2.2.9.4 Análisis de algunas funciones utilizadas

Presentaremos un análisis de algunas de las funciones utilizadas en el presente trabajo:

G00 Posicionamiento Rápido

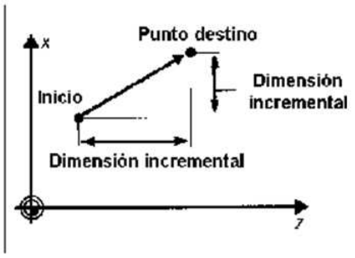
G00 es un movimiento de desplazamiento rápido. No se usa para trabajar, sino para moverse de un punto a otro a la **máxima velocidad de la máquina**. Este plano es el definido por una cota en **Z** que asegura que la herramienta podrá desplazarse sin chocar con algún obstáculo. No se pueden programar movimientos **G00** interpolados en 2 o más planos. Normalmente se programa primero la salida en **Z** y luego, en otro bloque, el reposicionamiento en **XY**. Para este bloque, la máquina buscará primero la cota **X** y luego la **Y**. Es decir, no interpolará.

La función **G00** es modal e incompatible con **G01**, **G02**, **G03**, y **G33**. En algunos controles **G00** no anula la última **F** programada, en otros sí, por lo que hay que volver a programarla luego de la ejecución de un **G00.**

G01 Desplazamiento Lineal Con Avance

Pueden ser movimientos con variación simultánea en los 2 ejes.

El CNC calculará las velocidades relativas según cada uno de los ejes, de manera que el resultado de la combinación sea una trayectoria rectilínea. El **G01** se ejecuta a la **F** programada, aunque ésta puede ser luego variada durante la ejecución del programa. Normalmente **F** es modal. **G01** no puede ser incluida en un mismo bloque con **G00**, **G02**, **G03** y **G33**.



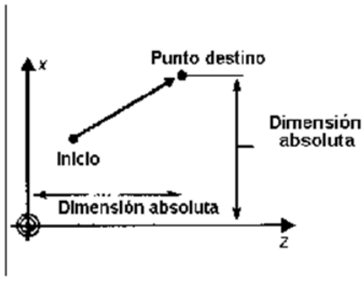


Figura 2.5 Desplazamiento en Incremental y Absoluto

G02 Y G03 Desplazamiento Circular Horario Y Antihorario

Cuando se programan circunferencias o arcos circulares, es posible también emplear coordenadas polares.

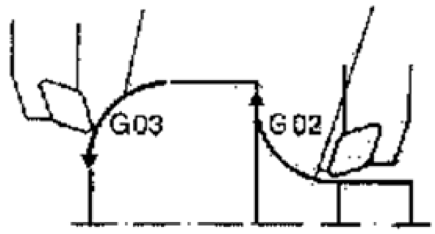


Figura 2.6 Desplazamiento Circular con G02 y G03

Las instrucciones de interpolación circular, G02 y G03, se diferencian en el sentido de rotación.

Las instrucciones "Interpolación circular, horario" (G02) y "Interpolación circular, antihorario" (G03) requieren las siguientes funciones suplementarias:

- coordenadas del punto destino
- introducción del radio o centro del arco
- velocidad de avance
- velocidad de giro o de corte

El centro del arco se introduce generalmente en dimensiones incrementales relativas al punto de partida. Aquí, se emplean las letras de dirección I, J, K (para las direcciones X, Y, Z).

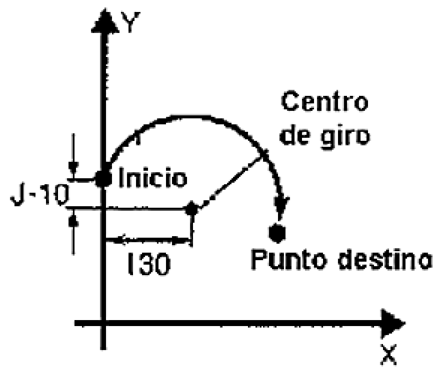


Figura 2.7 Desarrollo de trayectoria Circular

Con el punto de partida X=0, Y=50, se ilustra la siguiente instrucción:

G02 X60 Y30 I30 J-10 F02 V300

X60 Y30 Punto destino

I30 J-10 Centro del arco en dimensiones incrementales

F02 Velocidad de avance 0.2 mm/rev.

V300 Velocidad de corte 300 m/min

2.2.9.5 Puntos de referencia en torno CNC

Antes de empezar a maquinas es importante dejar establecido los puntos de referencias que ayudaran a la máquina dar el punto de partida para la comprensión del programa CNC. Estos son el **Cero Máquina**, el **Cero Pieza** y el **Punto de Referencia**.

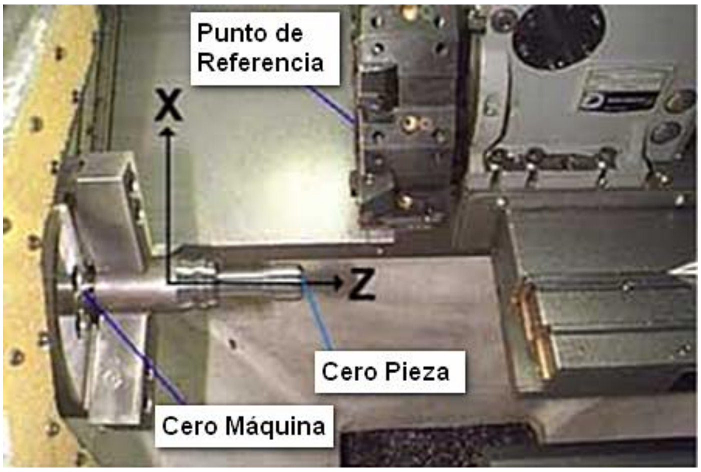


Figura 2.7 Puntos de referencia en torno CNC

El Cero Máquina u Origen de la Máquina es el punto sobre el que se sitúa el sistema de coordenadas inicial de las máquinas, su origen, viene dado por el fabricante. Es el punto de referencia para todo el resto de sistemas de coordenadas.

En los tornos suele colocarse en la base interior o delantera del plato, posición cero del eje z y el eje x se sitúa siempre en la posición del eje principal de la maquina.

Otro factor importante a determinar es que todo programa debe indicar el lugar de posición que se ha elegido para referenciar la pieza que se llama **"Cero Pieza"**.

El **Cero Pieza** es el punto en donde el programador sitúa un sistema de referencia según ejes X - Z, respecto de los cuales define la geometría (cotas) de la pieza que quiere programar. El cero pieza viene dado respecto del cero máquina, y que una vez definido el cero pieza, el programa CNC es independiente de la posición exacta en que se sujeta la pieza en el cabezal del torno. Esta posición puede quedar determinada por las funciones G54 a G59.

Punto de referencia es aquél donde se realiza la sincronización del sistema de referencia de la máquina. Este punto es hacia donde se dirige el carro portaherramientas cuando cambia de herramienta o cuando se acaba el mecanizado de la pieza. Este punto está prefijado por el fabricante de la máquina.

2.3.3 CNC en el Ecuador

A pesar de que en la República del Ecuador no existen antecedentes precisos acerca del tema que aquí se trata, es importante destacar que se han hecho esfuerzos parte de empresas privadas para la introducción de máquinas CNC al mercado, así como compañías o talleres que las adquieren mediante importación para mejorar sustancialmente sus procesos y trabajos a su vez la capacitación de operadores calificados para las mismas.

En Ecuador la parte en que más se desarrolla procesos CNC es en la zona de la serranía como son Cuenca, Ambato y Quito.

En Latinoamérica y otros países varias son las experiencias y los resultados que se tiene al respecto, como el caso de Argentina, México, Colombia y España por nombrar a los hispanohablantes, donde el CNC tiene su mayor desarrollo.

CAPITULO 3

Manufactura de la pieza Modelo

3.1 Geometría CAD para Diseño de la pieza

El diseño es realizado en SolidWork en base a un prediseño en papel.

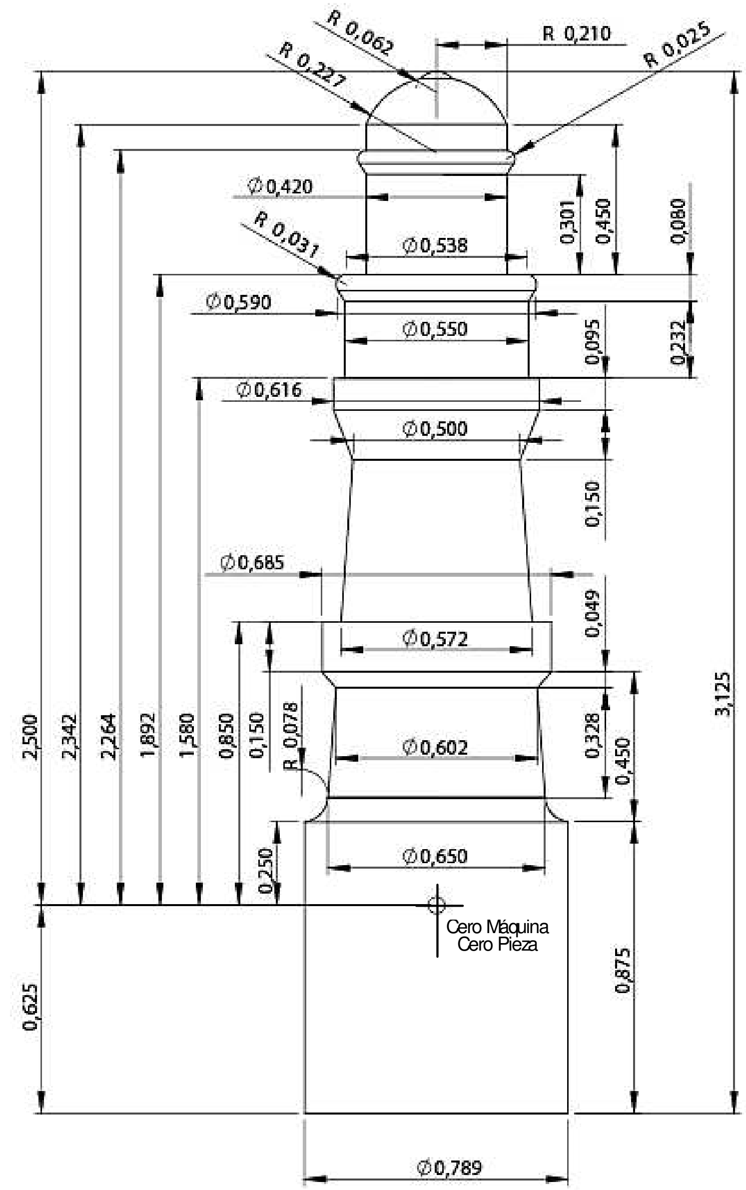


Figura 3.1 Plano de pieza a maquinar en torno CNC

3.2 Hoja de Proceso

A partir de la información obtenida del análisis de forma y tecnología se establecen el o los métodos de fabricación que resulten más sencillos y económicos para la pieza como producto final.

El primer paso es hacer una lista de las distintas fases que se necesitan para fabricar la pieza. Cada fase, a su vez, puede estar formada por varias operaciones.

Luego levantar la Hojas de Proceso como se muestran en la Tabla 2.1 y Tabla 2.2 y que indican:

a) Identificación de la pieza.

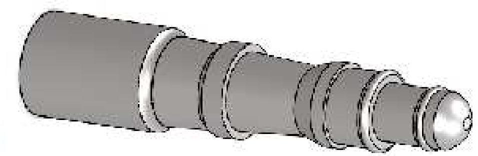
b) Croquis de la pieza.

c) Orden a seguir para efectuar las distintas operaciones que componen el proceso.

d) Máquina-herramienta, herramientas y útiles empleados.

c) Factores de corte (velocidad de corte, número de revoluciones por minuto de la pieza o herramienta, avance, profundidad de pasada, longitud de maquinado, tiempo de la rutina de maquinado, etc.).

f) Tiempos de mecanizado.

ESPOL	HOJA DE PROCESO	No de Pieza	Hoja No	No. de Hoja	Croquis : Faro
		1	1	2	
Conjunto		Material	Bronce Dulce (Latón)		
Plano	FARO-001	Dimensión en bruto	2,5" x 0,890" dia		
Realizado por	Manuel Larrea — Fecha: 10-02-2010	Comprobado	ML		

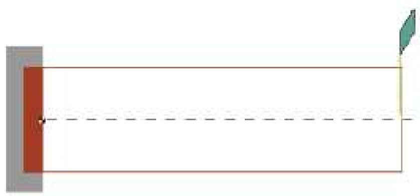
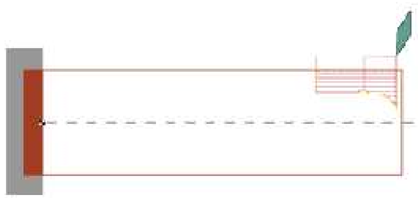
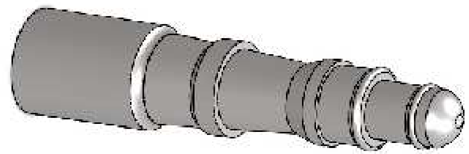
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud	Tiempo (min)	
							Vc m/min	N rpm	a mm/min	P mm	mm	Prepa-ración	Trabajo
1	1		Desbaste de la forma 1	Torno	Tool 1	Calibrador	86,9	1452	27,94	0,49	0,91		1,90
2	1		Desbaste de la forma 2	Torno	Tool 1	Calibrador	86,9	1452	27,94	0,49	12,98		6,80

Tabla 2.1 Hoja de Proceso 1a

ESPOL	HOJA DE PROCESO	No de Pieza	Hoja No	No. de Hoja	Croquis : Faro
		1	2	2	
Conjunto		Material	Bronce Dulce (Latón)		
Plano	FARO-001	Dimensión en bruto	2,5" x 0,890" dia		
Realizado por: Manuel Larrea	Fecha: 10-02-2010	Comprobado	ML		

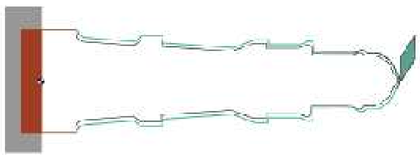
Fase	Operación	Esquema	Descripción	Máquina	Herramienta	Control	Condiciones de corte				Longitud	Tiempo (min)	
							Vc m/min	N rpm	a mm/n	P mm	mm	Prepa-ración	Trabajo
2	1		Desbaste de la forma 3	Torno	Tool 1	Calibrador	180	3565	0,038	0,49	42,64		9,50
3	2		Acabado	Torno	Tool 1	Calibrador	180	3565	0,038	0,18	56,53		2,30

Tabla 2.2 Hoja de Proceso 1b

3.3 Creación CAM de la pieza

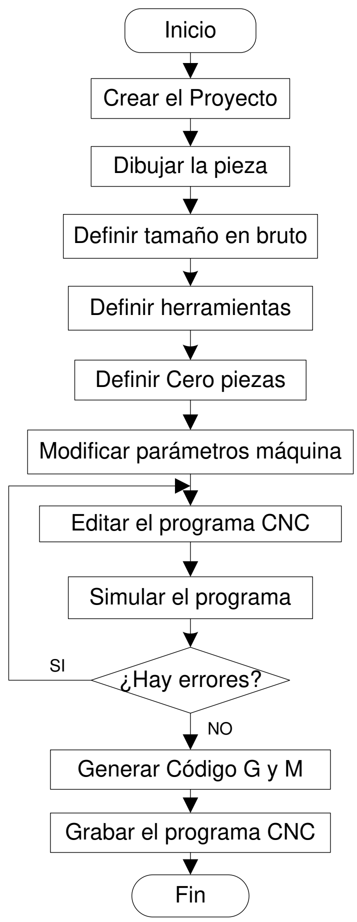


Figura 3.2 Ruta de Proceso para una pieza en CAM

Se utiliza el software SpectraCAM de Intelitek, para convertir los dibujos en CAD de control numérico (NC). El resultado será un archivo que se se utilizará para fabricar la pieza diseñada un centro de torneado CNC. El software de spectraCAM dispone de un dibujo CAD básico integrado que permite un entorno de trabajo transparente y fácil.

Para el trabajo de diseño en el SpectraCAM, exportamos el archivo de perfil de la pieza en DFX realizada en SolidWork y procedemos a redibujar el contorno en los parámetros previamente definidos en el diseño.

En base a la Hoja de Proceso, nos centramos a convertir las fases o secciones de las operaciones de corte de desbaste y acabado en representaciones gráficas siguiendo los procedimientos de trabajo del software.

3.4 Generación de Código G y M.

En primer lugar hay que saber que el Programa de Control está formado por tres módulos: el Simulador, el Gestor y el Editor

El **Editor** permite crear y modificar los programas de CNC de forma sencilla y guiada.

En el **Gestor** es donde se definen los otros datos que son necesarios para simular el programa de CNC (el bruto, las herramientas, el cero pieza…). También en este módulo se encuentran las opciones que nos permiten comunicarnos con el control numérico de una máquina.

El **Simulador** analiza el programa de CNC junto con todos los datos definidos en el Gestor para detectar posibles errores. Si no se detecta ningún error se realiza la simulación del mecanizado.

Las siguientes páginas se presentan el programa en código CNC realizado para la pieza correspondiente a esta tesina.

PROGRAMA CNC	BREVE DESCRIPCIÓN
%	
N0 ; spectraLIGHT Turning Center	
N1 ; Tool Turret Operation	
N2 ; Material Type: Bronce (2.5" x dia 0.789")	
N3 ; Material Size: Z2.5 X0.789	
N4 ; Material Origin: Z0 X0	
N5 ; Units: Inch	
N6 ; External Tool #1: 'Left Hand Diamond'	
N7 G70 ; Inch Units	Indicaciones de medidas en pulgadas
N8 M03	Arranque del husillo en sentido horario
FASE 1	
N9 M06 T01 ; Toolchange to Tool #01	Cambio de herramienta T#01
N10 ; Roughing, Rough #1	Desbastado; Desbaste #1
N11 S1452	Velocidad de giro del husillo a 1.452 rpm
N12 G0 Z2.4908 X0.5045	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,5045"
N13 G1 X0.3662 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X= 0,3662"; Z= 2,4908" a una velocidad de corte (F) d e 0,5 plg/min
N14 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X 0,3662" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg /min
N15 G0 X0.3855 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,3855" (retiro cuchilla)
N16 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,3855"
N17 G1 X0.3469 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas Z= 2,4908"; X= 0,3569"; a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N18 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3469" Z=2 ,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N19 G0 X0.3662 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,3662"
N20 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,3662"
N21 G1 X0.3276 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3276"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N22 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X 0,3276" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg /min
N23 G0 X0.3469 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,3469"
N24 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,3469"
N25 G1 X0.3083 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3083"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N26 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X 0,3083" Z2,4 842 con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N27 G0 X0.3276 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,3276"
N28 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,3276"
N29 G1 X0.2889 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X= 0,3569"; Z= 2,4908" a una velocidad de corte (F) d e 0,5 plg/min
N30 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X 0,2889" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg /min
N31 G0 X0.3083 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,3083"
N32 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,3855"
N33 G1 X0.2696 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2693"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N34 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X 0,2696" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg /min
N35 G0 X0.2889 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,2889"
N36 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,2889"
N37 G1 X0.2503 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X= 0,2503"; Z= 2,4908" a una velocidad de corte (F) d e 0,5 plg/min
N38 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X 0,2503" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg /min
N39 G0 X0.2696 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,2696"
N40 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,2696"
N41 G1 X0.231 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2310"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N42 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X 0,2310" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg /min
N43 G0 X0.2503 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,3855"

Tabla 2.3 Programa CNC y descripción de Bloque 1/7

PROGRAMA CNC	BREVE DESCRIPCIÓN
N44 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,2503"
N45 G1 X0.2117 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2117"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N46 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coordenadas X 0,2117" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N47 G0 X0.231 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,2310"
N48 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,2310"
N49 G1 X0.1924 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,1924"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N50 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coordenadas X 0,1924" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N51 G0 X0.2117 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,2117"
N52 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,2117"
N53 G1 X0.1731 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,1731"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N54 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coordenadas X 0,1731" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N55 G0 X0.1924 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,1924"
N56 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,1924"
N57 G1 X0.1538 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,1538"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N58 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coordenadas X 0,1538" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N59 G0 X0.1731 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,1731"
N60 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,1731"
N61 G1 X0.1345 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,1345"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N62 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coordenadas X 0,1345" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N63 G0 X0.1538 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,1538"
N64 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,1538"
N65 G1 X0.1151 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,1151"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N66 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X 0,1151" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N67 G0 X0.1345 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,1345"
N68 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,1345"
N69 G1 X0.0958 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,0958"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N70 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X 0,0958" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N71 G0 X0.1151 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,1151"
N72 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,1151"
N73 G1 X0.0765 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,0765"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N74 G1 Z2.4842 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X 0,0765" Z2,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N75 G0 X0.0958 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,0958"
N76 G0 Z2.4908	Marcha rápida a la posición Z= 2,4908"; X= 0,0958"
N77 G1 X0.0572 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,0572"; Z = 2,4908" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N78 G1 Z2.4906 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coordenadas X 0,0572" Z2,4906" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N79 G2 Z2.4842 X0.0636 I-0.0535 K-0.0602	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,4842"; X=0,0636" y Centro del arco I=-0,0535"; K =-0,0602"
N80 G0 X0.5045 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 2,4842"; X= 0,5045"
FASE 2	
N81 M06 T01 ; Toolchange to Tool #01	Cambio de herramienta T#01
N82 ; Roughing, Rough #2	Desbastado; Desbaste #2
N83 S1452	Velocidad de giro del husillo a 1.452 rpm
N84 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4542"; X= 0,5045"

Tabla 2.4 Programa CNC y descripción de Bloque 2/7

PROGRAMA CNC	BREVE DESCRIPCIÓN
N85 G1 X0.3664 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3664'; Z = 2,4642' a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N86 G1 Z1.9053 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X 0,3664' Z1,9 053' con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N87 G0 X0.3855 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,9053"; X= 0,3664" (retiro cuchilla)
N88 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642'; X= 0,3855'
N89 G1 X0.3472 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas Z= 2,4642'; X= 0,3472'; a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N90 G1 Z1.9053 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3472' Z=2 ,4662' con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N91 G0 X0.3664 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,9053"; X= 0,3664"
N92 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,3664"
N93 G1 X0.3281 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3281"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N94 G1 Z1.9053 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X 0,3281' Z1,90 53' con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N95 G0 X0.3472 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,9053"; X= 0,3472"
N96 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642'; X= 0,3472'
N97 G1 X0.3089 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3089"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N98 G1 Z1.9053 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X 0,3089' Z1,9 053' con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N99 G0 X0.3281 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,9053"; X= 0,3281"
N100 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642'; X= 0,3281'
N101 G1 X0.2898 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2898'; Z = 2,4642' a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N102 G1 Z1.9053 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X 0,2898' Z1,90 53' con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N103 G0 X0.3089 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,9053"; X= 0,3089"
N104 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,3089"
N105 G1 X0.2706 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2706"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N106 G1 Z1.9053 F1.1	Trayectoria recta (interpolación lineal) a las coor denadas X 0,2706' Z1,9053' con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg /min
N107 X0.2708	Desplazamiento lineal a Z= 1,9053": X= 0,2708"
N108 G0 X0.2898 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,9053'; X= 0,2898'
N109 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,2898"
N110 G1 X0.2515 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2515"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N111 G1 Z1.9053 F1.1	Trayectoria recta a las coordenadas X =0,2696" Z=2 ,4842" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N112 X0.2706	Desplazamiento lineal a Z= 1,9053': X= 0,2706'
N113 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642'; X= 0,2898'
N114 G1 X0.2323 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2323'; Z = 2,4642' a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N115 G1 Z2.268 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X= 0,2323" Z= 2,268" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N116 G2 Z2.2362 X0.248 I-0.0244 K-0.0318	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 2,2362"; X=0,248" y Centro del arco I=-0,0244"; K= -0,0318"
N117 G1 Z1.9053	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,248' Z1,9053'
N118 X0.2515	Desplazamiento lineal a Z= 1,9053": X= 0,2515"
N119 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,2515"
N120 G1 X0.2132 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2132"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N121 G1 Z2.3674 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2132" Z2, 3674" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N122 G2 Z2.3471 X0.2221 I-0.1955 K-0.0979	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 2,3471'; X=0,2221' y Centro del arco I=-0,1955'; K= -0,0979'
N123 Z2.3432 X0.2228 I-0.0103 K-0.0039	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 2,3432'; X=0,2228' y Centro del arco I=-0,0103'; K= -0,0039'
N124 G1 Z2.2734	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2228' Z2,2734'

Tabla 2.5 Programa CNC y descripción de Bloque 3/7

PROGRAMA CNC	BREVE DESCRIPCIÓN
N125 G2 Z2.268 X0.2323 I-0.0149 K-0.0372	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,3471"; X=0,2221" y Centro del arco I=-0,1955"; K=-0,0979"
N126 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,2323"
N127 G1 X0.194 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,1940"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N128 G1 Z2.3988 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2132" Z2,3674" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N129 G2 Z2.3674 X0.2132 I-0.1764 K-0.1292	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,3374"; X=0,2232" y Centro del arco I=-0,1764"; K= -0,1292"
N130 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,2132"
N131 G1 X0.1749 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,1940"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N132 G1 Z2.4215 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,1749" Z2,4215" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N133 G2 Z2.3988 X0.194 I-0.1572 K-0.1519	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,3988"; X=0,194" y Centro del arco I=-0,1572"; K= -0,1519"
N134 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,194"
N135 G1 X0.1557 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,1557"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N136 G1 Z2.4391 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,1557" Z2,4391" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N137 G2 Z2.4215 X0.1749 I-0.1381 K-0.1695	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,4215"; X=0,1749" y Centro del arco I=-0,1381"; K= -0,1695"
N138 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,1749"
N139 G1 X0.1366 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,1366"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N140 G1 Z2.453 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,1366" Z2,4530" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N141 G2 Z2.4391 X0.1557 I-0.1189 K-0.1835	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,4391"; X=0,1557" y Centro del arco I=-0,1189"; K= -0,1835"
N142 G0 Z2.4642	Marcha rápida a la posición Z= 2,4642"; X= 0,1557"
N143 G1 X0.1174 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,1174"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N144 G1 Z2.4641 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,1174" Z2,4641" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N145 G2 Z2.453 X0.1366 I-0.0998 K-0.1945	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,4530"; X=0,1366" y Centro del arco I=-0,0998"; K=-0,1945"
N146 G0 X0.248 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,1366"; X= 0,248"
N147 G0 Z2.2362	Marcha rápida a la posición Z= 2,2362"; X= 0,248"
N148 G1 X0.248 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,248"; Z= 2,2362" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N149 G2 Z2.2244 X0.2462 I-0.0401 K-0 F1.1	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,2244"; X=0,2462" y Centro del arco I=-0,0401"; K= -0" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N150 Z2.2215 X0.2449 I-0.0105 K0.0032	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,2245"; X=0,2449" y Centro del arco I=-0,0105"; K= 0.0032"
N151 G1 Z2.2078 X0.2357	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2357"; Z= 2,2078"
N152 Z1.9053	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,2357"; Z = 1,9053"
N153 X0.248	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,248"; Z= 1,9053"
N154 G0 Z2.2078	Marcha rápida a la posición Z= 2,2078"; X= 0,248"
N155 G1 X0.2357 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,2357"; Z = 2,2078" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N156 G1 Z2.1895 X0.2235 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,1557" Z2,4391" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N157 Z1.9053	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,2235"; Z = 1,9053"
N158 X0.2357	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,2357"; Z = 1,9053"
N159 G0 X0.5045 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,9053"; X= 0,5045"
FASE 3	
N160 M06 T01 ; Toolchange to Tool #01	Cambio de herramienta T#01
N161 ; Roughing, Rough #3	Desbastado; Desbaste #3
N162 S1452	Velocidad de giro del husillo a 1.452 rpm
N163 G0 Z1.8853	Marcha rápida a la posición Z= 1,8853"; X= 0,5045"

Tabla 2.6 Programa CNC y descripción de Bloque 4/7

PROGRAMA CNC	BREVE DESCRIPCIÓN
N164 G1 X0.3664 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3664"; Z = 1,8853" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N165 G1 Z0.2744 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,3664" Z0, 2744" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N166 G3 Z0.2673 X0.3847 I0.0303 K0.051	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 0,2673"; X=0,3847" y Centro del arco I=0,0303"; K= 0,051"
N167 G0 X0.3855 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 0,2673"; X= 0,3855"
N168 G0 Z1.8853	Marcha rápida a la posición Z= 1,8853"; X= 0,3855"
N169 G1 X0.3474 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,1557"; Z = 2,4642" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N170 G1 Z0.8616 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,3574" Z0, 8616" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N171 G2 Z0.8506 X0.3574 I-0.001 K-0.011	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 2,3374"; X=0,2232" y Centro del arco I=-0,1764"; K= -0,1292"
N172 G1 Z0.7042	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3574"; Z= 0,7042"
N173 Z0.2809	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3574"; Z = 0,2809"
N174 G3 Z0.2744 X0.3664 I0.0393 K0.0444	Interpolación circular en sentido antihorario; punt o de destino Z= 0,2744"; X=0,3664" y Centro del arco I=0,0393"; K= 0,0444"
N175 G0 Z1.8853	Marcha rápida a la posición Z= 1,8853"; X= 0,3664"
N176 G1 X0.3283 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3283"; Z = 1,8853" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N177 G1 Z0.8616 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,3283" Z0, 8616" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N178 X0.3464	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3464"; Z = 0,8616"
N179 X0.3474	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3474"; Z = 0,8616"
N180 G0 Z1.8853	Marcha rápida a la posición Z= 1,8853"; X= 0,3474"
N181 G1 X0.3093 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3093"; Z = 1,8853" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N182 G1 Z1.8848 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,3093" Z1, 8848" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N183 G2 Z1.8644 X0.3147 I-0.0357 K-0.0204	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 1,8644"; X=0,3147" y Centro del arco I=-0,0357"; K= -0,0204"
N184 G1 Z1.5946	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3147" Z1,5946"
N185 G2 Z1.5837 X0.3242 I-0.0015 K-0.0109	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 1,5837"; X=0,3242" y Centro del arco I=-0,0015"; K= -0,0109"
N186 G1 Z1.4879	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3242" Z1,4879"
N187 Z0.8616	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3242" Z0, 8616"
N188 X0.3283	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3283" Z0, 8616"
N189 G0 X0.3147 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 0,8616"; X= 0,3147"
N190 G0 Z1.8644	Marcha rápida a la posición Z= 1,8644"; X= 0,3147"
N191 G1 X0.3147 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3147"; Z = 1,8544" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N192 G2 Z1.8426 X0.3084 I-0.0411 K0 F1.1	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 1,5837"; X=0,3242" y Centro del arco I=-0,0015"; K= -0,0109"
N193 G1 Z1.8315 X0.3016	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3016" Z1,8315"
N194 Z1.5947	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,3016" Z1, 5947"
N195 X0.3132	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,3132" Z1, 5947"
N196 G2 X0.3147 I-0 K-0.011	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 1,5947"; X=0,3147" y Centro del arco I=0,0"; K= -0,011"
N197 G0 Z1.8315	Marcha rápida a la posición Z= 1,8315"; X= 0,3147"
N198 G1 X0.3016 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3016"; Z = 1,8315" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N199 G1 Z1.8103 X0.2884 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3016" Z0, 8103" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N200 Z1.5947	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,2884" Z1, 5947"
N201 X0.3016	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,3016" Z1, 5947"
N202 G0 X0.330 ; Retract	Trayectoria lineal a las coordenadas X0,2884" Z1, 5947"
N203 G0 Z1.4879	Marcha rápida a la posición Z= 1,4879"; X= 0,330"
N204 G1 X0.3242 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X=0,3242"; Z = 1,4879" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min

Tabla 2.7 Programa CNC y descripción de Bloque 5/7

PROGRAMA CNC	BREVE DESCRIPCIÓN
N205 G2 Z1.4838 X0.3234 I-0.011 K0 F1.1	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 1,4838"; X=0,3234" y Centro del arco I= -0,011"; K= 0,0" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N206 G1 Z1.4482 X0.3089	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3089"; Z1,4482"
N207 Z0.8616	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3089"; Z0 ,8616"
N208 X0.3242	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3242"; Z0 ,8616"
N209 G0 Z1.4482	Marcha rápida a la posición Z= 1,4482"; X= 0,3242"
N210 G1 X0.3089 F0.5 ;Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3089"; Z = 1,4482" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N211 G1 Z1.4106 X0.2935 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3089" Z1, 4106" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N212 Z0.9313	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2884" Z1, 5947"
N213 Z0.8616 X0.2988	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2884" Z1,5947"
N214 X0.3089	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2884" Z1, 5947"
N215 G0 Z1.4106	Marcha rápida a la posición Z= 1,4482"; X= 0,3242"
N216 G1 X0.2935 F0.5 ;Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2935"; Z = 1,4106" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N217 G1 Z1.373 X0.2782 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2782" Z1, 373" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N218 Z1.1334	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2782" Z1, 1334"
N219 Z0.9313 X0.2935	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2935" Z0,9313"
N220 G0 Z1.373	Marcha rápida a la posición X 0,2935" Z1,373"
N221 G1 X0.2782 F0.5 ; Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,2782"; Z = 1,373" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N222 G1 Z1.3355 X0.2628 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2782" Z1, 3355" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N223 Z1.1334 X0.2782	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2782" Z1,1334"
N224 G0 X0.3700 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,1334"; X= 0,3700"
N225 G0 Z0.7042	Marcha rápida a la posición Z= 0,7042"; X= 0,3700"
N226 G1 X0.3574 F0.5 ;Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3574"; Z = 0,7042" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N227 G2 Z0.6969 X0.3546 I-0.011 K0 F1.1	Desplazamiento circular en sentido horario; punto d e destino Z= 0,6969"; X=0,3546" y Centro del arco I= -0,011"; K= 0,0" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N228 G1 Z0.6832 X0.3423	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3423" Z0,6832"
N229 Z0.3019	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3423" Z0, 3019"
N230 G3 Z0.2809 X0.3574 I0.0545 K0.0235	Desplazamiento circular en sentido antihorario; pun to de destino Z= 0,2809"; X=0,3574" y Centro del arco I=0,0545"; K= 0,0235"
N231 G0 Z0.6832	Marcha rápida a la posición Z= 0,6832"; X= 0,6832"
N232 G1 X0.3423 F0.5 ;Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3423"; Z = 0,6832" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N233 G1 Z0.6664 X0.3271 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3271" Z0, 6664" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N234 Z0.458	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3271" Z0, 458"
N235 Z0.314 X0.3385	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3385" Z0,314"
N236 G3 Z0.3019 X0.3423 I0.0582 K0.0114	Desplazamiento circular en sentido antihorario; pun to de destino Z= 0,3019"; X=0,3423" y Centro del arco I=0,0582"; K= 0,0114"
N237 G0 Z0.6664	Marcha rápida a la posición Z= 0,6664"; X= 0,3423"
N238 G1 X0.3271 F0.5 ;Plunge	Trayectoria recta a las coordenadas X= 0,3271"; Z = 0,6664" a una velocidad de corte (F) de 0,5 plg/min
N239 G1 Z0.6496 X0.3119 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3119" Z0, 6496" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N240 Z0.458 X0.3271	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3271" Z0,458"
N241 G0 X0.3945 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 0,458"; X= 0,3945"
FASE 4	
N242 M06 T01 ; Toolchange to Tool #01	Cambio de herramienta T#01
N243 ;Finishing, Finish #1	Finalizado; Final #1
N244 S1452	Velocidad de giro del husillo a 1.452 rpm
N245 G0 Z2.5008 X0.4945	Marcha rápida a la posición Z= 2,5008"; X= 0,4945"
N246 X0.0074	Marcha rápida a la posición Z= 2,5008"; X= 0,0074"

Tabla 2.8 Programa CNC y descripción de Bloque 6/7

PROGRAMA CNC	BREVE DESCRIPCIÓN
N247 G2 Z2.4742 X0.059 I-0.0037 K-0.0705 F1.1	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,4742"; X=0,059" y Centro del arco I=-0,0037"; K=-0,0705" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N248 G0 X0.2200 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 0,8616"; X= 0,3147"
N249 M06 T01 ; Toolchange to Tool #01	Cambio de herramienta T#01
N250 ; Finishing, Finish #2	Finalizado; Final #1
N251 S1452	Velocidad de giro del husillo a 1.452 rpm
N252 G0 X0.0583	Marcha rápida a la posición Z= 1,8853"; X= 0,5045"
N253 G2 Z2.3436 X0.2127 I-0.0407 K-0.2046 F1.1	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 1,5837"; X=0,3242" y Centro del arco I=-0,0015"; K= -0,0109" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N254 G1 Z2.3432	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2127" Z2,3432"
N255 Z2.2658	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2127" Z2,2658"
N256 G2 Z2.2273 X0.2367 I-0.0049 K-0.0297	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 2,2273"; X=0,2367" y Centro del arco I=-0,0049"; K= -0,0297"
N257 G1 Z2.227 X0.2366	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2366" Z2,227"
N258 Z2.1925 X0.2135	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2135" Z2,1925"
N259 Z1.8953	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2135" Z1,8953"
N260 X0.2708	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2708" Z1,8953"
N261 G0 X0.3000 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 1,8953"; X= 0,3000"
N262 M06 T01 ; Toolchange to Tool #01	Cambio de herramienta T#01
N263 ; Finishing, Finish #3	Finalizado; Final #1
N264 S1452	Velocidad de giro del husillo a 1.452 rpm
N265 G0 X0.2701	Marcha rápida a la posición Z= 1,8953"; X= 0,2701"
N266 G1 X0.2771 F1.1	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2771" Z1,8953" con una velocidad de avance (F) de 1,1 plg/min
N267 X0.2772	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2772" Z1,8953"
N268 G2 Z1.8479 X0.2999 I-0.0036 K-0.0309	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 1,8479"; X=0,2999" y Centro del arco I=-0,0036"; K= -0,0309"
N269 G1 Z1.8132 X0.2784	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2784" Z1,8132"
N270 Z1.5847	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2784" Z1,5847"
N271 X0.3132	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3132" Z1,5847"
N272 G2 Z1.5837 X0.3142 I-0 K-0.001	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 1,5837"; X=0,3142" y Centro del arco I=-0,0"; K = -0,001"
N273 G1 Z1.4879	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3142" Z1,4879"
N274 Z1.4875	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3142" Z1,4875"
N275 Z1.3371 X0.2527	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2527" Z1,3371"
N276 Z0.8516 X0.2895	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,2895" Z1,8516"
N277 X0.3464	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3464" Z1,8516"
N278 G2 Z0.8506 X0.3474 I-0 K-0.001	Desplazamiento circular en sentido horario; punto de destino Z= 0,8506"; X=0,3474" y Centro del arco I=-0,0"; K = -0,001"
N279 G1 Z0.7042	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3474" Z0,7042"
N280 Z0.7036 X0.3472	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3472" Z0,7036"
N281 Z0.6531 X0.3016	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3016" Z0,6531"
N282 Z0.3127 X0.3286	Trayectoria lineal a las coordenadas X 0,3286" Z0,3127"
N283 G3 Z0.2561 X0.3944 I0.0682 K0.0127	Desplazamiento circular en sentido antihorario; punto de destino Z= 0,2561"; X=0,3944" y Centro del arco I=0,0682"; K= 0,0127"
N284 G0 X0.4945 ; Retract	Marcha rápida a la posición Z= 0,2561"; X= 0,4945"
N285 G0 Z3.0 X0.750	Marcha rápida a la posición Z= 3,0"; X= 0,750"
N286 M02 ; End of File	Final de Programas

Tabla 2.9 Programa CNC y descripción de Bloque 7/7

3.5 Maquinado de la Pieza Modelo en Torno CNC

Especificaciones Generales del Torno se Control Numérico en el que se procesará la pieza son las siguientes:

Figura 3.3 SpectraLIGHT 0400 Turning Center

Modelo: SpectraLIGHT 0400 Turning Center. (Figura 3.3)

Estándares: EIA, ISO, Fanuc y Códigos G y M.

Especificaciones de Máquina:

Recorrido Ejes: Eje X: 4,6” (116mm); Eje Z: 6,0” (152mm)

Volteo: 3,5” (89 mm)

Distancia del carro: 1,25” (32mm) Transversal al centro de la copa

Área De Trabajo

Tamaño Tablero: 8,5 “x 2,75 “

N° de Herramientas: 4 del porta-herramientas

Husillo

Motor De Giro: 1/2HP (0.373kW)

Tipo De Motor: DC Magneto

Permanente Rango
Velocidad: 200 – 2500 RPM
Cono Husillo: MORSE N° 1

Contrapunta o Cabezal

Cono:	MORSE N° 0
Carrera cabezal:	1,5" (38mm)
Distancia entre Centros:	8" (203mm) Centros

Exactitud

Repetibilidad:	0,0005" (0,0127mm)
Resolución:	0,00013" (0,0032mm)

Motor Para Avance

Rata Avance:	0,1–12 pulg/min. (2–300 mm/min.)
Avance Rápido:	30 pulg/min. (762mm/min.)
Motor:	200 pasos/rev

Dimensiones Máquina

Ancho:	23" (584mm)
Profundidad:	16" (406mm)
Altura:	18.5pulg (470mm)

El torno se opera desde un PC, bajo Windows, por medio del software de Control en 3D CNCMotion de Intelitek

3.5.1 Planificación del Proceso de Mecanizado CNC

En el Figura 3.4 podemos ver las fases a seguir para definir un programa de CNC y realizar su mecanizado en la máquina.

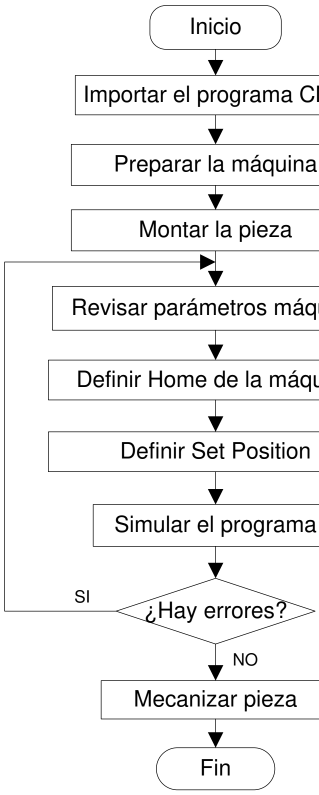


Figura 3.4 Hoja de Ruta de Proceso de Mecanizado

3.6 Costos de Fabricación para 1.000 unidades en Torno CNC

3.6.1 Materia Prima

Cantidad (Q):	1.000 unidades
Material:	Bronce Dulce (Latón)
Medidas Bruto (pz):	diá 0,7890" (20,04 mm) x 3,125" (79,375 mm)
Medidas de Barra:	diá 0,7890" (20,04 mm) x 118,11"(3000,00 mm)
Peso Especifico Latón:	$8{,}6 \times 10^{-6}$ Kg/mm^3
% Rechazo:	0.95%
Costo Kg. ($/Kg):	$10,16

Costo mat. rechazo ($r / Kg): $ 0,80

$$C_{MATERIAL} = C_{MATERIAL\ INICIAL} - C_{MATERIAL\ DE\ RECHAZO}$$

$$C_{MATERIAL\ INICIAL} = \text{Peso [Kg] x Tasa}_{COMERCIALIZACION} [\$/Kg.]$$

Peso = Volumen x Peso Específico

$$Q_{TOTAL} = \frac{Q_{CLIENTE}}{100 - \sum\%\ \text{Rechazo}} = \frac{1000}{100 - 0.95} \times 100$$

$$Q_{TOTAL} = 1.009{,}59 \approx 1.010 \text{ unid}$$

Longitud Total de Material a utilizarse en Q_{TOTAL}

$$L_{TOTAL\ MATERIAL} = (L_{PIEZA} + C_{LONG\ ASERRADO}) \times Q_{TOTAL}$$

$$L_{TOTAL\ MATERIAL} = (79{,}375 + 2) \times 1.010 = 82.188{,}75 \text{ mm}$$

Número de piezas x Barra

$$\#_{PIEZAS/BARRAL} = \frac{L_{BARRA}}{L_{PIEZA} - L_{LONG\ ASERRADO}} = \frac{3.000}{79{,}375 + 2} = 38{,}87 \approx 36 \text{ unid}$$

Número de Barras

$$\#_{BARRAS} = \frac{Q_{TOTAL}}{\#_{PIEZAS\ /\ BARRA}} = \frac{1.010}{36} = 28{,}06 \approx 28 \text{ barras} + 160 \text{ mm}$$

Costo de Materia Prima Inicial

$$C_{MATERIAL\ INICIAL =} \text{Peso x Costo c/ Kg.}$$

$$C_{MATERIAL\ INICIAL} [(\pi \times 10{,}02^2) \times 82.188{,}75] \times (8{,}6 \times 10^{-6})] \times 1{,}016$$

$C_{MATERIAL\ INICIAL} = \mathbf{\$\ 2.265,11}$

Costo de Material de Rechazo

$C_{MATERIAL\ R} = (Peso_{MAT\ INCIAL} - Peso_{MAT\ FINAL}) \times Q_{TOTAL} \times Tasa$

$C_{MATERIAL\ R} = (0,218 - 0.135) \times 1.010 \times 0.80 = \$\ 67,54$

Costo de Material

$C_{MATERIAL} = \$\ 2.265,11 - \$\ 67,54 = \mathbf{\$\ 2.197,57}$

3.6.2 Tiempo de Maquinado

Tiempo de Maquinado X Pieza		Tasa Horaria ($/hora)
Torneado CNC:	0.34 horas (20,58 min)	$ 2,12 *
Corte de pieza:	0.07 horas (4,15 min)	$ 2,12 *

*Sueldo Unificado $240 (ver Apéndice A y B)

3.6.3 Tiempo de Producción

Tiempo Total de Maquinado

$Tiempo_{MAQUINADO} = Tiempo_{TORNEADO\ CNC} + Tiempo_{CORTE\ DE\ PIEZA} = 0.41\ h$

Días Laborables Totales

$T_{ASERRADO} = (T_{MAQUINADO} + T_{MONTAJE\text{-}DESMONT}) \times \%_{Contingencia} \times Q$

$T_{ASERRADO} = (0,07 + 0,0166) \times 1,2 \times 1000 = \mathbf{103,99\ horas}$

$T_{TORNEADO\ CNC} = (T_{MAQUINADO} + T_{MONTAJE\text{-}DESMONT}) \times \%_{Contingencia} \times Q$

$$T_{TORNEDO\ CNC} = (0{,}34 + 0{,}025) \times 1{,}2 \times 1000 = \mathbf{445{,}90\ horas}$$

Días Laborables en Q piezas

$$T_{LABORABLE} = \frac{T_{PRODUCCION}}{8\ \text{horas}} = \frac{445{,}90 + (8 \times 3)}{8} = \boxed{59\ \text{días}}$$

3.6.4 Costo General De Fabricación (CGF)

$$\mathbf{CGF} = \text{Depreciación} + C_{ENERGIA} + \text{Misceláneos}$$

Valores iniciales de Equipo

Ítem	**Vo**	η (años)	$V_{RESIDUAL}$(%)
Torno CNC	$ 42.000,00	5	10
Sierra Circular	$ 3.500,00	5	10
Taller	$ 65.500,00	12	15

Donde: **Vo:** Valor inicial (de compra)

η : Depreciación (en años)

Depreciación x Tiempo del Proyecto

$$D_{MAQUINA} = \frac{Vo \times (1 + -V_R)}{\eta \times 360} \times d_{PROYECTO}$$

Torno CNC

$$D_{TORNO} = \frac{42.000 \times (1 - 1 \times \frac{10}{100})}{5 \times 360} \times 59 = \$\ 1.233{,}49$$

Sierra Circular

$$D_{SIERRA} = \frac{3.500 \times (1 - 1 \times \frac{10}{100})}{5 \times 360} \times 59 = \$\ 102,79$$

Taller Mecánico (Edificio)

$$D_{TORNO} = \frac{65.500 \times (1 - 1 \times \frac{15}{100})}{12 \times 360} \times 59 = \$\ 757,00$$

Depreciación Total = **$ 2.093,28**

Costo de Energía Eléctrica

Equipos:

Torno: 220 V, 8A;

Taladro; 220 V, 4,85 A;

Alumbrado: 110 V; 0,83 A

$C_{ENERGIA}$ = V x A x FP x 1,732 x $ Kw.-h x Tiempo $_{TOTAL}$ /100

$C_{ENRG\ TORNO\ CNC}$ = 220 x 8 x 0,85 x 1,732 x 0.11 x 445,90 /100 = $ 127,09

$C_{ENRG\ TALADRO}$ = 220 x 4,85 x 0,85 x 1,732 x 0.11 x 109,99 /100 = $ 17,97

$C_{ENRG\ ALUMBADO}$ = 220 x 0,83 x 0,85 x 1,732 x 0.11x 445,90 /100 = $ 6,59

Costo Energía $_{TOTAL}$ = **$ 151,66**

Misceláneos

Agua: 8 envases x $1,25 c/u = **$10**

Almuerzos: 6 semanas x 5 días x 2 personas x $1,50 = **$90**

Transporte: 6 sem x 5 días x 3 pasajes x 2 pers x $0,25 = **$45**

Teléfono Móvil: **$ 30**

Sueldo de Secretaria: $ 250 x 1,5 mes = **$ 375**

Sueldo de Jefe de Taller: $ 470 x 1,5 mes = **$ 705**

Mantenimiento de Máquinas: **$ 30**

Contingente (30% M.Obra): $ 2398,96 x 0.30 = **$ 567,19**

$$\text{Total}_{\text{MISCELANEOS}} = \mathbf{\$\ 1.852,19}$$

$$\mathbf{CGF} = \text{Depreciación} + C_{ENERGIA} + \text{Misceláneos}$$

$$\mathbf{CGF} = \$\ 2.093,28 + \$151,66 + \$2.004,69 = \boxed{\mathbf{\$\ 4.097,13}}$$

3.6.5 Estado de Mercadería Vendida

1.- Materia Prima			
1.1.	Bronce dulce (Latón) redondo 20 mm	$ 2.265,11	
1.2.	Plaquitas de Carbide/Widia	$ 455,00	
	COSTO DE MATERIA PRIMA		**$ 2.720,11**
2.- Mano de Obra Directa			
2.1.	Operador CNC	$ 945,31	
2.2.	Ayudante	$ 945,31	
	COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA		**$ 1.890,63**
3.- Costo Principal			**$ 4.610,74**
4.- Generales de Fabricación			
4.1.	Depreciación de Maquinaria	$ 2.093,28	
4.2.	Energía Eléctrica	$ 151,66	
4.3.	Misceláneos	$ 1.852,19	
	COSTOS GENERALES DE FABRICACION		**$ 4.097,13**
5,- Costo de Producción			**$ 8.707,87**

Tabla 2.10

Costo Unitario de Producción = Costo de Producción /Q

Costo Unitario de Producción = $8.707,87 / 1.000 = **$8,71**

3.6.6 Estado de Pérdidas y Ganancias Provisional

Ventas = $C_{PRODUCCION}$ + % de Ganancia

= $8.707,87 (1+0.30)= **$11.320,23**

1.- INGRESOS		
1.1. Ventas (30% de Cp)	$ 11.320,23	
TOTAL INGRESOS		$ 11.320,23
2.- EGRESOS		
2.1. Costos de Producción	$ 8.707,87	
2.2. Ventas (Marketing)	$ 12,00	
2.3. Gastos Administrativos y Otros	$ 128,44	
TOTAL EGRESOS		$ 8.848,31
Unidad Operativa (antes del Impuesto)		**$ 2.471,92**
Impuesto		
Trabajador 15%		$ 370,79
Utilidad despues de 15%		$ **2.101,13**
Impuesto a la Renta 25%		$ 525,28
3.- TOTAL UTILIDAD		**$ 1.575,85**

Tabla 2.11 Estado de pérdidas y Ganancias Provisional

PVP unitario = $11.320,23/ 1000 = **$11,32**

CAPITULO 4

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

Las principales conclusiones que se pudieron obtener en la práctica en este centro de torneado fueron:

En el centro de torneado SpectraLIGHT 0400 no puede realizar maquinados con una profundidad de corte muy grande, debido a la alta vibración que se presenta. Las potencias reales y teóricas indican que sería factible de lograrlo, pero la parte estructural del equipo impide alcanzarlo (la estructura del torno no es muy robusta, debido a que es un torno de carácter didáctico, por lo tanto no absorbe muchas vibraciones, lo cual no depende de la adecuada sujeción del mismo).

Se debe prestar especial atención a la operación del torno, puesto que con los materiales comerciales ensayados (aluminio, bronce y teflón) y unos regímenes de corte cuidadosamente seleccionados o los que la máquina los da preconfigurados; el centro de torneado CNC presenta un funcionamiento satisfactorio.

Con la utilización del centro de mecanizado CNC didáctico se ha podido realizar de forma práctica, con los conocimientos básicos y algo de destreza, fabricar una pieza que no se podría conseguir con un torno convencional a la rapidez, de forma automatizada y con exactitud en medidas requeridas. El tiempo de maquinado fue de aproximadamente veinte minutos.

Si esta misma máquina se la hubiese usado para fabricar las 1000 piezas, agregándole todo los gastos operativos y otros gastos que inciden en el valor final, su Precio de Venta (PV) sería de $11,32; un asequible precio considerando la uniformidad y el buen acabado final que se consigue con este tipo de máquinas herramientas. En equipos profesionales CNC se hubiesen conseguido tiempos más cortos de mecanizado, debido a que este centro de torneado didáctico tiene una velocidad máxima de husillo 2500 RPM y un avance de trabajo de 2-300 mm/min y los profesionales están por el rango de 4000 -6000 RPM de velocidad de husillo y un avance de trabajo de 0-10000 mm/min.

El cálculo de valor de costo hora se la realizó en base a la remuneración vigente a enero del 2010. Según la tabla sectorial (ver Apéndice B) no existe una clasificación entre un tornero de máquina herramienta convencional y un tornero CNC. En otros países la mano de obra de un tornero de CNC es muy bien remunerada. (Ver Apéndice C)

4.2 Recomendaciones

Incluir como parte del pensum académico o como parte de la materia Proceso de Manufactura el manejo de máquinas CNC. Pues existe un centro de torneado y un centro de fresado subutilizado.

APENDICE A

El salario básico para 2010 será de USD 240

(Extracto)

DECEMBER 31, 2009 El incremento que fijó el Gobierno fue de USD 22 dólares y regirá desde mañana. Además, el sueldo de los trabajadores del servicio domésticos, artesanos, empleados de la pequeña industria, sector agrícola y maquila se equipara al básico. Mesías Tatamuez, presidente de la Confederación Ecuatoriana de Organizaciones Clasistas de Trabajadores (Cedocut), se mostró decepcionado por la decisión.

El ministro de Relaciones Laborales, Richard Espinoza, anunció hoy que el monto del salario básico unificado para los empleados privados subió de USD 218 a USD 240 y regirá a partir de mañana.

Espinosa, a nombre del Régimen, actuó con el derecho que le da el artículo 118 del Código de Trabajo que establece que si en dos reuniones el Consejo Nacional de Salarios (Conades), organismo encargado de fijar anualmente el monto de la subida del básico para los trabajadores privados no llega a un acuerdo sobre dicha cantidad, será el ministerio de Relaciones Laborales el que tome la decisión.

La misma situación se produjo en años anteriores. En 2008 el salario subió de USD 170 a USD 200, mientras que en 2009 aumentó de ese monto a USD 218.

Este año el incremento se dio en base al 4% de la tasa de inflación proyectada, el 4% del índice de productividad (Producto Interno Bruto no petrolero) y un 2% de un plus de equidad.

Consideró que el anuncio del incremento de **USD 240 para todos los sectores**, incluido el doméstico, no es una solución para mejorar la capacidad adquisitiva de los trabajadores. "Lo que se debe hacer este año es fijar el salario digno".

Fuente:

www.elcomercio.com

http://ww1.elcomercio.com/noticiaEC.asp?id_noticia=325816&id_seccion=6

Sueldos o Salarios Básicos Unificados, 2010

Acuerdo Ministerial 77, publicado en Registro Oficial 105 de 11 de Enero del 2010.

APENDICE B

TABLA SECTORIAL

GRUPO SECTORIAL

FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS ESTRUCTURALES

CÓDIGO	ESTRUCTURA OCUPACIONAL
SECTOR ADMINISTRATIVO	
0340010001	PORTERO, CONSERJE Y/O MENSAJERO
0340010002	AYUDANTE DE BODEGA Y/O DESPACHADOR DE MATERIALES
0340010003	RECEPCIONISTAY/U OFICINISTA
0340010004	BODEGUERO
0340010005	DIBUJANTE Y/O PRESUPUESTADOR
0340010006	SUPERVISOR
0340010007	JEFE DE SECCIÓN
SECTOR PRODUCCIÓN	
	CATEGORÍA I
0340020104	AUXILIAR DE SERVICIOS
0340020101	AYUDANTE EN GENERAL
0340020102	OPERARIO DE MONTAJE DE ESTRUCTURA
0340020103	PINTOR, TECHADOR
	CATEGORÍA II
0340020201	CERRAJERO
0340020202	ELECTRICISTA DE INSTALACIONES, MOTORES Y SISTEMAS AUTOMÁTICOS (CONTROLES Y MANDOS)
0340020203	MECÁNICO AUTOMOTRIZ
0340020204	GASFITERO
0340020205	OPERARIO DE MANTENIMIENTO DE TALLER Y MONTAJE DE MAQUINAS
0340020206	OPERADOR DE MAQUINA SIN SACADA DE VIRUTA (GUILLOTINA, DOBLADURA, TROQUELADORA, PRENSA Y/O AFINES)
0340020207	SOLDADOR (SUELDA ELÈCTRICA, OXIACETILENO Y/O AFINES, CON CERTIFICADO DE CAPACITACIÓN Y UN AÑO DE EXPERIENCIA O CON DOS AÑOS DE EXPERIENCIA Y CAPACIDAD)
	CATEGORÍA III
0340020301	ARMADOR EN MONTAJE DE ESTRUCTURA
0340020302	MECÁNICO A DIESEL
0340020303	MECÁNICO DE MANTENIMIENTO
0340020304	OPERADOR DE MONTACARGA DE UNO A TRES TONELADAS
	CATEGORÍA IV
0340020401	ELECTROMECÁNICO, BACHILLER TÉCNICO O TRES ANOS DE EXPERIENCIA
0340020402	OPERADOR DE GRÚA Y DE MONTACARGA DE MAS DE TRES TONELADAS
0340020403	**OPERADOR DE MAQUINA CON SACADA DE VIRUTA (TORNO, FRESADOR, CEPILLADOR, MANDRILADORA Y/O ARNÉS)**
0340020404	SOLDADOR (SUELDA ELÉCTRICA, OXIACETILENO Y/O AFINES, BACHILLER TÉCNICO Y TRES ANOS DE EXPERIENCIA O CON CINCO AÑOS DE EXPERIENCIA CON PRUEBAS DE ENSAYO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES)
0340020405	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO DE TALLER Y MONTAJE (BACHILLER TÉCNICO Y 3 AÑOS DE EXPERIENCIA)

APENDICE C

Salario de un Tornero CNC en otros países.

Pais	Ciudad	Educación	Salario/mes	Salario (USD$)/mes	Observación
Arabia Saudi	Riyadh/Jeddah	Título	1300 - 2500 SR	347 - 667	3 – 5 años operando máquinas CNC http://jobs.justlanded.com/en/Saudi-Arabia/Engineering/CNC-LATHE-OPERATORS-SAUDI-ARABIA
España	Gijón	Sin estudios	1200 - 1800 €	1620 - 2430	Tornero con experiencia de al menos 1 año en tornos Control Numérico http://laboralia.com/index.php/Ofertas-de-trabajo/GWORK2/TORNERO-CNC
Inglaterra	Royal Tunbridge Wells	N/A	£10 por hora	15,3 /h	http://www.tempnetwork.co.uk/Vacancies/42-/CNC-Lathe-Operator
España	Valencia	Mecánica	1000 - 2000 €	1350 - 2700	Oficial primera. Oficial segunda, Oficial tercera. Especialista. Programacion FANUC o Siemens http://www.trabajos.com/evolucion-2007/O1193439999SE-tornero-cnc/
USA	Houma, LA	High School	-	16,00 - 25,00 /h	Need for a programmer/operator for a Haas VF6 vertical mill, a Haas TL30 lathe, a Hitachi Seiki 23S3 lathe, and a Mazak Integrex 400Y. http://cnc.lathe.operator.jobs.com/
USA	Bloomington, IL	N/A	-	12,00 - 15,00 /h	Experienced (Non-Manager) experience operating CNC mills or lathes within a production or job shop environment. http://cnc.lathe.operator.jobs.com/
México	Nuevo Leon	Carrera Técnica	Mín: Mx $5,001 - $7,500 Máx: Mx $7,501 - $10,000	Mín: $390 - $580 Máx: $581 - $778	Conocimientos: Interpretacion de Codigo G, Control Mazatrol Matrixy 640T, Torno CNC Mazac.
Argentina	Capital Federal	Estudios Técnicos	3500 pesos	890	Programador con experiencia en torno CNC, programación en control FANUC y, preferentemente, afilado de herramientas http://www.bumeran.com/empleos/11143430/trabajo-programador-de-tornos-cnc.html

BIBLIOGRAFIAS

1. CRUZ TERUEL, FRANCISCO. Control numérico y programación. Marcombo, Ediciones técnicas. 2005.

2. ESCALONA, IVÁN. Manufactura Industrial 2 Laboratorio de Manufactura, Ingeniería Industrial UPIICSA – IPN

3. CORREA, JULIO, Control Numérico Computarizado, Escuela Técnica Nuestra Señora de la Guardia, 1997, http://html.rincondelvago.com/control-numerico.html

4. MAQUINADOS ESPECIALES S.A., Control Numérico, 2005, http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm

5. GODINEZ, CLAUDIA, Control Numérico Cn, 2002, http://html.rincondelvago.com/control-numerico-computarizado.html

6. ARANDA, CARLOS. Máquinas Control Numérico (CNC) http://www.monografias.com/trabajos14/maquinacontrnum/maquinacontrnum.shtml

7. LARBÁBURU ARRIZABALAGA, NICOLÁS. Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas. Madrid: Thomson Editores. 2004

8. WIKIPEDIA, Torno control numérico, Varios Autores http://es.wikipedia.org/wiki/Torno_control_num%C3%A9rico