

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS CONTROLADORES PARA LA UTILIZACIÓN DEL SOLIDCAM CON LA MÁQUINA NCL-2000 DEL LABORATORIO DE CAD/CAM – FIME

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

WILLIAM OSWALDO PEÑA ORTEGA

CHRISTIAN OMAR PROAÑO RAZA

DIRECTOR: ING. LUÍS ECHEVERRÍA

CODIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO

Sangolquí, 2006-08-02

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS CONTROLADORES PARA LA UTILIZACIÓN DEL SOLIDCAM CON LA MÁQUINA NCL-2000 DEL LABORATORIO DE CAD/CAM – FIME” fue realizado en su totalidad por William Oswaldo Peña Ortega y Christian Omar Proaño Raza, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Luís Echeverría

DIRECTOR

Ing. Fernando Olmedo

CODIRECTOR

Sangolquí, 2006-08-02

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS CONTROLADORES PARA LA UTILIZACIÓN DEL SOLIDCAM CON LA MÁQUINA NCL-2000 DEL LABORATORIO DE CAD/CAM – FIME”

ELABORADO POR:

William Oswaldo Peña O.

Christian Omar Proaño Raza.

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

COORDINADOR DE CARRERA

Sangolquí, 2006-08-02

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado primero a Dios, por ser mi guía y mi compañero en todos mis actos.

A mis padres, por haberme entregado el don de vida, además de enseñarme a reconocer las buenas y malas acciones, y por estar presentes en cada una de las etapas de mi vida.

A mi hermano por haber luchado siempre a mi lado contra todas las adversidades que se nos han presentado en la vida, y compartido los logros que Dios nos ha permitido.

A todos mis amigos que han estado en las buenas y en las malas siendo parte de mi recorrido por la vida, siendo muchas veces mi apoyo así como mis retractores, haciendo que cada día sea una mejor persona.

William Oswaldo Peña Ortega

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado a DIOS y a mis padres por ser la guía durante toda mi vida y por siempre confiar en mí y por ayudarme a ser una buena persona.

A mis hermanos quienes nunca han dejado de apoyarme, a mi esposa y a mi hijo por acompañarme durante mi carrera.

A mis amigos los que siempre estuvieron junto a mí en los momentos difíciles

Christian Omar Proaño Raza.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a DIOS primero por permitirnos disfrutar de las cosas maravillosas de la vida, y disfrutar de una gran amistad.

Agradecemos a la Escuela Politécnica del Ejército por habernos permitido culminar con éxito nuestra formación profesional.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica por toda la enseñanza tanto académica así como de valores de responsabilidad para poder ser así no solo buenos ingenieros de la Patria, sino buenas personas en la Vida.

A los ingenieros Luís Echeverría y Fernando Olmedo por todo el apoyo y valiosa colaboración para la realización y exitosa culminación de este proyecto.

A todas las personas que de una u otra manera nos apoyaron durante la realización del proyecto, y por temor a omitir alguno de los nombres, no los detallamos.

ÍNDICE GENERAL

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO	i
CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE TABLAS	xii
INDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
Capítulo I	1
1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Definición del problema.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivos Generales.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6
1.5. Alcance del proyecto	6
Capítulo II	7
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1 . El proceso CAD/CAM con SolidWorks, SolidCAM y la máquina herramienta NCL-2000	7
2.1.1. Torneado.....	13
2.1.2. Fresado	25
2.3. Generalidades de los archivos controladores	30
2.3.1. El archivo HBT.GPP.....	39
2.3.2. El archivo HBT.MAC	40
Capítulo III	43
3. DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS CONTROLADORES.....	43
3.1. Diseño de la estructura de los programas controladores	43

3.1.1. Declaración de las variables	43
3.1.2. Estructuras de las ÓRDENES.....	44
3.1.3. Variables de salida.....	45
3.2. Extensiones y formatos de los controladores.....	45
3.2.1. Archivos con extensión GPP (* . GPP).....	46
3.2.1.1. Características de los archivos (* . GPP)	46
3.2.1.2. Funciones de los archivos (* . GPP).....	55
3.2.2. Archivos con extensión MAC (* . MAC).....	55
3.2.2.1. Características de los archivos (* . MAC).....	57
3.2.2.2. Funciones de los archivos (* . MAC)	59
Capitulo IV	61
4. PRUEBAS	61
4.1. Diseño de Piezas utilizando los paquetes SolidWorks y SolidCAM	71
4.2. Desarrollo de los archivos HBT.GPP y HBT.MAC según el diseño de la pieza seleccionada.....	63
4.3. Manufactura del modelo mediante la utilización de la máquina herramienta NCL-2000	63
4.4. Comparación del diseño con el producto mecanizado	66
4.5. Medición del producto y obtención de los errores en las medidas	66
4.6. Representación y estudio de los errores obtenidos	69
4.7. Elaboración del manual de usuario para la aplicación de los controladores y la maquina herramienta NCL-2000.....	70
4.8. Desarrollo de una práctica de laboratorio y guía correspondiente para la utilización del torno NCL-2000 del Laboratorio de CAD/CAM	87
Capitulo V	101
5. ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO	101
5.1. Análisis económico	101
5.1.1.1.- Personal.....	101
5.1.1.2.- Misceláneos.....	102
5.1.1.-DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN:.....	101
5.1.2.- COSTOS DIRECTOS	102
5.1.2.1.- Remuneraciones a profesionales.....	102
5.1.2.2.- Remuneración a profesionales externos.....	103
5.1.2.3.- Remuneraciones a estudiantes.....	103

5.1.2.4.- Adquisición de materiales y equipos.....	104
5.1.2.5.- Otros costos directos	104
5.1.3.- IMPREVISTOS	105
5.1.4.- SUBTOTAL GENERAL.....	105
5.1.5.- TOTAL GENERAL	105
5.2. Análisis financiero	108
5.2.1. CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)	106
5.2.2. EL CRITERIO DE LA TAZA INTERNA DE RETORNO.....	107
Capítulo VI	109
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
6.1. Conclusiones.....	110
6.2. Recomendaciones	110
6.2.1. Recomendaciones para SolidWorks:	110
6.2.2. Recomendaciones para SolidCam:.....	110
6.2.3. Recomendaciones para Torno NCL-2000.....	111
Capítulo VII	113
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
7.1. ANEXOS	115

INDICE DE FIGURAS

FIG.2.1 Proceso de diseño y manufactura CAD/CAM -----	7
FIG.2.2 Estructura de los procesos de manufactura CAE/CAD/CAM -----	9
FIG.2.3 Torno (denominación normas ISO) -----	11
FIG.2.4 Representación del trabajo que realiza un torno-----	13
FIG.2.5 Torno paralelo-----	14
FIG.2.6 Torno mecánico -----	14
FIG.2.7 Tipos de herramienta para diferentes aplicaciones -----	16
FIG.2.8 Figura de torno vertical -----	17
FIG.2.9 Torno revolver-----	17
FIG.2.10 Torno paralelo -----	18
FIG.2.11 Partes de un torno-----	20
FIG.2.12 Sistema de engranes de un torno -----	20
FIG.2.13 Figura de una fresadora-----	25
FIG.2.14 Forma de trabajo de una fresadora -----	26
FIG.2.15 Fresado periférico -----	26
FIG.2.16 Fresado axial -----	27
FIG.2.17 Partes de una fresadora -----	27
FIG.2.18 Tipos de trabajo que realiza una fresadora-----	28
FIG.2.19 Esquema de los ejes de recorrido de las máquinas herramientas----	30
FIG.2.20 Control numérico punto a punto-----	33
FIG.2.21 Control numérico paraxial -----	34
FIG.2.22 Control numérico continuo-----	35
FIG.4.1 Pantalla de inicio de nuevo proceso de mecanizado -----	62
FIG.4.2 Esquema de la pieza final a ser maquinada -----	65
FIG. 4.3 Croquis y dimensiones de la pieza diseñada en solidworks -----	66

FIG. 4.4 Nomenclatura y valores de las medidas diseñadas y maquinadas-----	67
FIG.4.5 Representación grafica de las medidas obtenidas y las diseñadas ----	69
FIG.4.6 Pantalla presentación de solidworks-----	71
FIG.4.7 Pantalla de inicio nuevo documento de solidworks-----	71
FIG.4.8 Pantalla inicio configurar el solidCAM-----	72
FIG.4.9 Pantalla de presentación de solidCAM-----	73
FIG.4.10 Pantalla configuración de controladores para trabajo del solidCAM--	73
FIG.4.11 Pantalla controladores configurados en solidCAM-----	74
FIG.4.12 Pantalla de inicio de nuevo proceso de mecanizado-----	75
FIG.4.13 Pantalla menú de inicio proceso de torneado-----	75
FIG.4.14 Pantalla de definición del “cero pieza”-----	76
FIG.4.15 Pantalla definición de la materia prima -----	76
FIG.4.16 Pantalla definición de la cadena “materia prima”-----	77
FIG.4.17 Pantalla crear tabla de herramientas-----	77
FIG.4.18 Pantalla con características de la herramienta de la máquina NCL-2000-----	78
FIG.4.19 Pantalla presentación del trabajo a realizarse -----	79
FIG.4.20 Pantalla tabla de herramientas a ser utilizada -----	80
FIG.4.21 Pantalla características utilizadas en el trabajo de mecanizado-----	80
FIG.4.22 Pantalla de definición de la simulación del mecanizado-----	81
FIG.4.23 Pantalla con el “código G” generado (block de notas) -----	82
FIG.4.24 Pantalla inicio controlador físico (desde MS-DOS) -----	82
FIG.4.25 Pantalla presentación modo manual -----	83
FIG.4.26 Pantalla definir “cero pieza” -----	84
FIG.4.27 Pantalla presentación modo automático -----	85
FIG.4.28 Pantalla inicio carga archivo -----	85

FIG.4.29 Pantalla presentación archivo extensión “ACT”, e inicio de la corrida del “código G”-----	86
FIG.4.30 Croquis de la figura a diseñar-----	87
FIG.4.31 Pantalla proceso de revolución-----	87
FIG.4.32 Esquema de la pieza final a ser maquinada-----	88
FIG.4.33 Pantalla especificación de la materia prima -----	88
FIG.4.34 Coquizado de las muelas sujetadoras del torno-----	89
FIG.4.35 Pantalla presentación de todas las operaciones a realizarse -----	89
FIG.4.36 Pantalla de inicio de nuevo proceso de mecanizado (torneado) -----	90
FIG.4.37 Pantalla de definición del “cero pieza”-----	90
FIG.4.38 Pantalla definición de la cadena “materia prima”-----	91
FIG.4.39 Pantalla demostrativa de la materia prima a ser trabajada -----	91
FIG.4.40 Definición de la cadena “muelas del torno”-----	92
FIG.4.41 Pantalla crear tabla de herramientas-----	92
FIG.4.42 Pantalla con características de la herramienta de la máquina NCL-2000-----	93
FIG.4.43 Pantalla de presentación de la tabla de herramientas creada -----	93
FIG.4.44 Pantalla definición de cadena a mecanizarse-----	94
FIG.4.45 Pantalla presentación del trabajo a realizarse -----	94
FIG.4.46 Pantalla tabla de herramientas a ser utilizada -----	95
FIG.4.47 Pantalla características utilizadas en el trabajo de mecanizado-----	96
FIG.4.48 Pantalla de definición de la simulación del mecanizado-----	97
FIG.4.49 Pantalla de simulación del proceso de mecanizado en 3 dimensiones -----	97
FIG.4.50 Pantalla con el “código G” generado (block de notas)-----	98
FIG.4.51 Pantalla modo manual-----	99
FIG.4.52 Pantalla modo automático, archivo cargado y corrida del código ---	100

INDICE DE TABLAS

TABLA.4.1	Nomenclatura y valores de cada una de las medidas de la pieza.	68
TABLA.5.1	Remuneración costos personales.....	101
TABLA.5.10	Total general del proyecto.....	105
TABLA.5.11.	Cálculo del VAN.....	107
TABLA.5.12	Cálculo del TIR.....	108
TABLA.5.2	Remuneración costos misceláneos.....	102
TABLA.5.3	Remuneración costos profesionales	102
TABLA.5.4	Remuneración costos a estudiantes	103
TABLA.5.5	Costos por adquisición de materiales	104
TABLA.5.6	Otros costos directos	104
TABLA.5.7	Precio subtotal del proyecto.....	104
TABLA.5.8	Costos imprevistos del proyecto	105
TABLA.5.9	Subtotal general del proyecto	105

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A	-----	115
ANEXO B	-----	123
ANEXO C	-----	133
ANEXO D	-----	137

RESUMEN

En la actualidad la mayoría de empresas de manufactura tratan de disminuir los tiempos de ejecución así como de abaratar los costos de los productos terminados, para ser más competitivas, para el efecto se están adquiriendo máquinas automatizadas (CN o CNC). Por lo que las Universidades están obligadas a renovar sus metodologías y herramientas para la preparación de sus estudiantes, y poder entregar a la sociedad profesionales que puedan enfrentar los diferentes problemas y necesidades para satisfacerlos de la mejor manera.

Así se han desarrollado maquinas herramientas CNC como la NCL-2000 y la NCM-2000, que son capaces de realizar trabajos de torneado y trabajos de fresado de una forma automatizada, las que pertenecen al laboratorio de CAD/CAM de la ESPE, éstas son controladas mediante la utilización de ordenes emitidas por un computador.

Tomando en cuenta que las máquinas tienen varios años de fabricación no pueden ser utilizadas con software modernos como son el SolidWorks y el SolidCAM, los cuales la ESPE ha adquirido la licencia respectiva, para lo que se ha desarrollado los programas controladores para ayudar el interfase y compatibilidad entre el software y la máquina NCL-2000, la misma que se encontraba en desuso por la no existencia de los controladores. Limitando el aprendizaje de los estudiantes además de el no aprovechamiento de la máquina.

Para lograr el desarrollo de los programas controladores, nació la necesidad de una capacitación de programación en máquinas CNC, desarrollo de pre y post procesadores, la misma que en el país no esta muy difundida debido a los altos costos que implica la misma, a pesar de que todas las empresas están encaminadas a tener por lo menos una máquina CNC en un periodo no mayor a cinco años, según los estudios realizados por las empresas fabricantes de las mismas.

El Ecuador se encuentra retrasado en la implementación de nueva tecnología en el campo de la automatización de maquinas herramientas, esto se puede evidenciar claramente en las mallas curriculares de las diferentes universidades. La ESPE en su camino a la excelencia académica, trata día a día de innovar sus herramientas y aplicaciones, con la creación de la nueva carrera de Mecatrónica, se podría beneficiar a los estudiantes de ésta carrera además de los estudiantes de la FIME que son los beneficiarios directos e inmediatos, razón por lo que el proyecto queda plenamente justificado.

Capítulo I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. ANTECEDENTES

Todas las empresas tratan de renovar sus maquinarias, y procesos de fabricación, por lo que se ven obligadas a la adquisición de nuevas herramientas, para poder estar situadas dentro del desarrollo tecnológico que se presenta a nivel industrial en todo el planeta.

Siempre se han usado máquinas y herramientas para la elaboración de productos, estas eran de fabricación y manejo manual en sus inicios, pero con el avance de las tecnologías se fueron modernizando, hasta lograr tener máquinas y procesos productivos automáticos muy eficientes, que aseguraban la prosperidad de las empresas.

En la actualidad, la tendencia es hacia la automatización de procesos, eliminando así la presencia en ciertas áreas y labores de la mano del hombre, lo que ayuda a abaratar los costos en volumen de producción, y eliminar los errores propios del ser humano permitiendo un aumento en la productividad de las empresas y costos finales más bajos de los productos.

El diseño industrial es una disciplina que trata de la concepción formal de los productos manufacturados.

En consecuencia, debe ocuparse del aspecto estético, de su eficiencia funcional y de la adecuación productiva y comercial.

En la rama de aplicación de la Ingeniería mecánica, se tienen procesos de mecanizado, siendo los más representativos el torneado y el fresado, los mismos que son sumamente utilizados en la elaboración de casi todos los productos.

Para disminuir el tiempo en el que se desarrolla un solo producto, el mismo que representa el valor unitario de venta al público, se tratan de automatizar la mayoría de los procesos involucrados.

Así se han desarrollados máquinas herramientas CNC como la NCL-2000 y la NCM-2000, que son capaces de realizar trabajos de torneado y trabajos de fresado de una forma automatizada, siendo controladas mediante la utilización de órdenes emitidas por un computador.

Estas máquinas son desarrolladas de acuerdo a las necesidades existentes en el momento de su diseño y fabricación, por lo que el software de control para cada una de ellas es diferente, pudiendo variar este de acuerdo al año y modelo de fabricación, teniendo este antecedente, resultaría difícil desarrollar un software específico al 100% para cada una de estas máquinas.

Los fabricantes de las máquinas herramientas automatizadas, se han visto obligados a desarrollar software compatible para modelos de diferentes años de fabricación, presentándose el inconveniente de que no todas interpretan las órdenes emitidas por los programas actualizados, produciéndose una incompatibilidad.

Hoy las computadoras ocupan un lugar significativo en el diseño industrial y han reducido mucho el tiempo de desarrollo de una actividad. Es posible generar rápidamente imágenes fotográficas muy realistas de los productos propuestos.

Por lo tanto los métodos tradicionales para crear modelos están siendo sustituidos por las rápidas tecnologías que permiten la realización de proyectos con los que se puede construir directamente modelos tridimensionales, utilizando herramientas controladas por computadora, a partir de dibujos o diseños realizados mediante el diseño asistido por computador (CAD) llamados así por sus siglas en ingles (Computer-Aided-Design).

Dentro de la rama de la ingeniería mecánica, son más evidentes las facilidades que el diseño brinda, ya que se puede cometer errores en el papel, o dentro de la realidad virtual que nos ofrece un computador, antes de ser aplicados a la fabricación de un producto.

Gracias al rápido desarrollo de los ordenadores personales y la aparición tanto de nuevos procesadores así como de nuevos sistemas operativos, el diseño asistido por computador esta encontrando en el PC una plataforma ideal (alta potencia a bajo precio) para su evolución y expansión.

Por este motivo se desarrollan cada día nuevos paquetes CAD encaminados para dar mayor facilidad a los diseñadores, utilizando los avances de los procesadores y sistemas operativos, obteniendo los planos de fabricación y montaje como los elementos de salida de datos.

Es cuando se presenta el problema, en la utilización de las máquinas herramientas ya existentes, las mismas trabajan con paquetes CAD menos actualizados como el CADTech y el AutoCAD, por eso no pueden ser utilizados con paquetes actuales como el SolidWorks y el SolidCAM, lo que dejaría obsoletas a nuestras máquinas herramientas.

Las empresas no cuentan con un capital como para actualizar sus máquinas herramientas a la par con la actualización de software de Diseño, entonces existe la posibilidad de manipular los programas controladores para poder obtener una compatibilidad entre los paquetes CAD actuales con las máquinas herramientas (NCL-2000) que no son tan actualizadas.

Por todos estos antecedentes es imperiosa la realización del proyecto, para poder realizar aplicaciones en la máquina herramienta NCL-2000 del Laboratorio de CAD/CAM mediante el uso de los paquetes computacionales de Diseño SolidWorks y SolidCAM, lo que ayudará a que la facultad de Ingeniería Mecánica realice las prácticas de torneado automatizado.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Tomando en cuenta que la tecnología avanza a pasos agigantados, se deben actualizar las herramientas utilizadas en las empresas, por lo que las Universidades están obligadas a renovar sus metodologías y herramientas para la preparación de sus estudiantes, y poder entregar a la sociedad profesionales que puedan enfrentar los diferentes problemas y necesidades para satisfacerlos de la mejor manera.

La ESPE en su camino a la excelencia académica, trata día a día de innovar sus herramientas y aplicaciones, dotando a sus laboratorios de las aplicaciones más actuales.

Dentro de los Laboratorios de la facultad de Ingeniería Mecánica existen tanto máquinas como herramientas que tienen algunos años de fabricación , y por lo tanto mantienen desarrollos tecnológicos no tan actualizados, pero por el contrario presentan como beneficio, que son completamente didácticas, además de presentar facilidad en su manejo y utilización.

Estas máquinas funcionan bajo los principios fundamentales de las máquinas y herramientas, lo cual las convierte en operativas, presentando como única desventaja la utilización de software propio de la máquina, el cual frente a las nuevas herramientas computacionales puede ser considerado obsoleto.

Este problema es mucho más marcado ya que el software utilizado en la actualidad presenta tecnología de punta, mientras que varias máquinas tienen la necesidad de utilizar el software original, al existir este desfase tecnológico, es necesario realizar adecuaciones, sean estas al software de trabajo o a las máquinas según las facilidades que presenten. Siendo este el caso de la máquina NCL-2000 que se encuentra en el Laboratorio de CAD/CAM, en la actualidad en desuso por la carencia de estos controladores.

Para poder satisfacer esta necesidad de utilización de la máquina NCL-2000, se procede al desarrollo del software (Controladores) el mismo que permitirá aplicar la herramienta de Diseño SolidCAM en el control y manejo de la máquina NCL-2000, con lo que se facilita la tarea de enseñanza para los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En el país se han implementado varias Universidades, por lo que se han incrementado las opciones para los estudiantes, obligando de esta manera a cada una a ahondar esfuerzos para ser mejor y más competitiva ante las otras.

En el camino a la excelencia que sigue la ESPE, uno de los principales beneficios ofrecidos a los estudiantes, es la calidad de sus Laboratorios, los mismos que siempre están innovando sus procesos y tecnología.

Es necesaria la realización del proyecto, ya que se cuenta con la máquina la misma que por el momento se encuentra en desuso, además se tiene el Software de Diseño SolidWorks y el software de mecanizado SolidCAM siendo imperativo el desarrollo de los controladores para poder obtener una comunicación efectiva entre el software de mecanizado y la máquina herramienta NCL-2000

Se justifica la realización del proyecto, al evaluar los costos entre el adquirir un software para obtener la compatibilidad, además de los gastos de derechos y licencias de uso, en comparación con el costo que representa el desarrollarlo como un proyecto de Tesis, mediante el cual no se tiene que cancelar licencias de uso, y los estudiantes que lo desarrollan son los responsables de los derechos en conjunto con la Facultad.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVOS GENERALES

- Contribuir al equipamiento y funcionamiento del Laboratorio de CAD/CAM de la facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE, mediante el desarrollo de los programas controladores para la máquina herramienta NCL-2000 y su utilización con el software de diseño SolidCAM.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar los programas controladores para el paquete de Diseño SolidCAM
- Adecuar los programas controladores para la utilización con la máquina herramienta NCL-2000
- Comprobar mediante pruebas físicas la correcta compatibilidad entre el SolidCAM y la máquina NCL-2000, comparando el diseño realizado con el producto del maquinado.
- Evaluar los beneficios económicos del proyecto.

1.5. ALCANCE DEL PROYECTO

- El presente proyecto pretende aportar con el desarrollo de los programas controladores para la utilización con la máquina herramienta NCL-2000 ubicada en el Laboratorio de CAD/CAM de la facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE, de acuerdo con los siguientes términos:
 - Análisis y adecuación de los programas controladores
 - Análisis económico-financiero
 - Conclusiones y recomendaciones

Capítulo II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. EL PROCESO CAD/CAM CON SOLIDWORKS, SOLIDCAM Y LA MÁQUINA HERRAMIENTA NCL-2000

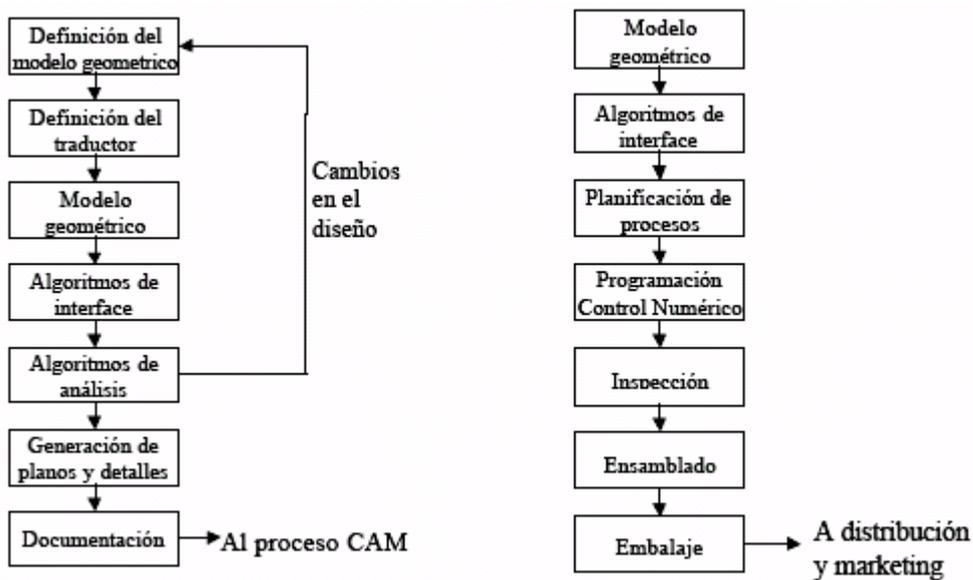


Fig.2.1 Proceso de diseño y manufactura CAD/CAM

El proceso CAD/CAM está compuesto de dos partes, la primera es el diseño y la final es el mecanizado, de ahí que tomando las iniciales en inglés tenemos el nombre del proceso, para poder realizarlo existen varios tipos de software que se utilizan en el diseño, además existen varias máquinas herramientas para el mecanizado, las más utilizadas son las denominadas CNC por sus siglas en inglés (Computer Numerical Control o Control Numérico Computarizado).

Dentro del software de diseño, existen el AutoCAD, dentro de los más fáciles y más usados, además existe el CADTech, que es uno de los mejores para fines didácticos, además de ser el más utilizado por las máquinas NC (Numeric Control) antiguas, pero en la actualidad limitado en su utilización, debido a la

existencia de nuevos programas de Diseño dentro de los que se puede resaltar el SolidWorks, el mismo que es uno de los de mayor tecnología y difusión en nuestro medio, sin descartar otro tipo de software mas técnico y especializado existente en la actualidad, presentando como inconveniente que las personas deben especializarse en cada uno de ellos ya que resultan poco interactivos y de escasa difusión en el medio Latinoamericano. Se puede destacar que la utilización de estos nuevos tipos de programas de Diseño facilitan el trabajo y manufactura de partes y piezas, además de presentar la opción del modelado virtual.

SolidWorks es un software de CAD que permite modelar sólidos en 2D, 3D, además de modelado paso a paso, directamente y de manera muy sencilla, diferenciándose notablemente de otros programas, ya que presenta un entorno amigable para el usuario, el mismo que al tener conocimientos de utilización de AutoCad, puede trabajar en el entorno SolidWorks sin ningún problema, ya que tienen procedimientos semejantes.

Cabe anotar que al realizar diseños en 3D, resulta mucho más fácil y rápido realizarlos en SolidWorks, lastimosamente en nuestro país la obtención del programa y sus licencias, resulta muy costoso para empresas pequeñas y medianas, lo que limita su difusión en nuestro medio.

SolidWorks nos permite ensamblar las partes obtenidas por separado para formar un conjunto ya sea mecánico, dispositivo o máquina, ya que de cada una de las partes y del ensamblaje mismo pueden obtenerse rápidamente planos con vistas y secciones, cotas, tolerancia y todos los elementos requeridos de acuerdo a las reglas de dibujo técnico mecánico convirtiéndose en herramienta indispensable para estudiantes y profesionales tanto en ingeniería como diseño industrial

El Solidworks nos ofrece una gran cantidad de nuevas operaciones, con las cuales podemos acelerar nuestros diseños en 3D. También incluye muchas mejoras que ayudan a los diseñadores de máquinas, moldes y productos de consumo, entre otros, a ser más rápidos, precisos y productivos en lanzar sus innovaciones al mercado.

Estas innovaciones han puesto al Solidworks como el producto más completo para el diseño en 3D, el análisis, y la gestión de datos de productos existente en el mercado Latinoamericano en la actualidad.

Dentro de las herramientas adicionales con las que cuenta el Solidworks, esta el SolidCAM, que es una herramienta que nos permite controlar máquinas herramientas para la fabricación de piezas anteriormente diseñadas con los paquetes CAD, dependiendo de las máquinas-herramientas de las que dispongamos, podemos realizar procesos básicos como el torneado y el fresado, además de otras operaciones para obtener diferentes acabados superficiales.

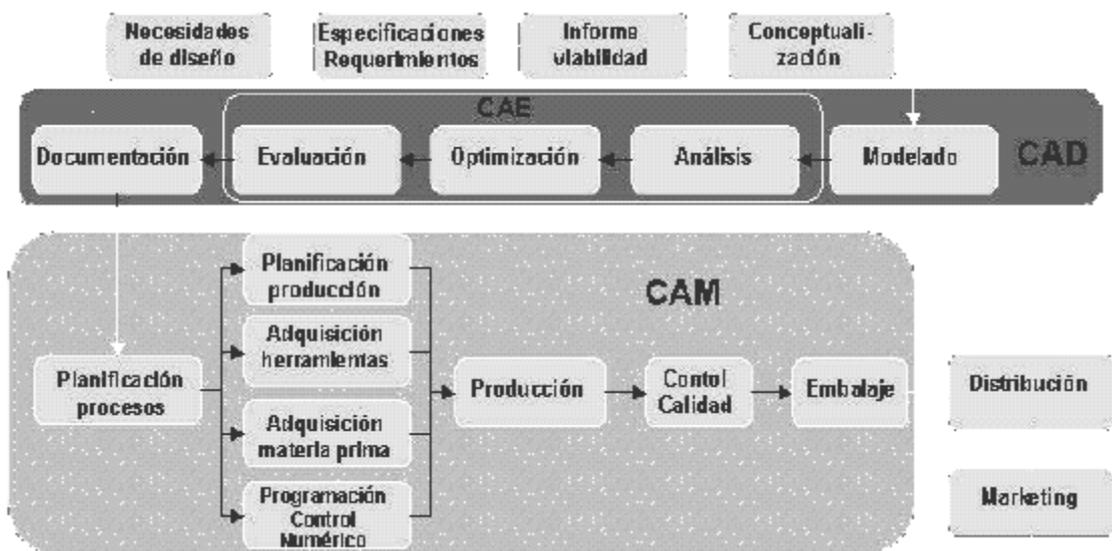


Fig.2.2 Estructura de los procesos de manufactura cae/cad/CAM

Entonces los procesos se limitarían por la facilidad de acceder a las máquinas automatizadas específicas para el proceso que se necesite realizar.

NC son las siglas para un sistema de control numérico en donde se realizan trabajos sobre una máquina con números y se llevan a cabo en forma automática y precisa. El hecho de programar hace que el trabajo sea más fácil y repetitivo, haya precisión, se elimina errores, y se ahorre tiempo.

Este sistema se denomina de programación variable, pues depende del prototipo a ser maquinado.

El control numérico (NC) se ha aplicado a toda clase de máquina herramienta: tornos mecánicos, prensas punzadoras de torreta, máquinas taladradoras, máquinas fresadoras, ruteadores de plasma o láser, rectificadoras, soldaduras de arco, operaciones de remachado, y ensamble con robots.

CNC significa Computer Numerical Control (Control Numérico Computarizado), el control numérico aplicado a las diferentes máquinas-herramientas automatiza todos los movimientos de los ejes y realiza cálculos muy exactos en cuanto a posicionamientos, revoluciones, avances, etc.

Es un sistema con gran flexibilidad, es decir, se puede cambiar el proceso de mecanización de una pieza a otra distinta con solo introducir un nuevo programa en el control numérico.

Globalmente se puede asegurar que las posibilidades del CNC, en la práctica, se pueden aplicar a cualquier máquina, desde la más sencilla (taladradora) a la más compleja (máquinas de electro erosión por hilo), pasando por fresadoras, tornos, centros de mecanizado, etc.

Existen varias formas de nombrar a las máquinas-herramientas controladas por CNC, a los tornos se los puede encontrar con la nomenclatura "T" (Según las normas ISO), pero existen algunos fabricantes que utilizan la letra "L" (principalmente para nomenclatura interna y nombre del producto), para este caso la máquina del Laboratorio esta nombrada como NCL-2000, por lo que es un torno de precisión.

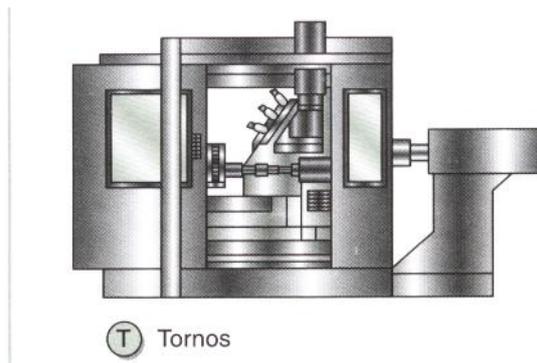


Fig.2.3 Torno (denominación normas ISO)

Ventajas y desventajas del uso del control numérico

El uso de la tecnología del CN aplicada a las máquinas-herramienta presenta una serie de ventajas y desventajas que se pueden resumir como sigue:

a) Ventajas

Entre las ventajas podemos enumerar las siguientes:

- Los tiempos muertos se reducen al encadenarse de forma automática los movimientos, por la rapidez de los mismos en vacío y por el control automático de las velocidades del cabezal.
- Los tiempos de reglaje se ven reducidos al disminuir el número de reglajes de máquina y de pre-reglajes de herramienta hechos fuera de máquina.
- Los tiempos de control y medida disminuyen debido a la elevada precisión de los mecanizados y a la reproducción fiel de las cotas a partir de la primera pieza.
- Los tiempos de cambio de pieza también se reducen.
- Los tiempos de espera entre máquinas, bajan, al poder realizar sobre una misma máquina mayor número de operaciones que con las convencionales; esto se relaciona con la disminución de la superficie ocupada de taller.
- Se reduce el número de verificaciones entre operaciones.

- Reducción del tamaño del lote económico y, por lo tanto, del nivel de almacenamiento de materia prima.
- Aumento de la flexibilidad de producción expresada en términos de fácil adaptabilidad a la realización de distintos tipos de elementos fabricados, respondiendo ágilmente a las necesidades del mercado.
- Disminución de rechazos de piezas, como consecuencia de la precisión de las máquinas.
- Mayor duración de las herramientas, debido a su mejor aprovechamiento.
- Supresión de ciertas herramientas; se utilizan herramientas más universales.
- Supresión del trazado de piezas antes del mecanizado.
- Ahorro de utillaje, al realizar en una misma máquina mayor número de operaciones.
- Posibilidad de realizar de manera económica piezas de geometría complicada.
- Mejora de la gestión de la fabricación (tiempos más uniformes).
- Mejora de la seguridad al reducirse el grado de interactividad máquina-operario durante los procesos de mecanizado.
- Atracción y motivación del personal hacia las nuevas tecnologías.

b) Desventajas

Entre las desventajas podemos citar:

- Costo horario elevado debido a la importante inversión inicial por la adquisición de una MHCN (Máquina Herramienta Con Control Numérico), lo cual no solo se debe al precio de la MHCN sino también al de los elementos auxiliares. Ello obliga a asegurar un alto nivel de ocupación de la máquina y la puesta a varios turnos del equipo para conseguir una amortización razonable.
- Necesidad de un personal más calificado en programación y mantenimiento, lo que se traduce en mayores costos en formación y en salarios.

- Alto costo del servicio postventa y de mantenimiento de los equipos en razón de su mayor complejidad. Se estima que el costo de mantenimiento de una MHCN es un 50% más elevado que una herramienta convencional.
- Necesidad de un tiempo de adaptación y de un cambio en la estructura organizativa y de gestión de la fabricación. No es fácil adaptar a los empleados a las nuevas técnicas exigidas por el CN.
- Alto costo de inversión, adquisición, mantenimiento y reposición de herramienta

2.1.1. TORNEADO

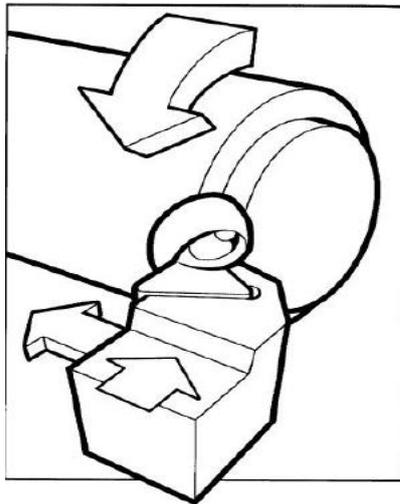


Fig.2.4 Representación del trabajo que realiza un torno

El torno es una máquina para fabricar piezas de forma geométrica de revolución. Se utiliza desde muy antiguamente para la alfarería. Consistía entonces en un plato circular montado sobre un eje vertical que tenía en su parte inferior otro plato, que se hacía girar con los pies, para formar, con arcilla, piezas de revolución con sección variable.

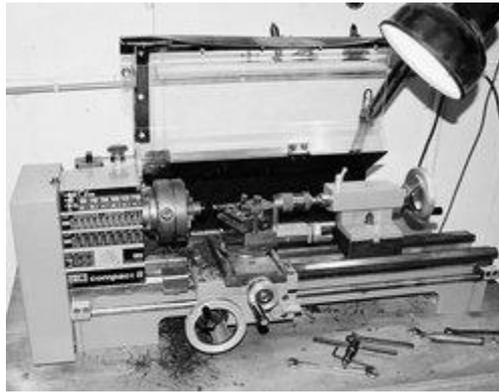


Fig.2.5 Torno paralelo

Más tarde empezó a utilizarse en carpintería para hacer piezas torneadas. Con el tiempo se ha llegado a convertir en una máquina importantísima en el proceso industrial de la actualidad.

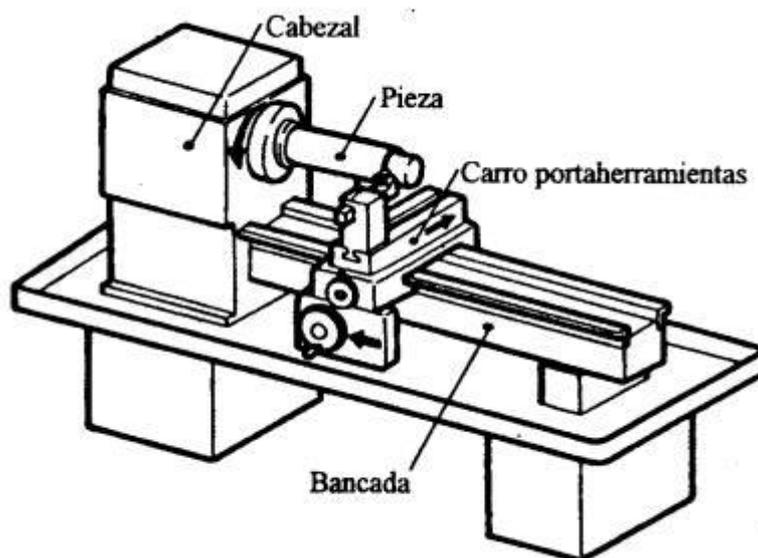


Fig.2.6 Torno mecánico

El torno mecánico es una máquina-herramienta para mecanizar piezas por revolución arrancando material en forma de viruta mediante una herramienta de corte. Ésta será apropiada al material a mecanizar pudiendo estar hecha de acero al carbono, acero rápido, acero rápido al cobalto, cerámica, diamante, etc. y que siempre será más dura y resistente que el material mecanizado.

Es una máquina muy importante en la fabricación que data del año 1910 en sus versiones modernas, aunque ya a mediados del siglo XVII existían versiones simples donde el movimiento de las piezas a mecanizar se accionaba mediante simples arreglos por cuerdas; desde la revolución industrial, donde se establecen los parámetros principales de esta máquina, apenas ha sufrido modificaciones, exceptuando la integración del control numérico en las últimas décadas.

Parámetros que definen la operación de torneado

n: velocidad del husillo, es la velocidad de giro de la pieza y se mide en r.p.m.

v: velocidad de corte, es la velocidad tangencial en la parte exterior de corte y se mide en m/min

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} (m / min)$$

Ecuación 2.1

donde D es el diámetro exterior de la pieza expresado en mm

Sólo coincide con la longitud de filo efectivo de la herramienta si su ángulo de posición es de 90°

Movimientos de trabajo en la operación de torneado

Movimiento de corte: por lo general se imparte a la pieza que gira de forma rotacional sobre su eje principal. Este movimiento lo imprime un motor eléctrico que transmite su giro al husillo principal mediante un sistema de poleas o engranajes. El husillo principal tiene acoplado a su extremo distintos sistemas de sujeción (platos de garras, pinzas, mandrinos auxiliares...), los cuales sujetan la pieza a mecanizar.

Movimiento de avance: se produce debido al movimiento longitudinal o transversal de la herramienta sobre la pieza que se está trabajando. En combinación con el giro impartido al husillo, determina el espacio recorrido por la herramienta por cada vuelta que da la pieza.

El movimiento también puede no ser paralelo a los ejes, produciéndose así conos. En ese caso se gira el carro inferior al transversal ajustando en una escala graduada el ángulo requerido, que será la mitad de la conicidad deseada.

Profundidad de pasada: es movimiento de la herramienta que determina la profundidad de material arrancado en cada pasada aunque la cantidad de material arrancado queda siempre sujeto al perfil del útil de corte usado, tipo de material mecanizado, velocidad de corte, etc.

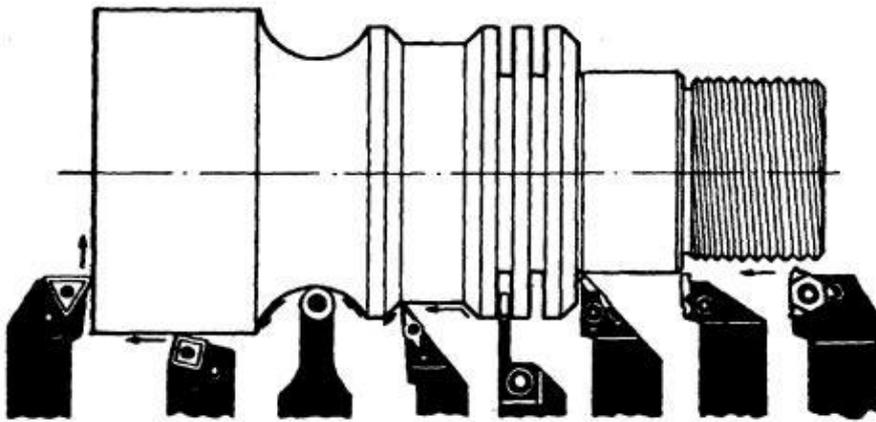
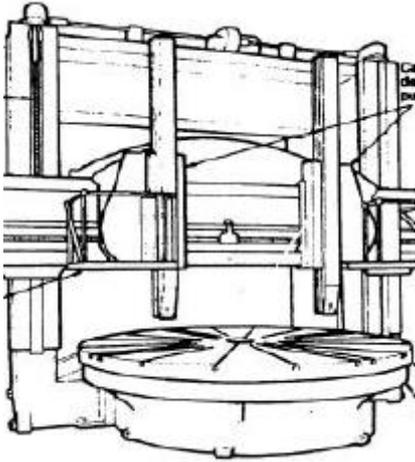


Fig.2.7 Tipos de herramienta para diferentes aplicaciones

El torno puede realizar operaciones de cilindrado, mandrinado, roscado, refrentado, ranurado, taladrado, escariado, moleteado, cilindrado en línea, etc., mediante diferentes tipos de herramientas y útiles intercambiables con formas variadas según la operación de conformado que se necesite realizar. Con los accesorios apropiados, que por otra parte son sencillos, también se pueden efectuar operaciones de fresado, rectificado y otra serie de operaciones de mecanizado, tanto exteriores como interiores.

Clases de torno

a) Torno vertical



- Eje de rotación vertical
- Para piezas de gran diámetro y poca altura
- Hasta 20m de diámetro

FIG.2.8 Figura de torno vertical

b) Torno con dispositivo copiador

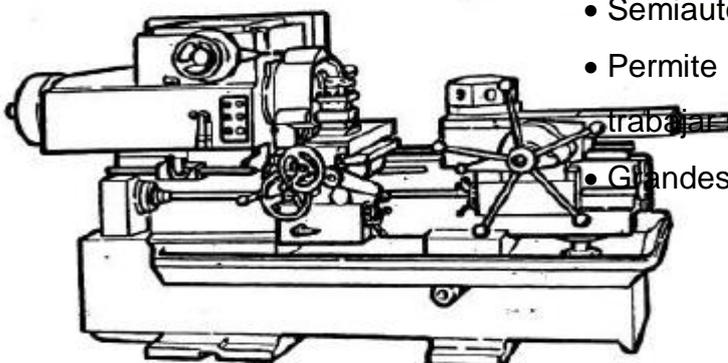
Reproduce una plantilla

Palpador + servomecanismos

Clasificación en función de los

Servomecanismos

c) Torno revolver



- Semiautomático
- Permite a varias herramientas trabajar simultáneamente
- Grandes series

FIG.2.9 Torno revolver

d) Torno Paralelo

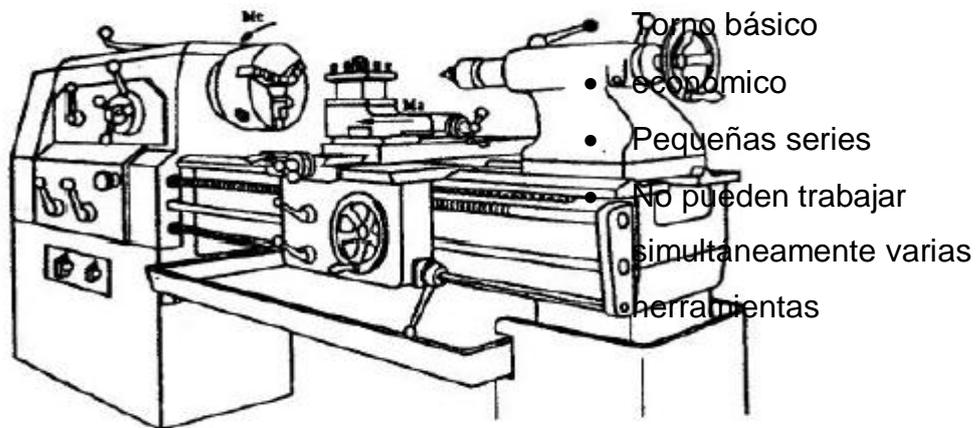


FIG.2.10 Torno paralelo

e) Torno al aire:

Estos tornos utilizan el avance en una torreta de trabajo, y lo controlan mediante una serie de pasadores.

f) Torno de relojero:

Es utilizado por los profesionales de relojería, ya que se trabaja con materiales blandos y delicados, además que las piezas elaboradas son de pequeñas dimensiones, usualmente no tienen sistema de motor para su rotación, y no tienen grandes potencias de trabajo.

g) Torno de madera:

Son muy utilizados en talleres de carpintería, se utilizan para el mecanizado de maderas, además tienen grandes dimensiones entre puntos, sus sistemas motrices generalmente utilizan bandas para la transmisión de velocidades y potencias.

Estructura del torno

El torno tiene cinco componentes. Las partes principales del torno son el cabezal principal, bancada, contrapunta, carro y unidad de avance. El cabezal principal contiene los engranes, poleas lo cual impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance.

El cabezal, incluye el motor, husillo, selector de velocidad, selector de unidad de avance y selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se soporta el husillo. La bancada sirve de soporte para las otras unidades del torno.

La contrapunta puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo, La función primaria es servir de apoyo al borde externo de la pieza de trabajo.

El carro consta del tablero delantero, porta-herramienta, mecanismo de avance, mecanismo para roscar, soporte combinado y los sujetadores para la herramienta de corte.

La aplicación de la potencia para avance se obtiene al acoplar el embrague para el avance seleccionado.

El carro auxiliar puede girarse a diversos ángulos y las herramientas de corte se montan en el portaherramientas.

El avance manual para el carro auxiliar compuesto se obtiene con el volante de avance.

A continuación se detalla las partes principales de un torno

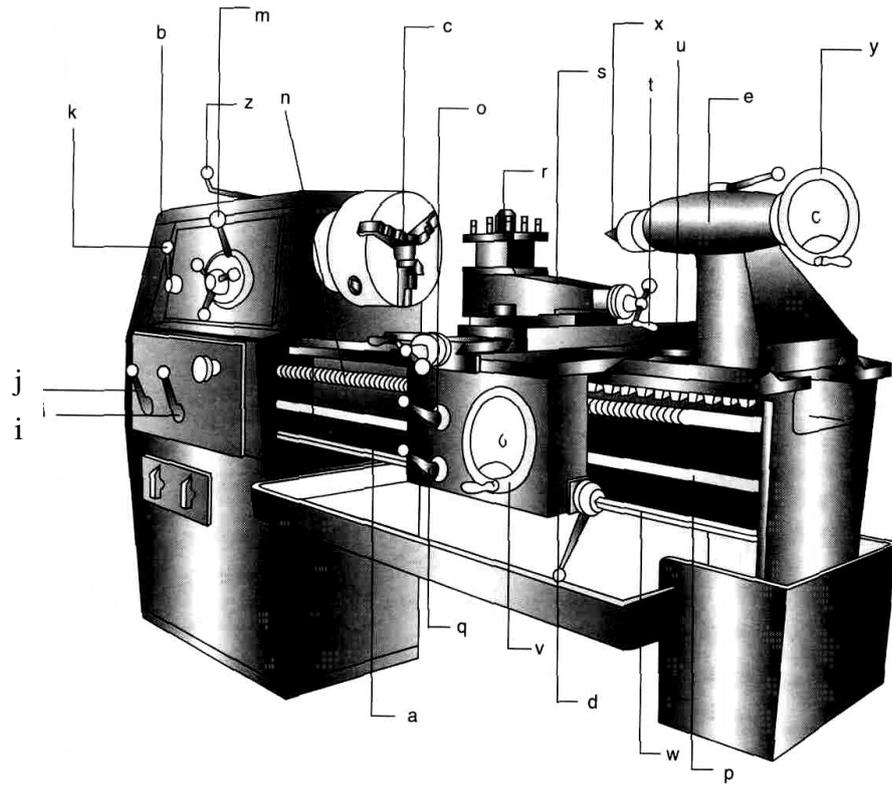


FIG.2.11 Partes de un torno

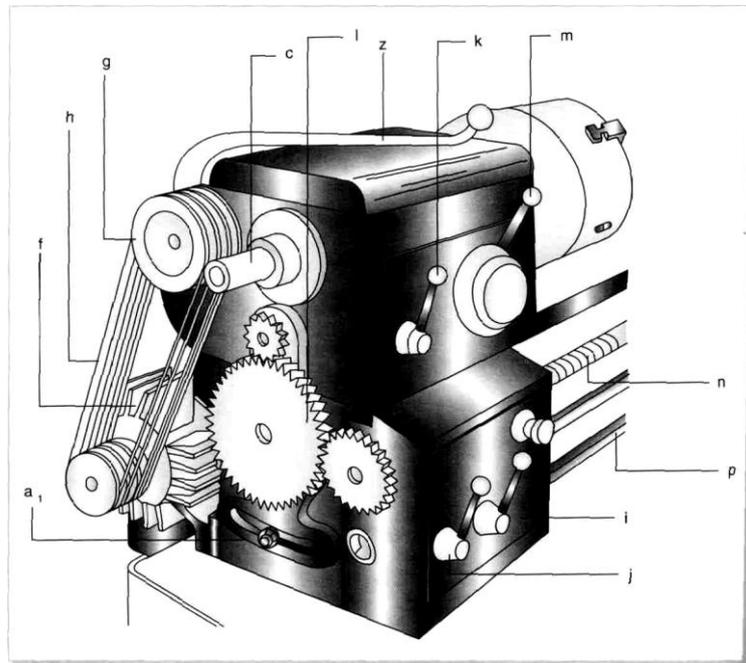


FIG.2.12 Sistema de engranes de un torno

- a) Bancada
- b) Cabezal motriz
- c) Plato
- d) Carro
- e) Punto
- f) Motor
- g) Polea
- h) Correa trapezoidal (banda tipo "V")
- i) Caja para cambio de velocidad de avance
- j) Palanca para cambio de velocidad de avance
- k) Inversor del avance
- l) Piñón de mando entre el plato y la caja de cambios
- m) Palanca del cambio de velocidades del plato
- n) Barra de roscar
- o) Palanca de la barra de roscar
- p) Barra de cilindrar
- q) Palanca para la transmisión del movimiento de la barra de cilindrar al carro
- r) Portaherramientas
- s) Torreta portaherramientas
- t) carro transversal
- u) Soporte inferior
- v) Volante para el movimiento manual del carro
- w) Barra de transmisión para el mando de la barra de cilindrar
- x) Contrapunto, y) Volante para el avance del contrapunto
- y) Volante para el avance del contra punto
- z) Leva a fricción y freno
- ai) Soporte, tira o guitarra para engranajes.

Capacidad del torno

La capacidad del torno se designa por el del diámetro máximo de la pieza que las muelas pueden sujetar y girarse, además de la longitud máxima de la pieza que puede tornearse entre puntos de sujeción.

Equipo auxiliar

Se requiere ciertos aditamentos, como sujetadores para la pieza de trabajo, soportes y portaherramientas. Algunos aditamentos comunes incluyen:

Mandril porta pieza o plato de sujeción: Sujeta la pieza de trabajo en el cabezal y transmite el movimiento de rotación, tiene un número de muelas según el trabajo que se va a realizar.

Plato de torno: Sujeta la pieza de trabajo en el cabezal.

Centros (Puntos): Soportan la pieza de trabajo en el cabezal y en la contrapunta.

Perro: Se fija en el plato de torno y en la pieza de trabajo y le transmite el movimiento a la pieza cuando está montada entre puntos.

Boquilla de mordazas convergentes: Sujetador hueco, comprimible, montado en el husillo para transmitir movimientos.

Soporte o luneta fija: Soporta el extremo extendido de la pieza de trabajo cuando no puede usarse la contrapunta.

Soporte o luneta móvil: Se monta en el carro y permite soportar piezas de trabajo largas cerca del punto de corte.

Poste portaherramientas revólver: Portaherramientas con alineación múltiple.

Herramienta moleteadora: Consta de dos ruedas que, al oprimirlas contra la pieza de trabajo en rotación, imprimen un dibujo realizado en la pieza.

Barra taladradora: Portaherramientas alargado para permitir la perforación interna de la pieza de trabajo.

Recortadora o tronzadora: Herramienta de una punta utilizada para recortar o tronzar.

Mandril Jacobs: Mandril utilizado para sujetar brocas, escariadores y otros.

Mandril o husillo: Barra para sujetar la pieza de trabajo.

Varios: Dentro de los aditamentos varios, podemos colocar los dispensadores de fluido refrigerante, lámparas para mejorar la visibilidad, captadores de viruta, placas protectoras para el operario, entre otras.

Tornos de no-producción

Llamados así por que para realizar trabajos en serie, tienen un tiempo perdido para el cambio tanto de herramientas, como para la alimentación de la materia prima, lo cual dificulta la producción, pero son fáciles de manejo y mecanizado cuando es una sola pieza la que se va a mecanizar.

Dentro de los más conocidos podemos citar los siguientes:

Torno paralelo: Es el más común y tiene los componentes básicos y puede efectuar las operaciones ya descritas.

Torno rápido: Se utiliza principalmente para operaciones de torneado rápido de metales, para madera y para pulimento.

Torno para taller mecánico: se utiliza para hacer herramientas, matrices o piezas de precisión para maquinaria.

Tornos de semi producción

Tornos copiadores: es un torno paralelo con un aditamento copiadore. Corta el movimiento de las herramientas de corte.

Torno revólver: tienen una unidad de alineación para herramientas múltiples, en lugar de la contrapunta. Tiene diferentes posiciones y los tornos son horizontales y verticales.

Torno horizontal: se clasifica en ariete o de porta-herramienta, los arietes tienen torreta para herramienta múltiple montado en el carro superior. El carro superior es adecuado para materiales gruesos que necesitan mucho tiempo para tornear o perforar.

Torno Vertical: Pueden operar en forma automática, se alinean con la pieza de trabajo con un mecanismo o con control numérico. El revolver vertical tiene dos tipos básicos: estación individual y múltiple.

Tornos múltiples: Tienen husillos múltiples que se vuelven a alinear después de cada accionamiento.

Tornos de producción

Tornos de mandril automático o tornos al aire: Son similares a los de revolver de ariete o carro superior, excepto que la correa esta montada verticalmente, no tiene contrapunta, el movimiento para el avance se aplica en la torreta. En estos tornos se utiliza una serie de pasadores y bloques de disparos para controlar las operaciones.

Tornos automáticos para roscar: Son automáticos, incluso la alimentación del material de trabajo al sujetador. Estos tornos se controlan con una serie de excéntricas que regulan el ciclo. Son del tipo de husillo individual o múltiple. Los de husillo individual son similares a un torno revolver excepto por la posición de la torreta.

Los tornos suizos para roscar: Difieren de los demás en el que el cabezal produce el avance de la pieza de trabajo, estos también tienen un mecanismo de excéntricas para el avance de la herramienta, estas mueven a la herramienta de corte que esta soportada vertical, hacia adentro y hacia afuera mientras la pieza de trabajo pasa frente a la herramienta. Los tornos para roscar con husillos múltiples tienen de cuatro a ocho husillos que se alinean a diversas posiciones.

Cuando se alinean los husillos efectúan diversas operaciones en la pieza de trabajo. Al final de una revolución, se termina la pieza de trabajo. En un torno de ocho husillos, la pieza se alinea ocho veces para efectuar el ciclo de la máquina. Cada vez que se alinea el carro, se termina una pieza y se descarga el husillo.

2.1.2. FRESADO

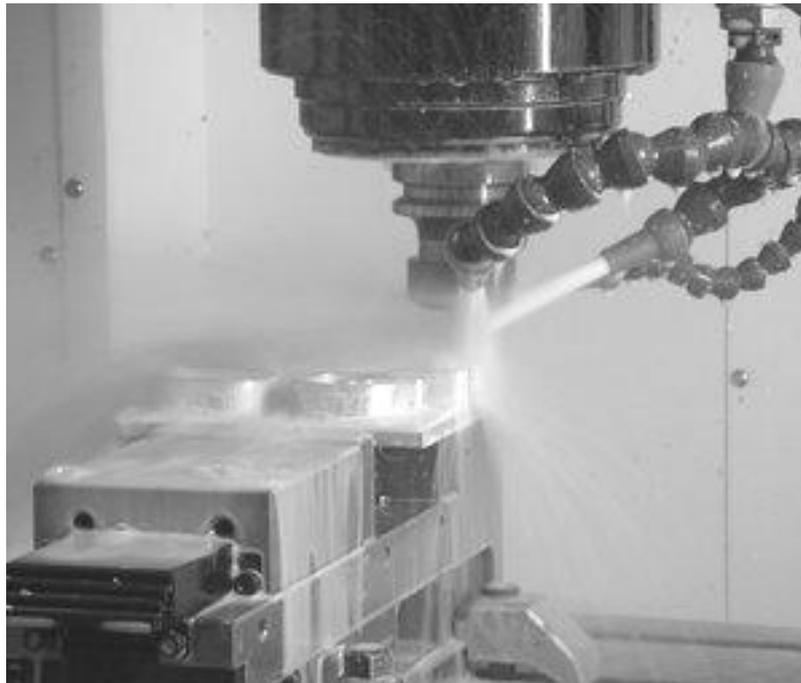


FIG.2.13 Figura de una fresadora

Una fresadora es una máquina de potencia utilizada para dar formas complejas a piezas de metal (o posiblemente de otros materiales). Su forma básica es la de un cortador rodante que gira en el eje vertical (como un taladro), y que se puede mover en tres dimensiones (y, posiblemente, en varias orientaciones) en relación a la pieza a mecanizar (en contraste con el taladro, que sólo se puede mover en una dimensión mientras corta).

El movimiento a lo largo de la superficie de la pieza a mecanizar se lleva a cabo generalmente mediante una tabla móvil en la que se monta la pieza a mecanizar, preparada así para moverse en dos dimensiones. Se pueden operar las máquinas fresadoras tanto manualmente como mediante control numérico (CNC).

Las máquinas fresadoras pueden ejecutar una gran cantidad de operaciones complejas, como cortes de ranuras, planificación, perforaciones, encaminado, etcétera.

FRESADO FRONTAL

Avance perpendicular al eje de giro

Profundidad de corte en dirección axial

Corte producido por los filos periféricos

Acabado superficial producido por los filos de la cara frontal

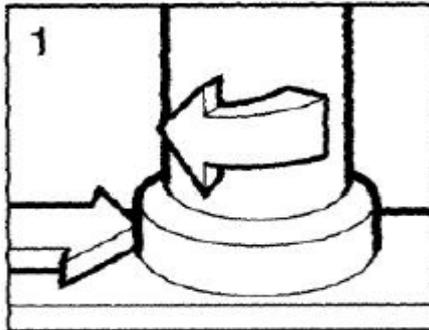


FIG.2.14 Forma de trabajo de una fresadora

FRESADO PERIFÉRICO

Avance perpendicular al eje de giro

Profundidad de corte en dirección radial

Corte producido por los filos periféricos

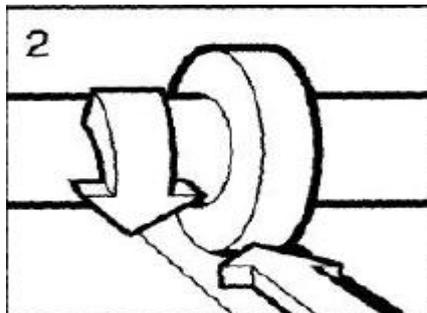


FIG.2.15 Fresado periférico

FRESADO AXIAL

Avance y profundidad de corte en dirección axial

Corte producido por los filos de la cara frontal

Generalmente se taladra hasta una profundidad y luego se avanza radialmente

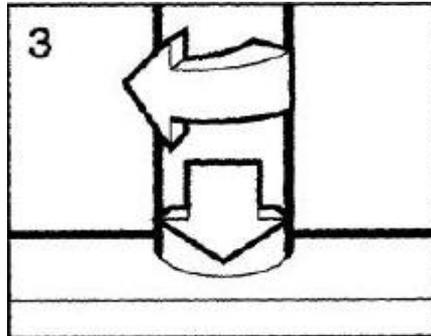


FIG.2.16 Fresado axial

PARTES DE UNA FRESADORA

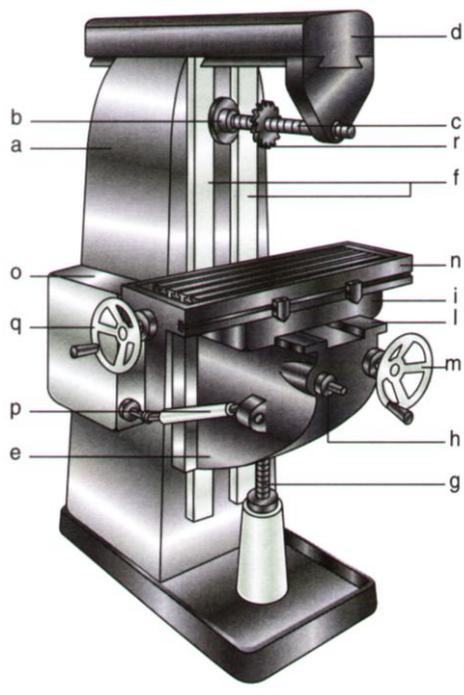


FIG.2.17 Partes de una fresadora

- a) Montante que contiene al motor y los mecanismos de movimiento de trabajo
- b) Eje porta-fresas

- c) Árbol porta-fresas
- d) Soporte rígido del árbol porta-fresas (puente)
- e) Consola o carro inferior
- f) Guía fija
- g) Espárrago roscado
- h) Árbol con tambor graduado
- i) Carro transversal
- l) Guía de carro transversal
- m) Volante con tambor graduado
- n) Mesa
- o) Caja de cambio de velocidades para el avance automático de la mesa
- p) Transmisión cardan para el avance automático de la mesa
- q) Volante para el mando manual del avance longitudinal de la mesa
- r) Fresa

Tipos de trabajos que se realizan con las fresadoras

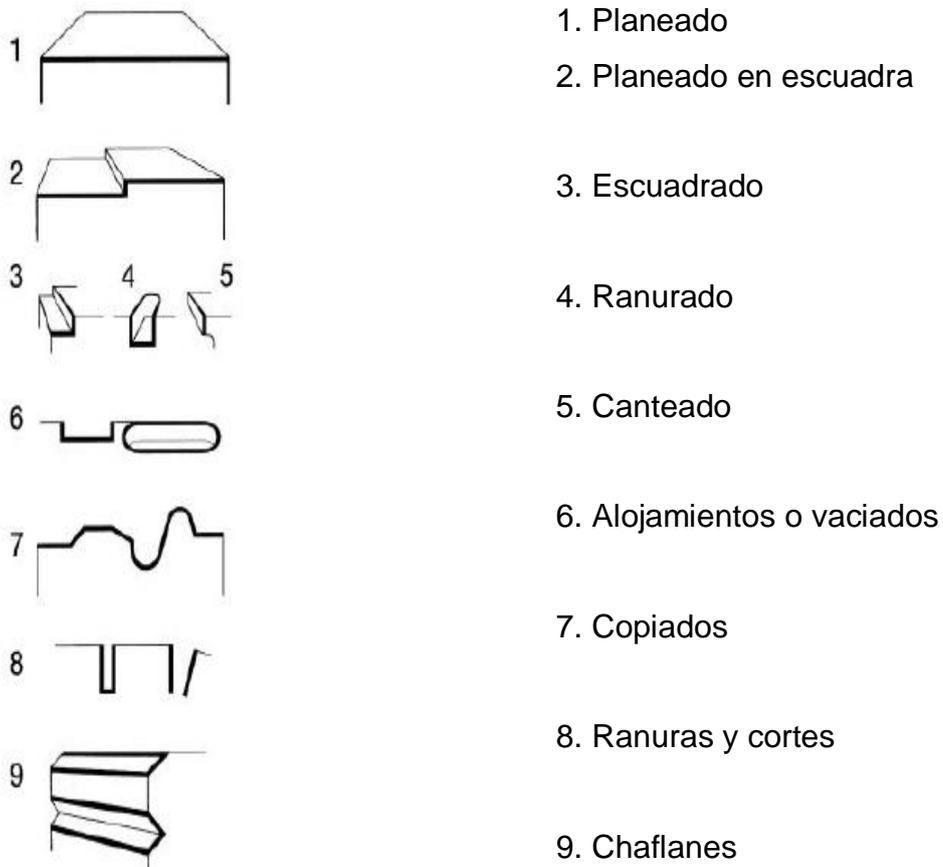


FIG.2.18 Tipos de trabajo que realiza una fresadora

2.2. ESTUDIO DEL LENGUAJE UTILIZADO POR LA MÁQUINA HERRAMIENTA NCL-2000 (ARCHIVOS M)

Se conocen como archivos M, las listas de acciones e instrucciones necesarias, para controlar el funcionamiento de las máquinas-herramientas controladas por un sistema Automático (CNC), del laboratorio de CAD/CAM, estos archivos, están expresados en ordenes directas con especificaciones propias de cada una de las máquinas.

Estos archivos pueden ser generados por un software específico de diseño (Paquete CAD), el mismo que tiene una opción para su generación automática, cuando el software es el original desarrollado para la máquina, este no tiene ningún inconveniente tanto para su generación así como para su lectura y posterior aplicación.

El principal problema se puede ubicar cuando el software utilizado para el diseño no es el original para controlar la máquina-herramienta, y se tiene que generar estos archivos, los mismos que generalmente son expresados en formato de Archivos de Bloque o formato de Texto, estos archivos tienen que ser trasladados hasta el Armario de Control (Cuando es el Principal Ingreso de Datos) o a su vez mediante el ordenador que controla los procesos de la máquina.

Cuando existe un Armario de Control, existe la posibilidad de ingresar las órdenes e instrucciones, mediante la utilización del teclado y pantalla frontal con el que viene equipada la máquina-herramienta.

Las ordenes realizadas bajo el formato de "Archivos M" se representa como una lista de ordenes, encaminadas a encender los motores y las herramientas utilizadas, pueden ser revisadas con un bloc de notas, ya que por ser una lista, donde se especifican los cambios en las coordenadas, y variación en las velocidades tanto de corte como de giro, tienen semejanza a cualquier lista de datos. Y son almacenadas bajo el formato de documento de texto.

2.3. GENERALIDADES DE LOS ARCHIVOS CONTROLADORES

NOMENCLATURA DE EJES

Se puede anotar que la nomenclatura o denominación de ejes y movimientos en máquinas equipadas con control numérico vienen establecidas por la norma internacional ISO 841 de 1974. Son aplicables a todas las máquinas con CNC, aunque están elaboradas en términos que se relacionan, en especial a máquinas-herramientas para mayor facilidad de comprensión.

Los principios de ejes y movimientos se basan en un sistema de coordenadas, normalizado, es decir, las coordenadas Cartesianas, llamado también CARTESIUS (rectas a 90° con un punto de origen). Si la máquina tiene más de dos ejes, el sistema de coordenadas es un TRIEDRO cartesiano ortogonal directo.

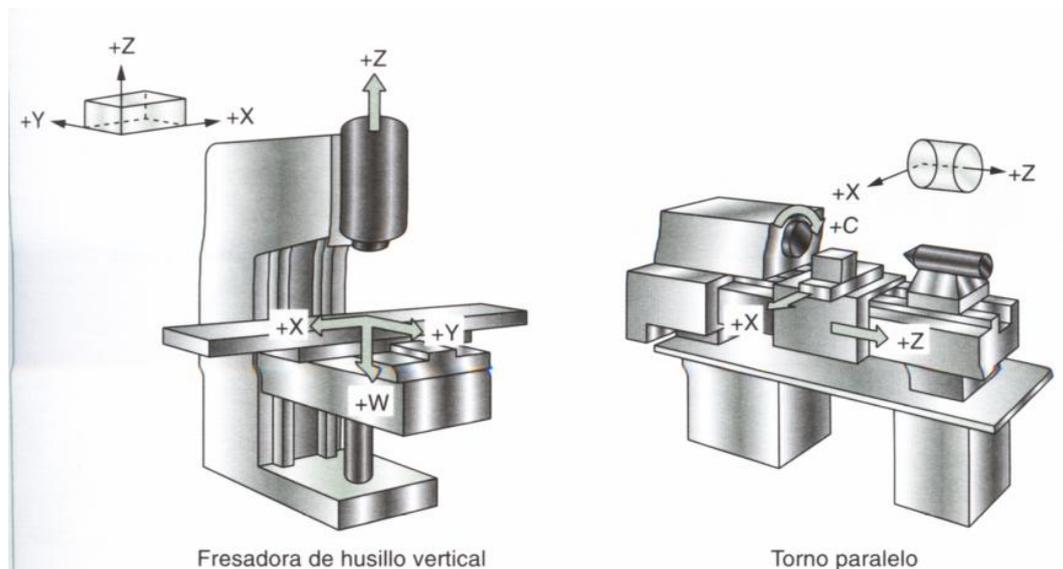


FIG.2.19 Esquema de los ejes de recorrido de las máquinas herramientas

TIPOS DE CONTROLES NUMÉRICOS

Debido a las diferencias que existen entre las máquinas que son susceptibles de ser gobernadas por un CN, a las dificultades técnicas en el diseño de los programas controladores y a las condicionantes de tipo económico, han aparecido diversos tipos de CN que pueden clasificarse de varias maneras:

- 1) Según el sistema de referencia
- 2) Según el control de las trayectorias
- 3) Según el tipo de accionamiento
- 4) Según el bucle de control
- 5) Según la tecnología de control

1) 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 y hacer más fácil el trabajo del 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.

Sistemas de referencia fijos frente a sistemas de referencia flotantes

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 (HOME) siempre se localiza en la misma posición con respecto a la mesa de trabajo. Normalmente, esta posición es la esquina inferior de la izquierda de la mesa de trabajo y todas las posiciones se localizan a lo largo de los ejes XY positivos y relativos a ese punto fijo de referencia, el mismo que no puede ser variado por el programador.

En el caso de sistema de referencias flotantes, más comunes en las modernas máquinas de CN, permiten que el operador fije el origen del sistema en cualquier posición de la mesa de trabajo, según su conveniencia. 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.

Por ejemplo, la pieza a trabajar puede tener una simetría y convendría situar el origen en el centro de esa simetría.

La localización de esta referencia se realiza al principio antes de comenzar cualquier tipo de mecanizado, el operador mueve la herramienta mediante control manual al punto que se desea como origen (HOME) del sistema de referencia y presiona un botón indicándole a la máquina el punto de origen.

2) Clasificación según el control de las trayectorias

Según el control de las trayectorias se han desarrollado una gran cantidad de tipos de CNC, siendo los más destacados los siguientes:

a.- Control Numérico Punto a Punto:

Este tipo de control se utiliza para posicionar la herramienta en los sucesivos puntos donde se realicen una o varias mecanizaciones.

El CN punto a punto controla únicamente la posición 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.

La coordinación entre ejes no es necesaria porque lo importante es alcanzar un punto dado, en el mínimo tiempo y con la máxima precisión posible.

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.

La trayectoria seguida para pasar de un punto a otro no es controlada, ya que las funciones de posición y mecanizado son diferentes.

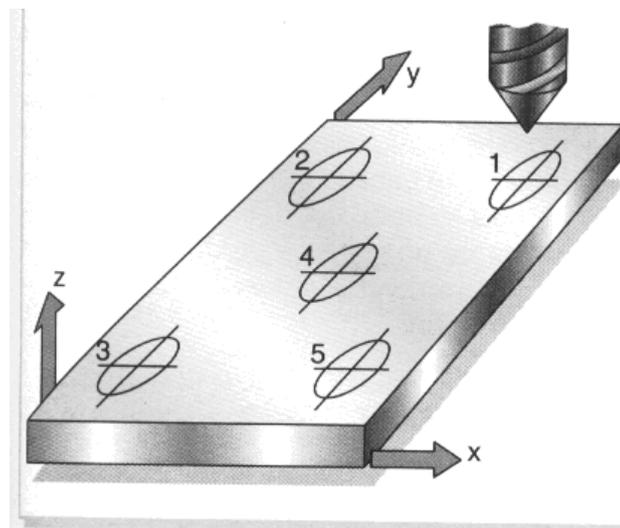


FIG.2.20 Control numérico punto a punto

b.- Control Numérico Paraxial: Con el control numérico paraxial se pueden gobernar de forma precisa tanto la posición del elemento que se desplaza (pieza o herramienta) como la trayectoria, según la dirección de alguno de los ejes de coordenadas cartesianas. El control paraxial, mejora el control punto a punto, ya que podemos controlar también la trayectoria seguida, pero siempre siguiendo líneas rectas paralelas a los ejes de la máquina-herramienta.

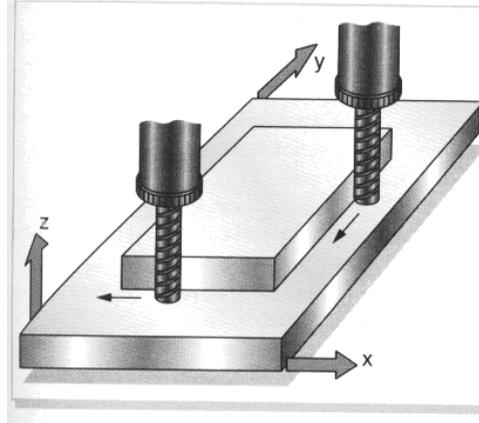


FIG.2.21 Control numérico paraxial

c.- Control Numérico Continuo o por Contorneado: Este sistema es el que se aplica con más frecuencia en las máquinas-herramientas con CNC. Todos los desplazamientos y trayectorias son controlados, siempre de forma precisa.

Con la combinación simultánea de dos o tres ejes de coordenadas se pueden realizar perfiles de gran dificultad. Este tipo de control es denominado 3D (tres dimensiones) porque puede gobernar al mismo tiempo tres movimientos de los ejes. 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 contorno 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.

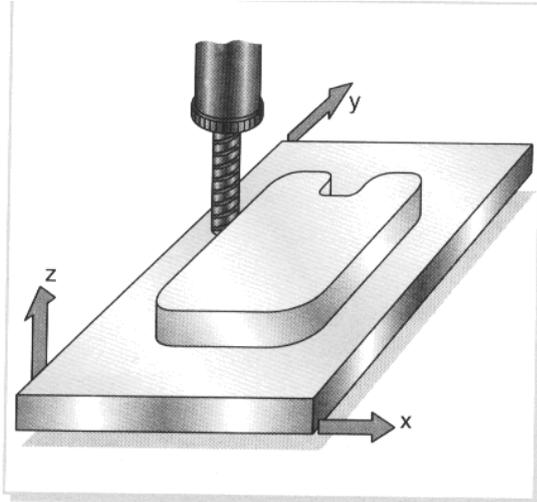


FIG.2.22 Control numérico continuo

3) Según el tipo de accionamiento

Según el tipo de accionamiento, es decir el sistema que utilizan sus actuadores para poner en práctica un determinado movimiento u orden de salida, estos pueden ser: hidráulicos, eléctricos o neumáticos.

4) Según el bucle de control

El control de posicionamiento de una máquina-herramienta de CN puede realizarse mediante el uso de dos sistemas de servomecanismos de posicionado:

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

a) Sistema de bucle cerrado: En este tipo de servomecanismos, las órdenes suministradas a los motores proceden de las informaciones enviadas por la unidad de cálculo del CN y de los datos suministrados por el sistema de medida de la posición real (captador de posición) y de la velocidad real (captador de velocidad) montado sobre la máquina.

El principio de los servomecanismos de posición en bucle cerrado consiste en comparar en todo momento la posición del móvil con la orden dada. La señal enviada al accionador es función de la relación entre la posición y la orden.

Usualmente se utilizan dos bucles de retorno de información, uno para el control de posición y otro para el control de la velocidad de desplazamiento del móvil, debido a que antes de llegar a la cota deseada se disminuye la velocidad para alcanzar el posicionado correcto

Para la mayoría de los accionamientos de las MHCN (Máquinas Herramientas con Control Numérico) con control de posicionamiento en bucle cerrado se utilizan motores de corriente continua de imán permanente y de baja inercia debido a su funcionamiento flexible, con aceleraciones rápidas y regulaciones de velocidad proporcionales a la tensión. La tendencia actual, sin embargo, es hacia la incorporación de motores de corriente alterna a los sistemas de accionamiento por sus mejores prestaciones y más fácil mantenimiento.

b) Sistema de bucle abierto: En este tipo de sistemas se elimina el retorno de la información de posición y velocidad del móvil.

Se utilizan forzosamente motores paso a paso para el movimiento de los ejes, debido a que un motor de este tipo tiene un rotor que efectúa una rotación de un ángulo determinado cada vez que recibe un impulso eléctrico.

El motor paso a paso permite el control de desplazamientos y velocidades de manera muy simple. Se alimenta con trenes de impulsos eléctricos cuyo número tiene relación con la posición que se desea alcanzar, y su cadencia (número de impulsos por unidad de tiempo) establece la velocidad de giro.

Este tipo de sistemas se utiliza en general para aquellas máquinas en las que no es necesario controlar en todo momento la velocidad de avance y la posición de la herramienta como es el caso de punteadoras, taladradoras, plegadoras, etc.

Los inconvenientes principales que presentan este tipo de motores son:

- La posible pérdida de pasos en el desplazamiento por un esfuerzo elevado en el eje del motor, lo que conduce a un error de posición.
- Limitaciones de potencia y par intrínsecos a las características del motor.
- Debido a su avance por impulsos producen un peor acabado de las piezas a mecanizar.

La ventaja principal que tienen es su bajo costo.

5) 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:

- a) Control Numérico (CN)
- b) Control Numérico Computarizado (CNC)
- c) Control Numérico Adaptativo (CNA)

a) 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.

Sus características principales son las de trabajar sin memoria, con una cinta perforada como medio de introducción del programa que se ejecuta de forma secuencial. Los armarios de control son de gran volumen y difícil mantenimiento.

b) Control Numérico computarizado (CNC):

El tipo de controles basados en circuitos específicos y lógica cableada (CN) ha caído en desuso con la aparición de los Controles Numéricos Computarizados (CNC), basados en el uso de uno o varios microprocesadores que sustituyen a los circuitos de lógica cableada de los sistemas CN, poco fiables y de gran tamaño.

Los CNC incluyen una memoria interna de semiconductores que permite el almacenamiento del programa pieza, de los datos de la máquina y de las compensaciones de las herramientas.

Por otra parte, incorporan un teclado que facilita la comunicación y el grado de interactividad con el operario y permiten la ruptura de la secuencia de los programas, la incorporación de subrutinas, los saltos condicionales y la programación paramétrica.

De esta forma, se facilita una programación más estructurada y fácil de aprender. Por otra parte, se trata de equipos compactos con circuitos integrados, lo que aumenta el grado de fiabilidad del control y permite su instalación en espacios reducidos y con un nivel de ruido elevado.

Actualmente, todos los controles que se fabrican son del tipo CNC, quedando reservado el término CN para una referencia genérica sobre la tecnología, de tal forma que se utiliza la denominación CN (Control Numérico) para hacer referencia a todas las máquinas de control numérico, tengan o no computador.

c) Control Numérico Adaptativo (CNA):

El Control Numérico Adaptativo (CNA) es la tendencia actual de los controles. En ellos el controlador detecta las características del mecanizado que está realizando y en función de ellas optimiza las velocidades de corte y los avances; en otras palabras, adapta las condiciones teóricas o programadas del mecanizado a las características reales del mismo.

Para ello, hace uso de sistemas sensoriales de fuerza y deformación en la herramienta, par- motor, temperatura de corte, vibraciones, potencia, etc.

Las razones de la introducción del CNA residen en la variación de las condiciones de corte durante el mecanizado por varios motivos:

- Geometría variable de la sección de corte (profundidad y anchura) por la complejidad de la superficie a mecanizar, típico de las operaciones de contorno.
- Variaciones en la dureza y en la facilidad de ser maquinado de los materiales.
- Desgaste de las herramientas, incrementándose el esfuerzo de corte.

2.3.1. EL ARCHIVO HBT.GPP

El nombre del archivo puede ser indistinto según el programador, pero en este caso se utiliza "HBT.GPP", el mismo que termina en "T", para denotar que es un archivo controlador de un TORNO "TURNING", se utiliza esta notación, para mantener los parámetros especificados en las normas ISO.

Este tipo de programas, con extensión "GPP", son los denominados post-procesadores, encargados de la generación de los "códigos G", por lo que dentro de este archivo se pueden controlar opciones de presentación, número de líneas con la que se empieza a numerar los procesos, la variación delta que existe entre cada una de las líneas, se puede colocar un encabezado, el mismo que aparecerá dentro de la generación del CÓDIGO G.

Además se puede especificar si se utiliza coordenadas absolutas o relativas, y que número de código se utiliza para almacenar esta opción (Según la codificación ISO, por ejemplo se puede utilizar "G90" para coordenadas absolutas).

Cada uno de los procesos, se los especifica en forma de subprogramas, los mismos que se inician con el símbolo “@ (arroba)” seguido por el nombre del proceso o instrucción (escrito en inglés), se detallan todas las opciones del proceso en diferentes líneas una a continuación de otra.

Para finalizar cada uno de los procesos, se utiliza la expresión “endp” y finalmente se utiliza el símbolo “; (punto y coma)” la misma que se utiliza para dar por finalizada alguna orden, y evitar que se pueda utilizar los valores que se almacenan por defecto, además se utiliza “----- (línea punteada)” para comenzar un nuevo proceso, esto nos muestra el inicio de cada uno de ellos.

2.3.2. EL ARCHIVO HBT.MAC

Este tipo de programas con extensión “MAC”, son conocidos como pre-procesadores, son utilizados por el SolidCAM, o software de mecanizado, para determinar los parámetros utilizados al realizar el respectivo trabajo (escogido al inicializar el SolidCAM), dentro del mismo, se activan o desactivan las diferentes opciones, las mismas que son escogidas de acuerdo a los parámetros de diseño seleccionados por el operador, el número de líneas o de instrucciones que acepta el controlador, además del procesador de salida que será utilizado para generar los diferentes códigos G y códigos M.

Se inicia con la expresión (@pre_processor), la misma que es tomada en cuenta por el SolidCAM, para iniciar el procesador o controlador, especificando dentro del mismo las diferentes características que tiene.

Al iniciarse con el símbolo de arroba “@ (arroba)” se realiza la programación conocida como macro, este símbolo sirve para conectar todos los procesos y ordenes relacionadas, al compararlos con programación en otros lenguajes, se utiliza como las denominadas “BANDERAS”, o “FLAGS” que son encabezados de procesos o bucles.

En este controlador se puede activar opciones como el inicio y fin del trabajo, es decir donde se coloca la herramienta al iniciar y luego de finalizar el proceso.

Se personalizan varias opciones, como el enviar la herramienta a "HOME" utilizando determinado código de las normas ISO (ejemplo: G28 para enviar a HOME, o G0 para movimientos rápidos).

Se especifican los procesos que se pueden realizar con el controlador, para el torno NCL-2000 no se puede utilizar el proceso de taladrado "DRILLING", ya que no esta dotado de herramientas para este proceso, por ser una máquina con características didácticas, el trabajo que se realiza es de torneado externo, por lo que todas las otras opciones de trabajo, están desactivadas.

Capítulo III

DESARROLLO DE LOS PROGRAMAS CONTROLADORES

3.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LOS PROGRAMAS CONTROLADORES

Los programas controladores para la máquina NCL-2000 (Torno), tienen la estructura de dos archivos, el primero "HBT.MAC", el mismo que se encarga de administrar las opciones para el SolidCAM, y permitir la realización de cada uno de los procesos para el desarrollo de la pieza a manufacturarse.

Consta de opciones de Programación macro, lo que permite relacionar cada uno de los procesos a realizarse, y lograr un completo trabajo, escoge las opciones de salida y de generación del código G.

El otro programa controlador a desarrollarse es "HBT.GPP", el mismo que esta encargado del desarrollo del código G directamente, ya que en el mismo se pueden colocar encabezados para el programa, además de controlar y personalizar la forma de generar dichos códigos, en este controlador, se pueden realizar bucles, los mismos que se encargan de verificar los movimientos cuando son repetitivos.

3.1.1. DECLARACIÓN DE LAS VARIABLES

Las variables se declaran en el idioma ingles (por utilizar las normas ISO) se colocan los nombres de los ejes según el número de grados de trabajo que tienen las máquinas, para el torno NCL-2000, tenemos dos grados de movimiento, los mismos que están representados con el eje "X" y el eje "Z", no existen mas variables que declarar, ya que son procesos definidos.

3.1.2. ESTRUCTURAS DE LAS ÓRDENES

Como existen dos tipos de controladores, se tienen dos tipos diferentes de estructurar las órdenes, ya que manejan diferente tipo de programación cada uno de ellos.

- Para el archivo “HBT.GPP”: Las ordenes se dan a manera de programas, los mismos que pueden obtener información adicional o constar de subórdenes, se inicializan con el signo “@ (arroba)”, y se terminan con la expresión (endp) la misma que da por terminado el subproceso, se utiliza además el símbolo “; (punto y coma)” para delimitar los diferentes bloques de procesos, o separar ciertas ordenes. Ejemplo:

```
@start_program
; after tools definition
; {nb, 'M', 'xpos:xpos_f, 'zpos:zpos_f}
endp
;-----
```

- Para el archivo “HBT.MAC”: Las ordenes se las da de forma de tabla, donde se escoge diferentes opciones, se utiliza el símbolo “@ (arroba)” ya que las diferentes instrucciones son programadas a manera de vínculos, según la máquina que se utilice, se pueden encender o apagar las diferentes opciones, además se pueden direccionar determinadas acciones, indicando con el nombre la ruta a seguir.

Ejemplo:

```
@pre_processor
machine_type = TURNING
abs_coord = N
rotate = N
mirror = N
variables = N
```

3.1.3. VARIABLES DE SALIDA

En el controlador “HBT.GPP” se tienen variables de salida, las mismas que se pueden apreciar al instante de generar el CÓDIGO G, ya que se puede personalizar la forma de presentarse el código, se puede incluso insertar un encabezado, para el controlador “HBT.MAC”, no se tienen variables de salida, pero se utiliza como una, la opción de escoger el procesador o controlador para realizar el trabajo del SolidCAM, y generar el CÓDIGO G.

Ejemplo:

```
post_processor = HBT
```

3.2. EXTENSIONES Y FORMATOS DE LOS CONTROLADORES

Se utilizan dos tipos de extensiones para los controladores, pero los dos deben tener el mismo nombre, el primero utiliza la extensión (GPP) y el segundo con extensión (MAC), los mismos que trabajan conjuntamente, además tienen características y especificaciones determinadas, las mismas que serán tratadas a continuación, para este caso los controladores se denominan HBT.GPP y HBT.MAC, los dos controladores por tener que trabajar en conjunto, deben obligatoriamente que tener el mismo nombre, aunque cambie su extensión.

3.2.1. ARCHIVOS CON EXTENSIÓN GPP (* . GPP)

Los archivos GPP, están encargados de controlar los códigos G, y sus diferentes opciones de presentación, se realiza su programación, utilizando subprogramas, los mismos que se presentan a manera de bucles cerrados.

Se puede anotar que la programación tiene cierta semejanza a la utilizada en el lenguaje C.

Este tipo de programación se denomina “programación Macro” ya que existen subprogramas, los mismos que se relacionan y se forman un conjunto cerrado, estos subprogramas pueden estar almacenados en diferentes programas, o en un solo programa base.

A continuación se especifican las características del archivo controlador.

- ; TOYO : En este bloque se expresa la marca de la máquina, depende del fabricante para expresar las características.
- @init_post : En este bloque se expresan las características iniciales, tales como el número de herramienta a utilizarse, y sus características. Además de la posición inicial que se almacenara antes de generar el código G, además del valor delta entre cada una de las líneas generadas.
- @start_of_file : Este bloque nos permite colocar un encabezado o varias frases de encabezado en el programa, se debe utilizar el siguiente formato `{\nb,'CONTROLADOR TORNO NCL-2000'}`

3.2.1.1. Características de los archivos (* . GPP)

Estos archivos utilizan el símbolo “@ (arroba)” para iniciar cada uno de los procesos a realizarse, separan o finalizan cada uno de los bloque de procesos o determinado proceso, mediante la utilización del símbolo “;(punto y coma)”, para mostrar cuando es un encabezado de un nuevo proceso se delimita con “----- (línea punteada)”, a continuación se detalla el controlador terminado.

ARCHIVO HBT.GPP

```
; TOYO
;-----
; Education = Y
; Group   = 12

@init_post
  global numeric prev_tool_d
  global integer prev_tool_num
  global integer last_unit
  ; Non GPPL variables
  num_user_procs = 15
  line_labels    = TRUE    ; Jump to N...
  ; GPPL variables
  numeric_def_f  = '5.3'
  integer_def_f  = '5.0(p)'
  gcode_f        = '2.0(p)'
  mcode_f        = '2.0(p)'
  xpos_f         = '5.2(p)'
  zpos_f         = '5.2(p)'
  feed_f         = '3.0(p)'
  blknum_f       = '3.0(p)'
  blknum_gen     = false
  blknum_exist   = false
  blknum         = 10
  blknum_delta   = 10
  blknum_max     = 32000
  gcode_space    = TRUE
;trace "all":1
endp
;-----
```

```

@start_of_file
  ; before tools definition
  {nb,"}

  {nb,'CONTROLADOR TORNO NCL-2000'}
  {nb,'WILLIAM PEÑA'}
  {nb,'CHRISTIAN PROAÑO'}
  {nb,'S 8'}
endp
;-----

@start_program
  ; after tools definition
; {nb, 'M', 'xpos:xpos_f, 'zpos:zpos_f}
endp
;-----

@end_program
endp
;-----

@end_of_file
  {nb,'M 30 0 50 1000'}
  {nb,'R 8'}
endp
;-----

@relative_mode
; relative_mode = TRUE
; gcode = 91
; {nb, 'G'gcode, ' '}
endp
;-----

```

```

@absolute_mode
; gcode = 90
; {nb, 'G'gcode, ' '}
endp
;-----
@machine_plane
endp
;-----
@call_proc
endp
;-----
@proc
endp
;-----

@end_proc
endp
;-----
@loop
endp
;-----
@end_loop
endp
;-----
@def_tool
endp
;-----

@rapid_move
  {nb, 'M'}
  if change(xpos) then
    {'xpos:xpos_f}

```

```
else
    {'*'}
endif
if change(zpos) then
    {'zpos:zpos_f'}
else
    {'*'}
endif
{' 1000'}
endp
;-----
```

```
@line
    {nb, 'M'}
    if change(xpos) then
        {'xpos:xpos_f'}
    else
        {'*'}
    endif
    if change(zpos) then
        {'zpos:zpos_f'}
    else
        {'*'}
    endif
    {'feed:feed_f'}
endp
;-----
```

```
@arc
endp
;-----
@compensation
endp
;-----
```

```

@delay
endp
;-----
@change_ref_point
endp
;-----
@home_number
endp
;-----

@rotate
endp
;-----
@fourth_axis

endp
;-----
@change_tool
endp
;-----

@message
; {nb, '(', message, ')'}
endp
;-----

@drill
; call @rapid_move
endp
;-----
@turn_drill
endp
;-----

```

```
@drill_point
; if not first_drill then
;   call @rapid_move
;   {nb, 'M * * 'down_step:zpos_f,' ',feed}
;   {nb, 'M * * 'drill_lower_z:zpos_f,' ',feed}
;   {nb, 'M * * 'drill_clearance_z:zpos_f,' ',feed}
; endif
endp
```

```
;-----
```

```
@mirror
endp
```

```
;-----
```

```
@end_drill
; {nb, 'M * * 'drill_clearance_z:zpos_f,' ',feed}
; {nb, 'M * * 'drill_lower_z:zpos_f,' ',feed}
endp
```

```
;-----
```

```
@halt_program
; {' M0'}
endp
```

```
;-----
```

```
@round_comp
; NOP
endp
```

```
;-----
```

```
@start_of_job
; NOP
endp
```

```
;-----
```

```

@end_of_job
  ; NOP
endp
;-----
@assign_axis
  ; TBD
endp

; =====
; USER DEFINED PROCEDURES
; =====

@call_simple_proc
  active(message) = FALSE
  active(parm1) = FALSE
  active(parm2) = FALSE
  active(parm3) = FALSE
  proc_count = 1

@call_proc
endp
;-----

@start_tool
endp
;-----

@stop_tool
endp
;-----

@turning
endp

```

```
@turn_proc
endp
@turn_endproc
endp

@end_job_procs
  {nb, 'M'}
  if change(xpos) then
    {'xpos:xpos_f'}
  else
    {'*'}
  endif
  if change(zpos) then
    {'zpos:zpos_f'}
  else
    {'*'}
  endif
  {'feed:feed_f'}
endp

@feed_spin
endp
@thread
endp

;@slot
;endp

@groove
endp

@turn_opt_parms
endp
```

3.2.1.2. Funciones de los archivos (* . GPP)

La función principal de los archivos con extensión “GPP”, es la de personalizar y delinear la forma de generar los códigos G de un determinado proceso, además de especificar los límites de trabajo dentro del código.

3.2.2. ARCHIVOS CON EXTENSIÓN MAC (* . MAC)

Dentro de las características principales del procesador, tenemos:

- `machine_type = TURNING`: En este caso como es un controlador para un torno CNC, el nombre la máquina y del trabajo a realizarse es el de torneado, el mismo que se escribe turning en Ingles.
- `abs_coord = (Y/N)`: Esta opción nos indica si vamos a trabajar en coordenadas absolutas o relativas, depende de la facilidad de operación del usuario.
- `num_axes = 2`: En esta opción se determina el número de ejes en los cuales trabaja la máquina, para nuestro torno tenemos dos ejes, en la actualidad existen tornos que trabajan en 3 ejes y se están implementando centros de mecanizado horizontales.
- `num_simult_axes = 2`: Esta opción determina el número de ejes en los que se puede trabajar de manera simultánea, principalmente se utiliza para el movimiento rápido del usillo.
- `num_homes = 1`: En esta opción se especifica el número de homes que tiene la máquina, es decir los puntos de inicio que tiene el proceso, para nuestra máquina tenemos solo uno, y es el del husillo.
- `abs_zero_chng = Y`: Esta opción nos permite cambiar el cero pieza (OP), es decir el punto desde el que comenzamos a realizar el trabajo, que tiene que ser escogido según el trabajo a realizar, tomando en cuenta que no exista interferencia de la cuchilla con la materia prima.

- `chng_tool_table = N` : Como nuestra máquina no tiene la opción de cambio automático de herramienta, se desactiva la opción que controla la tabla de herramientas, en esta se almacena todas las herramientas con sus características si fuera el caso.
- `dflt_start = 200 0 200` : Con esta instrucción indicamos el punto de inicio del proceso, este valor está determinado para no producir interferencia en el movimiento de la cuchilla con la materia prima.
- `dflt_end = 200 0 200 ;G28 Z0 and G0 X0` : En esta instrucción se indica la posición que debe obtener la herramienta al finalizar todo el proceso especificado, se trata de retomar el punto de inicio, para lo cual utilizando el código "G28" se retorna el eje "Z" a su (HOME) con el valor "Z0", además de utilizando el movimiento rápido mediante el código "G0" se envía el eje "X" a su valor de "X0" que en este caso coincidentalmente es el (HOME) del eje "X".
- `post_processor = HBT` .: Mediante esta instrucción se determina la utilización del procesador o controlador llamado HBT, el mismo que será definido en el SolidCAM, para ser el CNC-controlador para el proceso de torneado.
- `endp:` Esta instrucción se utiliza para indicar la finalización del archivo, y hacer validas las instrucciones especificadas en su interior.

Cabe destacar que existen varias opciones dentro del controlador o archivo "MAC", que no dejan de ser importantes, pero que están supeditadas a la consideración del programador o creador del controlador, basados en parámetros de la máquina en ciertos casos.

Pero en ocasiones, dependiendo de las características de personalización que se quiera dar al controlador, donde se pueden escoger el número de líneas máximas que puede llegar a obtener el controlador o número de códigos "G" máximos que pueden ser generados.

Se pueden activar y detallar procesos tales como el taladrado, taladrado profundo, entre otros, en nuestro caso específico, no se toma en cuenta este proceso, ya que por ser de carácter educativo la utilización del TORNO NCL-2000, lo importante es el proceso de torneado externo para poder dar forma a un tocho.

Además se especifican los límites y características de la geometría de la figura, especificando líneas, ángulos, forma de medirlos y limitaciones existentes para cada uno de ellos.

3.2.2.1. Características de los archivos (* . MAC)

A continuación se detalla todo el archivo en su totalidad, cabe destacar que tiene un formato de lectura mediante la utilización del Bloc de Notas:

ARCHIVO HBT.MAC

```
@pre_processor
machine_type    = TURNING
abs_coord       = N
rotate          = N
mirror          = N
variables       = N
z_with_xY       = N
num_axes        = 2
num_simult_axes = 2
num_homes       = 1
dflt_home       = 1
get_job_home    = Y
abs_zero_chng   = Y
comp_exist      = Y
```

comp_arc_arc = Y
comp_arc_line = Y
comp_line_line = Y
comp_x_start = N
comp_by_arcs = N
look_forward = 2
next_angle = N
chng_tool_table = N
use_dummy_tool = N
min_delt_arc_rad = 0.01
dflt_start = 200 0 200
dflt_end = 200 0 200 ;G28 Z0 and G0 X0
set_xy_chng = Y
set_z_chng = Y
dflt_tool_chng = 100 0 200 ;G28 Z
arc_exist = Y
arc_3d = N
arc_gt_180 = Y
arc_quadrants = N
arc_max_chord = 10
arc_max_angle = 20
arc_max_radius = 2000
prog_num_min = 1
prog_num_max = 8999
prog_num_dflt = 5000
get_prog_num = Y
proc_num_min = 1
proc_num_max = 8999
proc_num_dflt = 5001
get_proc_num = Y
full_gcode = N
G_in_2_cols = Y
gen_procs = N
drill_proc = N

```
drill_type      = drilling N
eps_angle      = 0.01
eps_line       = 0.01
zero_value     = 0.01
machine_plane  = XZ
post_processor  = HBT
int_is_illegal = Y
fanuc_cycle    = N
endp
```

3.2.2.2. Funciones de los archivos (* . MAC)

Este tipo de archivo se utiliza para controlar las opciones que serán utilizadas por el SolidCAM en conjunto con el controlador, es decir se especifican las características de trabajo, así como especificar el número de ejes de trabajo, y la opción mas importante en este controlador es el nombre del (post_processor = HBT), que genera la orden de que utilice el controlador HBT.GPP, para la posterior generación del “código G”, para poder trabajar en el “TORNO NCL-2000”

Capitulo IV

PRUEBAS

4.1. DISEÑO DE PIEZAS UTILIZANDO LOS PAQUETES SOLIDWORKS Y SOLIDCAM

Para poder diseñar una pieza se debe tener instalado el software SolidWorks, además se tiene que instalar el Software de Mecanizado SolidCAM, en el Laboratorio de CAD/CAM de la ESPE, se tiene instalado SolidWorks 2006 y se puede instalar SolidCAM 2003 o SolidCAM 2006, ya que los controladores son creados para cualquiera de las dos versiones, tomando en cuenta que la principal diferencia consta de que SolidCAM 2003 puede estar en Inglés o Alemán únicamente, mientras en el SolidCAM 2006 se puede escoger el idioma Español, lo que facilita el trabajo para cualquier persona que los utilice.

Para la realización de un ejemplo de Diseño y Construcción, es decir desarrollar todo el proceso CAD/CAM de una determinada pieza, se procede a ingresar al Software de Diseño SolidWorks 2006.

Una vez iniciado el solidworks, procedemos a crear un archivo nuevo, para lo que tenemos que escoger como tipo "PIEZA", lo que nos permite ingresar a la pantalla para realizar el croquis.

Para poder comenzar a realizar el croquis de la pieza que queremos diseñar, debemos escoger la vista en la que queremos trabajar, y realizamos el croquis con todas las dimensiones necesarias, aquí nos ayuda el utilizar la opción de "COTA INTELIGENTE" para realizar las modificaciones en las dimensiones.

Al terminar cualquier croquis o editar alguno ya creado, se debe aceptarlo, caso contrario no podemos continuar con el resto de procesos.

Una vez terminado el proceso de diseño de la pieza, se realiza el diseño de las muelas y de la materia prima a ser utilizada.

Se ingresa al Software de mecanizado SolidCAM, en el que se procede a escoger y aplicar los controladores desarrollados como “utilitarios por defecto” para el proceso de mecanizado.

Se inicia un nuevo proceso de mecanizado, para este caso TORNEADO (TURNING) como se muestra en la siguiente Figura.

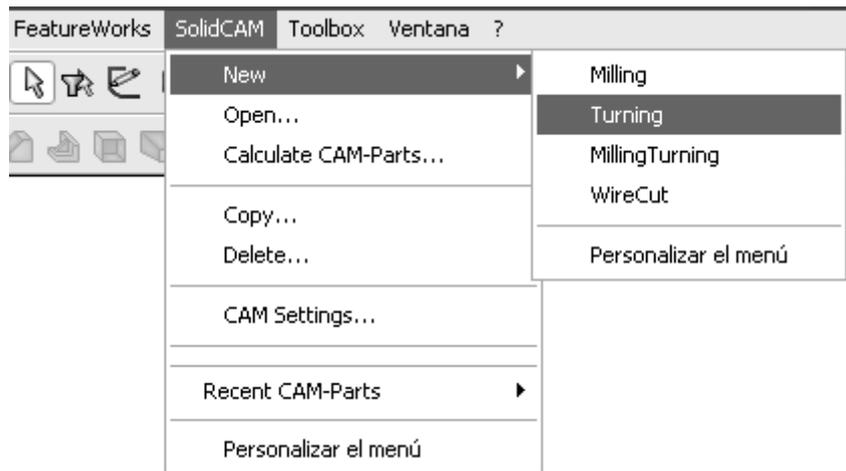


FIG.4.1 Pantalla de inicio de nuevo proceso de mecanizado

Se procede luego a colocar todas las opciones de trabajo necesarias, especificadas en el MANUAL DE USUARIO, se escogen las cadenas para los determinados procesos de mecanizado, se escogen las herramientas a utilizarse, y se procede a Simular el proceso de mecanizado completo.

Por ultimo se procede a generar el “CÓDIGO G” que es la representación de todos los procesos a realizarse mecánicamente, mediante la utilización de órdenes explícitas, basadas en la Programación ISO para máquinas CNC.

Si la máquina fuera de mayor desarrollo tecnológico, se podría correr directamente el archivo con el “CÓDIGO” en la máquina mediante la utilización de un puerto de conexión, pero para nuestro Torno, se debe gravar el archivo en un disco de 3 ½ para trasladarlo al controlador físico.

Hasta este punto se finaliza el proceso de Diseño y Mecanizado (Simulado) utilizando el Software de Diseño SolidWorks y el software de Mecanizado SolidCAM.

4.2. DESARROLLO DE LOS ARCHIVOS HBT.GPP Y HBT.MAC SEGÚN EL DISEÑO DE LA PIEZA SELECCIONADA

Para el Torno NCL-2000 con el que contamos en el Laboratorio de CAD/CAM de la ESPE, no existe variación de los archivos controladores, tanto el archivo HBT.GPP así como el archivo controlador HBT.MAC mantienen sus características principales para la realización de diferentes mecanizados en diferentes tipos de materia prima, ya que por ser una máquina de tipo educativo, no existen aplicaciones extras a más de la de torneado exterior, si la aplicación se la desarrolla para un torno o máquina diferente, se deben desarrollar nuevos controladores con las características específicas de la máquina en la que se van a utilizar.

Si los controladores desarrollados para el TORNO NCL-2000 se utilizan en una máquina diferente, se obtendrán procedimientos y códigos completamente erróneos, que no necesariamente van a ser entendidos por la máquina.

Tomando en cuenta estas características, no es necesario tener varios archivos controladores, pues es suficiente con los desarrollados, los mismos que están expresados en páginas anteriores.

4.3. MANUFACTURA DEL MODELO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA MÁQUINA HERRAMIENTA NCL-2000

Una vez terminado el desarrollo del diseño de la pieza utilizando el Software SolidCAM, se procede con el desarrollo del mecanizado para la obtención de la pieza diseñada mediante la utilización del Software de mecanizado SolidCAM 2003, y por ultimo la generación del CÓDIGO G necesario para poder transmitirlo al Torno NCL-2000.

Para iniciar la manufactura o proceso de mecanizado (CAM), se utiliza el controlador físico para el Torno NCL-2000, el que está constituido por un computador marca SIEMENS, el mismo que reemplaza al teclado que tienen varias máquinas NC, este se ubica en la consola frontal de las mismas o en control con monitor adjunto dependiendo del tipo y marca de la máquina.

Este controlador físico, tiene el Software específico para poder cargar el código G, generado por el SolidCAM.

Una vez cargado el archivo con el CÓDIGO dentro del disco duro del controlador, se coloca el tocho de materia prima en el plato sujetador, verificando que las muelas sujetadoras, ajusten completamente al tocho, para evitar su movimiento mientras se produce el mecanizado.

Una vez cargado el tocho se procede a ubicar el CERO PIEZA (HOME) del diseño a ser mecanizado, para lo cual se procede a mover el husillo porta herramientas hasta ubicarlo en el centro de la cara (BASE) mediante la utilización del sistema manual de movimiento.

Se carga el modo automático del controlador, y se comienza a correr el programa (CÓDIGO G) utilizando la opción "RUN".

En este proceso, el husillo porta herramientas, se coloca en la primera posición, la misma que tiene un factor de seguridad calculado por el SolidCAM, para iniciar el mecanizado.

Luego comienza a colocarse en cada una de las coordenadas de manera automática, y con la velocidad de avance especificada dentro del código, hasta completar con todas las acciones descritas en el CÓDIGO, para finalizar el husillo adopta la posición inicial que tenía incluido el factor de seguridad. Luego de lo cual se detiene.

Durante todo este proceso se puede observar en la pantalla del controlador físico, la variación de cada uno de los movimientos, y si estos están fuera del rango de carrera del husillo de la máquina, se presenta un mensaje que nos indica esta mala acción, además de cortar el flujo tanto de datos como eléctrico, para evitar un daño mayor en la máquina.

4.4. COMPARACIÓN DEL DISEÑO CON EL PRODUCTO MECANIZADO

Una vez terminado el proceso de mecanizado, obtenemos la pieza terminada, la misma que debe tener similitudes con la pieza diseñada utilizando el Software de Diseño SolidWorks.

Cabe destacar que pueden existir errores en las dimensiones obtenidas en el producto terminado al ser comparado con el diseño, estos pueden ser aceptables de acuerdo a una comparación de medidas.

Estos errores pueden producirse debido a los años que tiene la máquina desde su fabricación, ya que debido al trabajo realizado por el Torno, este tiene desgaste en algunas de sus partes, además el ajuste de sus partes móviles, puede interferir en las dimensiones que se obtengan.

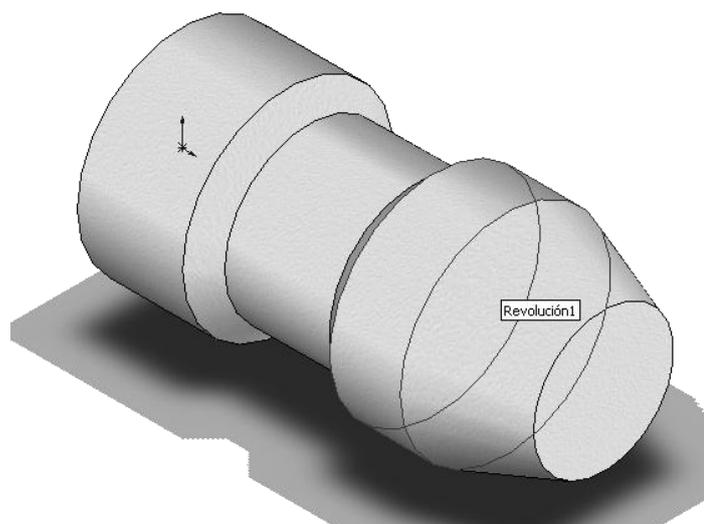


FIG.4.2 Esquema de la pieza final a ser maquinada

Teniendo el croquis de la pieza a ser diseñada con la ayuda del SolidWorks, comparamos con el croquis de la pieza resultante o producto terminado, para lo cual nos ayudamos de SolidWorks (puede ser AutoCAD) para poder comparar visualmente las dimensiones.

4.5. MEDICIÓN DEL PRODUCTO Y OBTENCIÓN DE LOS ERRORES EN LAS MEDIDAS

Se procede con el diseño de una pieza cualquiera, con todas las dimensiones necesarias para ser construida, esta pieza al ser maquinada tiene que presentar un perfil parecido, el mismo que se debe apreciar a simple vista.

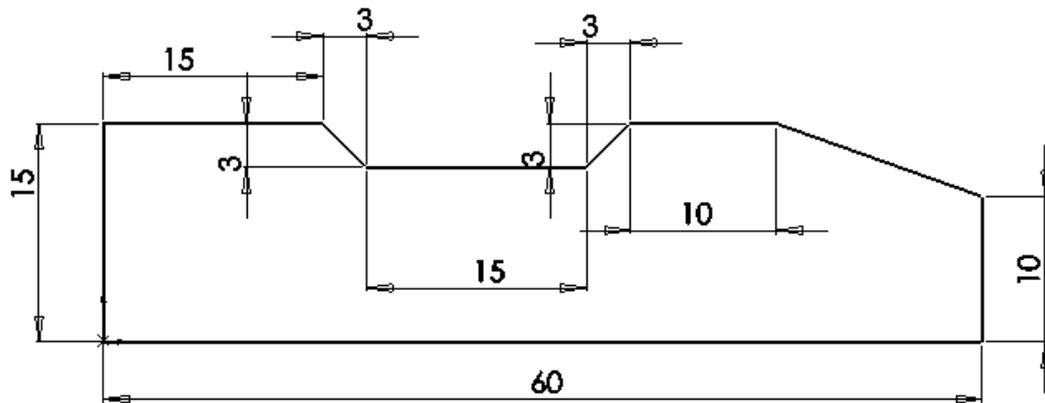
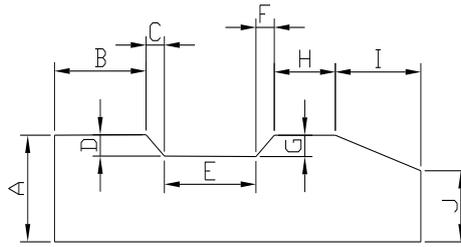


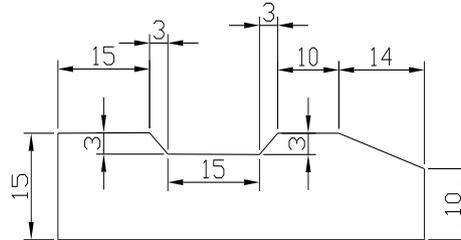
FIG. 4.3 Croquis y dimensiones de la pieza diseñada en solidworks

Al ser maquinada la pieza, se procede a la medición de todos los valores del producto terminado, para así obtener el rango de error y comprobar si sus medidas se encuentran dentro de las tolerancias aceptables.

NOMENCLATURA DE MEDIDAS



PIEZA DISEÑADA



PIEZA MECANIZADA

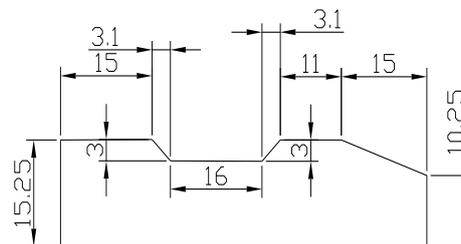


FIG. 4.4 Nomenclatura y valores de las medidas diseñadas y maquinadas

Para poder tener una relación entre las medidas diseñadas y las medidas maquinadas, se realiza una tabla con la nomenclatura de cada una de las medidas y sus valores

4.6. REPRESENTACIÓN Y ESTUDIO DE LOS ERRORES OBTENIDOS

Para tener una mejor apreciación de los errores porcentuales existentes al comparar la pieza diseñada y la pieza maquinada, se procede a colocar todos los datos en una tabla.

TABLA.4.1 Nomenclatura y valores de cada una de las medidas de la pieza

NOMENCLATURA DE MEDIDAS	PIEZA DISEÑADA (PD)	PIEZA MECANIZADA (PM)	DIFERENCIA (PM-PD)	ERROR PORCENTUAL
A	15	15,25	0,25	1,33
B	15	15	0	0,00
C	3	3,1	0,1	3,33
D	3	3	0	0,00
E	15	16	1	6,67
F	3	3,1	0,1	3,33
G	3	3	0	0,00
H	10	11	1	5,00
I	14	15	1	3,57
J	10	10,25	0,25	2,00

El máximo valor de error porcentual es de 6.67, el mismo que como valor de Laboratorio, no sería aceptable, ya que en un Laboratorio de cualquier materia, se utiliza como valor máximo un 5 % de error, pero para nuestro caso específico, se deben tomar en cuenta otros factores.

Principalmente se debe considerar que las medidas se las realiza de forma manual, y tomando en cuenta la geometría de la pieza, existen algunas medidas que no serán consideradas con valores exactos por la persona que las realice, este se denomina “Factor de error Humano”.

Se debe considerar además la precisión de los instrumentos de medida utilizados, lo que nos entrega un “Factor de error por instrumentos”

Y por ultimo se debe tener en cuenta que el Torno NCL-2000, es una máquina didáctica, que tiene varios años de vida útil, y que su mantenimiento se basa únicamente en limpieza y revisión visual de circuitos, lo que quiere decir que no existe un buen ajuste, tanto en los sistemas de tracción como en las piezas desmontables (Cuchilla y porta-cuchilla), lo que nos entrega un “Error de máquina”.

Al tomar en cuenta estos tres tipos de errores, y tener como resultado un 6.67% de error porcentual, se puede considerar que estos valores se encuentran dentro de los rangos permisibles.

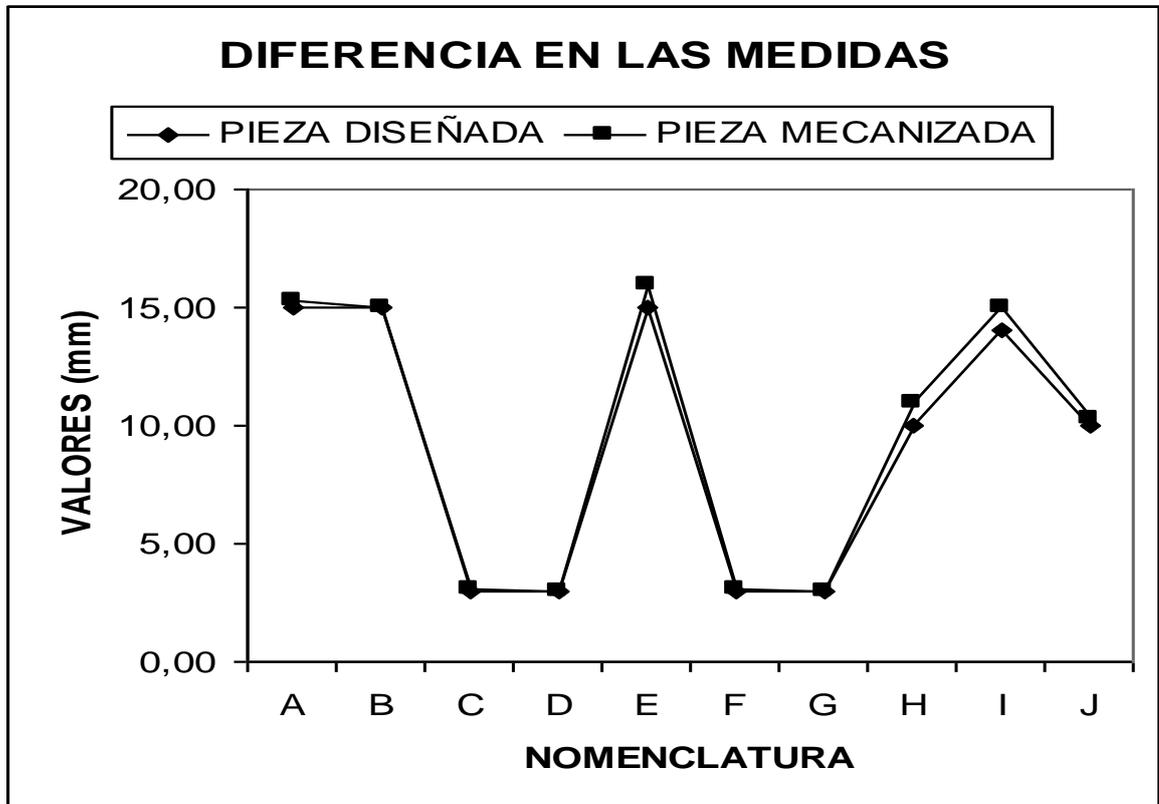


FIG.4.5 Representación grafica de las medidas obtenidas y las diseñadas

Se presentan los dos tipos de medidas obtenidas, dentro de un grafico para poder observar en que procesos se encuentran mayores valores de error.

Del grafico podemos resolver que las medidas en el eje “Z” es decir la penetración presentan menor valor de error, lo que significa que este tren de engranes se encuentra en mejor estado.

Por el contrario las medidas en el eje “X”, tienen mayor valor de error, lo que representa que el tren de engranes tiene mayor juego en sus componentes, además se toma en cuenta que este eje se encuentra expuesto, lo que permite la acumulación de partículas, sumando así errores de movimiento.

4.7. ELABORACIÓN DEL MANUAL DE USUARIO PARA LA APLICACIÓN DE LOS CONTROLADORES Y LA MÁQUINA HERRAMIENTA NCL-2000

Para poder realizar un proceso CAD/CAM, se debe utilizar el Software de Diseño SolidWorks, el software de Mecanizado SolidCAM, y el Torno NCL-2000, y para que los estudiantes puedan realizar la correcta utilización de los mismos, se procede a realizar una Guía, la misma que detalla cada uno de los pasos a realiza, además de los valores que se deben colocar cuando estos sean requeridos.

El seguir cada uno de los pasos expresados en el presente MANUAL DE USUARIO, asegura la correcta realización de los procesos necesarios, además de la protección de cada uno de los programas requeridos y del Torno NCL-2000.

Pueden existir algunas variaciones, de acuerdo a las versiones utilizadas, para lo cual se debe pedir información al personal encargado del Laboratorio de CAD/CAM, no se deben asumir valores ni procesos, si no existe una plena convicción y conocimientos de los mismos.

Para iniciar cualquier proceso en el computador a ser utilizado, deben encontrarse instalados el Software de Diseño SolidWorks (puede ser la versión 2005 o 2006 y las mismas pueden ser con Licencia o en Versión DEMO) ya que los controladores son creados para estas versiones, y no se asegura su funcionamiento para versiones futuras.

Además se debe instalas el Software de Mecanizado SolidCAM (Puede ser la versión 2003 o 2006) no se asegura su correcto funcionamiento con otras versiones, ya que no se a podido probar los controladores desarrollados.

Una vez que tenemos instalados cada uno de los programas, procedemos a inicializar el SolidWorks.

Una vez que inicializamos el programa, tenemos que esperar que este se cargue, por lo que se nos presenta la siguiente pantalla.



FIG.4.6 Pantalla presentación de solidworks

Una vez que el programa se ha cargado, nos aparece la pantalla de inicio.

En esta pantalla, se hace click en el icono de archivo “Nuevo”, a continuación nos aparece la siguiente pantalla donde escogemos el icono de Pieza, y luego pulsamos ACEPTAR para poder iniciar nuestro Diseño

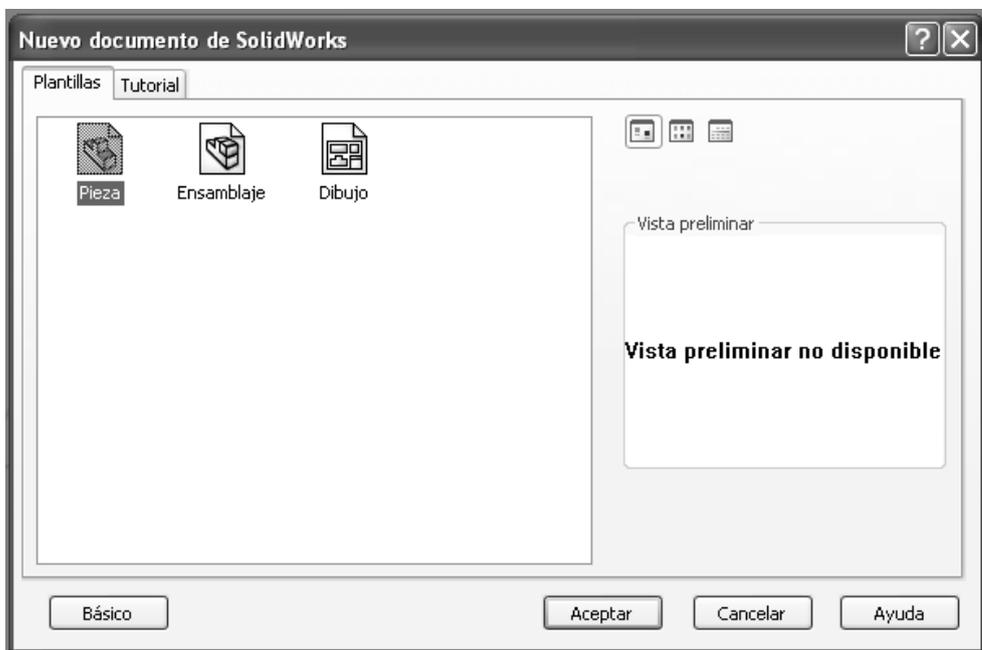


FIG.4.7 Pantalla de inicio nuevo documento de Solidworks

Una vez realizado este procedimiento, tenemos la pantalla de trabajo lista para iniciar el coquizado de la pieza a diseñar, en esta plantilla podemos comenzar

el Diseño de la pieza escogida, con todas las dimensiones necesarias, además se debe especificar gráficamente la materia prima, y las muelas de sujeción, una vez terminado el diseño, el mismo que esta bajo las especificaciones del proceso de mecanizado (Torneado) que permite la herramienta que tenemos montada en el husillo del Torno NCL-2000, y finalmente se procede a guardar el diseño terminado en el disco duro del computador.

Para continuar con el proceso se debe cargar los archivos controladores (HBT.GPP y HBT.MAC) para lo cual se procede a copiarlos desde su origen y se los coloca dentro de la carpeta SolidCAM, para lo cual se sigue el procedimiento que se detalla a continuación:

- Se selecciona los dos archivos controladores desde su lugar de origen
- Se copia los dos archivos
- Nos dirigimos a la unidad donde instalamos el SolidCAM
- Ingresamos a la carpeta Archivos de Programa
- Ingresamos a la carpeta SolidCAM 2003 (Puede ser SolidCAM 2006)
- Ingresamos a la carpeta Gpptool
- Pegar los dos archivos

Una vez realizado este procedimiento se regresa al SolidWorks, donde tenemos nuestro diseño, se procede a desplegar las opciones en SolidCAM de la barra de herramientas y a continuación escoger la opción (CAM Settings...)

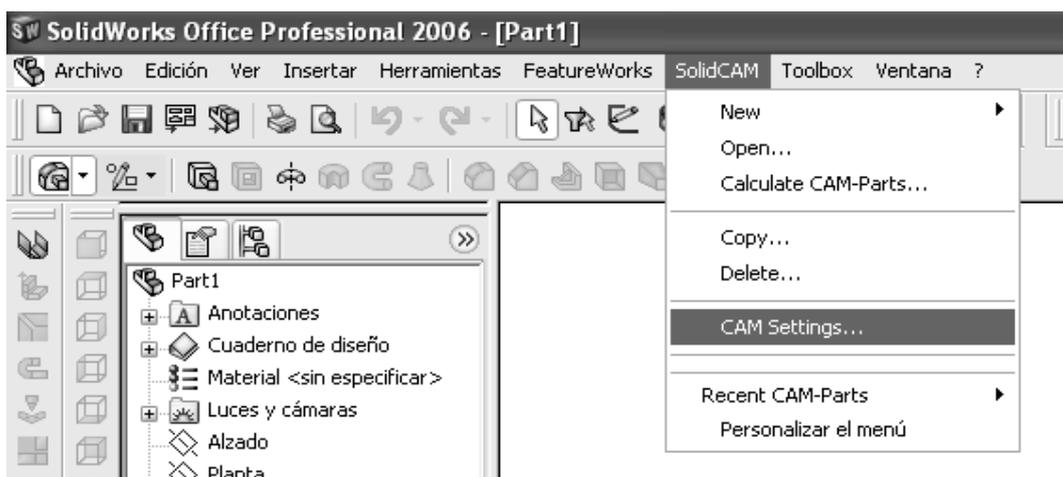


FIG.4.8 Pantalla inicio configurar el solidCAM

Esta acción nos permite ingresar al Software de Maquinado SolidCAM, y nos aparece la respectiva pantalla.

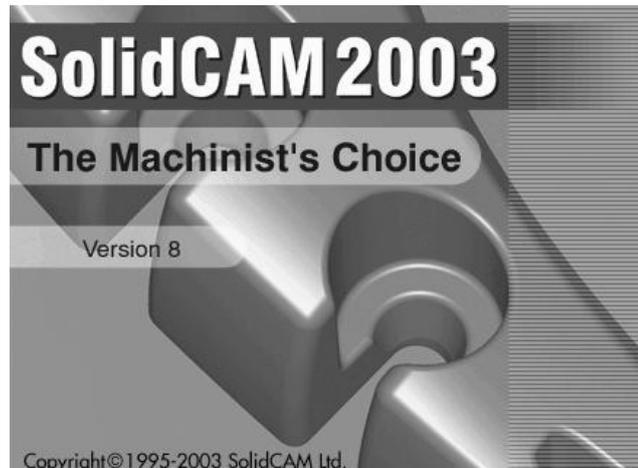


FIG.4.9 Pantalla de presentación de solidCAM

Una vez que ingresamos al SolidCAM, tenemos que modificar la opción de los controladores que van a ser utilizados, para lo cual escogemos la viñeta denominada "Default CNC-Controller" y dentro de la misma, tenemos la opción "Turning CNC-Controller", en la que damos click en la opción "Browse"

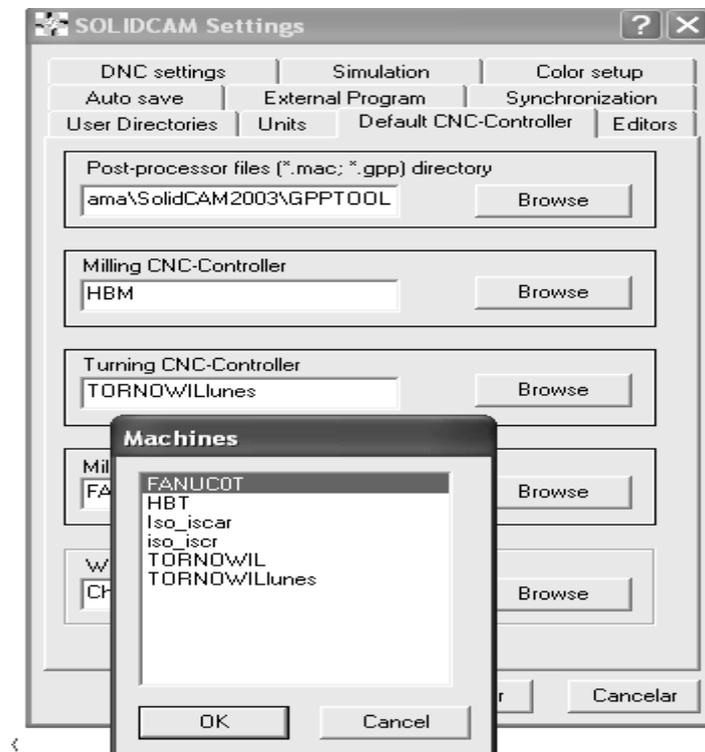


FIG.4.10 Pantalla configuración de controladores para trabajo del solidCAM

Al aparecer la ventana “Machines” Tenemos una lista de controladores, donde encontramos los que creamos, entonces escogemos de la lista el controlador “HBT” y presionamos el icono “OK”, con lo cual activamos nuestro controlador como el usado por defecto, y aparece la siguiente ventana.

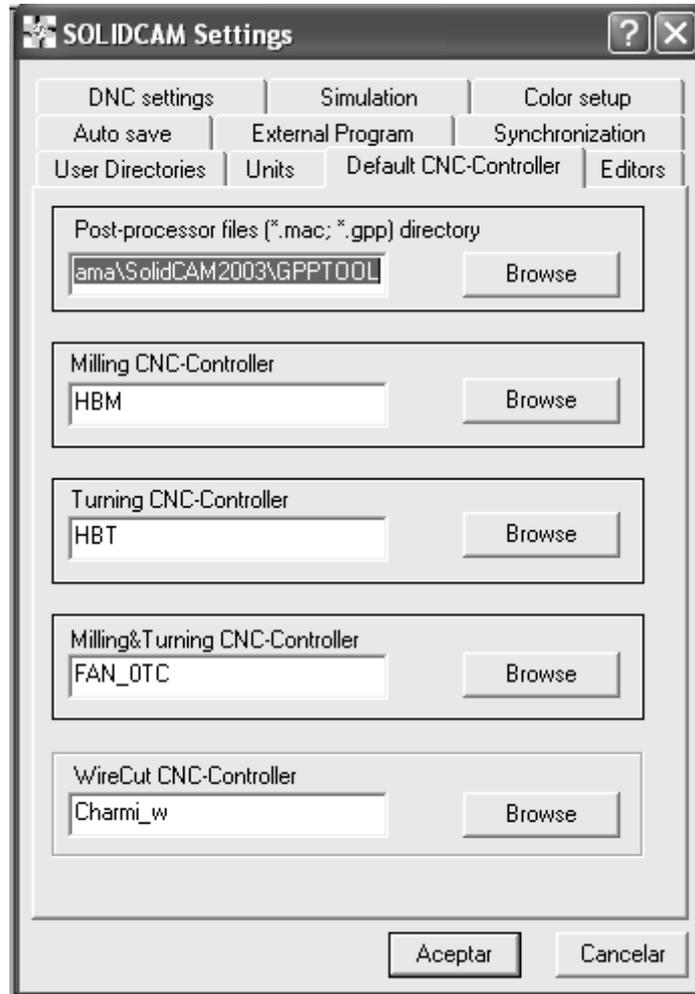


FIG.4.11 Pantalla controladores configurados en solidCAM

En esta ventana ya está nuestro controlador activado, pulsamos el icono “ACEPTAR” y está listo para usarse.

Para iniciar el proceso de Mecanizado, se presiona la opción SolidCAM de la barra de herramientas, luego escogemos la opción “NEW”, por lo que nos aparece una ventana donde escogemos la opción “TURNING” para iniciar el proceso de Torneado.

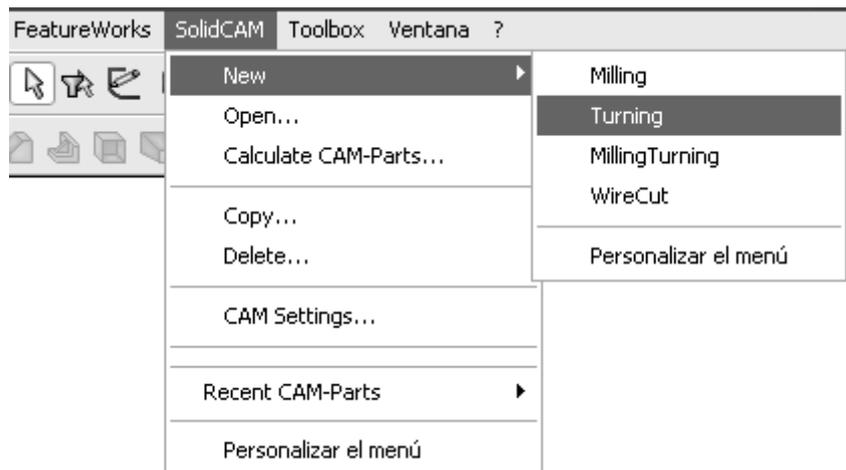


FIG.4.12 Pantalla de inicio de nuevo proceso de mecanizado

Una vez que pulsamos Turning, aparece una ventana denominada “Turning Part Data”, donde se especifica el nombre del proceso de SolidCAM que se esta inicializando, se oprime “OK”, lo cual hace que se cargue el proceso completo, creando las carpetas necesarias para administrarlo.

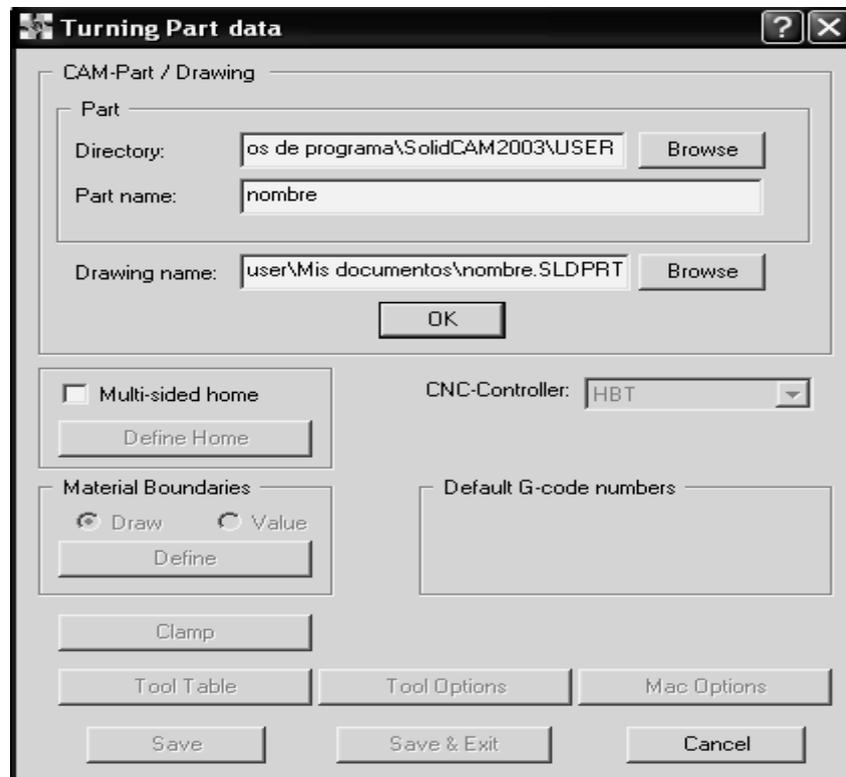


FIG.4.13 Pantalla menú de inicio proceso de torneado

Se procede a seleccionar un CERO PIEZA con **Define Home**,

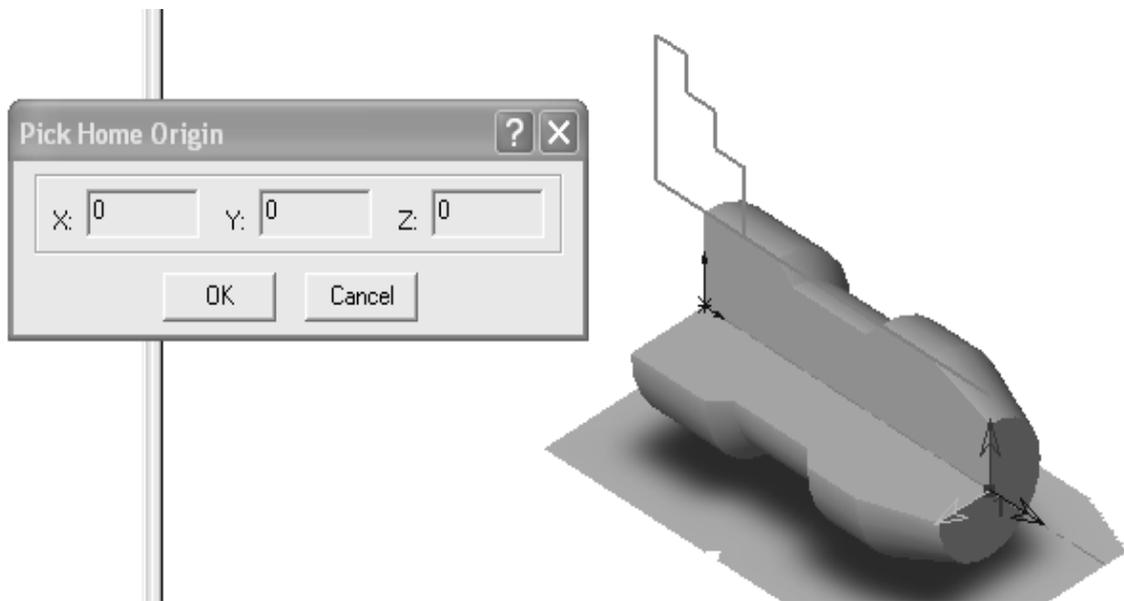


FIG.4.14 Pantalla de definición del “cero pieza”

Se escoge un punto en la cara “BASE” para tener el HOME con las coordenadas “CERO” en todos los ejes, luego se procede a seleccionar la materia prima para lo cual seleccionamos **Define** en **Material Boundaries**

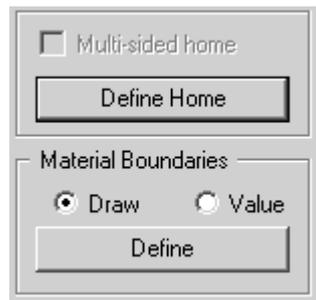


FIG.4.15 Pantalla definición de la materia prima

Y seleccionamos la cadena Materia Prima con **Define chain** y **Finish**:



FIG.4.16 Pantalla definición de la cadena “materia prima”

Se escoge la línea que dibujamos representando a la materia prima, y se define el sentido de trabajo

Luego se procede a definir los ajustes, representados por las “Muestras de Sujeción”, que anteriormente ya dibujamos en el SolidWorks, se procede a escogerlas como cadena cerrada para lo que vamos a **Clamp** y seleccionamos la cadena Sostén.

Y finalmente **Save and Exit**, con estos pasos se selecciona cada una de las partes para el proceso de mecanizado.

A continuación creamos una tabla de herramientas, haciendo clic derecho en **tool** y escogiendo un nombre cualquiera, por ejemplo torneado1

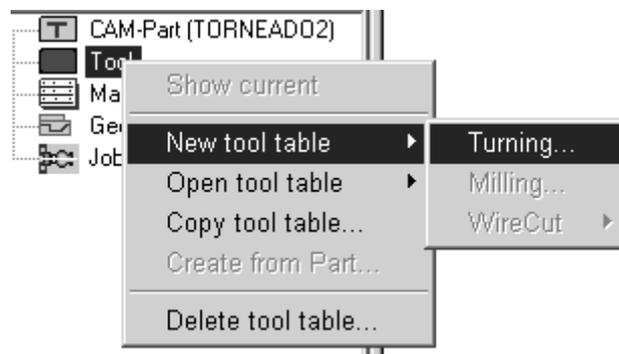


FIG.4.17 Pantalla crear tabla de herramientas

Y seleccionamos la herramienta del TORNO NCL-2000, colocando todas sus características.

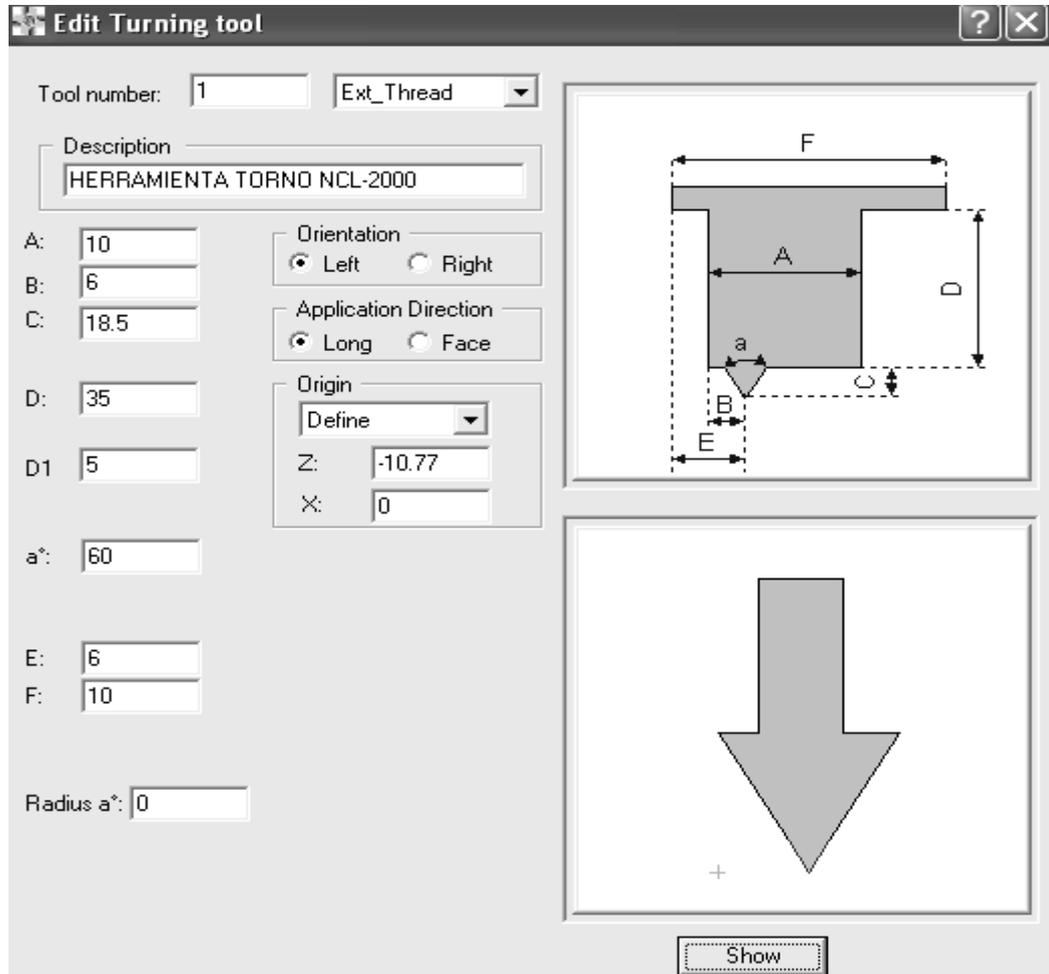


FIG.4.18 Pantalla con características de la herramienta de la máquina NCL-2000

Una vez que se tiene definida la herramienta que se utiliza en el Torno NCL-2000, se procede a crear el tipo de trabajo que se va a realizar, para lo cual se siguen los siguientes pasos.

Vamos a Jobs (Trabajo), Add (Adicionar), Turning (Torneado), con lo que creamos el nuevo trabajo.

Y luego a Define y Add Chain, para poder escoger la cadena que seguirá el mecanizado, en este punto es muy importante el sentido de trabajo que se va a seguir, y se debe tomar en cuenta que no exista interferencia con las “Muelas de Sujeción” y que el mecanizado no salga fuera del rango de la “Materia Prima”.

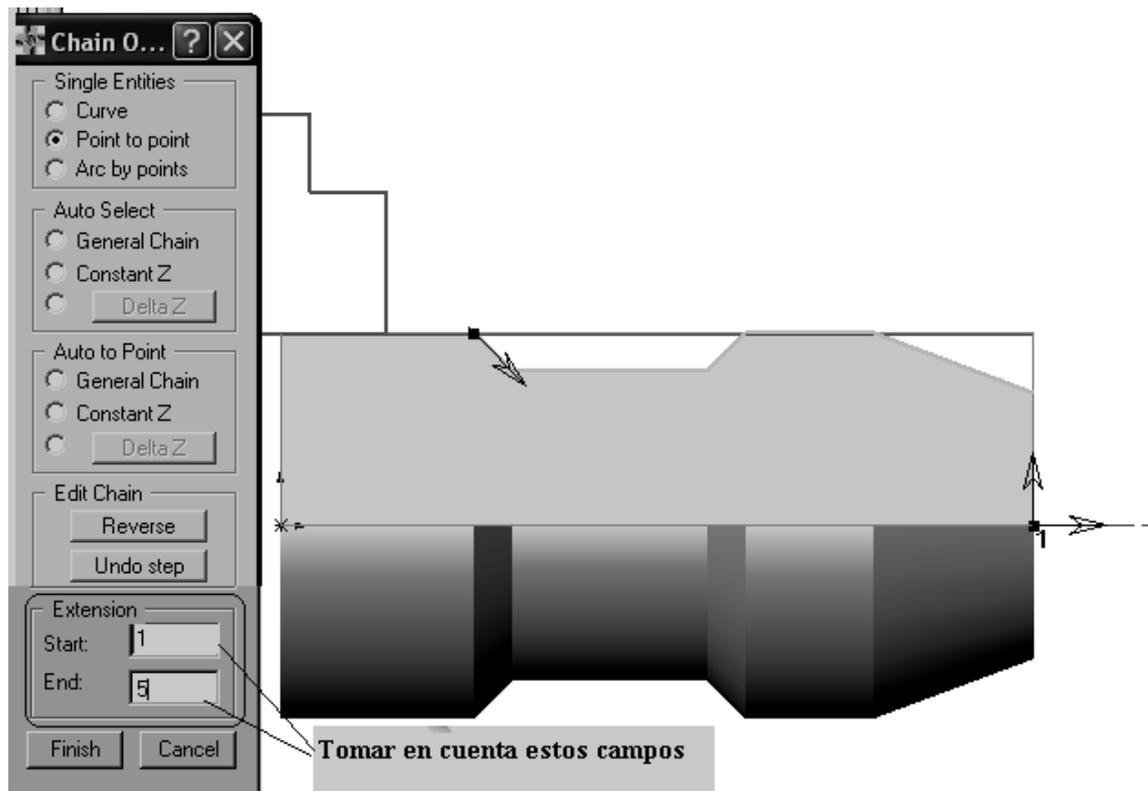


FIG.4.19 Pantalla presentación del trabajo a realizarse

Usamos la herramienta que ya esta almacenada presionando el icono Current Tool Table y los parámetros siguientes:

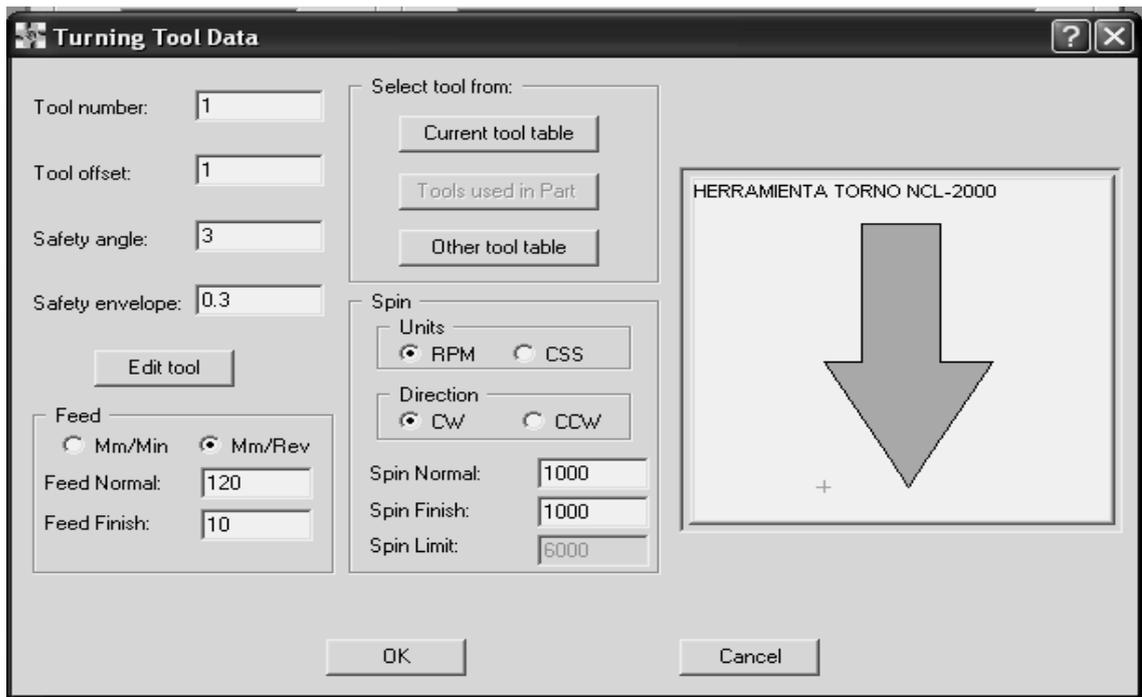


FIG.4.20 Pantalla tabla de herramientas a ser utilizada

Y llenamos el cuadro de diálogos con los siguientes valores:

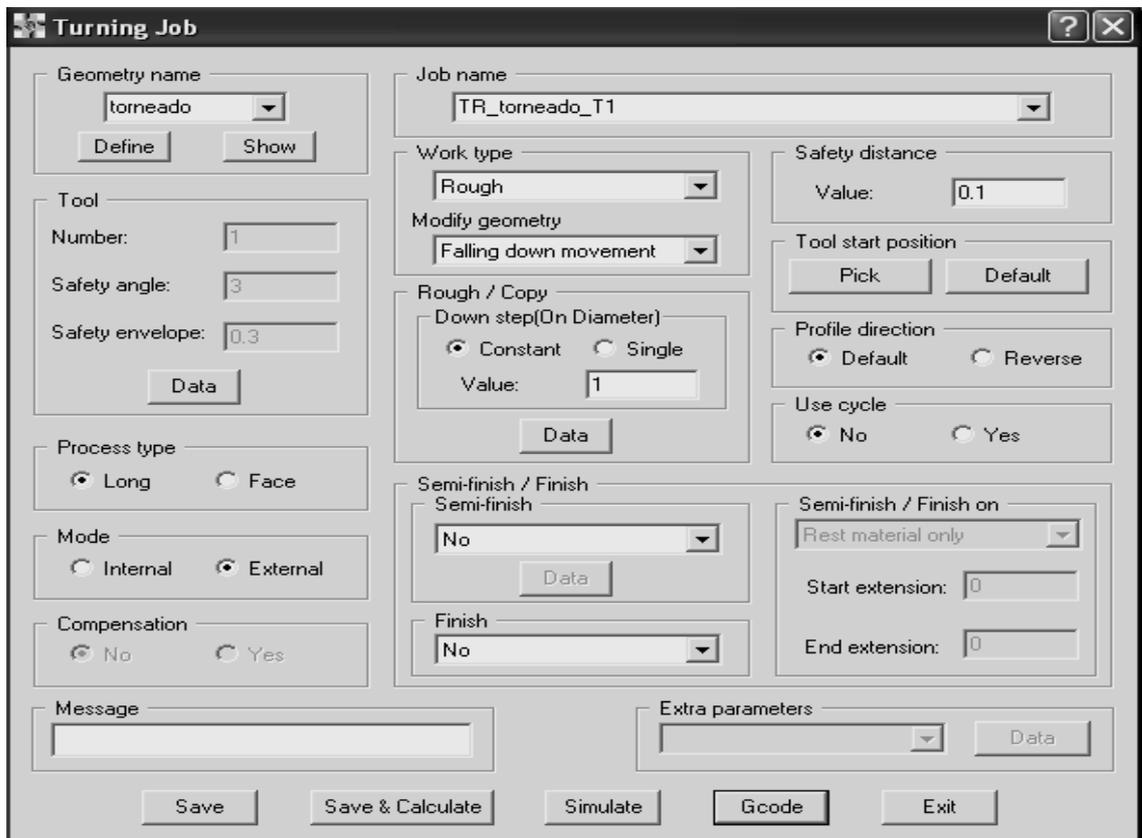


FIG.4.21 Pantalla características utilizadas en el trabajo de mecanizado

Pulsamos Save&Calculate, lo cual nos permite generar todo el proceso de mecanizado.

Para poder ver la simulación virtual pulsamos Simulate y obtenemos la siguiente pantalla:

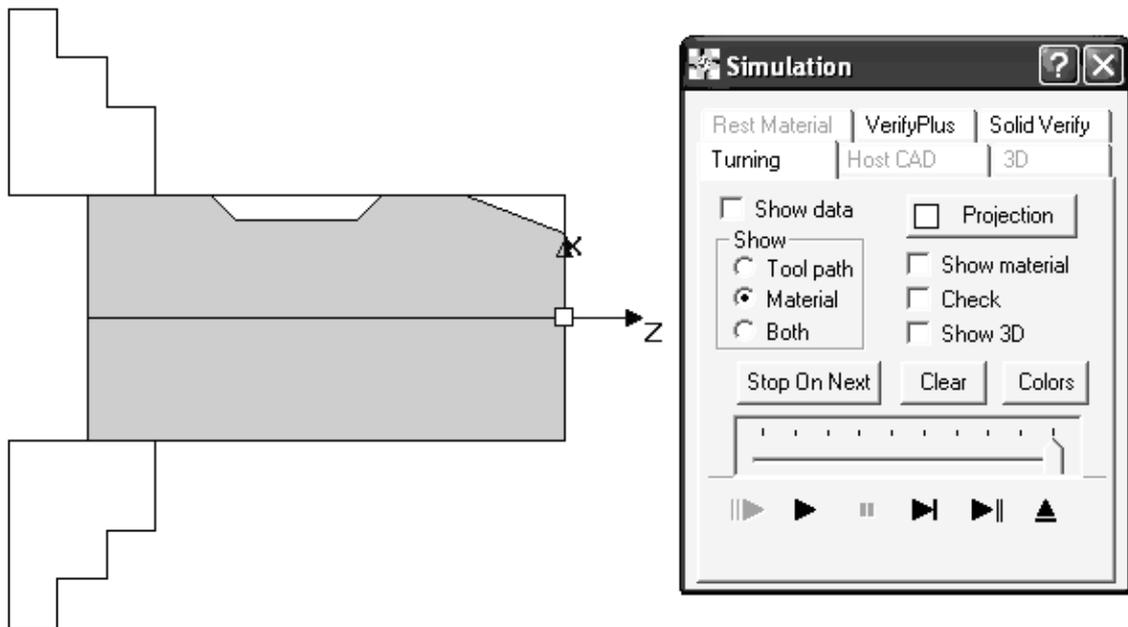


FIG.4.22 Pantalla de definición de la simulación del mecanizado

Aquí podemos escoger la forma de la presentación de la simulación, en la opción "SolidVerify" podemos apreciar de una mejor manera el maquinado de la pieza, ya que tenemos una vista real y en tres dimensiones, además que nos presenta si existen interferencias o errores en el proceso de mecanizado.

Una vez comprobada la simulación virtual, y si estamos conformes con el proceso de mecanizado que se nos presenta, procedemos a generar el "CÓDIGO G", el mismo que para el (TORNO NCL-2000) toma el nombre de "CÓDIGO M" por el formato que utiliza para su generación.

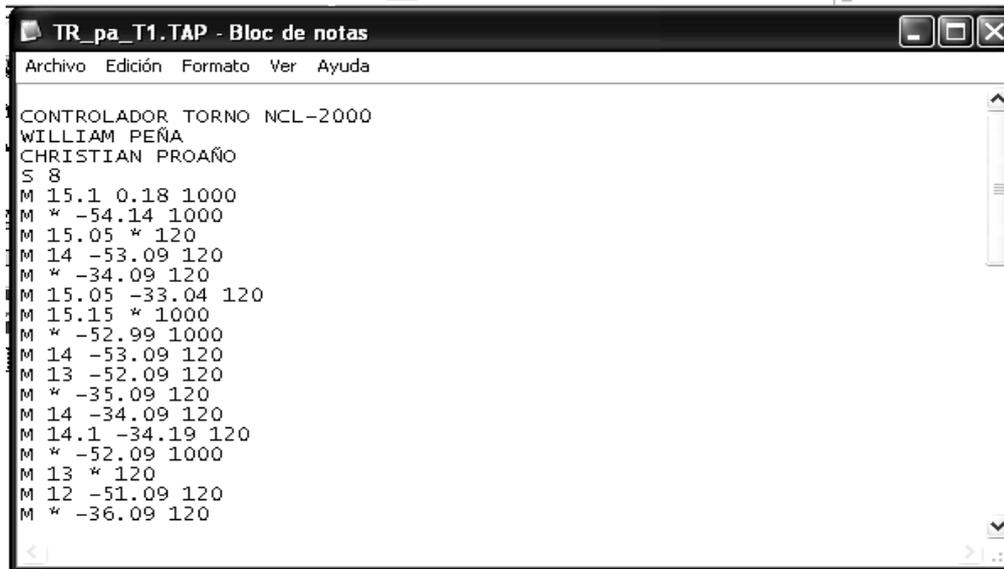


FIG.4.23 Pantalla con el “código G” generado (block de notas)

- Una vez que el SolidCAM ha generado el archivo, este se presenta en forma de un archivo en formato de Bloc de Notas, el mismo que tiene el nombre de la pieza diseñada.
- Este archivo, se lo guarda en un disco de 3 ½ con un nombre cualquiera pero con extensión “ACT”.
- El disco de 3 ½ nos sirve para trasladar la información hasta el computador SIEMENS, que es el controlador físico del TORNO NCL-2000,

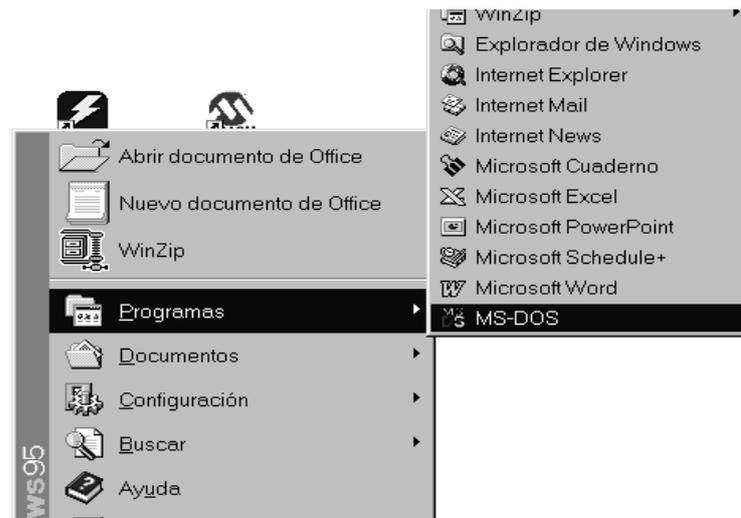


FIG.4.24 Pantalla inicio controlador físico (desde MS-DOS)

- En este computador, se procede a cargar el archivo dentro del disco duro, y en la carpeta C:\LATHE
- Una vez guardado el archivo, se procede a ingresar al subdirectorio C:\LATHE y se ejecuta el archivo “ LATHE.EXE “
- Una vez ejecutado este archivo, se nos presenta una pantalla con varias opciones, donde se puede anotar las coordenadas del husillo, los ejes de movimiento de la máquina entre otras.
- En esta pantalla se escoge en la barra de herramientas, la opción “Machine”, a continuación se nos despliegue otra ventana.
- Escogemos la opción “Manual”, lo que nos permite acceder a una pantalla donde podemos realizar movimientos en la máquina de forma manual.

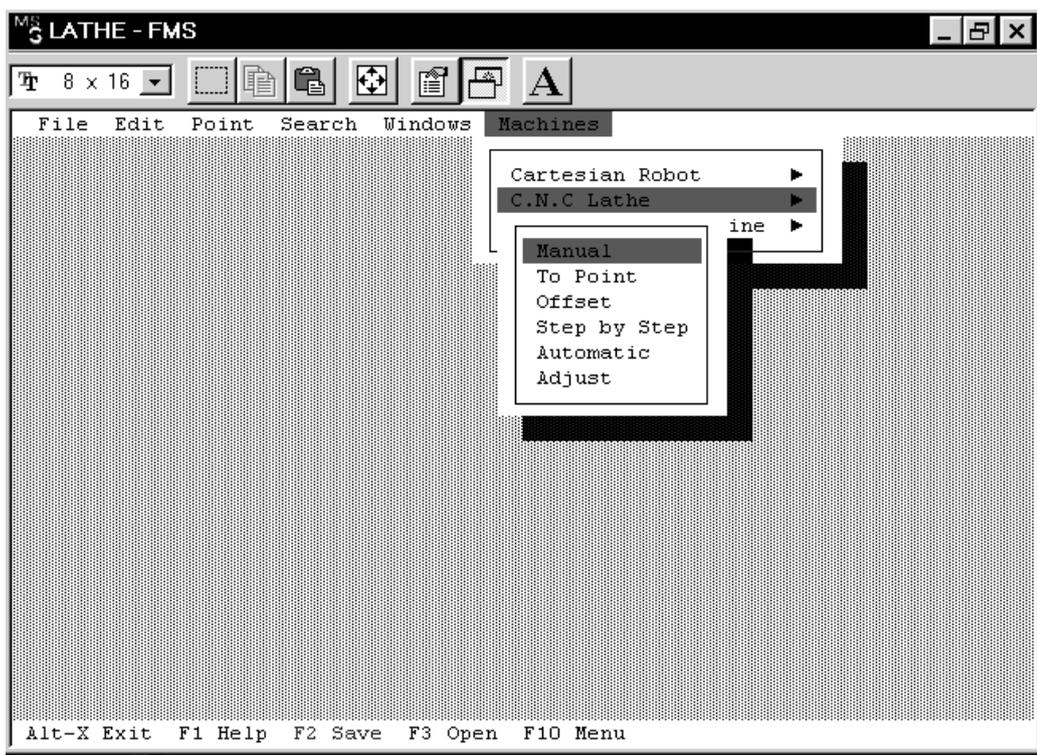


FIG.4.25 Pantalla presentación modo manual

- Procedemos a encender el Torno NCL-2000, asegurándonos que el botón de “Parada de Emergencia” no se encuentre activado, para lo que

procedemos a girarlo hasta que se destrabe, permitiendo de esta manera el flujo de corriente al Torno.

- Se procede a cargar el “Tocho” de materia prima, en las muelas del plato sujetador.
- Se presiona la opción “RUN”, lo que nos permite que la máquina pueda realizar los movimientos por nosotros especificados manualmente,

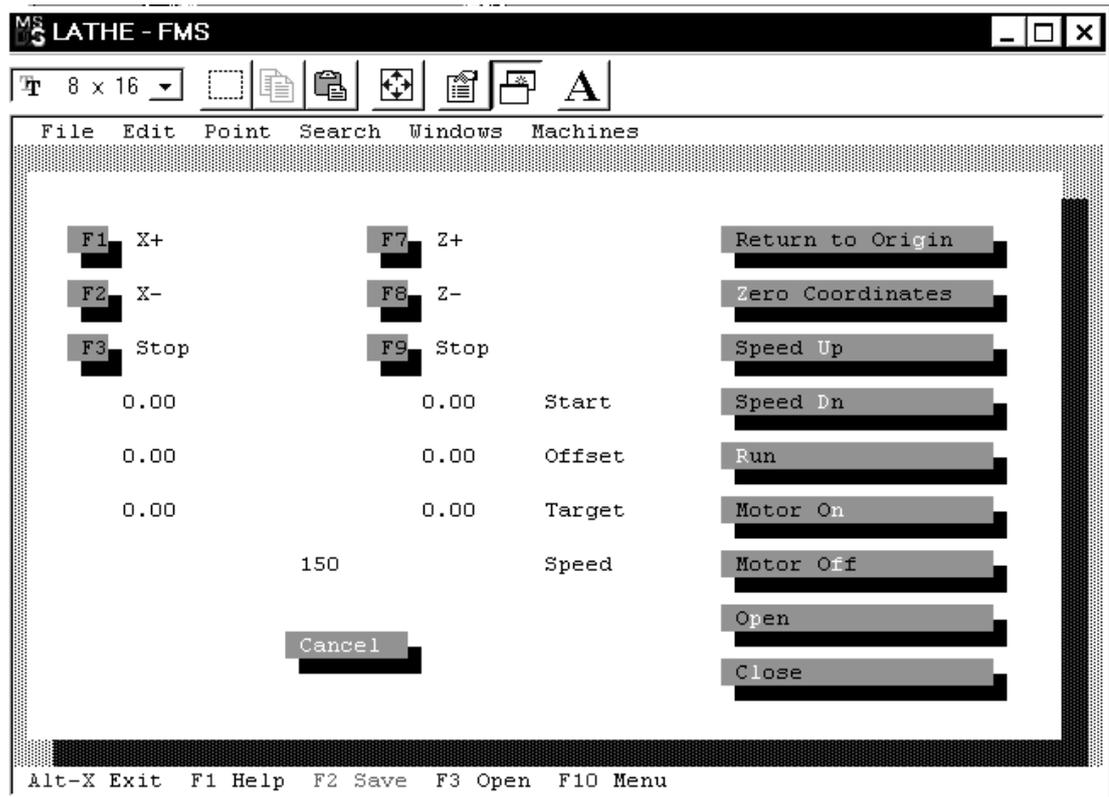


FIG.4.26 Pantalla definir “cero pieza”

- Una vez realizado este paso, procedemos a encontrar el “CERO PIEZA” también denominado “HOME”, el mismo que debe ser coincidente con el especificado en el diseño realizado en el SolidWorks, que esta ubicado en el centro del radio del “Tocho” a ser maquinado, para lo cual nos podemos ayudar del contrapunto.
- Se debe hacer coincidir lo mas posible la punta del contrapunto, con la punta de la cuchilla de desbaste, una vez encontrado se lo almacena en la opción “HOME”.
- Luego se selecciona nuevamente la opción MACHINE, pero en la barra de herramientas se selecciona la opción “AUTOMATIC”.

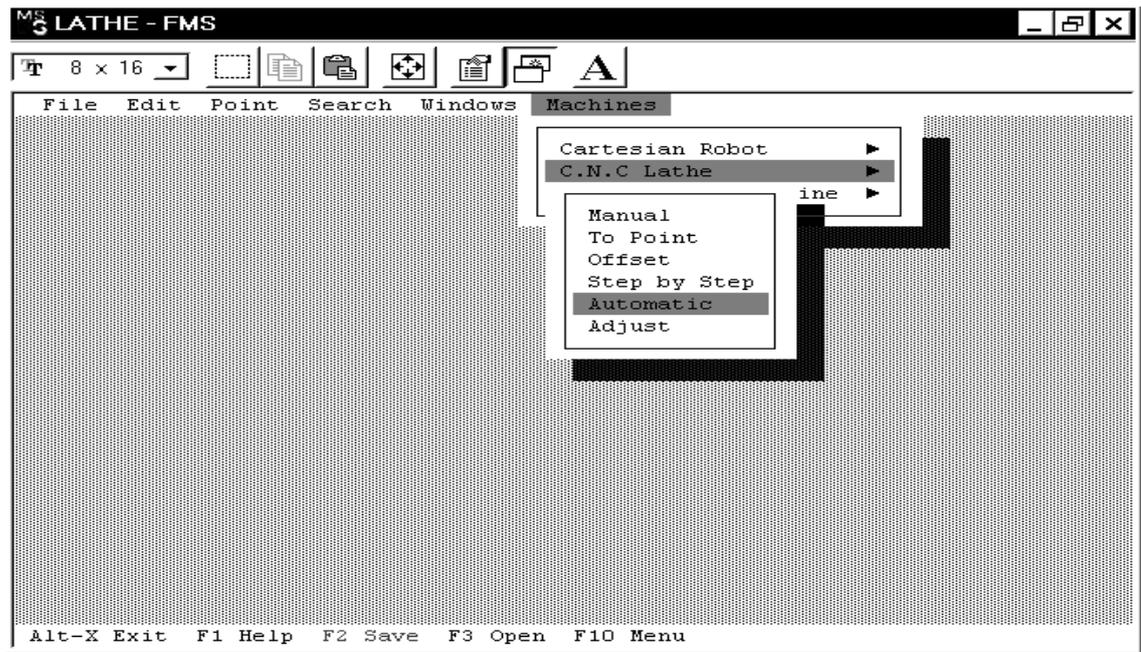


FIG.4.27 Pantalla presentación modo automático

- Se despliega una nueva pantalla donde se selecciona la opción “LOAD ACT FILE”, y procedemos a cargar el archivo con extensión “.ACT” el mismo que gravamos anteriormente en el disco duro del computador.

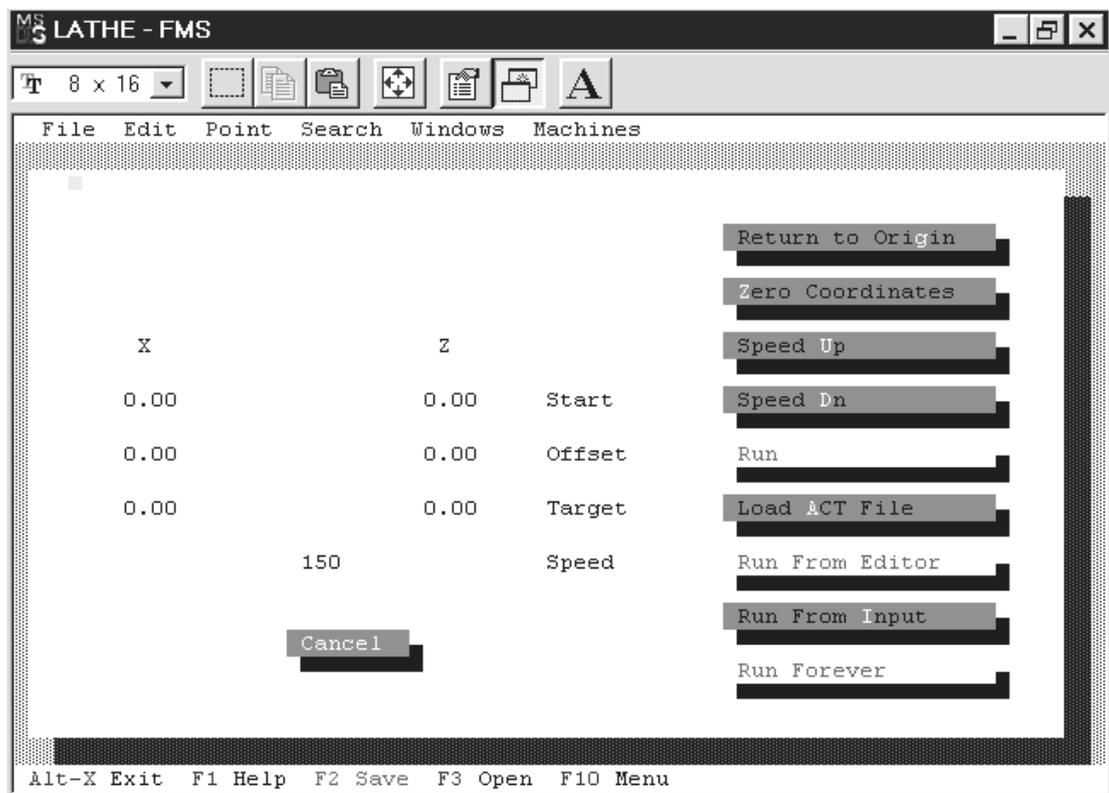


FIG.4.28 Pantalla inicio carga archivo

- Una vez cargado aparece el nombre del archivo en la pantalla, luego presionamos la opción “RUN”, la misma que permite que el programa o “CÓDIGO G” comience a correr.

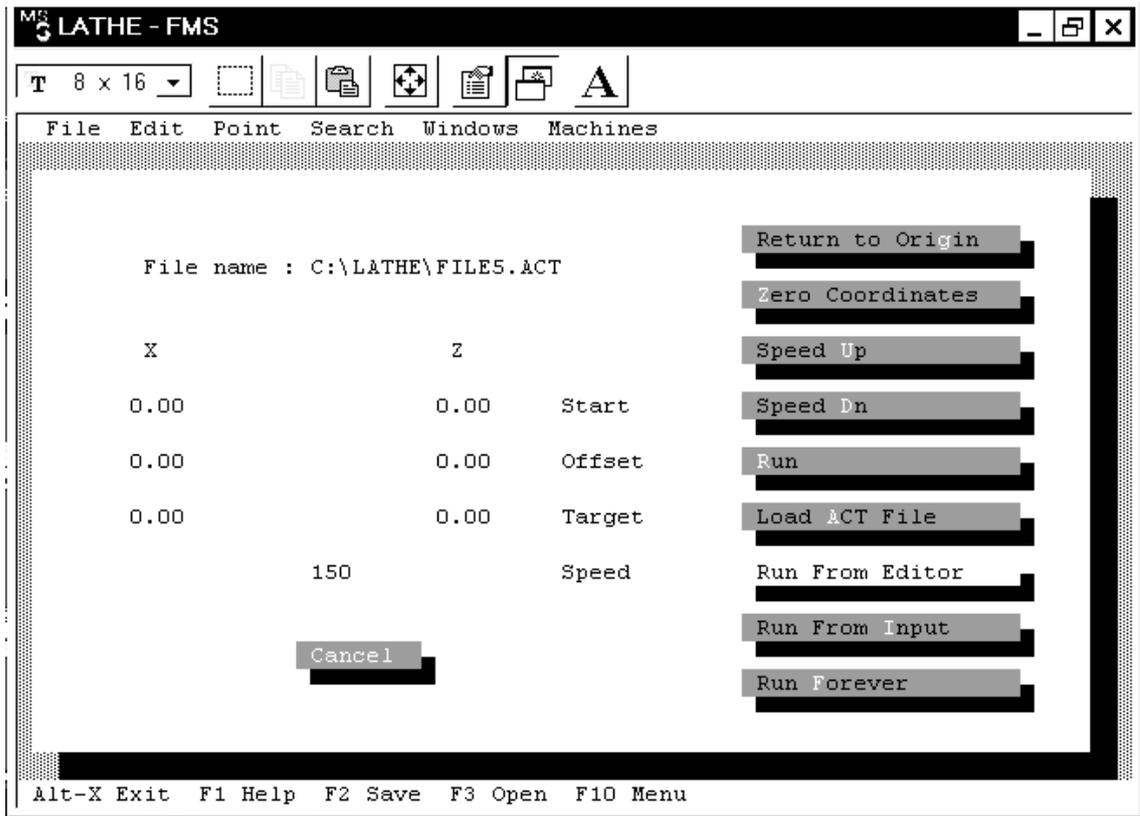


FIG.4.29 Pantalla presentación archivo extensión “ACT”, e inicio de la corrida del “código g”

- La máquina comienza a leer las instrucciones del código, y se inicia el mecanizado con el Torno NCL-2000.

Al finalizar de leer las órdenes del “CÓDIGO”, se detiene en el último punto o coordenada especificada.

Se debe utilizar la opción “MANUAL” para retirar el husillo con la herramienta, si esta se encuentra cerca de la pieza, tomando muy en cuenta los sentidos de los EJES.

4.8. DESARROLLO DE UNA PRÁCTICA DE LABORATORIO Y GUÍA CORRESPONDIENTE PARA LA UTILIZACIÓN DEL TORNO NCL-2000 DEL LABORATORIO DE CAD/CAM

TORNEADO

En el plano alzado, realizar el siguiente croquis:

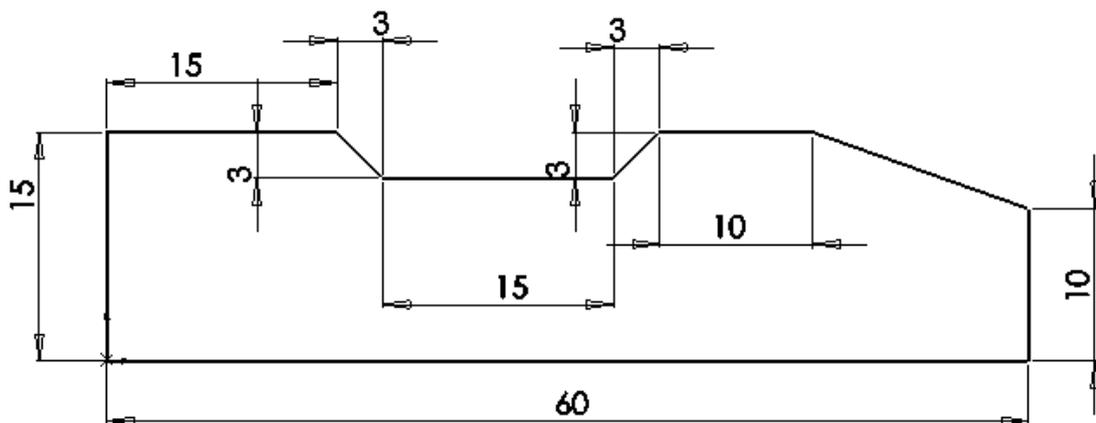


FIG.4.30 Croquis de la figura a diseñar

Y efectuar operación de revolución, pero solo escoger 270° para tener visible el perfil a ser maquinado, para mayor facilidad.



FIG.4.31 Pantalla proceso de revolución

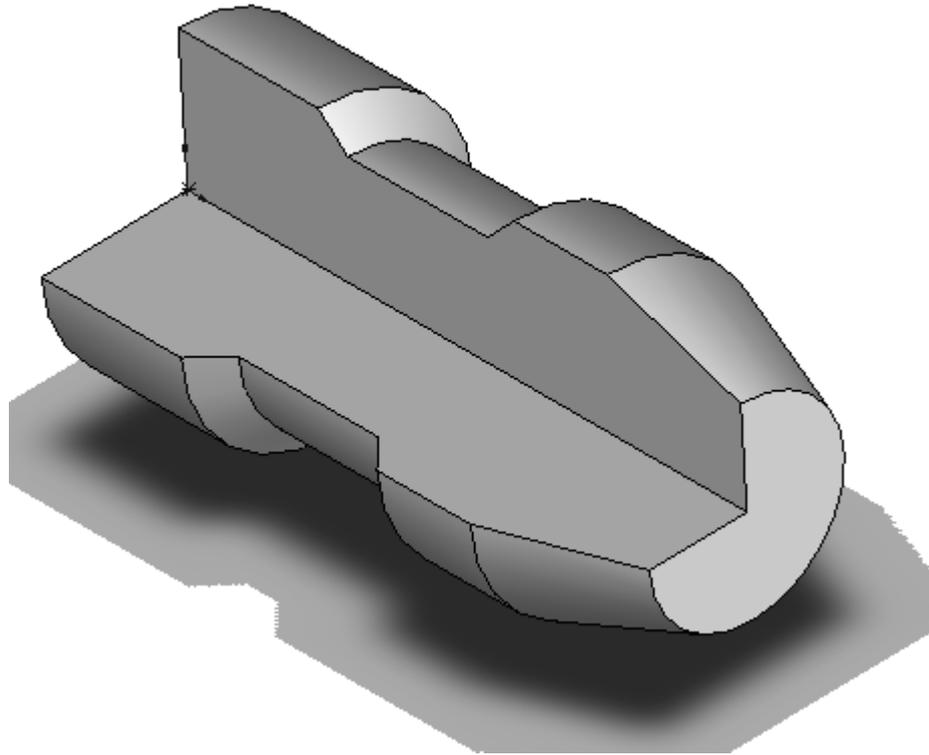


FIG.4.32 Esquema de la pieza final a ser maquinada

En el plano alzado dibujamos el siguiente croquis, constituido por una línea horizontal

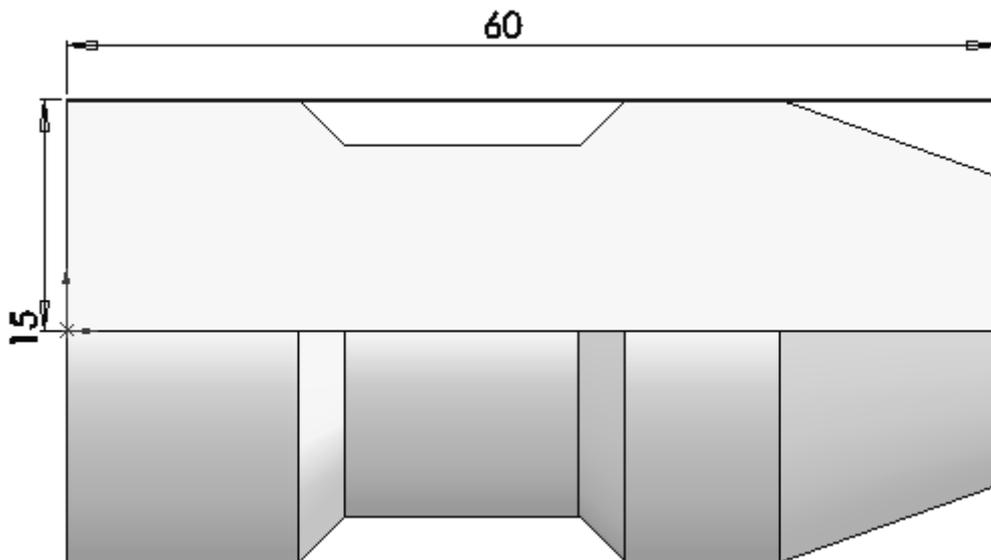


FIG.4.33 Pantalla especificación de la materia prima

Esta línea representa la materia prima necesaria para torneando la pieza indicada. Para que quede identificado este croquis le cambiamos el nombre en propiedades.

Nuevamente en el plano alzado efectuamos otro croquis, que representa las mordazas del cabezal del torno.

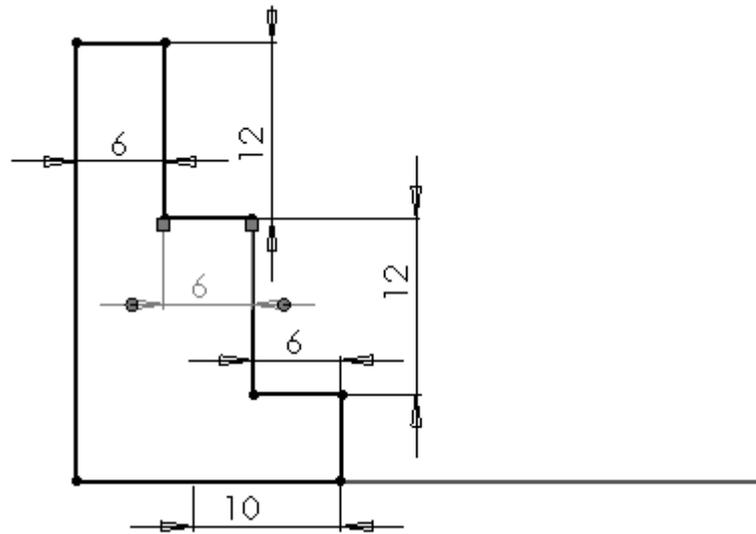


FIG.4.34 Coquizado de las muelas sujetadoras del torno

Cambiamos el nombre de este croquis a sostén.

Finalmente nos quedan tres croquis, con tres nombres diferentes.

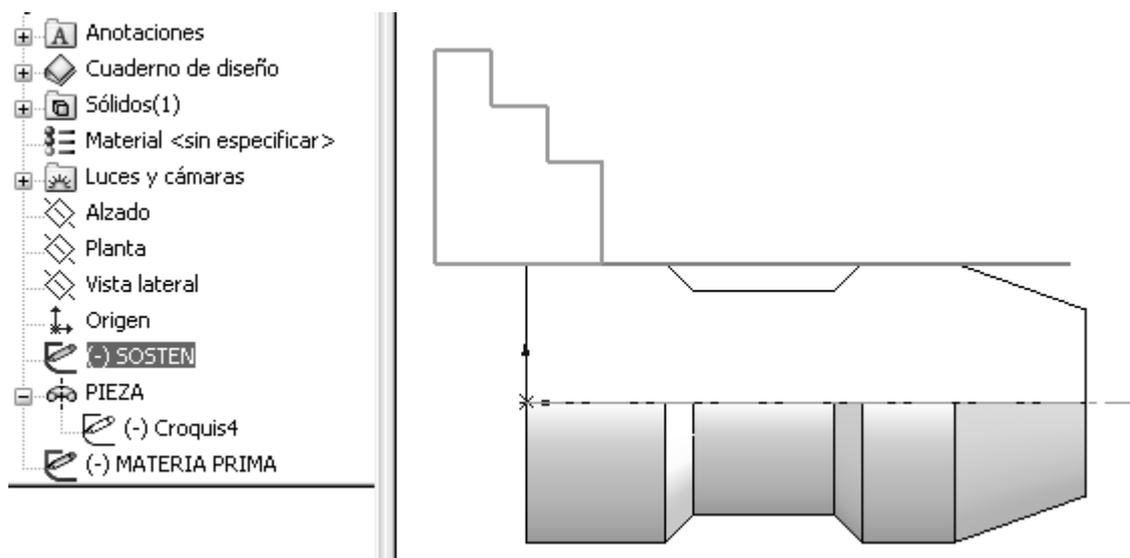


FIG.4.35 Pantalla presentación de todas las operaciones a realizarse

Gravar el archivo y activar **SolidCAM**, a continuación, en la barra de herramientas seleccionar **SolidCAM, new y turning** (torneado).

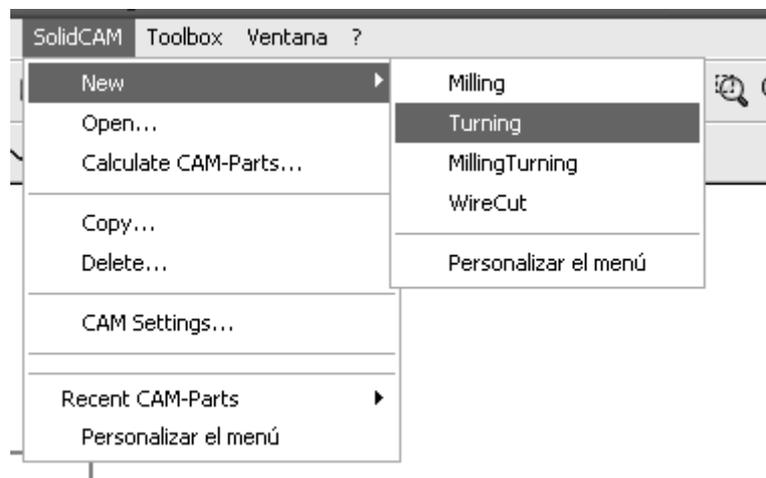


FIG.4.36 Pantalla de inicio de nuevo proceso de mecanizado (torneado)

Colocar un nombre y seleccionar un cero de pieza con **Define Home**,

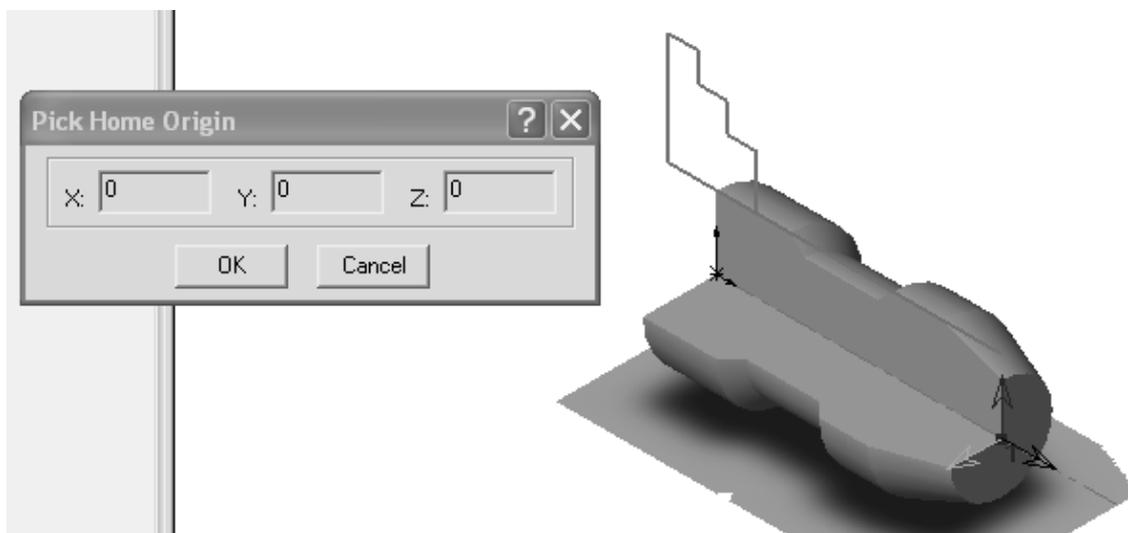


FIG.4.37 Pantalla de definición del “cero pieza”

Seleccionamos **Define** en **Material Boundaries** y seleccionamos la cadena Materia Prima con **Define chain** y **Finish**:



FIG.4.38 Pantalla definición de la cadena “materia prima”

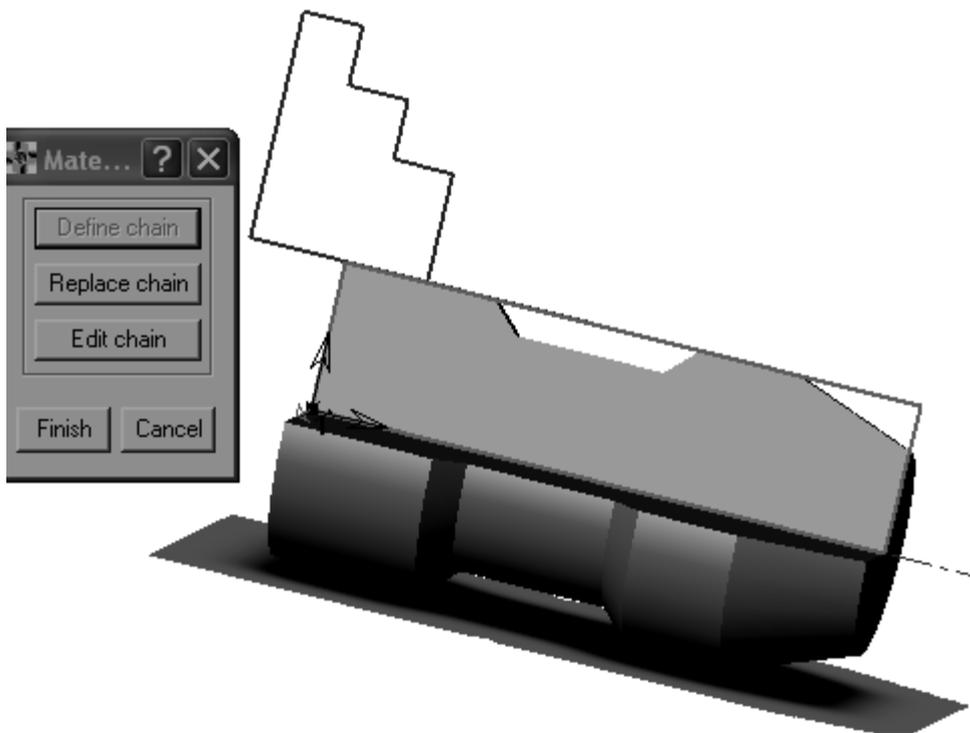


FIG.4.39 Pantalla demostrativa de la materia prima a ser trabajada

Vamos a **Clamp** y seleccionamos la cadena Sostén.

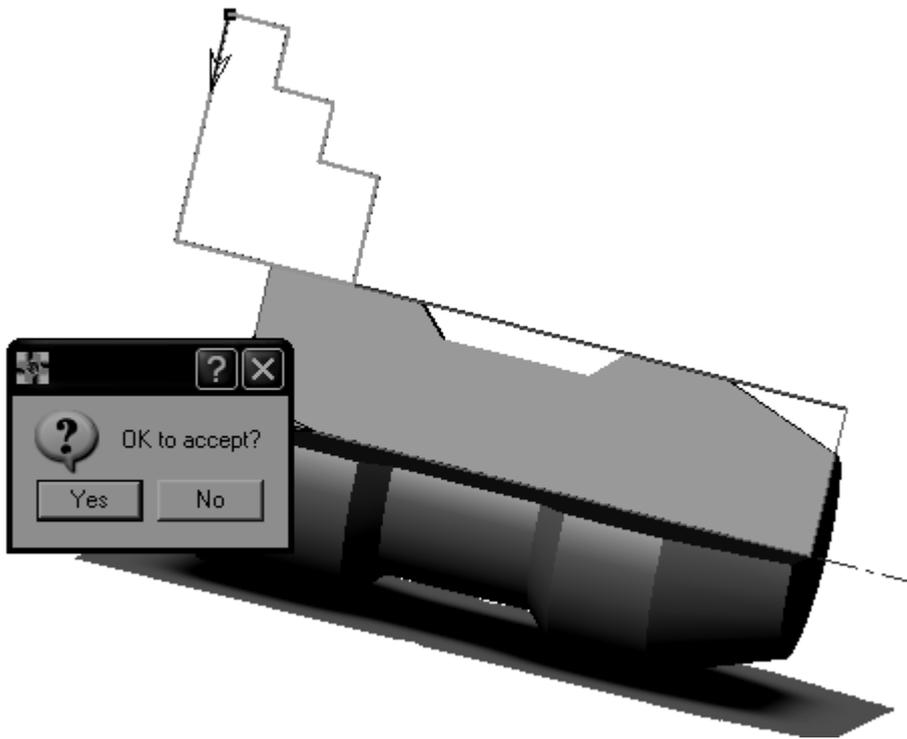


FIG.4.40 Definición de la cadena “muelas del torno”

Y finalmente **Save and Exit**.

A continuación creamos una tabla de herramientas, haciendo clic derecho en **tool** y escogiendo un nombre cualquiera, por ejemplo torneado1

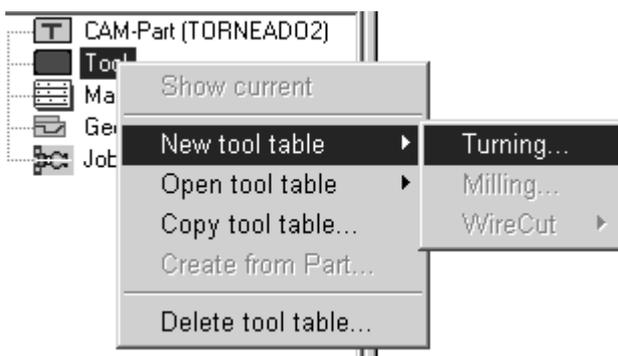


FIG.4.41 Pantalla crear tabla de herramientas

Y seleccionamos la herramienta del TORNO NCL-2000, colocando todas sus características.

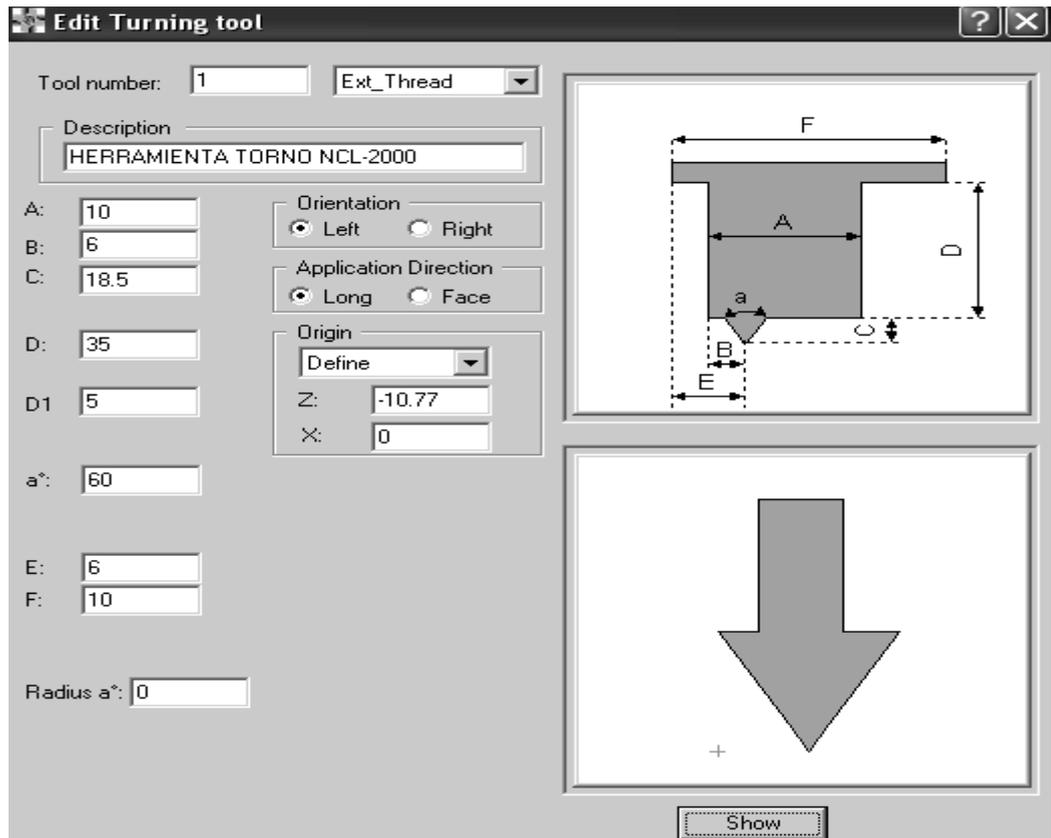


FIG.4.42 Pantalla con características de la herramienta de la máquina NCL-2000

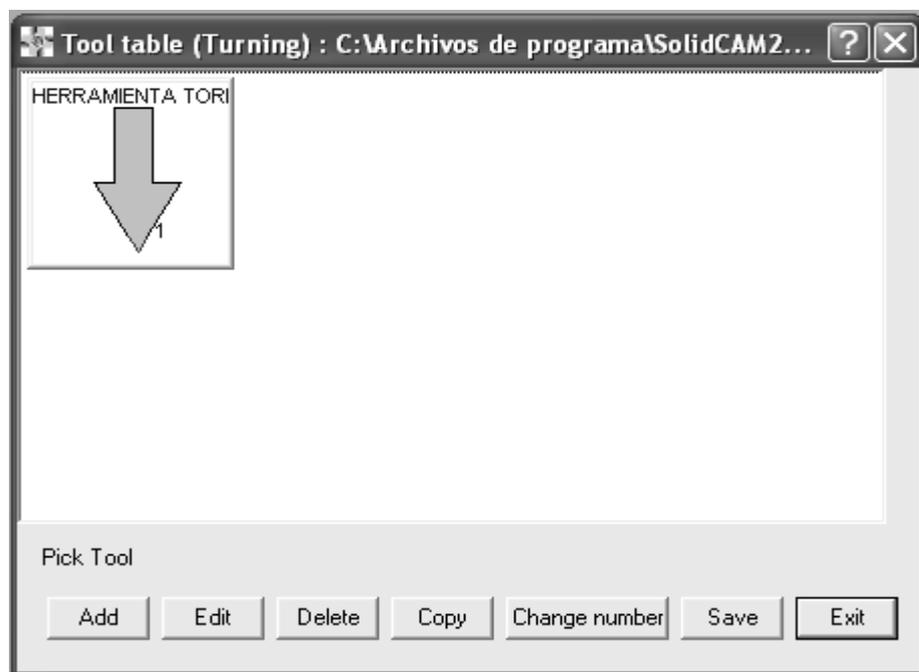


FIG.4.43 Pantalla de presentación de la tabla de herramientas creada

TORNEADO EXTERIOR

Vamos a Jobs, Add, Turning y luego a Define y Add Chain.

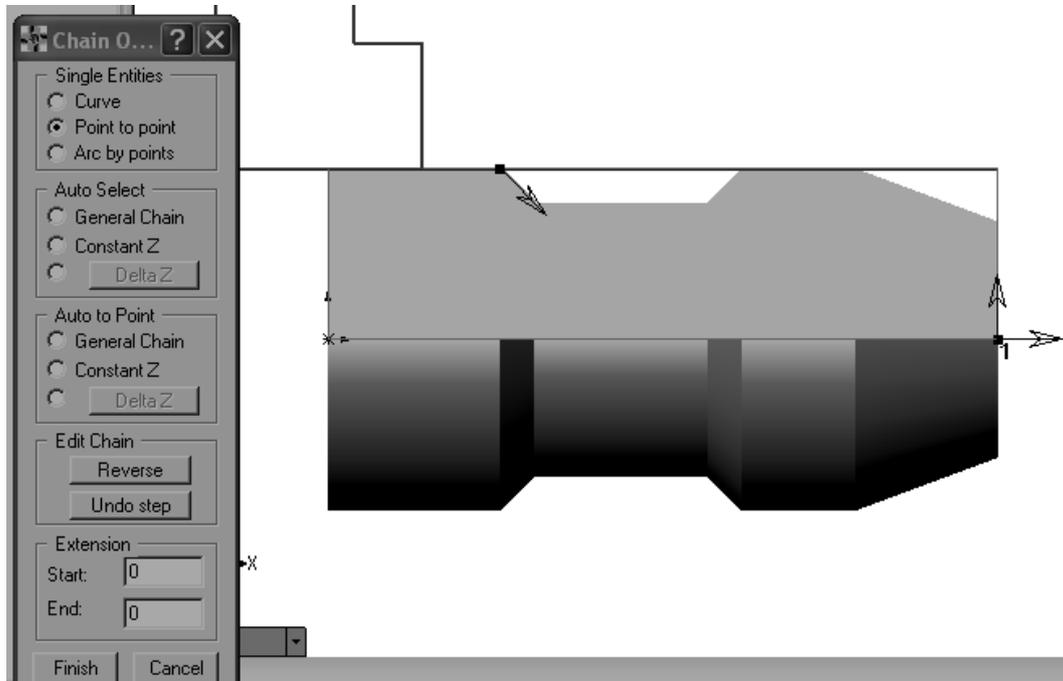


FIG.4.44 Pantalla definición de cadena a mecanizarse

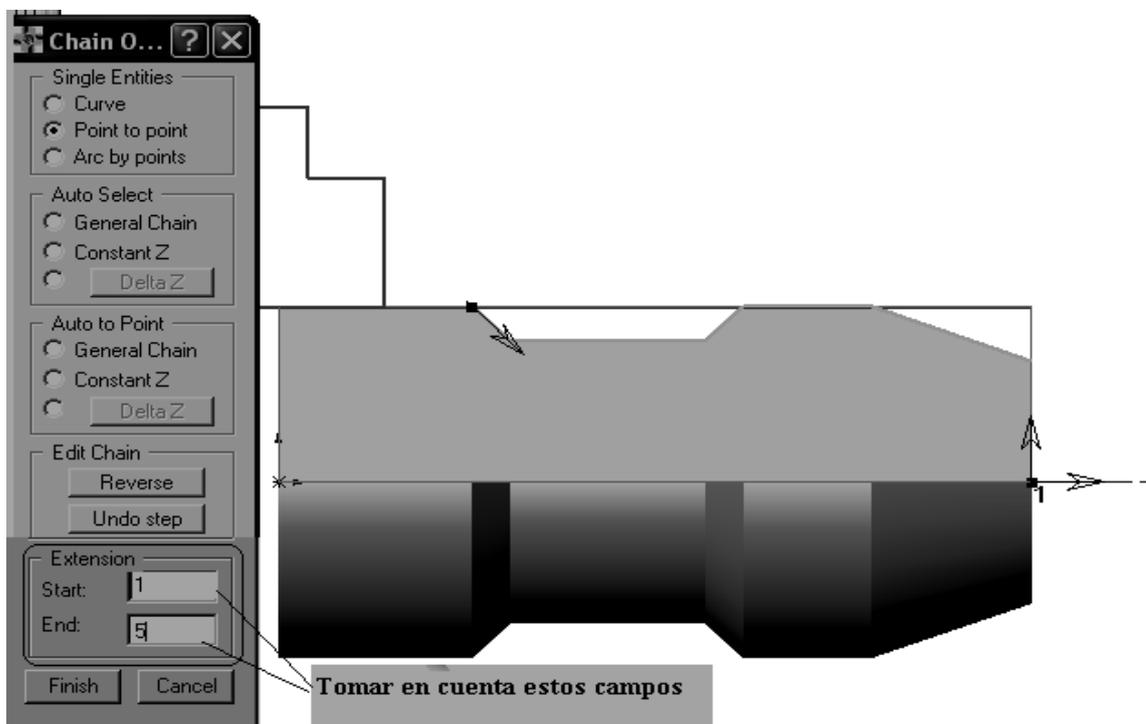


FIG.4.45 Pantalla presentación del trabajo a realizarse

Usamos la herramienta que ya esta almacenada presionando el icono Current Tool Table y los parámetros siguientes:

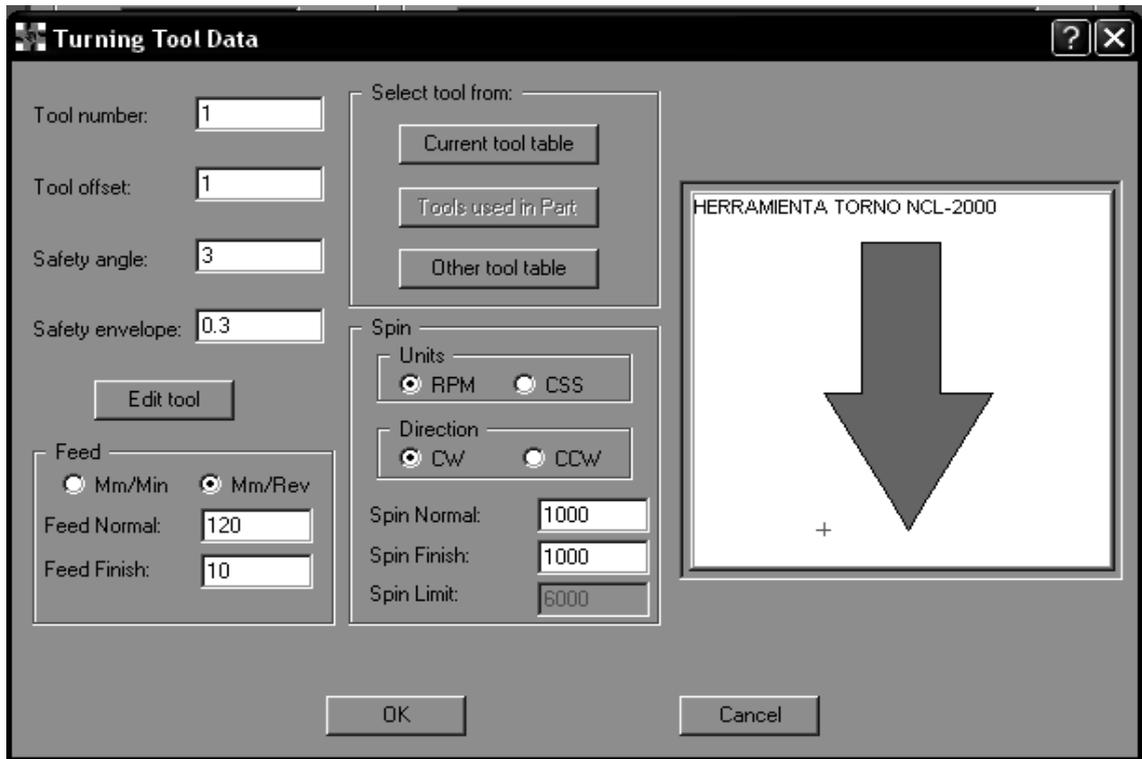


FIG.4.46 Pantalla tabla de herramientas a ser utilizada

Y llenamos el cuadro de diálogos con:

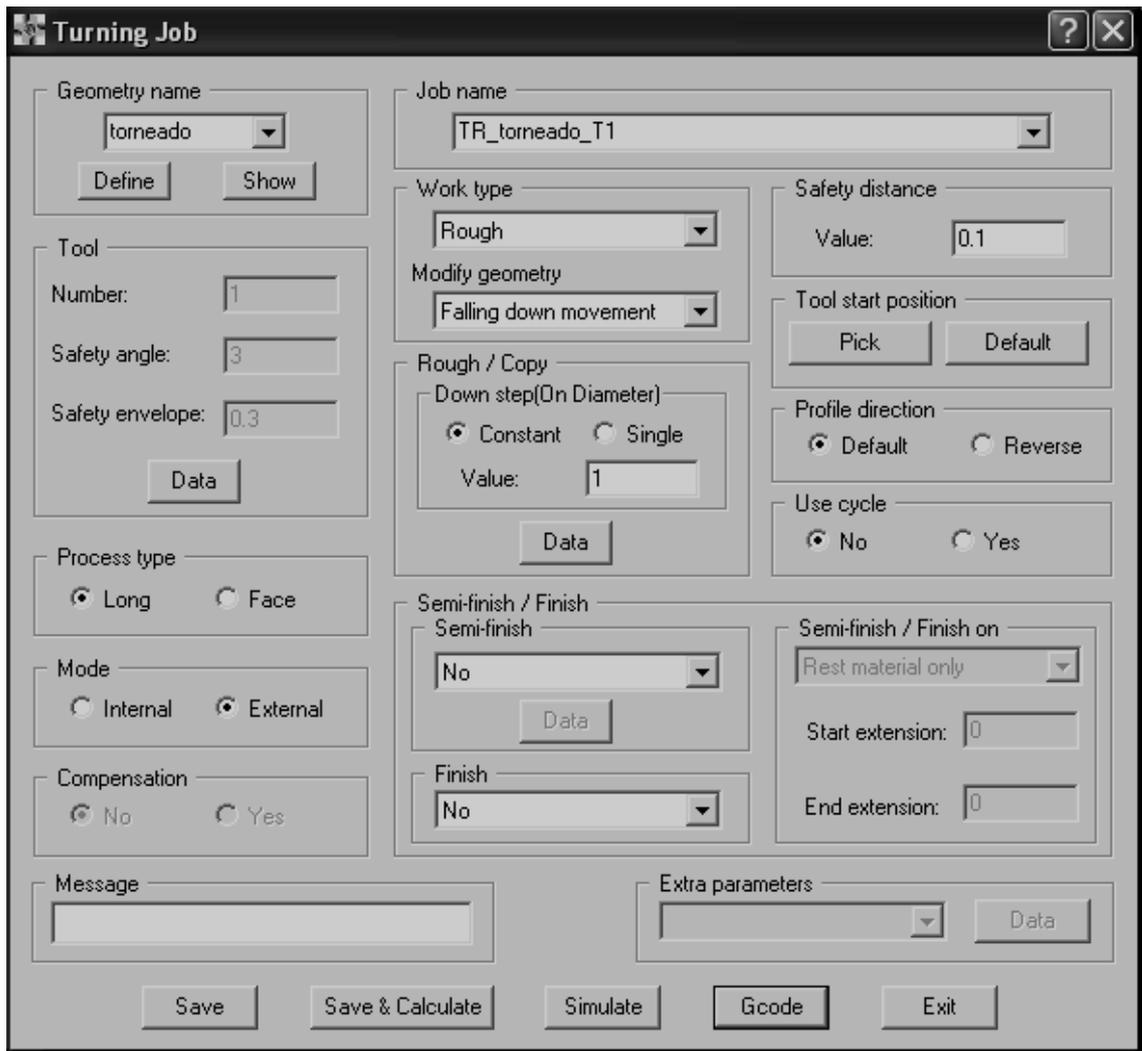


FIG.4.47 Pantalla características utilizadas en el trabajo de mecanizado

Pulsamos Save&Calculate, lo cual nos permite generar todo el proceso de mecanizado.

Para poder ver la simulación virtual pulsamos Simulate y obtenemos la siguiente pantalla:

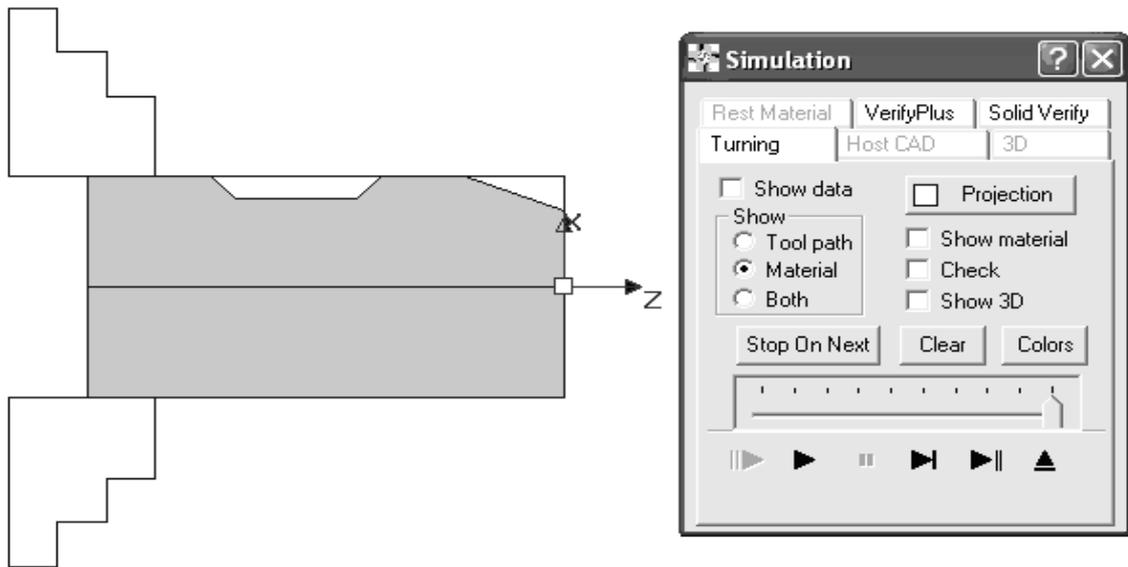


FIG.4.48 Pantalla de definición de la simulación del mecanizado

Aquí podemos escoger la forma de la presentación de la simulación, en la opción “SolidVerify” podemos apreciar de una mejor manera el maquinado de la pieza

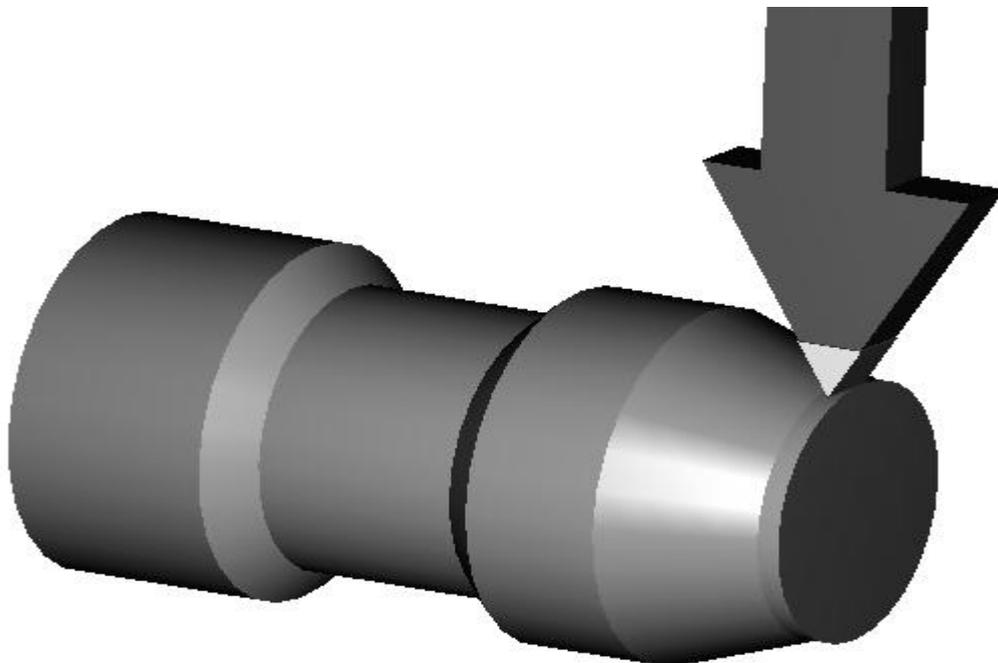
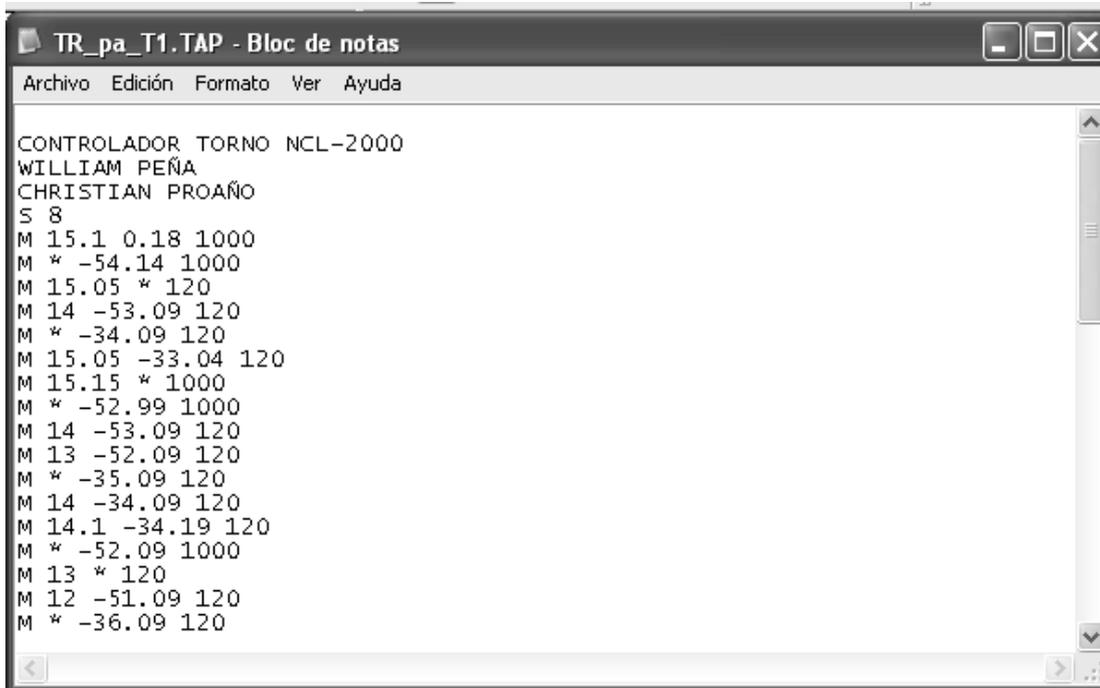


FIG.4.49 Pantalla de simulación del proceso de mecanizado en 3 dimensiones

Luego de que estamos conformes con la simulación virtual, procedemos a generar el “CÓDIGO G”, el mismo que para el (TORNO NCL-2000) toma el nombre de “CÓDIGO M” por el formato que utiliza para su generación.



```
TR_pa_T1.TAP - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
CONTROLADOR TORNO NCL-2000
WILLIAM PEÑA
CHRISTIAN PROAÑO
S 8
M 15.1 0.18 1000
M * -54.14 1000
M 15.05 * 120
M 14 -53.09 120
M * -34.09 120
M 15.05 -33.04 120
M 15.15 * 1000
M * -52.99 1000
M 14 -53.09 120
M 13 -52.09 120
M * -35.09 120
M 14 -34.09 120
M 14.1 -34.19 120
M * -52.09 1000
M 13 * 120
M 12 -51.09 120
M * -36.09 120
```

FIG.4.50 Pantalla con el “código G” generado (block de notas)

- Una vez que el SolidCAM ha generado el archivo, este se presenta en forma de un archivo en formato de Bloc de Notas, el mismo que tiene el nombre de la pieza diseñada.
- Este archivo, se lo guarda en un disco de 3 ½ con un nombre cualquiera pero con extensión “ACT”.
- El disco de 3 ½ nos sirve para trasladar la información hasta el computador SIEMENS, que es el controlador físico del TORNO NCL-2000,
- En este computador, se procede a cargar el archivo dentro del disco duro, y en la carpeta C:\LATHE
- Una vez guardado el archivo, se procede a ingresar al subdirectorío C:\LATHE y se ejecuta el archivo “ LATHE.EXE “
- En esta pantalla se escoge en la barra de herramientas, la opción “Machine”, a continuación se nos despliegue otra ventana.

- Escogemos la opción “Manual”, lo que nos permite acceder a una pantalla donde podemos realizar movimientos en la máquina de forma manual.
- Procedemos a encender el Torno NCL-2000, asegurándonos que el botón de “Parada de Emergencia” no se encuentre activado, para lo que procedemos a girarlo hasta que se destrabe, permitiendo de esta manera el flujo de corriente al Torno.
- Se procede a cargar el “Tocho” de materia prima, en las muelas del plato sujetador.
- Se presiona la opción “RUN”, lo que nos permite que la máquina pueda realizar los movimientos por nosotros especificados manualmente,

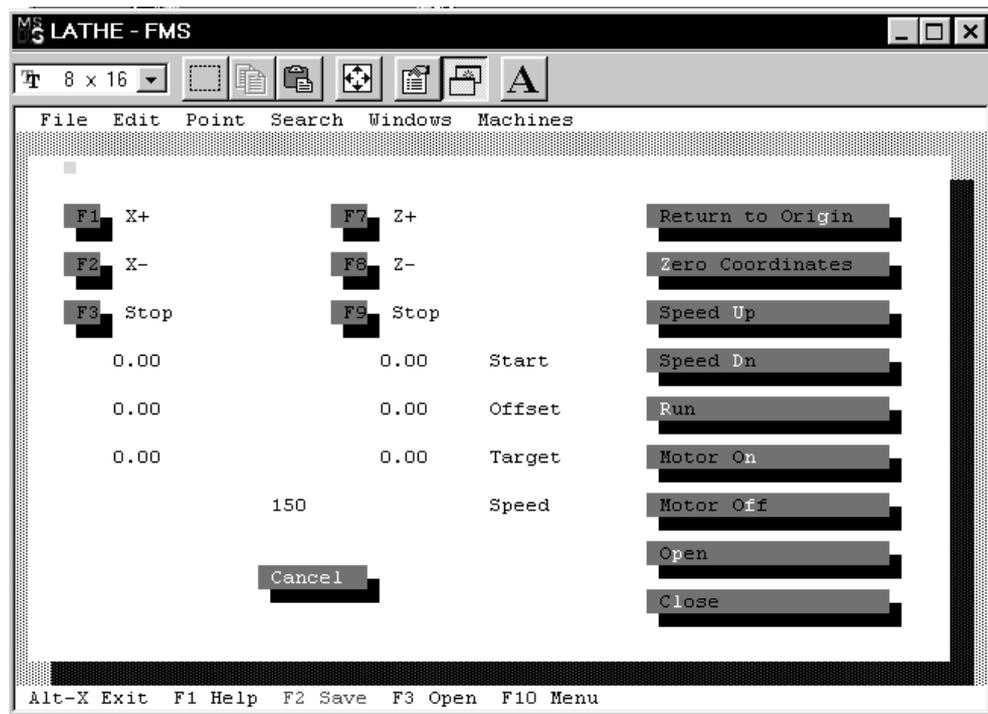


FIG.4.51 Pantalla modo manual

- Una vez realizado este paso, procedemos a encontrar el “CERO PIEZA” también denominado “HOME”, el mismo que debe ser coincidente con el especificado en el diseño realizado en el SolidWorks, que esta ubicado en el centro del radio del “Tocho” a ser maquinado, para lo cual nos podemos ayudar del contrapunto.

- Se debe hacer coincidir lo más posible la punta del contrapunto, con la punta de la cuchilla de desbaste, una vez encontrado se lo almacena en la opción “HOME”.
- Luego se selecciona nuevamente la opción MACHINE, pero en la barra de herramientas se selecciona la opción “AUTOMATIC”.
- Se despliega una nueva pantalla donde se selecciona la opción “LOAD ACT FILE”, y procedemos a cargar el archivo con extensión “.ACT” el mismo que gravamos anteriormente en el disco duro del computador.
- Una vez cargado aparece el nombre del archivo en la pantalla, luego presionamos la opción “RUN”, la misma que permite que el programa o “CÓDIGO G” comience a correr.

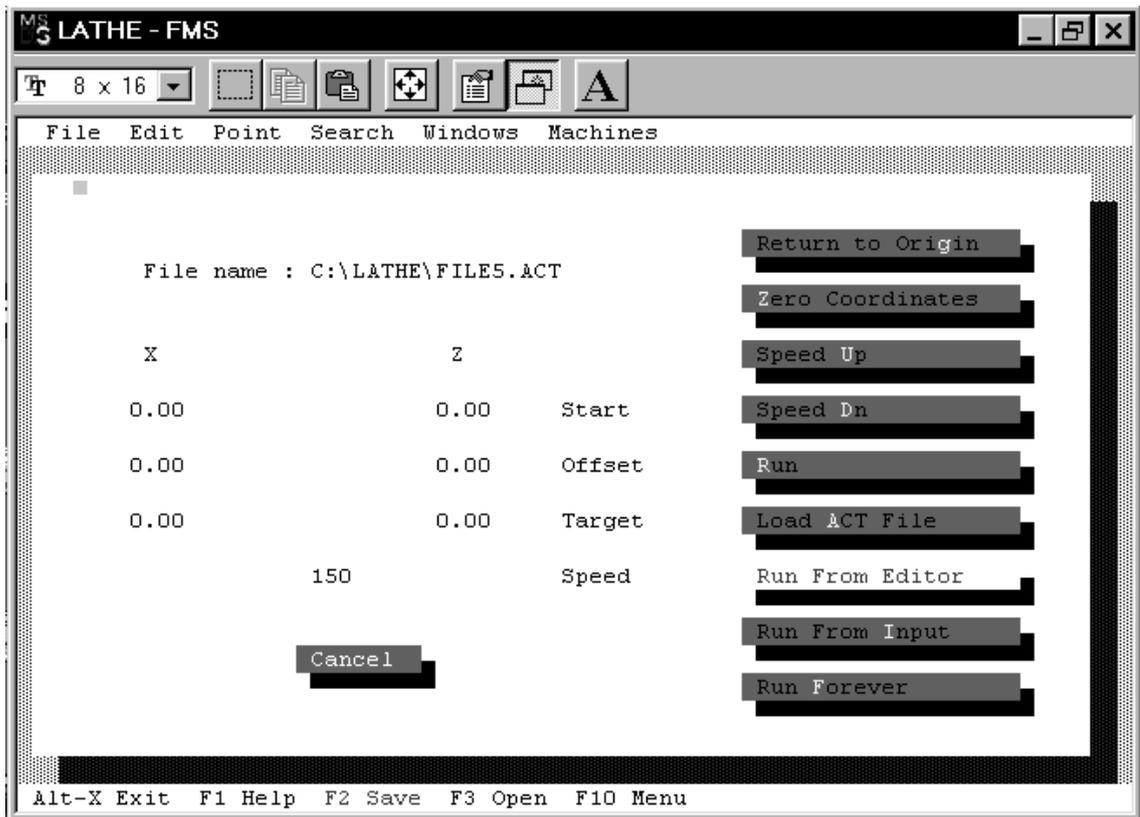


FIG.4.52 Pantalla modo automático, archivo cargado y corrida del código

- La máquina comienza a leer las instrucciones del código, y se inicia el mecanizado con el Torno NCL-2000.

Capítulo V

ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1.1.-DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN:

5.1.1.1.- Personal

En este punto se toman en cuenta a las personas directamente relacionadas con el desarrollo del proyecto.

TABLA.5.1 Remuneración costos personales

CANTIDAD	POSICIÓN	HORAS-H	USD VALOR H-H	USD VALOR TOTAL
2	Ejecutores *	360	5	1800
Total 5.1.1.1				1800

Fuente: Propia

*Por tratarse de un proyecto de grado para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, los ejecutores son estudiantes de Ingeniería Mecánica de la ESPE.

5.1.1.2.- Misceláneos

TABLA.5.2 Remuneración costos misceláneos

ÍTEMS	USD
Útiles de oficina	100
Movilización	80
Servicios Básicos	40
Computador	100
Impresora	50
Cds y diskets	20
Fotocopias	50
Internet	60
Uso de Laboratorio	100
Otros gastos de funcionamiento	25
Total 5.1.1.2	625

SUBTOTAL 1*	2425
--------------------	-------------

Fuente: Propia

* El Subtotal 1, resulta de sumar el (Total a.1) con el (Total a.2)

5.1.2.- COSTOS DIRECTOS

5.1.2.1.- Remuneraciones a profesionales

TABLA.5.3 Remuneración costos profesionales

CANTIDAD	POSICIÓN	HORAS-H	USD VALOR H-H	USD VALOR TOTAL
1	Director	50	20	1000
1	Codirector	40	20	800
Total b.1				1800

Fuente: Propia

5.1.2.2.- Remuneración a profesionales externos

Se obtuvo asesoramiento de profesionales externos, gracias al CERFIN-SECAP, el mismo que mantiene un convenio con el gobierno de Japón, de esta manera no existe un valor económico para este punto.

5.1.2.3.- Remuneraciones a estudiantes

Para el desarrollo de un software se debe tomar en cuenta el tiempo tanto del programador como el de utilización del computador para obtener el costo final del mismo, por ser de tipo técnico, su costo hora aumenta en relación con un software utilitario.

TABLA.5.4 Remuneración costos a estudiantes

CANTIDAD	POSICIÓN	HORAS-H	USD VALOR H-H	USD VALOR TOTAL
1	Programador- Estudiante	50	100 *	5000
Total 5.1.2.3				5000

* Las empresas encargadas en desarrollar software tienen una tarifa de \$ 40 la hora cuando el programa es utilitario, y un valor de entre \$ 110 y \$ 140 la hora cuando es un programa técnico, por lo tanto se estima un valor de \$ 100 para la realización por estudiantes, el cual esta ajustado a los valores que se cobran en el mercado ecuatoriano.

Fuente: Propia

5.1.2.4.- Adquisición de materiales y equipos

TABLA.5.5 Costos por adquisición de materiales

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	USD COSTO UNITARIO	USD COSTO TOTAL
10	Probetas (Aluminio o Duralon)	20	200
Total 5.1.2.4			200

Fuente: Propia

5.1.2.5.- Otros costos directos

TABLA.5.6 Otros costos directos

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	USD COSTO UNITARIO	USD COSTO TOTAL
	Libros, software, catálogos	200	200
5	Ensayos	20	100
Total 5.1.2.5			300

TABLA.5.7 Precio subtotal del proyecto

SUBTOTAL 2	7300
-------------------	-------------

Fuente: Propia

5.1.3.- IMPREVISTOS

TABLA.5.8 Costos imprevistos del proyecto

ÍTEMS	USD
SUBTOTAL (a y b)	9725
10 % de la suma de (a y b)	972.5

Fuente: Propia

5.1.4.- SUBTOTAL GENERAL

TABLA.5.9 Subtotal general del proyecto

	USD
TOTAL GENERAL	10697.5

5.1.5.- TOTAL GENERAL

TABLA.5.10 Total general del proyecto

	USD
TOTAL GENERAL	10697.5
IMPUESTOS 12 % IVA **	1283.7
VALOR TOTAL DEL PROYECTO	11981.2 ***

** La cancelación de impuestos se la realiza según las tasas vigentes en el País

*** El Valor Total de realización del proyecto es de \$ 11981.2 (once mil novecientos ochenta y un dolares, con veinte centavos de dólar americanos), este valor es calculado en base a tasas y costos vigentes en el mercado ecuatoriano.

5.2. ANÁLISIS FINANCIERO

La evaluación financiera trata acerca de como es el financiamiento y cual es la forma que se propone recuperar la inversión.

5.2.1. CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto VAN es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

$$VAN = \sum_{T=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \text{Ecuación 5.1}$$

BNt: Beneficio neto del Flujo de periodo t.

Io: Inversión inicial

n: número de años

i: tasa de descuento

El método del VAN nos permite conocer la rentabilidad del proyecto interpretando el resultado obtenido.

En el Laboratorio de CAD/CAM FIME se estima que se realizan 144 practicas en el año con el Torno Automatizado NCL-2000 , las mismas que están detalladas de la siguiente manera: 2 paralelos divididos en 12 grupos de trabajo con 2 integrantes cada uno, se realizan tres ensayos por cada uno de los grupos y existen dos semestres de clase en un año, tomando en cuenta el valor de la tarifa de trabajo de un mecanizado en el medio ecuatoriano tiene un costo promedio de \$ 40 (dolares americanos). Esto quiere decir que el Laboratorio facturaría la cantidad de $(2*12*3*2*40=\$5.760$ anuales por cobro de mecanizado del torno NCL-2000).

La proyección se la realiza a cinco años. El costo de realizar ensayos de manufactura Automatizada se incrementa en 25% promedio cada año acorde a la inflación, además de la necesidad de incrementar este tipo de practicas que se percibe en nuestro medio.

TABLA.5.11. Cálculo del VAN

N	0	1	2	3	4	5
Lo	11981.2					
BN		5760,00	7200,00	9000,00	11250,00	14062,5
I	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%
$(1+i)^n$	1,00	1,25	1,56	1,95	2,44	3,05
Fcd		4608,00	4615,38	4615,38	4610,66	4610,66
VAN	11078,88					

Como toda inversión es un cambio entre gastos presentes y los ingresos de un futuro y una medición de ese cambio exige la utilización de la actualización; el Valor Actual Neto es la mejor forma de expresar esto. Debido a que el VAN es mayor que cero el proyecto es favorable; ya que la cantidad estimada a futuro, traída en cifras a valor presente es positiva.

5.2.2. EL CRITERIO DE LA TAZA INTERNA DE RETORNO

El criterio de la tasa interna de retorno TIR evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual, en otra palabras es lo mismo que calcular el VAN del proyecto igual a cero.

La fórmula es la siguiente:

$$0 = \sum_{T=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Ecuación 5.2

La tasa así calculada se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si el TIR es igual o mayor que esta el proyecto es rentable.

TABLA.5.12 Cálculo del TIR

N	0	1	2	3	4	5
Io	11981.2					
BN		5760,00	7200,00	9000,00	11250,75	14062.50
TIR	58.3%					

Al realizar el calculo del TIR, se obtiene un valor porcentual igual al 58.3%, el mismo que al ser comparado con el 25% que se coloco como incremento por motivo de la inflación anual, obtenemos un valor positivo excedente, el mismo que nos permite asegurar que el proyecto es rentable y justifica plenamente su realización.

Capítulo VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Una vez terminada la realización del proyecto, se puede concluir lo siguiente:

1.- Se logro desarrollar los programas controladores para la compatibilidad entre el Software de Diseño SolidWorks, el software de Mecanizado SolidCAM, y el Torno Automatizado NCL-2000.

2.- Se realizaron las adecuaciones a los programas controladores desarrollados, obteniendo así la generación adecuada de los CÓDIGOS según el formato de trabajo utilizado por el Torno NCL-2000.

3.- Al realizar el maquinado físico, y compararlo con el maquinado virtual, se puede concluir que el trabajo realizado es el mismo, considerando pequeños márgenes de error, los mismos que son aceptables.

4.- El Torno NCL-2000, es una máquina-herramienta, que puede ser utilizada para el proceso de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Mecánica.

5.- El desarrollo de los programas controladores, esta valorado con un costo de \$ 11981.20, el que al ser comparado con el valor de adquirir los mismos programas controladores en una empresa de desarrollo de Software, bordea los \$50000, sin considerar el tiempo que demora su ejecución, además de que no existen empresas en nuestro país que desarrollen este tipo de controladores, de esta manera se justifica plenamente su desarrollo.

6.2. RECOMENDACIONES

Dentro del desarrollo del proyecto existen varios tipos de recomendaciones a ser tomadas en cuenta, sean estas en el manejo del Software de Diseño SolidWorks, del Software de mecanizado SolidCAM y en la utilización del Torno NCL-2000.

6.2.1. RECOMENDACIONES PARA SOLIDWORKS:

1. Al comenzar un nuevo diseño, se debe escoger el modo "PIEZA", para poder iniciar el diseño y que no se presenten problemas.
2. Se debe diseñar el perfil de la pieza a ser mecanizado, asegurándose que todas las líneas formen una "Entidad Cerrada".
3. Al realizar la acción de "REVOLUCIÓN", no se la debe realizar a 360 grados, para poder realizar las acciones necesarias para el mecanizado.
4. Al dibujar la materia prima, esta debe tener las medidas exactas de la pieza a ser mecanizada, para que no existan conflictos.
5. Se deben dibujar correctamente las "Muelas Sujetadoras" y verificar que estén en contacto tanto con la pieza. Así como con el TOCHO de "Materia Prima".
6. Grabar la pieza diseñada, una vez finalizado el proceso.

6.2.2. RECOMENDACIONES PARA SOLIDCAM:

1. Verificar que los programas controladores "HBT" estén cargados como los que se van a utilizar por defecto (Principales).
2. Se debe tomar en cuenta que al inicializar el proceso de TORNEADO (TURNING), se carguen las carpetas necesarias, si nos aparece un mensaje, verificar e intentar nuevamente.
3. Ubicar correctamente el "CERO PIEZA" (HOME), para que no se presenten conflictos tanto con el SolidCAM, como con el mecanizado físico del Torno NCL-2000.
4. Cargar correctamente las características de la herramienta que utiliza el Torno NCL-2000

5. Al realizar los procesos virtuales, verificar que no existan interferencias con las “Muelas Sujetadoras” o con la “Materia Prima”
6. Colocar todas las opciones especificadas en el “Manual de Usuario” o a su vez en el “Ejemplo Desarrollado”.
7. Gravar todo el proceso en el disco duro, antes de realizar la simulación
8. Realizar la simulación en el modo “Tres Dimensiones”, ya que el mismo nos muestra cuando existe interferencia en alguno de los procesos.
9. Al generar el CÓDIGO G, realizar una verificación visual del mismo.
10. Siempre gravar el archivo con el CÓDIGO en el disco duro de la máquina, y luego sacar un respaldo con extensión “ACT” en un disco de 3 ½ limpio.

6.2.3. RECOMENDACIONES PARA TORNO NCL-2000

1. Siempre cargar el archivo que contiene el CÓDIGO G, con extensión “ACT” en el disco duro de la máquina (Controlador Físico).
2. Verificar que el Torno se encienda correctamente, y que el Botón de “Parada Automática” este desactivado.
3. Trabajar en TOCHOS que no sobrepasen el diámetro de 4.0 centímetros, para mejorar y facilitar el trabajo.
4. Realizar una “Corrida en Vacío”, es decir sin la colocación de la Materia Prima, para poder observar si existe un movimiento “descontrolado” y así evitar dañar la máquina.
5. Colocar el “CERO PIEZA” en el punto medio del diámetro del TOCHO a mecanizarse.
6. Ajustar bien el TOCHO, mediante las Muelas Sujetadoras.
7. Tener siempre listo el Botón de “Parada de Emergencia” para cortar así el flujo eléctrico y detener si es necesario el proceso de mecanizado inmediatamente.
8. Trabajar con la “Puerta Cerrada”, sin importar que material estamos mecanizando.
9. Realizar todos los trabajos con la dirección y asistencia de un Laboratorista o Profesor de la materia.

Capítulo VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ECUADOR, SECAP-CERFIN. Manual de programación para el centro de mecanizado. 1ra Edición. 2005.
- CULTURAL S.A., MADRID. Manual de mecánica industrial. Edición 1999. Tomo IV.

SITIOS DE INTERNET

- <http://www.ilustrados.com>, Máquinas CNC, español
- <http://www.elprisma.com>, Apuntes sobre CNC, español
- <http://www.emagister.com>, Curso CNC, español
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizado>, Máquinas CNC, español
- <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/manufr esa.htm>, Máquinas CNC, español
- http://www.toolingu.com/class_class_desc.aspx?class_ID=301280, programación CNC, español
- http://www.solocursosgratis.com/cursos_gratis_cam-slckey15145.htm, Curso CAM, español
- <http://www.mundocnc.com.br/basic4.htm>, Teoría CNC, portugués

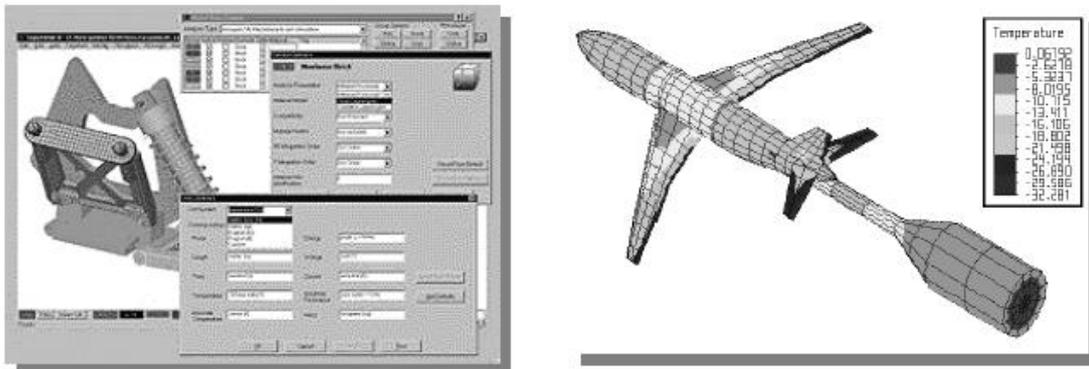
ANEXO A

TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN Y

TECNOLOGÍA DE MÁQUINAS

CAD/CAM/CIM

Tecnología de Fabricación y Tecnología de Máquinas



CAD

1. CAD, CAE, CAM, CIM: terminología general:

- CAD: *Computer Aided Design* o diseño asistido por computador
- CAE: *Computer Aided Engineering* o ingeniería asistida por computador
- CAM: *Computer Aided Manufacturing* o fabricación asistida por computador
- CIM: *Computer Integrated Manufacturing* o fabricación integrada por computador

2. Aplicaciones fundamentales de los sistemas CAD

- Diseño mecánico
- Arquitectura
- Topografía
- Obra civil
- Presentaciones realistas de productos

3. Tipos fundamentales de CAD para diseño mecánico

Sistemas antiguos o sistemas actuales elementales: **COMPUTER AIDED DRAFTING**

Se trabaja con **líneas en 2D**

- Uso fundamental: creación de planos
- Pueden hacerse representaciones 3D pero sólo se muestran las aristas de las piezas (modelos alámbricos o wireframe)

- Resultados no aplicables directamente a programas de cálculo por elementos finitos. Interfaz costoso
- Sistemas actuales: **COMPUTER AIDED DESIGN**
- Se trabaja con **sólidos 3D**
- Las piezas se *construyen* virtualmente más que representarse (extrusiones, agujeros, vaciados, etc)
- Se pueden obtener planos (representaciones 2D) mediante proyección
- Se pueden obtener secciones de las piezas
- Se pueden obtener propiedades másicas (pesos, centros de gravedad, momentos de inercia, ...)
- Interfaz sencillo con programas CAM. Se elimina la necesidad del plano.
- Interfaz sencillo con programas de cálculo por elementos finitos.
- En algunos casos CAD y CAE se encuentran integrados, haciendo los desarrollos de nuevas piezas mucho más rápidos.

4. Algunos paquetes CAD disponibles en el mercado

Programas de prestaciones elevadas para diseño mecánico

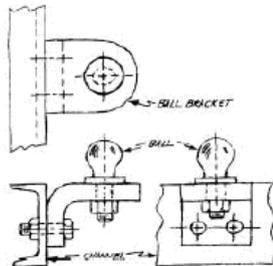
PAQUETE SOFTWARE	COMPAÑÍA
I-DEAS	SDRC (Structural Dynamics Research Corporation)
PRO-ENGINEER	PARAMETRIC TECHNOLOGY CORPORATION
CATIA	IBM

Otros paquetes: CAD

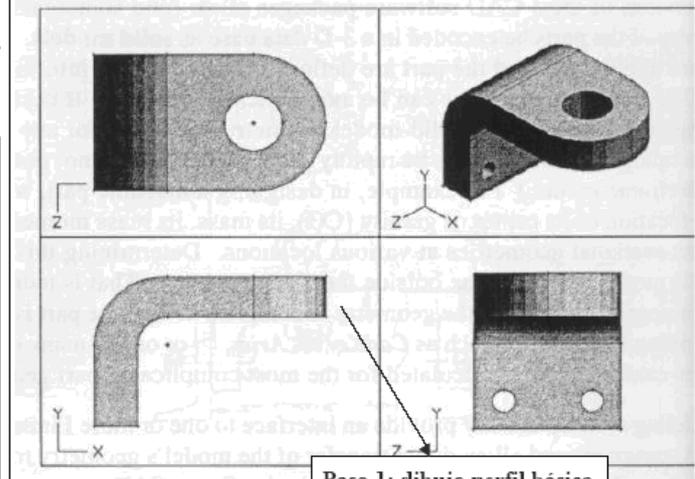
PAQUETE SOFTWARE	COMPAÑÍA
AUTOCAD (2D)	AUTODESK
MECHANICAL DESKTOP	AUTODESK
IMAGINEER (2D)	INTERGRAPH
SOLID EDGE	INTERGRAPH

5. Etapas en el diseño de una pieza

1: boceto en papel



2: modelado en CAD



Paso 1: dibujo perfil básico
Paso 2: extrusión
Paso 3: agujeros
Paso 4: redondeos
Paso 5: ensamblaje

CAM

Sistemas que facilitan la codificación de instrucciones

- Se utiliza un interfaz fácil de manejar
- El código es generado automáticamente
- El usuario indica gráficamente las trayectorias que desea sobre un modelo CAD

Sistemas que generan automáticamente las trayectorias para las herramientas

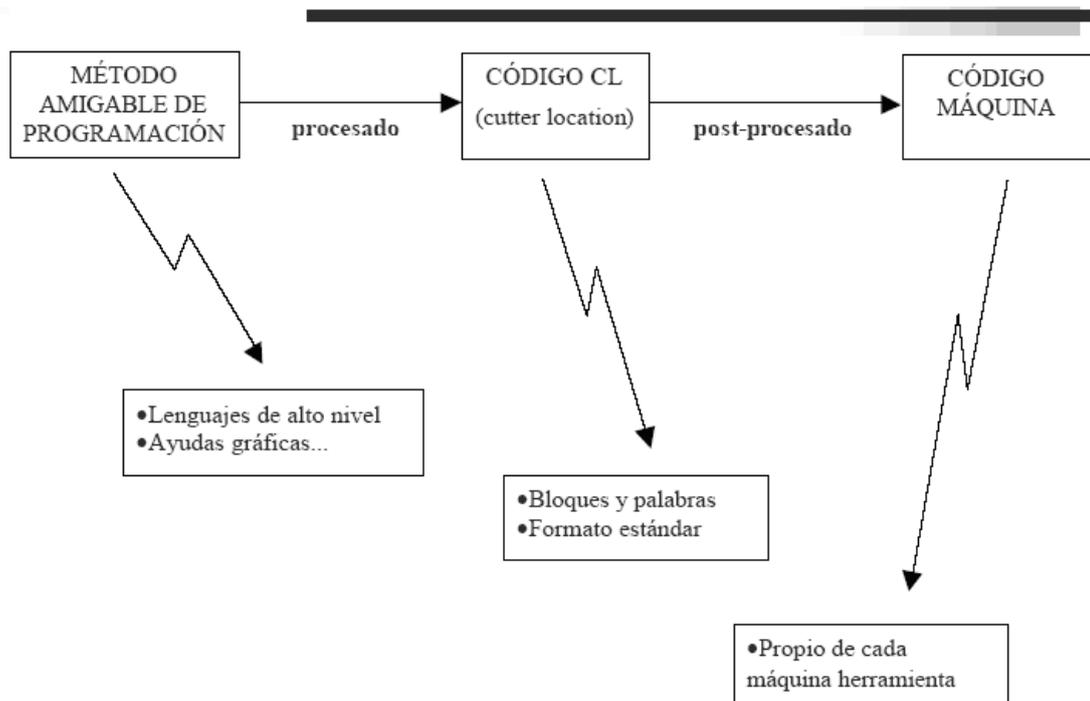
- El usuario indica las superficies a mecanizar, herramientas a utilizar y otros datos
- El programa genera las trayectorias
- El programa también genera el código para la máquina de CN

Sistemas que permiten simular el resultado de un proceso de mecanizado

- Las trayectorias pueden ser generadas manual o automáticamente
- Dos posibles formas de ver los resultados:
- Dibujo de las trayectorias seguidas
- Representación de la pieza tras el mecanizado

Sistemas que permiten detectar colisiones

- Considerando la herramienta en su soporte y la pieza a mecanizar
- Considerando también la mesa, las sujeciones y los elementos del entorno



lenguajes de alto nivel

APT: Automatically Programmed Tool

- Creado en 1956 en el MIT
- Actualmente va por la cuarta versión
- Representa las piezas a fabricar mediante superficies tridimensionales y puntos (importa CAD)
- Los movimientos de la herramienta se interpolan linealmente
- La interpolación cuida de respetar las tolerancias pedidas

AUTOSPOT: Automatic System for Positioning Tools

- Creado por IBM
- Restringido a dos dimensiones:
- La herramienta se posiciona en X,Y
- A continuación se hace el mecanizado (taladrado, torneado, etc)

ADAPT: Adaptation of APT

- Creado por IBM
- Reduce las funcionalidades del APT para permitirle funcionar en pequeños ordenadores
- Operaciones 3D limitadas

Software comercial

NC Vision

- Desarrollado por Computervision
- Posee un programa propio de CAD (CADD4)
- Permite elegir entre distintos métodos de mecanizado
- Biblioteca de herramientas
- Genera trayectorias en función de los parámetros de corte especificados

CATIA

- Programa CAD con utilidades CAM
- Es capaz de generar trayectorias completas

NC Programmer

- Basado en AUTOCAD
- El usuario debe marcar los puntos iniciales y finales de las trayectorias sobre el dibujo CAD

I-DEAS

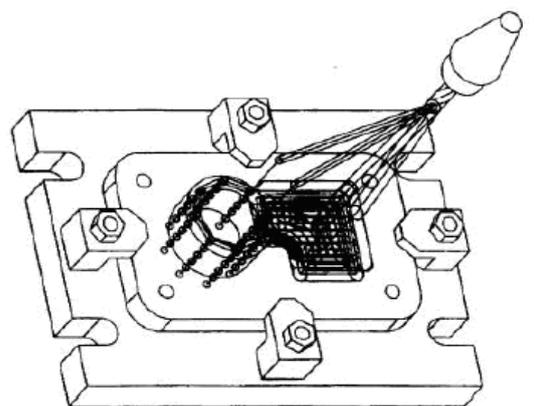
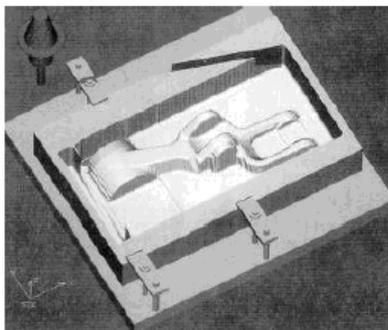
- Programa CAD con utilidades CAM
- Capaz de generar trayectorias completas
- Modelos sólidos: es capaz de detectar interferencias (colisiones)

PRO-ENGINEER

- Características similares a las de I-DEAS

Sistemas de simulación de mecanizado

- Disponibles en la mayor parte de los programas CAM
 - Dos posibilidades:
 - ✓ representación de las trayectorias de la herramienta
 - ✓ simulación del arranque de material
- En ningún caso se consideran las condiciones de corte



Simulación de trayectorias

Simulación de arranque de material en mecanizado

CAE

CAE: Datos de partida y principales análisis realizables

Datos de partida	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Geometría de la pieza o del conjunto (restricciones de movimiento) ♦ Materiales empleados
Análisis realizables	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Comportamiento frente a cargas mecánicas fijas <ul style="list-style-type: none"> ■ Aplicación de cualquier tipo de carga puntual o distribuida ■ Obtención de tensiones en los distintos puntos de la pieza ■ Obtención de deformaciones de la pieza ♦ Comportamiento frente a vibraciones <ul style="list-style-type: none"> ■ Respuesta en frecuencia ■ Respuesta a choques ■ Respuesta frente a sollicitaciones aleatorias ♦ Comportamiento frente a cargas térmicas <ul style="list-style-type: none"> ■ Distribución de temperaturas ■ Transferencias térmicas ♦ Análisis cinemático para mecanismos <ul style="list-style-type: none"> ■ Permite simular comportamientos y detectar posibles colisiones ♦ Análisis dinámico <ul style="list-style-type: none"> ■ Herramientas más comunes: Adams, Working Model

CIM



ANEXO B

**FUNDAMENTOS DE ARRANQUE
DEL MATERIAL**

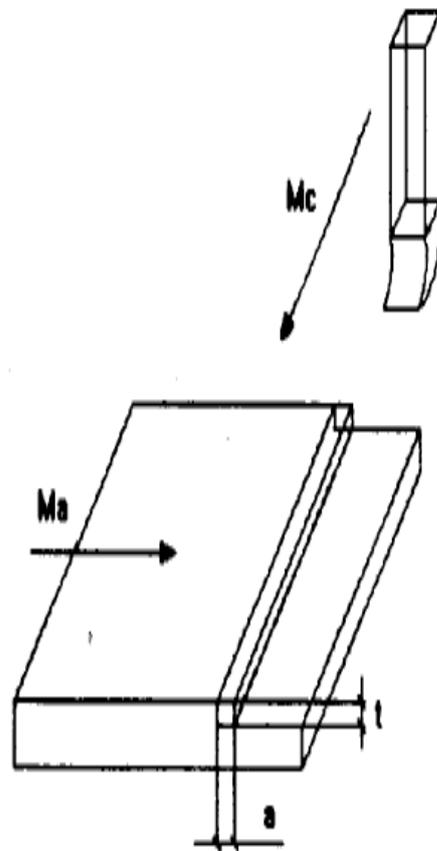
Fundamentos del arranque de material

Máquina Herramienta:

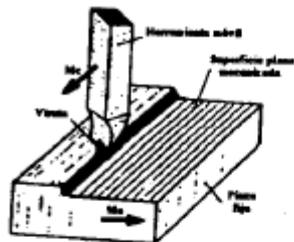
Son máquinas no portables que operadas por una fuente de energía exterior conforman los materiales por arranque de viruta, abrasión, choque, presión, técnicas eléctricas, ..., o una combinación de ellos.

Movimientos fundamentales:

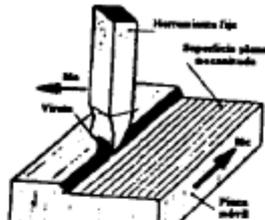
- Movimiento fundamental de corte (M_c)
- Movimiento de avance (M_a)



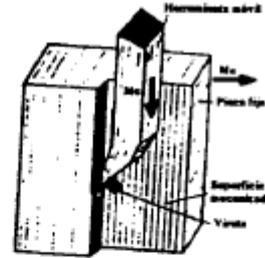
Diferentes tipos de maquinas y sus trabajos respectivos



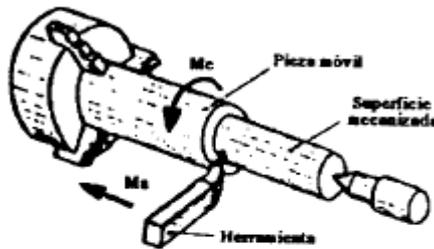
MOVIMIENTOS EN LA LIJADORA



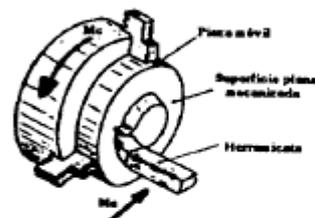
MOVIMIENTOS EN LA CEPILLADORA



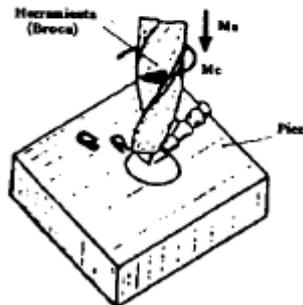
MOVIMIENTOS DE LA MORTAJADORA



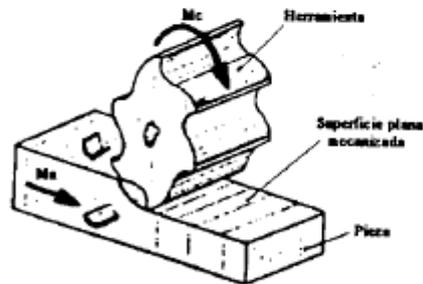
MÓVIMIENTOS EN EL TORNO (CILINDRADO)



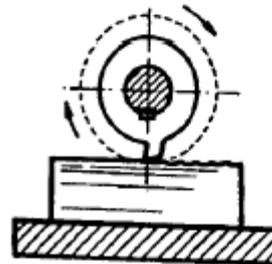
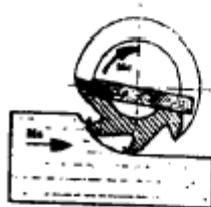
MOVIMIENTOS EN EL TORNO (REFRESCADO)



MOVIMIENTOS EN EL TALADRO

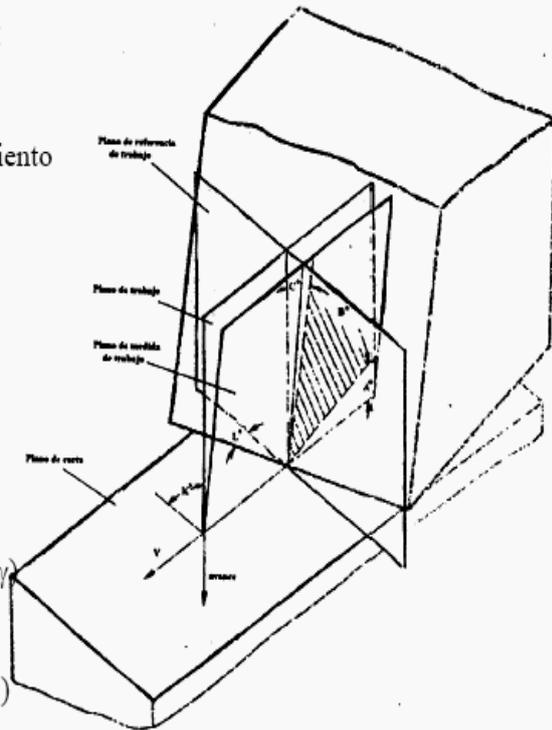


MOVIMIENTOS EN LA FRESADORA



Herramienta elemental monocorte:

- Ángulo de inclinación L (λ)
- Cara D de corte, anterior o de desprendimiento
- Cara I, dorsal, o de incidencia
- Plano de referencia de trabajo
- Plano de corte
- Plano de medida de trabajo
- Plano de trabajo
- Ángulo de incidencia A (α)
- Ángulo de desprendimiento de trabajo C (γ)
- Ángulo del filo B (β)
- Ángulo de posición de arista de corte K (χ)



Se consideran tres operaciones básicas:

- Torneado
- Fresado
- Taladrado

Torneado:

- Genera formas cilíndricas
- La pieza tiene un movimiento rotativo
- La herramienta se desplaza radial o longitudinalmente

Fresado:

- Gran versatilidad
- La pieza normalmente se mantiene fija
- La herramienta gira y se desplaza en una o dos direcciones

Taladrado:

- Sólo para mecanizar agujeros
- Aún así es la operación más realizada
- La pieza se mantiene fija
- La herramienta gira y se desplaza longitudinalmente
- Puede realizarse en una fresadora

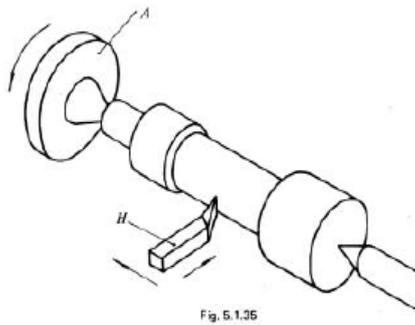
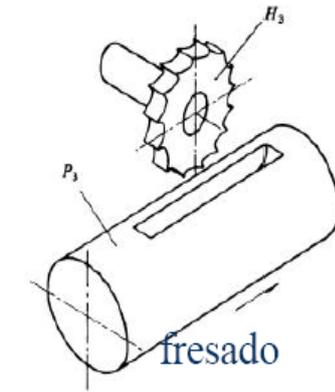
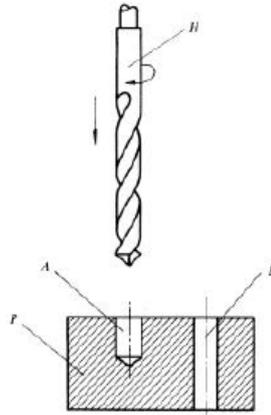


Fig. 5.1.35

torneado

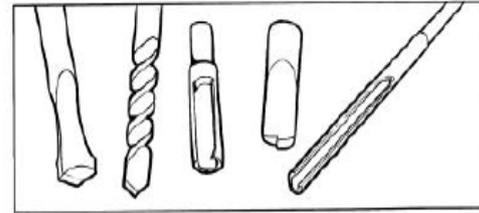
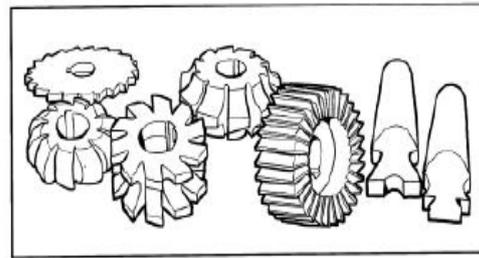
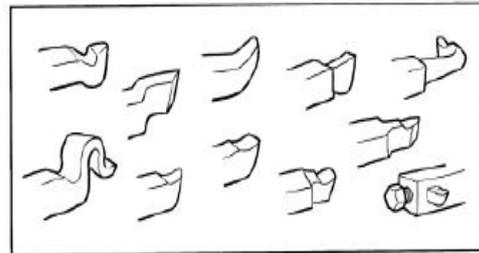


fresado

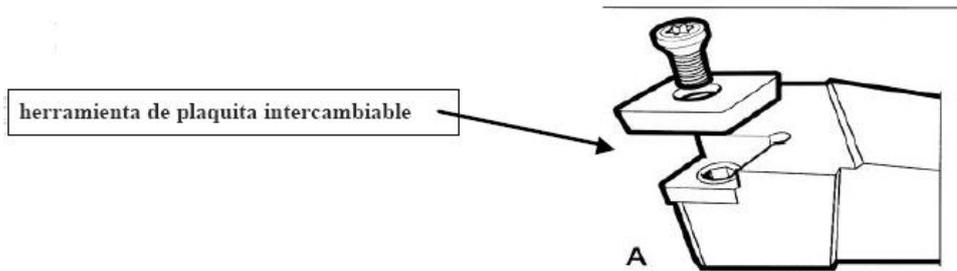
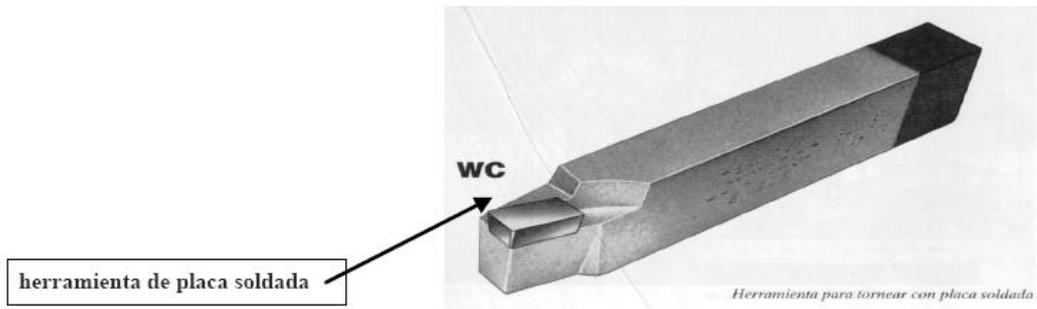
taladrado

Herramientas específicas para cada aplicación, pero puede hacerse una distinción fundamental:

- Herramientas enterizas
- Herramientas de placa soldada
- Herramientas de plaquita intercambiable (mayor parte de las herramientas actuales)



herramientas enterizas



Formación de la viruta (1)

Tipos de viruta:

- Viruta continua
- Viruta continua con filo aportado
- Viruta discontinua o quebrada

Hipótesis:

- Corte ortogonal $L=0$
- Material maleable, flujo continuo de viruta
- No hay expansión lateral
- Herramienta rígida con filo perfecto

Fuerzas y tensiones de corte:

Según las direcciones de corte: $F_t = R \cos(\alpha - \phi)$
 $N_t = R \sin(\alpha - \phi) = F_t \tan(\alpha - \phi)$

Según las direcciones de la cara de desprendimiento: $F = R \sin \alpha = F_t \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha - \phi)}$
 $N = R \cos \alpha = F_t \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - \phi)}$
 $\mu = \tan \phi$

Según el plano de cizallamiento:

$$F_s = R \cos(\alpha + \phi - \beta) = F_t \frac{\cos(\alpha + \phi - \beta)}{\cos(\alpha - \phi)} \quad N_s = R \sin(\alpha + \phi - \beta) = F_t \frac{\sin(\alpha + \phi - \beta)}{\cos(\alpha - \phi)}$$

Cálculo de ρ :

$$\tan \alpha = \frac{N_t + F_t \tan \phi}{F_t - N_t \tan \phi}$$

Teoría de corte

Energía de corte:

$$P = F_t v \quad U = \frac{P}{\alpha} = \frac{F_t v}{tbv} = \frac{F_t}{tb}$$

Teoría de Ernst-Merchant:

$$F_t = R \cos(\alpha - \phi)$$

$$\frac{\partial F_t}{\partial \alpha} = 0$$

$$2\alpha + \phi - \beta = \frac{P}{2}$$

1ª teoría

$$t_s = t_0 + k s_s$$

$$\frac{\partial F_t}{\partial \alpha} = 0$$

$$2\alpha + \phi - \beta = C$$

$$C = \arctan \frac{1}{k}$$

2ª teoría

Teoría de Lee y Shaffer:

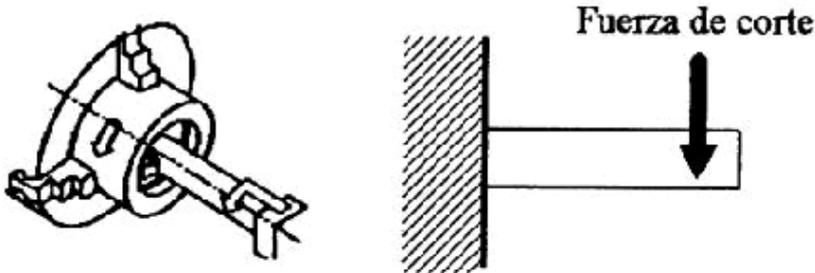
$$\alpha + \phi - \beta = \frac{P}{4}$$

ANEXO C

MODOS DE SUJECIÓN

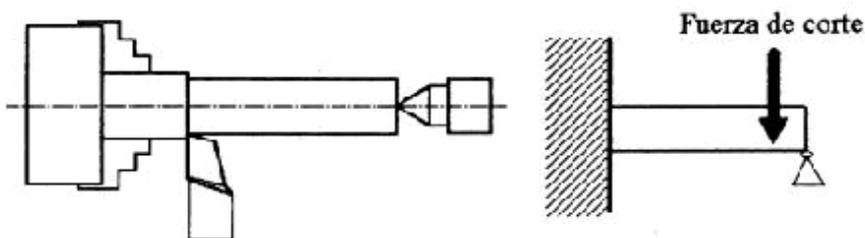
Modos de sujeción de las piezas en el torneado

Modo 1: sujeción al aire



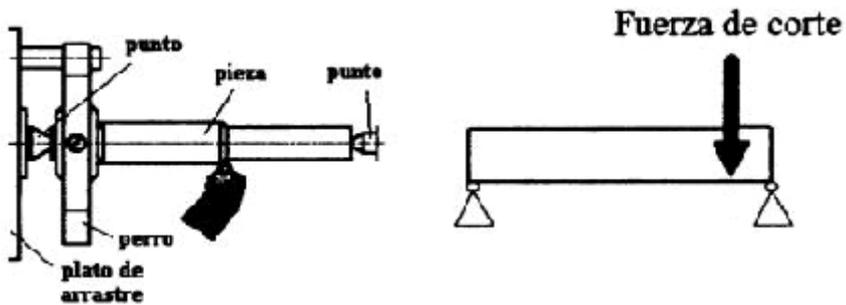
- La pieza se sujeta por uno de sus extremos
- El mismo plato que la sujeta le transmite el movimiento de giro
- Válido para piezas no esbeltas
- La pieza se representa como una viga simplemente empotrada

Modo 2: sujeción entre plato y punto



- La pieza se sujeta por uno de sus extremos y por el otro se encuentra apoyada en un punto
- El plato es quien transmite el movimiento de giro
- Válido para piezas semi-esbeltas
- La pieza se representa como una viga empotrada y apoyada

Modo 3: sujeción entre puntos



- La pieza se apoya en puntos de sus dos extremos
- El movimiento de arrastre se comunica por un punto intermedio (mordazas, uñas)
- Válido para piezas semi-esbeltas
- La pieza se representa como una viga doblemente apoyada

ANEXO D

FUNDAMENTOS VENTAJAS Y

CLASIFICACIÓN

FUNDAMENTOS VENTAJAS Y CLASIFICACIÓN

Componentes de las MHCN

El husillo principal

- Ejecuta el movimiento rotativo de la pieza en los tornos.
- La rotación de herramienta en las fresadoras y taladradoras.

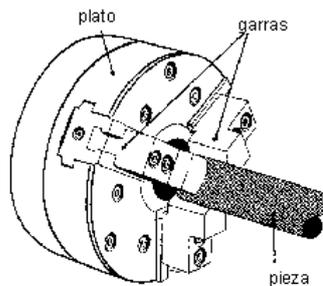
El husillo puede accionarse por:

- motores de corriente alterna de tres fases.
- motores corriente continua.

Sistemas de sujeción

Existen diferentes mecanismos para amarrar la pieza en los tornos CN:

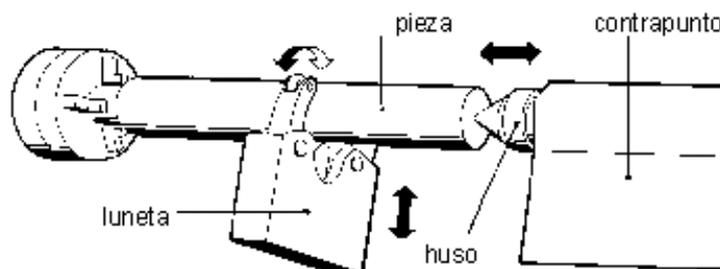
- Platos universales de dos, tres o cuatro garras autocentrables.
- Platos frontales para la colocación de sargentos para agarre de formas irregulares.
- Mandriles autocentrables.
- Pinzas para la sujeción de piezas cilíndricas pequeñas.
- Puntos y contrapuntos con arrastre para piezas esbeltas.
- Lunetas escamoteables para apoyo intermedio.
- Conos.



Amarre de una pieza en un plato de garras

En unión al contrapunto, la estabilización de la pieza de trabajo puede requerir la presencia de la luneta de apoyo lateral. Este mecanismo incorpora las siguientes funciones:

- Abrir luneta .
- Cerrar luneta .
- Posicionado transversal .
- Aproximación / retirada.



Elementos de apoyo auxiliar en torneado

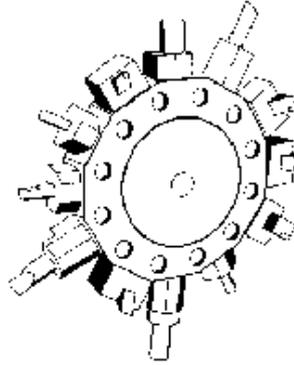
Cambiadores de herramienta

Mecanizar productos en MHCN requiere diferentes operaciones sucesivas sin soltar la pieza de su sistema de amarre (fase) lo que supone incorporar un dispositivo que permita cambiar de forma automática las herramientas durante el proceso. Es poco habitual llevar a cabo un trabajo de mecanizado sin cambiar de herramienta.

Los tornos CN y centros de mecanizado de gran producción utilizan cambiadores automáticos de herramientas que pueden albergar un número variable de útiles dependiendo de su diseño. Los cambiadores de herramientas reciben los nombres de:

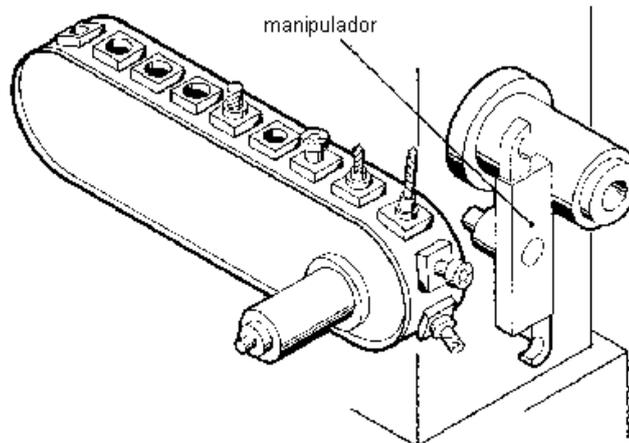
- Torreta de herramientas (tornos)
- Carrusel de herramientas (fresadoras / centros de mecanizado)

El cambio de herramienta se controla por programación CN caracterizándose por un giro de la torreta hasta que coloca en la posición de trabajo aquella que se le solicita



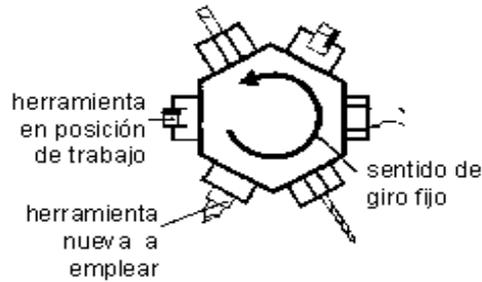
Torreta de herramientas de un torno

En el caso de los carruseles (almacenes) de herramientas, para cambiar la herramienta se emplea un manipulador o garra adicional. La UC de la máquina interrumpe el mecanizado para que el manipulador extraiga del carrusel, que ha girado hasta colocar al útil deseado en la posición de cambio, la nueva herramienta. Simultáneamente la garra opuesta del manipulador extrae la herramienta en uso del cabezal. Un volteo del manipulador coloca la nueva en el cabezal y a la usada en el hueco (estación) dejado por la primera en el almacén. La operación solo dura segundos.

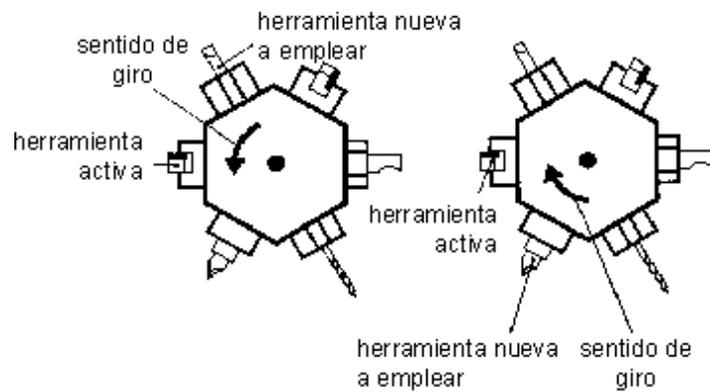


Carrusel de herramientas de una fresadora

Los cambiadores de herramientas incorporan frecuentemente el "posicionado lógico", que se basa en realizar giro de la torreta o el carrusel en el sentido que permite ubicar el útil deseado de forma más rápida desde la posición actual.



Torreta de sentido de giro fijo



Torreta con giro lógico

Ejes complementarios

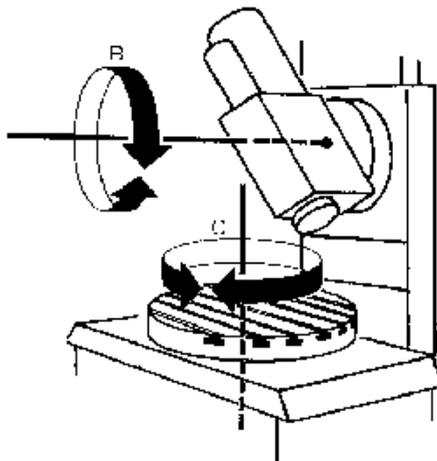
Algunas MHCN disponen de mesas giratorias y/o cabezales para cabezales orientables. Los ejes sobre los que giran estas mesas y cabezales se controlan de forma independiente y se conocen con el nombre de ejes complementarios de rotación. Su velocidad se regula también de forma autónoma.

Los ejes complementarios de rotación se designan en la programación CN como A, B, C.

Debido a las exigencias impuestas por la complejidad de ciertas piezas otras MHCN están dotadas de más de tres ejes de desplazamiento principal.

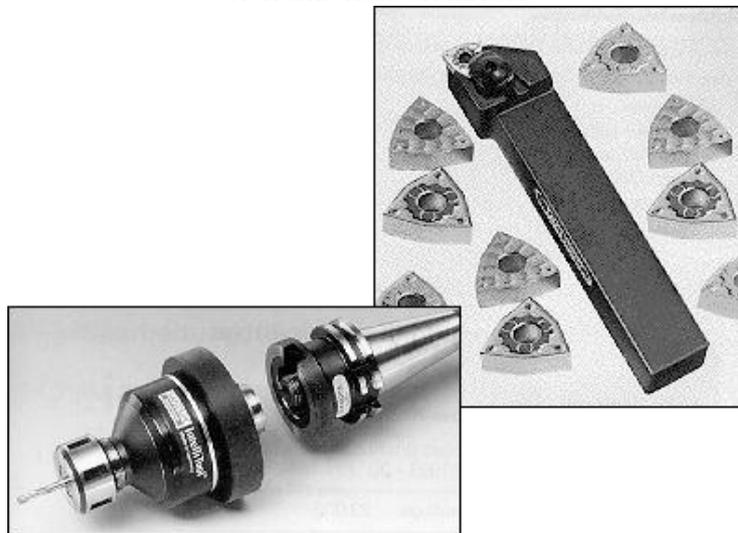
Los centros de mecanizado presentan usualmente en adición a los tres principales, un cuarto eje para la orientación del cabezal, un quinto para el giro de la mesa y hasta un sexto (W) de aproximación de la herramienta.

En muchos casos el eje W sólo opera cuando el resto de los ejes permanecen fijos y se usa para trabajos menores de taladrado en cualquier dirección.



Mesa giratoria y cabezal basculante

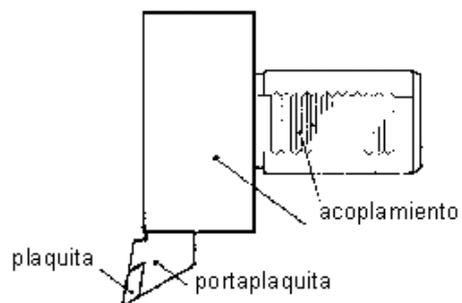
Herramientas en MHCN



Una herramienta completa de MHCN presenta generalmente las siguientes partes:

- acoplamiento
- portaherramientas (cuerpo, mango o porta plaquita)
- punta herramienta (plaquita)

El acoplamiento es el elemento que inserta la herramienta en el seno del cabezal de la MHCN (fresadoras) o en la torreta (tornos).



Herramienta completa para torno

Acoplamientos

En torneado los acoplamientos están conformados por bloques roscados estándar con conexión por "snap" u otro sistema al portaherramientas. Este diseño proporciona a la herramienta un plano de apoyo respecto de la torreta muy estable.

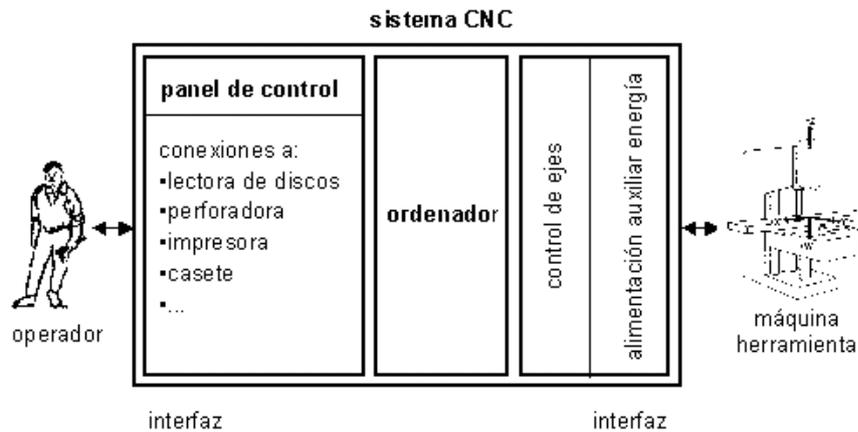
Las elevadas velocidades de corte que se recomiendan en el aprovechamiento óptimo de las MHCN hacen necesaria la intervención de refrigerantes que, además, mejoran la lubricación y remoción de la viruta.

Para la refrigeración precisa de pieza y herramienta en la zona de contacto se emplean convencionalmente tuberías flexibles o manguitos que orientan la aspersion hacia la zona deseada.

Debido a la proyección de las virutas y a las salpicaduras que conlleva el uso de refrigerantes es muy común que las MHCN dispongan de paneles de protección o carenados que aíslan la zona de trabajo.

Componentes de un sistema CN

Un sistema CNC está constituido por numerosos componentes.



Componentes de un sistema CNC

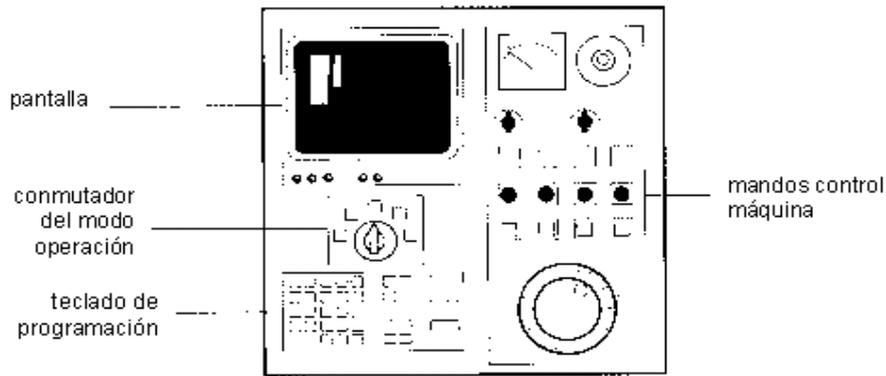
El corazón de un sistema CNC es un ordenador que se encarga de realizar todos los cálculos necesarios y de las conexiones lógicas, tendiendo a que el sistema CNC es el puente de unión entre el operador y la máquina-herramienta se necesitan dos interfaces (traductores):

- El interfaz del operador formado por el panel de control y varios a él conectados relacionados generalmente con dispositivos de almacenamiento.
- El interfaz de control de la máquina-herramienta que está subdividido en múltiples conexiones de control y que afectan los actuadores de ejes, del husillo principal, etc. hasta llegar al sistema auxiliar de alimentación de energía.

El panel de control

El aspecto externo del panel de control de las MHCN puede variar considerablemente los componentes que en él aparecen se pueden agrupar de forma genérica en:

- **Monitor**: que incluye una pantalla CRT o un panel de texto (en desuso) así como un conjunto de diales analógicos o digitales.
- **Mandos para el control máquina**: Estos permiten el gobierno manual o directo de la MHCN en actividades análogas a las ejecutadas con una convencional mediante manivelas, interruptores, etc.
- **Controles para la programación**: Generalmente se presentan como teclados para la edición textual de programas y datos almacenados. Presentan caracteres alfabéticos, números e iconos o símbolos de las funciones que ejecutan.

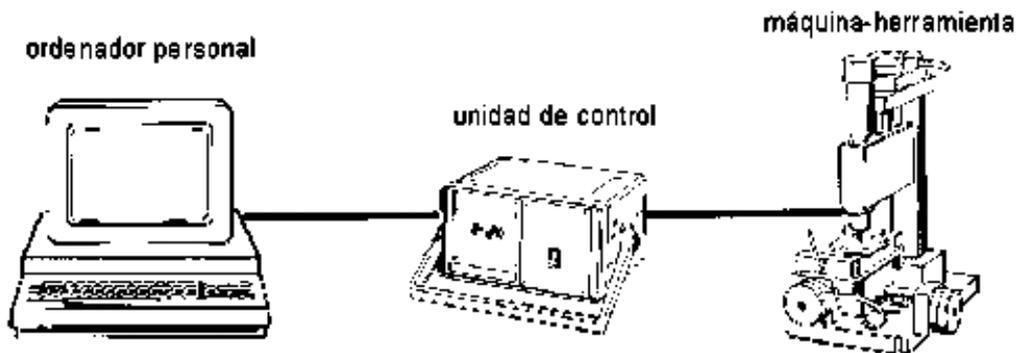


Panel básico de un sistema CNC

La interfaz de control

Se puede usar un ordenador personal como núcleo de un sistema CNC para máquinas-herramienta. Las conexiones más sencillas sólo permiten unas pocas funciones máquina y se centran en las tareas de edición de programas CN.

Para conectar un ordenador personal a una máquina-herramienta se necesita generalmente una unidad de control que traduce las instrucciones y cálculos del PC a señales que controlan los motores de la máquina. Esta unidad realiza la labor de interfaz entre la alimentación de potencia de la máquina y sus actuadores (motores).



Ordenador personal como sistema CNC

Factores de mecanizado CN

Los factores y condiciones principales afectan al corte de metales en MHCN y deben ser tenidos en consideración a la hora de elaborar los programas de CN.

Los siguientes factores son los mas importantes:

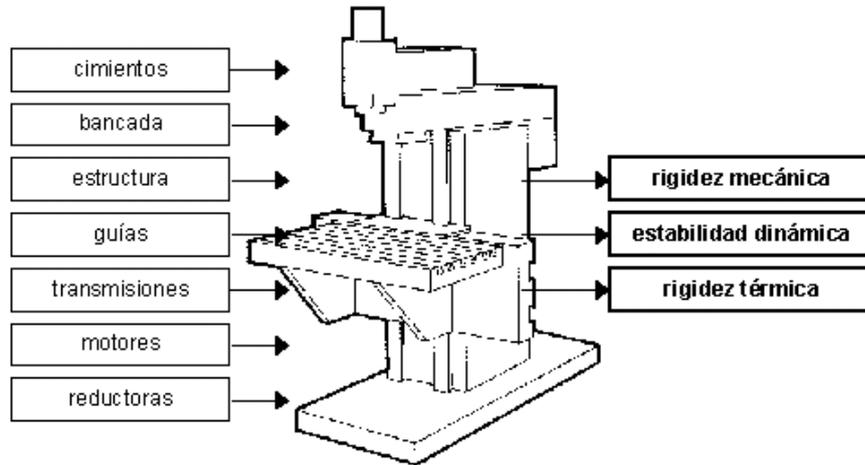
- **factor máquina,- herramienta,**

La máquina herramienta seleccionada debe ser capaz de llevar a cabo el trabajo de mecanizado bajo requerimientos de precisión y economía preestablecidos

El diseño de las máquinas-herramienta se basa en tres consideraciones:

- rigidez mecánica,
- estabilidad dinámica,
- rigidez térmica.

El volumen de viruta extraído por unidad de tiempo o de avance (ratio de viruta removida) es un parámetro productivo que depende de la potencia que la máquina-herramienta puede proporcionar para el giro de su husillo principal.



Los factores de la máquina herramienta

Existen tres tipos de refrigerantes:

- 1/ Las disoluciones en agua (ejemplo: soluciones salinas) presentan buenas propiedades como refrigerante pero malas como lubricante.
- 2/ Las emulsiones (agua y aceites minerales con aditivos) incorporan las ventajas de lubricación de las sustancias grasas.
- 3/ Los aceites de corte (con grasas y aditivos).

Para conseguir unas condiciones de mecanizado óptimas es necesaria la intervención de un refrigerante. Sus funciones son:

- Disipar el calor generado durante el corte en la punta de la herramienta manteniendo la temperatura de la pieza lo más baja posible.
- Reducir la fricción y el desgaste de la herramienta por lubricación.
- Facilitar la extracción de la viruta.

El uso de refrigerantes permite aumentar las velocidades de corte.

- pieza (geometría básica),

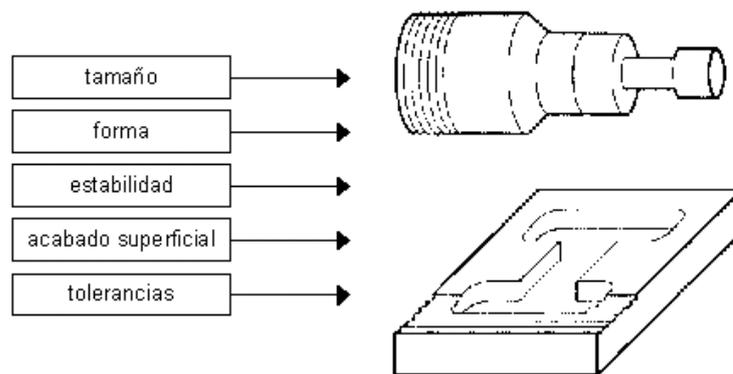
El tamaño y la forma de la pieza afectan a:

- La elección del método y sistema de sujeción, así como, a la presión de apriete requerida.
- La determinación de la herramientas y su forma de actuación (contornos especiales, internos o externos, etc.).

Una amarre carente de rigidez puede suponer la aparición de vibraciones o deflexiones en la pieza.

Para conseguir buenos acabados superficiales se debe garantizar la formación de viruta favorable y emplear una geometría de herramienta adecuada para el material. Se recomienda en este caso además:

- velocidades de corte elevadas,
- profundidades de corte bajas,
- avances reducidos.



Resumen de los factores pieza

Material.

Con referencia al material de la pieza las características esenciales que deben ser tenidas en cuenta son la resistencia y la maquinabilidad.

La resistencia a la compresión es importante a la hora de seleccionar el sistema de amarre y las presiones de apriete (cuando se trata de un sistema hidráulico).

La maquinabilidad afecta a la elección de herramientas y a las fuerzas de corte a aplicar. Un síntoma característico de un mecanizado correcto es la formación de viruta favorable a velocidad de corte elevada, combinado con un bajo desgaste de herramienta y un buen acabado superficial.

La geometría y el acabado superficial de la pieza determinan la elección de las plaquitas de mecanizado:

- La forma de la punta suele ser función del tipo de contorno a obtener.
- Las dimensiones y materiales de la plaquita se eligen en concordancia con las velocidades de corte y avances.

El estado superficial deseado se obtiene mediante la selección del radio de punta de la herramienta y el avance.

- Las virutas

Los tipos de viruta dependen de:

- factor de compresión,
- material de la pieza,
- velocidad de corte,
- estado superficial de flanco de desprendimiento,
- material de la herramienta,
- presencia de rompevirutas.

Estos factores se deben conocer para la correcta determinación de los parámetros de corte necesarios:

Todo ello en función de los límites técnicos, requerimientos de acabado (calidad superficial y precisión dimensional).



Factores a tener presentes en el mecanizado con MHCN

Lenguaje de programación CN

De acuerdo con el estándar DIN 66025*, las letras A-Z, cuando se usan como letras de dirección, tienen el siguiente significado:

A	Rotación sobre el eje X
B	Rotación sobre el eje Y
C	Rotación sobre el eje Z
D	Memoria de offset de corrección de herramienta
E	Segunda velocidad de avance
F	Velocidad de avance
G	Función de desplazamiento
H	Sin asignar
I	Parámetro de interpolación paralelo al eje X
J	Parámetro de interpolación paralelo al eje Y
K	Parámetro de interpolación paralelo al eje Z
L	Sin asignar
M	Función suplementaria
N	Número de bloque
O	Sin asignar
P	Tercer movimiento paralelo al eje X
Q	Tercer movimiento paralelo al eje Y
R	Desplazamiento rápido en dirección del eje Z o tercer movimiento paralelo al eje Z
S	Velocidad de giro
T	Herramienta
U	Segundo movimiento paralelo al eje X
V	Segundo movimiento paralelo al eje Y
W	Segundo movimiento paralelo al eje Z
X	Movimiento en dirección del eje X
Y	Movimiento en dirección del eje Y
Z	Movimiento en dirección del eje Z

NOTA: Los lenguajes de programación CN están estandarizados internacionalmente. La norma DIN 66025 "Desarrollo de programas para máquinas de control numérico" (partes 1 y 2) coinciden en contenido con el estándar internacional ISO/DIS 6983 y ISO/DP 6983 "Control numérico de máquinas".