



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**“DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDO POR
COMPUTADORA PROGRAMACIÓN CNC
PARA LA FABRICACIÓN DE UNA VÁLVULA
LIBERADORA DE PRESIÓN UTILIZANDO
MASTER-CAM V9”**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
MARCO ANTONIO CORTÉS MORGADO**

ASESOR:

M. I. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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



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

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

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

Diseño y manufactura asistido por computadora

programación CNC para la fabricación de una válvula

liberadora de presión utilizando Master-Cam V9

que presenta el pasante: Marco Antonio Cortés Murguía

con número de cuenta: 9657005-2 para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

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

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

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 27 de Mayo de 2004

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Enrique Cortés González</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Eusebio Reyes Carranza</u>	<u>[Firma]</u>

El viaje más largo comienza con
un solo paso.
Pero este en particular necesito
dos.

MAMÁ
LILIA
MARIO
PAPÁ

GRACIAS.

INDICE

Introducción.....	1
-------------------	---

CAPITULO 1

PRINCIPIOS DE CAD/CAM

1.1 Evolución	2
1.2 Conceptos	3
1.3 Tecnología CAD	4
1.3.1 Proceso usando una herramienta CAD	6
1.3.2 Estructura de un sistema CAD	7
1.4 Tecnología CAM	9
1.5 Sistemas CAD/CAM	10
1.6 Aplicaciones	13
1.7 Ventajas de los sistemas CAD/CAM	15

CAPITULO 2

CNC Y MASTERCAM V9

2.1 Introducción al control numérico	16
2.2 Definición de control numérico	16
2.3 Control numérico Computarizado CNC	18
2.4 Ventajas y desventajas del uso del control numérico	18
2.5 Programación de maquinas CNC	20
2.6 Comandos G para el centro de maquinados	21
2.7 Comandos M para el centro de maquinado	22
2.8 Comandos G para el torno	23
2.9 Comandos M para el torno	24
2.10 Mastercam	25
2.11 Inicio	26
2.12 El menú principal	26
2.13 El menú secundario	27
2.14 Barra de herramientas	28
2.15 Acceso a instrucciones mediante combinaciones de teclas	30

2.16 Acceso a Menú mediante mouse	31
2.17 Operaciones de maquinado en el torno	32
2.17.1 Desbaste (<i>rough</i>)	32
2.17.2 Afine (<i>finish</i>)	34
2.17.3 Ranurado (<i>groove</i>)	35
2.17.4 Barrenado (<i>drill</i>)	36
2.17.5 Roscado (<i>thread</i>)	37
2.17.6 Tronzado (<i>cutoof</i>)	38

CAPITULO 3

PROGRAMACIÓN CNC PARA LA FABRICACIÓN DE UNA VÁLVULA LIBERADORA DE PRESION UTILIZANDO MASTERCAM V9

3.1 Procedimiento general	41
3.2 Vástago	42
3.2.1 Dibujo del vástago	42
3.2.2 Preparación de la pieza	42
3.2.3 Transferencia de Autocad 2000 a Mastercam V9	43
3.2.4 Inicio de MastercamV9	43
3.2.5 Importación del dibujo a Mastercam V9	44
3.2.6 Operaciones	45
3.2.6.1 Refrentado	45
3.2.6.2 Ranurado	46
3.2.6.3 Desbaste	47
3.2.6.4 Afine	47
3.2.6.5 Roscado	47
3.2.6.6 Tronzado	48
3.2.7 Simulación	49
3.2.8 Postproceso	50
3.3 Tuerca	52
3.3.1 Dibujo de la tuerca	52
3.3.2 Preparación de la tuerca	52
3.3.3 Transferencia de Autocad 2000 a Mastercam V9	53

3.3.4 Inicio de Mastercam V9	53
3.3.5 Importación del dibujo a Mastercam V9	54
3.3.6 Operaciones	54
3.3.6.1 Refrentado	54
3.3.6.2 Ranurado	55
3.3.6.3 Desbaste	55
3.3.6.4 Afine	55
3.3.6.5 Barrenado	56
3.3.6.6 Roscado interno	56
3.3.6.7 Tronzado	56
3.3.7 Simulación	57
3.3.8 Postproceso	57
3.4 Contratuera	58
3.4.1 Dibujo de la contratuera	58
3.4.2 Preparación de la pieza	58
3.4.3 Transferencia de Autocad 2000 a Mastercam V9	59
3.4.4 Inicio de Mastercam V9	59
3.4.5 Importación del dibujo a Mastercam V9	60
3.4.6 Operaciones	60
3.4.6.1 Refrentado	60
3.4.6.2 Ranurado	61
3.4.6.3 Desbaste	61
3.4.6.4 Afinado	61
3.4.6.5 Barrenado	62
3.4.6.6 Roscado interno	62
3.4.6.7 Tronzado	62
3.4.7 Simulación	63
3.4.8 Postproceso	63
3.5 Cuerpo	64
3.5.1 Dibujo del cuerpo	64
3.5.2 Preparación de la pieza	64
3.5.3 Transferencia de Autocad 2000 a Mastercam V9	65
3.5.4 Inicio de Mastercam V9	65
3.5.5 Importación del dibujo a Mastercam V9	66

3.5.6 Operaciones	66
3.5.6.1 Refrentado	66
3.5.6.2 Ranurado	67
3.5.6.3 Desbaste	67
3.5.6.4 Roscado	67
3.5.6.5 Barrenado	68
3.5.6.6 Ranurado interno	68
3.5.6.7 Tronzado	68
3.5.7 Simulación	69
3.5.8 Postproceso	69
CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71

INTRODUCCIÓN.

Actualmente, en la industria es frecuente el uso de programas para computadora que ayudan, facilitan y simplifican el trabajo.

El diseño y manufactura asistidos por computadora han revolucionado los sistemas de producción en las dos últimas décadas y han ayudado a recortar en forma extraordinaria los costos de producción y el ciclo de desarrollo de nuevos productos.

Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a las necesidades específicas de sus situaciones. Por ejemplo, un diseñador puede utilizar la viabilidad de un producto, mientras que un fabricante quizás emplee el sistema por que es el único modo de fabricar con precisión un componente complejo. El desarrollo de estos sistemas esta en constante evolución.

Algunas de las ventajas son, la rapidez de calculo y determinación de información convencional como ángulos, coeficientes de diversa índole, y en general valores matemáticos.

También es fácil cambiar los datos del problema o de la perspectiva del diseño sin tener que recalcular todo manualmente, a diferencia del dibujo tradicional.

La eliminación de los errores del operador, la reducción de los costos de mano de obra, la disminución del tiempo de producción por articulo así como reducir los riesgos para los operarios humanos en ambientes potencialmente peligrosos, creación de un programa o ruta de maquinado sin recurrir a procedimientos manuales, mejorar la calidad del producto, mejorar la relación en la cadena cliente proveedor, reducción de tiempo de diseño, son otros aspectos que son mejorados implementando estos programas.

En el primer capitulo conoceremos los principios del **CAD/CAM**, el siguiente capitulo tratara de CNC y Mastercam y en el tercer capitulo se obtendrá el programa CNC para una válvula liberadora de presión utilizando Mastercam V9

CAPITULO 1

PRINCIPIOS DE CAD/CAM

1.1. EVOLUCION

El término diseño asistido por computadora fue acuñado por Douglas Ross y Dwight Baumann en 1959, y aparece por primera vez en 1960, en un anteproyecto del MIT, titulado "Computer-Aided Design Project". En aquella época ya se había comenzado a trabajar en la utilización de sistemas informáticos en el diseño, fundamentalmente de curvas y superficies. Estos trabajos se desarrollaron en la industria automovilística, naval y aeronáutica.

Un problema crucial para esta industria era el diseño de superficie, que se resolvía, siempre que era factible colocando en el momento curvas y superficies conocidas y fácilmente representables (círculos, rectas, cilindros, conos etc.). Las partes que no podían ser diseñadas de este modo, como cascos de buques, fuselajes y alas de avión o carrocerías de coches, seguían procesos más sofisticados.

El primer trabajo publicado relacionado con la utilización de representaciones paramétricas para las curvas y superficies fue escrito por J. Fergusson en 1964, quien exponía la utilización de curvas cúbicas y trozos bicúbicos. Su método se estaba usando en el diseño de alas y fuselajes en Boeing.

Previamente Paul de Castelju desarrollo, en 1958, un método recursivo para el diseño de curvas y superficies basado en el uso de polinomios de Bernstein en Citroën. Sus trabajos no obstante no fueron publicados hasta 1974. Paralelamente, y de forma independiente Pierre Bézier, trabajando para Renault desarrolló la forma explícita del mismo método de diseño, que hoy se conoce como método de Bézier.

Uno de los hitos en el desarrollo de CAD fueron los trabajos de Iván Sutherland quien realizó su tesis doctoral sobre desarrollo de un sistema de diseño en el MIT en 1963. El sistema permitía la definición y la edición interactiva de elementos geométricos, que podían ser almacenados de forma concisa.

Por la misma fecha, también en el MIT Steve Coons comenzó a desarrollar técnicas de diseño de superficies basadas en la descomposición en trozo, que fueron aplicados al diseño de cascos de buques en 1964.

El modelado de sólidos tuvo un desarrollo más tardío. Tal vez, los primeros antecedentes sean los trabajos desarrollados por Coons en el MIT entre 1960 y 1965, que se centraron en la aplicación de métodos numéricos a sólidos creados por barrido.

Los primeros trabajos relacionados con el modelo de fronteras se desarrollaron en la Universidad de Cambridge, a finales de la década de los sesentas. No obstante, el desarrollo del modelado de sólidos como disciplina, se debe en gran parte a los trabajos de Aristides Requíncha y Herbert Voelcker en la universidad de Rochester durante la década siguiente.

En 1974, Baumgart propuso la representación mediante aristas aladas (windged-edges) para B-rep, y propuso la utilización de operadores de Euler para editar representación.

A finales de la década de los sesenta y principios de los setentas, se comenzaron a desarrollar modeladores de sólidos. Entre ellos cabe destacar Euclid, desarrollados por J.M. Brun en Francia, PALD-1 de la universidad de Rochester, Shapes del MIT, TIPS-1 desarrollado por Okino.

1.2.CONCEPTOS

Cronológicamente, los sistemas CAD fueron los primeros en aparecer, luego aparecieron los CAM y finalmente salieron los sistemas CIM; Esto ocurrió así debido a que cada nuevo sistema se basó en el anterior o al menos lo uso como base.

Muchos sistemas CAD/CAM en uso están diseñados y pensados para automatizar funciones manuales, independientemente de si la función particular que cumplirán será

Análisis ingenieril, diseño conceptual, dibujo, documentación o la programación de la maquinaria de manufactura e inspección.

La implementación de sistemas CAD/CAM es una decisión fundamental que depende de cuanto se necesitará la tecnología en una empresa ó trabajo en particular. Si el trabajo que se realizará es una sola pieza, que a largo plazo sufrirá solo pequeñas modificaciones, se necesitará un CAD simple en cambio, si se habla de productos con múltiples piezas y con necesidad de ínter cambiabilidad, esto estamos hablando de un computador sofisticado y un programa más complejo. Esto significa además que al planificar una inversión en hardware y software debe planificarse fríamente, de tal manera de conocer el ciclo de vida de los equipos y de los programas.

Las empresas que implementan este sistema no deben pensar que tendrán solo un costo inicial y después andará todo sobre ruedas, pues en la practica, el uso de estos sistemas implica costos y necesidades constantes, fundamentalmente por los apresurados cambios tecnológicos que se producen hoy en día.

Sin embargo, la diferencia de costo y potencia entre las plataformas computacionales requeridas para un CAD y un CAD/CAM ya no son tan notorias. Esto se debe a que los computadores personales ya son suficientes para manejar el software, y los costos de éste o

aquel son similares, así como el costo de su puesta en marcha, dígame operadores, cursos, implementación, etc.

Lamentablemente, en caso de que el software no sea muy compatible o esté pasado de moda, se pierde dinero. Para esto la industria computacional ha tenido a una mayor estandarización de sus productos, con el fin de disminuir costos, así como ha implementado el concepto de UPGRADE, el cual permite conseguir la última tecnología dando la antigua “en parte de pago”.

Las redes computacionales han contribuido enormemente con el desarrollo de los sistemas CAD/CAM, teniendo la desventaja eso sí de que se pierde un poco la privacidad de la información, ya sea porque el sistema de red es muy complejo o porque hay un número de usuarios con acceso directo a él. Se ha desarrollado numerosos protocolos con el fin de salvaguardar las comunicaciones entre computadores, algunos de ellos son:

- ♣ ETHERNET
- ♣ TCP
- ♣ IP
- ♣ MAP
- ♣ TOP
- ♣ ASCII
- ♣ FTP
- ♣ NFS

En los periféricos del computador mismo han existido grandes avances también, que han permitido mejorar ostensiblemente la calidad de las imágenes. Es así como hoy existen monitores de 4000 por 4000 píxeles y millones de colores. También en el área de los scanners, plotters e impresoras se ha logrado gran éxito, existiendo digitalizadores de imágenes en tres dimensiones, impresoras a color y otros.

1.3. TECNOLOGIA CAD

Tradicionalmente el proceso sigue los siguientes pasos

- ◆ Definición. Consiste en especificar las propiedades y cualidades relevantes del sistema a diseñar.
- ◆ Concepción del modelo. Es el núcleo del proceso de diseño. El ingeniero concibe un modelo de sistema que satisface las especificaciones. El modelo deberá documentarse.

- ◆ Dibujo de detalle. La mayor parte de las cosas que se fabrican tienen algún tipo de representación gráfica natural, que se utiliza como descripción “formal” del elemento a construir. Por ese motivo antes de pasar al proceso de construcción se deben generar gran cantidad de “planos”(o descripciones gráficas en general). El conjunto de documentos generados debe ser suficiente para describir el modelo, con suficiente detalle como para permitir la fabricación de prototipos, con los que validar el diseño. Este paso puede requerir hasta un 50% del esfuerzo de diseño.
- ◆ Construcción de prototipos. Para los elementos que se van a someter a un proceso de fabricación en cadena, es normal fabricar previamente prototipos, fuera de la cadena de montaje. Los prototipos se fabrican con el propósito de detectar posibles errores en el modelo o en la especificación, y en caso contrario, servir de validación del modelo. Los prototipos no tienen que ser necesariamente un ejemplar completo del elemento a fabricar, pudiendo utilizarse para validar tan solo determinadas propiedades.
- ◆ A veces se utilizan prototipos con elementos que no se fabrican en serie, como en ingeniería civil o arquitectura. En esta situación cabe destacar las maquetas para los estudios de resistencia de materiales, o comportamiento aerodinámico, y las maquetas de arquitectura
- ◆ Realización de ensayos. Tras la realización de ensayos sobre el prototipo se pueden descubrir deficiencias en el modelo o en la propia definición del sistema, lo que obligará a volver atrás en el proceso, revisando el diseño. Debe observarse el dibujo de detalle está, en principio, dentro de este ciclo de revisión.
- ◆ Documentación. Una vez validado el diseño se pasa a documentarlo. La documentación debe contener la información suficiente como para abordar la construcción del sistema. La documentación puede estar formada por información muy diversa:
 - ❖ Descripción del sistema y de sus componentes
 - ❖ Esquemas de montaje
 - ❖ Lista de componentes

El proceso de diseño sigue un esquema interactivo, en el que el diseñador trata de encontrar un diseño que satisfaga unos elementos determinados, explorando posibilidades, siguiendo un ciclo de propuesta-valoración, en la figura 1.1 se muestra un ejemplo de proceso de diseño tradicional



Figura 1.1. -Proceso Clásico de diseño

1.3.1 PROCESO USANDO UNA HERRAMIENTA CAD

En un sentido amplio, podemos entender el CAD como la “aplicación de la informática al proceso de diseño. Puntualizando la definición entenderemos que automatiza el proceso del diseño de algún tipo de ente. Como sistemas CAD las aplicaciones que incidan tan solo en algún aspecto concreto del proceso del diseño.

Los medios informáticos se pueden usar en la mayor parte de las tareas del proceso, siendo el dibujo el punto en que más profusamente se ha utilizado. Una herramienta CAD es un sistema software que aborda la automatización global del proceso de diseño de un determinado tipo de ente.

El éxito en la utilización de sistemas CAD radica en la solución del tiempo invertido en los ciclos de exploración. Fundamentalmente por el uso de sistemas gráficos interactivos que permiten realizar las modificaciones en el modelo y observar inmediatamente los cambios producidos en el diseño.

A un nivel más concreto, un sistema CAD debe realizar las siguientes funciones.

- ♥ Definición interactiva del objeto
- ♥ Visualización múltiple
- ♥ Calculo de propiedades, simulación
- ♥ Modificación del modelo
- ♥ Generación de planos y documentación
- ♥ Conexión con CAM.

Es difícil establecer un modelo universal de sistema de diseño. No obstante, a nivel general, y en base a las funciones a desempeñar, se puede establecer que todos los sistemas de diseño poseen al menos los siguientes componentes:

- ♣ Modelo. Es la representación computacional del ente que se está diseñando. Debe contener toda la información necesaria para describir el ente, tanto a nivel geométrico como de características. Es el elemento central del sistema, el resto de los componentes trabajan sobre él. Por lo tanto determina las propiedades y limitaciones del sistema CAD.
- ♣ Subsistema de edición. Permite la creación y edición del modelo, bien a nivel geométrico o bien especificando propiedades abstractas del sistema. En cualquier caso la edición debe ser interactiva, para facilitar la exploración de posibilidades.
- ♣ Subsistema de visualización. Se encarga de generar imágenes del modelo. Normalmente interesa poder realizar distintas representaciones del modelo, bien por que exista más de un modo de representar gráficamente el ente que se está diseñando, o bien para permitir visualizaciones rápidas durante la edición, junto con imágenes más elaboradas para evaluar el diseño.
- ♣ Subsistema de calculo. Permite el calculo de propiedades del modelo y la realización de simulaciones.
- ♣ Subsistema de documentación. Se encarga de la generación de la documentación del modelo.

Indudablemente, tanto las técnicas de representación y edición del modelo, como la visualización, el calculo o la documentación, dependen del tipo de ente a modelar. No es pues posible construir sistemas CAD universales.

En el ciclo de diseño con un sistema CAD, se puede ver como una sucesión de modificación-visualización del modelo.

Una sesión de trabajo con un sistema CAD puede interpretarse como la creación de un “programa”, el modelo, que se especifica interactivamente con una secuencia de ordenes de edición.

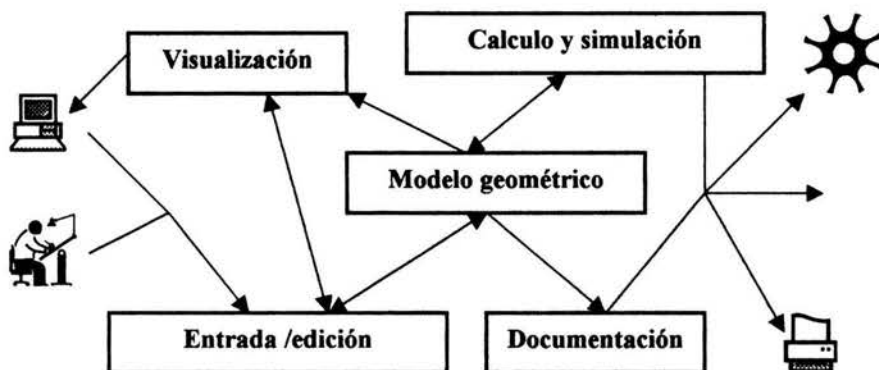


Figura 1.3.- Esquema general de un sistema CAD

1.4 TECNOLOGIA CAM

Otro aspecto importante de la automatización del diseño es la posibilidad de utilizar la información del modelo como base para un proceso de fabricación asistida por ordenador (CAM).

Los sistemas CAM se utilizan para automatizar el proceso de fabricación, incluyendo la planificación y control del proceso, así como del control de máquinas herramientas. El uso de sistemas CAM está más extendido en procesos de fabricación en cadena en los que se realizan gran numero de tareas mecánicas susceptibles de ser automatizadas.

Los sistemas CAM incluyen tecnologías que emplean:

- ❖ Maquinas-herramientas controladas numéricamente (MHNC)
- ❖ Sistemas flexibles de manufactura (FMS)
- ❖ Inspección asistida por computador
- ❖ Un FMS es un sistema integrado que incluye distintas tecnologías de automatización para obtener flexibilidad en las operaciones de un taller de trabajo, disminuyendo el costo de la producción.
- ❖ La inspección asistida por computadora recopila automáticamente de la información del control de la calidad y analiza estableciendo informes estadísticos, aislando problemas del proceso de producción. La tecnología CAM esta relacionada con la robótica.

- ❖ La tecnología CAM tiene ventajas en cuanto a la productividad de la fuerza de trabajo, mejor calidad del producto y menor tiempo de preparación, además permite:
- ❖ Extracción automática de información de los dibujos CAD para poder realizar la conversión a programas de control numérico y robots.
- ❖ Planeación automática de procesos.
- ❖ Diseño y operación de pruebas y medidas automatizadas a las piezas y ensambles para garantizar de esta manera la calidad de los productos.

1.5 SISTEMAS CAD/CAM

El modelado básico, el ensamblaje, el cuidar detalles, el dibujo y la documentación son la herramientas que componen la plataforma de software en el ambiente CAD/CAM.

En mundo del CAD/CAM, el primer foco está apuntando a la geometría. Es, al mismo tiempo, la herramienta con la que el sistema se construye y la primera constante en cualquiera de sus aplicaciones. Muchos de los sistemas CAD/CAM disponibles están confinados a la creación de diseños y dibujos a través de los gráficos de un computador.

Otros proveen un más comprensivo juego de herramientas y geometría, tal y como lo permite la tecnología actual.

Los métodos básicos de modelación usados por estos sistemas son los que definen su precio, capacidad y productividad para el usuario. Por ejemplo, los sistemas de dibujo de dos dimensiones requieren algoritmos matemáticos más simples, y producen archivos menores. Los de dos y media dimensiones necesitan procesadores más poderosos, pero proveen información de profundidad, muestran imágenes tridimensionales y generan vistas que aumentan la productividad. En ambos sistemas, sin embargo, los métodos generalmente replican los métodos manuales de diseño. Los sistemas de dibujo en tres dimensiones proveen la más alta productividad, calidad y ganancias en diseño pero requieren computadores y memorias considerablemente más grandes. Si los productos son solo dibujos, un sistema de dos dimensiones bastará. Por otro lado, un sistema de dos dimensiones tendrá muy pocas posibilidades de expandirse a un sistema mayor.

- ➔ Dos dimensiones (2D). Con pocas excepciones, la mayor parte de los sistemas CAD/CAM comenzaron implementando herramientas geométricas de dos dimensiones. Hoy en día se siguen usando, a pesar de no dar la mejor productividad, ni siquiera en dibujos de solo dos dimensiones. Un buen sistema de dos dimensiones debe poder dibujar a través de proyecciones, aceptar los formatos internacionales de dibujo, tener alta

velocidad, tener librerías, aceptar los formatos internacionales de medidas, tener un buen juego de estilos y portes de letras y ser escalable. El sistema puede basarse en vectores o en puntos en el espacio, siendo el primero el más indicado, pues debería ser capaz de detallar despieces de modelos tridimensionales y tener una posibilidad para ampliarse a un sistema 3D.

→ Dos y media dimensiones (2-1/2D). Uno se podría preguntar. ¿Qué es media dimensión?

En los sistema CAD/CAM eso implica que el sistema maneja los datos de profundidad del modelo ofrecen normalmente la posibilidad de mostrar la apariencia tridimensional de él, usando técnicas bidimensionales con las representaciones ortográficas. Muchas veces, los sistemas 2-1/2D están equipados para diseño y manufactura de productos simples o planchas, y son muy utilizados por compañías cuyos productos consisten más de partes compradas que de partes manufacturadas, en las cuales interfaces, interacciones e interferencias entre las partes están dadas más que por calcular. Sin embargo los sistemas 2-1/2D proveen limitadas mejoras en calidad y productividad por un costo ínfimamente superior a los sistemas 2D

→ Tres dimensiones (3D). La modelación en tres dimensiones es la puerta de entrada a un ambiente CAD/CAM completo. A pesar de que los sistemas 3D no son necesariamente ocupados para todos los ambientes de diseño, ingeniería y manufactura, muchos de los sistemas tridimensionales de CAD/CAM pueden replicar las funciones de sistemas 2D y 2-1/2D si así se requiere. Los sistemas 3D pueden separarse en tres clases.

→ Wireframe (malla). En el sistema wireframe, el modelo 3D es creado y guardado solo como una representación geométrica de aristas y puntos dentro del modelo. Los modelos 3D wireframe son transparentes en la realidad y por esta razón requieren un usuario con experiencia y gran conocimiento del modelo antes de entender claramente la representación. Una ventaja de los sistemas 3D es la generación automática de vistas y dibujos de una parte de los modelos. Esto ayuda en la calidad, productividad, preparación y manufactura del producto. Sin embargo, el sistema wireframe requiere de un gran esfuerzo para desplegar imágenes limpias del modelo 3D completo.

→ Superficies. La adición de información de las superficies al modelo 3D resulta en imágenes mejoradas cuando se traspassa a aplicaciones manufactureras como CNC. La modelación de superficies permite grados variables de precisión en el modelo CAD/CAM

desde muy preciso, en el caso de superficies planeadas o regaladas o superficies de revolución, a menores niveles de precisión en superficies esculpidas.

- ➔ **Sólidos.** La modelación por sólidos es el ultimo método de modelado geométrico para ambiente CAD/CAM. Un factor determinante para automatizar el diseño a través del proceso de manufactura, esta herramienta permite almacenar información precisa sobre piezas dadas. Los modelos sólidos pueden ser divididos en CSG (constructive solid geometry) y BREP (Boundary representation). CSG consiste en usar cajas primitivas, como cubos, cilindros, toros, etc., sacándoles partes a ellas para crear una imagen sólida del modelo. Los sólidos BREP pueden ser almacenados de dos maneras: Con superficies verdaderas y topologías del modelo o solo con superficies ordenadas, de tal manera que cuando necesite calcular algo lo haga, y no lo tenga guardado de gusto como en el primer caso. En resumen, la modelación por sólidos es la mejor manera de lograr buenos resultados, tanto en análisis como en dibujo y velocidad, con la salvedad de que requiere computadores potentes.
- ➔ Un sistema 3D debería elegirse en la practica por las siguientes razones:
- ➔ Mejoras en calidad del producto y en tolerancias y alineamiento entre partes
- ➔ Reducción del tiempo de diseño y potenciales problemas de manufactura
- ➔ Soporte de automatización mejorada para diseño, análisis, manufactura e inspección
- ➔ Soporte 2D cuando se requiera sin restringir futuros métodos o expansiones.

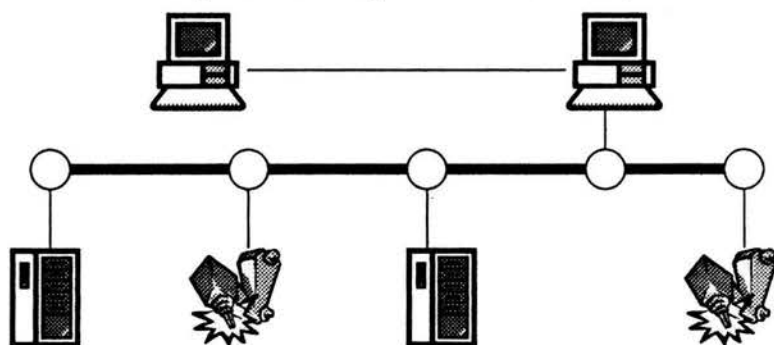


Figura1.4.- Esquema de un sistema CAD/CAM

1.6 APLICACIONES

La base de cualquier sistema CAD/CAM es la plataforma de software usada en generar y documentar el modelo de una parte o documento, y es el llamado corazón del sistema. Lo que vendría a ser el alma del sistema son las aplicaciones que se pueden agregar. Es a través de aplicaciones que las verdaderas eficiencias del CAD/CAM en términos de ahorro en producción y costos relacionados con el proceso se pueden ver realizadas.

Las aplicaciones en el ambiente CAD/CAM pueden ser separadas e tres tipos principales:

- Función
- Disciplina
- Industria

Algunas de ellas se pueden ver en la tabla 1.1

Tabla 1.1. - Diversas áreas donde se aplica un sistema CAD/CAM

FUNCION	DISIPLINA	INDUSTRIA
Diseño	Estructura	Aeroespacial
Análisis	Mecánica	Automotriz
Documentación	Eléctrica	Eléctrica de consumo
Planeación de producción	Arquitectura	Otros
Manufactura	Arquitectura	
Control de calidad	Civil	
Simulación	Otros	
Soporte logístico		

- Las funciones son normalmente aquellas operaciones, herramientas o acciones soportados por la plataforma de software, tales como la geometría wireframe o la modelación de la superficie.
- Las disciplinas son creadas con la adición de software especializado de aplicación, librería, interfaces de usuario y herramientas sobre las funciones básicas con el fin de crear diagramas esquemáticos de aplicaciones de wireframes, o aplicaciones de estilo de software de modelación de superficie.
- Las aplicaciones industriales son creadas son el software específico para las disciplinas o industrias, y la adición de librerías y herramientas especiales para cada proceso en particular.

La creación y documentación básica de los modelos CAD/CAM es parte de la plataforma de software, mientras que las aplicaciones son herramientas usadas para automatizar completamente el proceso de diseño.

Una breve lista de aplicaciones puede verse en la tabla 1.2

Tabla1.2.- Aplicaciones de un sistema CAD/CAM

MECANICA	DISEÑO ELECTRICO ELECTRONICO	ARQUITECTURA/ CIVIL	DISEÑO DE COMPONENTES ELECTRONICOS
Eslabones y mecanismos	Diagramas de cableado	Diseño con acero	Tableros de circuitos eléctricos
Engranajes y poleas	Diseño lógico y esquemático	Diseño de construcción	Diseño LSI y VLSI
Hidráulica y neumática	Cableado y encaminado	Tubos, diseño de plantas	Diseño híbrido
Planchas de metal	Diseño de □ distrib. para cables	Topografía	Diseño guiado por ondas
Diseño de moldes	Sistemas de iluminación	Creación de mapas	
Diseños de fundición	□ distribución de potencia	Diseños concretos	
Superficies	Diseño para montar y acercar	Planeación de espacio.	

Como en el caso de las aplicaciones para diseño, el numero de aplicaciones para manufactura esta creciendo rápidamente. Al dirigir aplicaciones de manufactura, el proceso se puede dividir en generación y uso. Lo mas importante es la generación de datos, y su transmisión esta en manos de la correcta implementación del CAM. El CAM en el sistema CAD/CAM implica que el diseño y la manufactura están estrechamente ligados. La idea es que el CAM utilice los datos generados por el CAD adecuadamente.

El rango y la profundidad de las aplicaciones CAM varia grandemente. Ellas abarcan desde herramientas altamente automatizadas, que son predominantemente manejadas a través de gráficos, hasta herramientas basadas en lenguajes como ATP, y otros lenguajes para manejar la máquina.

Los productos más avanzados permiten el uso e integración de ambos métodos (gráficos y lenguaje) en aplicaciones concurrentes para maximizar la productividad del usuario.

Una lista parcial de aplicaciones actuales de manufactura con CAD/CAM se presenta a continuación.

Oxicorte, taladrado, perforado, compresión, maquinado, colocación y ensamble de piezas, diseño de herramientas, diseño de moldes, doblado de cañerías y tubos, extursión, estampado, embutido, programación de robots, impresión de tableros de circuitos y recubrimiento de cables.

1.7 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS CAD/CAM.

El diseño y la manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM) han revolucionado los sistemas de producción en las últimas dos décadas y ayudado a recortar en forma extraordinaria los costos de producción y el ciclo de desarrollo de nuevos productos.

Las principales ventajas de los sistemas CAD son la rapidez de cálculo y determinación de información convencional como ángulos, coeficientes de diversa índole, y en general valores matemáticos.

También es muy fácil cambiar los datos del problema o la perspectiva del diseño sin tener que recalcular todo manualmente, a diferencia del dibujo tradicional.

Las ventajas que ofrecen los sistemas CAM son la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costos de mano de obra la disminución del tiempo de producción por artículo así como reducir los riesgos para los operarios humanos en ambientes potencialmente peligrosos. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aun mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastan más lentamente y se estropean con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costos de fabricación.

En un sistema CAD/CAM sus ventajas son:

- ◆ Su capacidad par automatizar maniobras de manufactura y diseño de fabricación del herramental para el proceso. Con los datos disponibles también se puede crear un programa o ruta de maquinado sin recurrir a procedimientos manuales.
- ◆ La lista de partes y exposición de piezas son muy importantes contribuciones de los sistemas CAD/CAM muy útil en la planeación estratégica.
- ◆ Mejor calidad de producto
- ◆ Reducción de costos que genera poder diseñar un prototipo virtual y hacer pruebas en una computadora, y no sobre un modelo real.
- ◆ Reducción de tiempos de diseño
- ◆ Mejorar la relación en la cadena cliente proveedor.

Desventajas del sistema.

- ◆ Transferencia de datos, generalmente geométricos de diferentes tecnologías casi siempre se pierde gran cantidad de datos, que deberán ser reconstruido en forma manual
- ◆ Falta de suficiente infraestructura para hacer intercambio de datos entre empresas o entre diferentes plantas.

CAPTULO 2

CNC Y MASTERCAM

2.1 INTRODUCCION AL CONTROL NUMERICO

El control numérico es un ejemplo de automatización programable. Se diseñó para adaptar las variaciones en la configuración de los productos.

Uno de los ejemplos más importantes de automatización programable es el control numérico en la fabricación de partes metálicas.

El control numérico (CN) es la forma de automatización programable en la cual el equipo de proceso se controla a través de números, letras y otros símbolos. Estos números, letras y símbolos están codificados en un formato apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta. Cuando la tarea en cuestión cambia, se cambia el programa de instrucciones. La capacidad de cambiar el programa hace que el CN sea apropiado para volúmenes de producción bajos y medios.

El primer desarrollo en el área del control numérico se le atribuye a John Parsons. El concepto de control numérico implicaba el uso de datos en un sistema de referencias para definir las superficies de contorno de las hélices de un helicóptero.

2.2 DEFINICION DE CONTROL NUMERICO

Existen diversas definiciones de lo que es control numérico pero quizás la definición más clara en lo que se refiere al CN aplicado a las máquinas-herramientas sea la siguiente:

Sistema que aplicado a una máquina-herramienta, automatiza y controla todas las acciones de la misma, entre las que se encuentran:

- ▶ Los movimientos de los carros y el cabezal
- ▶ El valor y el sentido de las velocidades de avance y corte
- ▶ Los cambios de herramientas y de piezas a mecanizar
- ▶ Las condiciones de funcionamiento de la máquina (bloques, lubricación, etc.)
- ▶ El estado de funcionamiento de la máquina (averías, funcionamientos defectuosos, etc.)
- ▶ La coordinación y el control de las propias acciones del CN (flujos de información, sintaxis de programación, diagnóstico de su funcionamiento, comunicación con otros dispositivos, etc.)”

De todo ello se deduce que los elementos básicos de un sistema de control numérico son, con carácter general:

- 1) El programa, que contiene la información precisa para que se desarrollen esas tareas. El programa se escribe en el lenguaje especial (código) compuesto por letras y números y se graba en un soporte físico (cinta magnética, disquete, etc.) o se envía directamente al control.
- 2) El control numérico (CN), que debe interpretar las instrucciones contenidas en el programa, convertirlas en señales que accionen los dispositivos de las maquinas y comprobar su resultado.
- 3) El equipo de procesado es el componente que realiza el trabajo útil, y lo forman la mesa de trabajo, las maquinas herramientas así como los motores y controles para moverlas



Figura 2.1.- Elementos básicos de un sistema de control numérico.

El control numérico puede aplicarse a una gran variedad de maquinas, entre las que podemos citar: Tornos, fresadoras, centros de mecanizado, taladros, punteadoras, mandrinadoras, rectificadoras, punzonadoras, dobladoras, plegadoras, prensas, cizallas, maquinas de electro erosión, maquinas de soldar, maquinas de oxicorte, maquinas de corte por láser, chorro de agua, "plotters" o trazadores, maquinas de bobinar, maquinas de medir por coordenadas, robots y manipuladores, etc.

En el ámbito de las maquinas-herramientas, la incorporación de un sistema de control numérico ha supuesto una gran evolución hasta llegar a los centros de mecanizado y centros de torneado que incorporan sistemas de cambio automático de piezas y herramientas.

2.3 CONTROL NUMERICO 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.

2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL CONTROL NUMERICO

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

a) Ventajas.

Entre las ventajas podemos se pueden mencionar las siguientes:

- Reducción de los tiempos de fabricación como consecuencia de:
 - ❖ Los tiempos muertos se reducen al encadenarse de forma automática los movimientos, por la rapidez de los movimientos en vacío y por el control automático de las velocidades del cabezal.
 - ❖ Los tiempos de reglaje se reducen al disminuir el número de reglajes de máquina y de pre-reglajes de herramienta hechos fuera de la máquina.
 - ❖ Los tiempos de control y medida disminuyen debido a la elevada precisión de los mecanismos y a la reproducción fiel de las cotas a partir de la primera pieza.
 - ❖ Los tiempos de cambio de pieza se reducen.

- ❖ Los tiempos de espera entre maquinas bajan, al poder realizar sobre una misma maquina, mayor numero de operaciones que con las convencionales; esto se relaciona con la disminución de la superficie ocupada de taller.
- ❖ Se reduce el número de verificación entre operaciones.
 - Reducción del tamaño del lote económico y, por lo tanto, del nivel de almacenes.
 - Aumento de la flexibilidad de producción expresada en términos de fácil adaptabilidad a la realización de distintos tipos de fabricados, respondiendo ágilmente a las necesidades del mercado.
 - Disminución de rechazos de piezas, como consecuencia de la precisión de las maquinas.
 - Mayor duración de las herramientas, debidos a su mejor aprovechamiento.
 - Supresión de ciertas herramientas y disminución del numero de herramientas de forma (ahorro de herramientas y utillaje); se utilizan herramientas más universales.
 - Supresión del trazado de piezas antes del mecanizado.
 - Ahorro de utillaje, al realizar en una misma máquina mayor numero de operaciones.
 - Posibilidad de realizar de manera económica piezas de geometría complicada.
 - Mejora la gestión de la fabricación (tiempos más uniformes)
 - Mejora de la seguridad al reducirse el grado de interactividad maquina-operario durante los procesos de mecanizado.
 - Menor numero de operarios y de menor calificación, para manejo de las maquinas.
 - Atracción y motivación del personal hacia las nuevas tecnologías

b) Desventajas

Entre las desventajas se pueden citar las siguientes:

- Coste horario elevado por la importante inversión de adquisición de una MHCN, debido no solo al precio de la MHNC sino también al de los elementos auxiliares. Ello obliga a asegurar un alto nivel de ocupación de la maquina 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 coste en formación y en salarios.
- Alto coste del servicio postventa y de mantenimiento de los equipos en razón de su mayor complejidad. Se estima que el coste de mantenimiento de una MHCN es un 50% más elevado que las convencionales.

- 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 coste de inversión, adquisición, mantenimiento y reposición de herramientas.

2.5 PROGRAMACION DE MAQUINAS CNC.

El CNC tuvo su origen a principio de los años cincuentas en el Instituto de tecnología de Massachussets (MIT), en donde se automatizo por vez primera una gran fresadora.

Hoy en día el bajo costo de las computadoras así como su tamaño cada vez más pequeño a ocasionado que el uso del CNC se extienda a todo tipo de maquinas.

Él termino “Control Numérico” se debe a que las ordenes dadas a las maquinas se indican mediante códigos numéricos.

Las instrucciones necesarias para realizar un cuadro de 20mm son las siguientes.

G90 G71

G00 X0.0 Y0.0

G01 X20.0

G01 Y20.0

G01 X0.0

G01 Y0.0

El programa de control numérico puede generarse mediante alguna de las alternativas siguientes:

- ⇒ El operador puede dar entrada a los códigos a través del panel de control de la maquina.
- ⇒ El controlador puede estar equipado con la alternativa de dialogo interactivo, lo cual facilita su codificación, o bien puede “teclearse” directamente letra y numero por numero.
- ⇒ El programa puede ser teclado en una computadora y guardarse en formato de texto plano (código ASCII), para ser transmitido posteriormente a través del puerto serial de la computadora al puerto serial de la maquina-herramienta a través de un cable.
- ⇒ El dibujo de la pieza se procesa mediante un paquete de CAM para generar el código de control numérico y transmitirse posterior a la maquina-herramienta.(Programación automática).

Cualquiera que sea el método, generalmente el programa contiene instrucciones estandarizadas por la EIA e ISO, estas instrucciones se agrupan en códigos "G" o funciones preparatorias y en códigos "M" ó misceláneas.

El programa que se genera, es procesado por el controlador de la maquina-herramienta y traducido a los movimientos y acciones de la que dispone la maquina.

La función preparatoria consiste de una letra y un par de dígitos asociados a ésta y se encuentra generalmente al inicio del renglón (bloque) de código y prepara al controlador para aceptar o interpretar de una cierta manera las instrucciones que le siguen. Las funciones preparatorias se relacionan con acciones que están en coordinación directa con el corte en la maquina-herramienta y la mayoría de ellas están definidas en el estándar RS-274-D de la EIA.

Las funciones misceláneas se desempeñan tradicionalmente como un interruptor de encendido / apagado para actividades periféricas relacionadas al corte. Estas funciones son diferentes de maquina a maquina y cada fabricante puede hacer uso de ellas como mejor le convenga.

En este caso se menciona los códigos para el torno y centro de maquinado que cuentan con un controlador FANUC.

Los códigos "G" están divididos en dos tipos principales, de acuerdo a su ejecución.

⇒ Código "G" no modal. El código actúa solamente en el bloque en el cual aparece.

⇒ Código "G" modal actúa hasta que el otro código del mismo grupo lo modifique.

2.6 COMANDOS G PARA EL CENTRO DE MAQUINADO.

G00.- Avance lineal del cortador a velocidad alta, para posicionar o sin aplicar corte.

G01.- Avance lineal del cortador a velocidad programada, para aplicar corte.

G02.- Avance circular del corte en el sentido de las manecillas del reloj, a la velocidad programada.

*Si el círculo es mayor de 180° se debe utilizar el formato *I* (parámetro de interpolación o paso paralelo al eje x), *J* (parámetro de interpolación o paso paralelo al eje y) para indicar las coordenadas (relativas) del centro del círculo.

G03.- Avance circular del cortador en sentido opuesto a las manecillas del reloj a una velocidad programada.

G04.- Pausa, acompañada de una letra *X*, se detiene la herramienta un determinado tiempo.

G04 *X* 5 esto determina que la pausa durará cinco segundos.

- G17.- Selección del plano *XY*.
- G18.- Selección de plano *ZX*
- G19.- Selección de plano *YZ*.
- G20.- Entradas de valores en pulgadas.
- G21.- Entradas de valores en milímetros.
- G28.- Regreso al punto cero de la maquina (home).
- G40.- Cancela compensación radial del cortador.
- G41.- Compensación a la izquierda del cortador.
- G42.- Compensación a la derecha del cortador.
- G43.- Compensación longitudinal.
- G49.- Cancela la compensación longitudinal del cortador.
- G81.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero pasante. El agujero atraviesa la pieza en un solo movimiento a una velocidad determinada de avance.
- G82.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero ciego. El agujero no atraviesa la pieza, en su punto final de taladrado debe tener una pausa para remover el material sobrante y se determina con la letra "P" con un tiempo de milisegundos.
- G83.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero profundo. En este agujero por ser para una perforación de toda una pieza de mas espesor, se debe llevar a cabo por incrementos, los cuales se determinan con la letra "Q" con un valor determinado, el cortador avanzara con este valor hasta perforar a toda la pieza.
- G80.- Cancela los ciclos G81, G82 y G83
- G90.- Comando para hacer uso de coordenadas absolutas.
- G91.- Comando para hacer uso de coordenadas relativas.
- G92.- Programación del punto cero absoluto, o cero pieza.
- G94.- Avance programado sobre unidad de tiempo (mm/min ó pul/min)
- G95.- Retorno a un punto sobre velocidad angular (mm/rev ó pul/rev)
- G98.- Retorno a un punto inicial correspondiente a un ciclo determinado.
- G99.- Retorno al punto de retroceso de un ciclo determinado.

2.7 COMANDOS M PARA EL CENTRO DE MAQUINADO.

Se utilizan para programar las funciones especiales de las maquina y son las siguientes.

- M00.- Paro del programa.
- M01.- Paro opcional.

- M02.- Fin del programa.
- M03.- Giro del husillo en sentido de las manecillas del reloj.
- M04.- Giro del husillo en sentido contrario de las manecillas del reloj.
- M05.- Paro del husillo.
- M06.- Cambio programado de la herramienta.
- M08.- Activa el refrigerante.
- M09.- Apaga el refrigerante.
- M10.- Abertura de la prensa de trabajo.
- M11.- Cierre de la prensa de trabajo.
- M29.- Control de la maquina por medio de una computadora, final del programa.
- M30.- Fin del programa y regreso al inicio del mismo.
- M38.- Abrir la puerta.
- M39.- Cerrar la puerta.
- M63.- Se activa una señal de salida (enviada de la fresadora al robot (manipulador)) para que el robot pueda actuar.
- M65.- Desactiva la señal de salida para que el robot se retire.
- M66.- Comando que ordena una señal de espera activada por el manipulador (enviada del robot a la fresadora), cuando esta efectuando una operación.
- M76.- Comando que ordena una señal de espera desactivada por el robot, cuando la operación termino y la fresadora continué con su trabajo.
- M98.- Comando que ordena la llamada a un subprograma.
- M99.- Con este comando también se ordena el fin del programa, regresando al inicio del mismo y haciendo que el ciclo se cumpla cuantas veces sea necesario.

2.8 COMANDOS G PARA EL TORNO.

- G00.- Avance lineal del cortador a velocidad alta. Para posicionar o sin aplicar corto.
- G01.- Avance lineal del cortador a velocidad programada para aplicar corte.
- G02.- Avance circular del cortador en el sentido de las manecillas del reloj.
- G03.- Avance circular del cortador en sentido opuesto a las manecillas del reloj a una velocidad programada.
- G04.- Pausa, acompañada de una letra X, se detiene la herramienta un determinado tiempo.
- G04 X 5 esto determina que la pausa durará cinco segundos.
- G20.- Entradas de valores en pulgadas.

- G21.- Entradas de valores en milímetros.
- G28.- Regreso al punto cero de la maquina (home).
- G40.- Cancela compensación radial del cortador.
- G41.- Aplica compensación a la izquierda.
- G42.- Aplica compensación a la derecha.
- G70.- Fin de ciclo
- G71.- Ciclo de cilindrado.
- G72.- Ciclo de refrentado.
- G74.- Ciclo de barrenado.
- G76.- Ciclo de roscado.

2.9 COMANDOS M PARA TORNO.

- M00.- Paro programado.
 - M01.- Paro opcional.
 - M02.- Final del programa.
 - M03.- Giro de la pieza en sentido de las manecillas del reloj.
 - M04.- Giro de la pieza en sentido contrario de las manecillas del reloj.
 - M05.- Paro del husillo.
 - M06.- Cambio programado de la herramienta.
 - M08.- Activa el refrigerante.
 - M09.- Apaga el refrigerante.
 - M10.- Abertura del chuk.
 - M11.- Cierre del chuk.
 - M19.- Paro del husillo.
 - M30.- Final del programa con regreso al principio del programa.
 - M38.- Paro exacto conectado.
 - M39.- Paro exacto desconectado.
 - M58.- Abrir la puerta.
 - M59.- Cerrar la puerta.
 - M98.- Llamado de subprograma.
 - M99.- Final del subprograma.
- Código S.- Se usa este código para programar la velocidad del husillo en la fresadora o la velocidad de la pieza en el torno. *S1250r.p.m.*

Código F.- Programa la velocidad de avance de la pieza en el caso de la fresadora, o la velocidad de la herramienta en el caso del trono. Dependiendo del sistema de unidades utilizando, la velocidad de avance será: mm/min Pul/min.

Código T.- Designa el número de herramienta en el carrusel, esto es, la herramienta se coloca en una posición en particular y se puede llamar cuando sea necesario. Cuando se usa conjuntamente con el código M06 se activa el cambio de herramienta, por ejemplo: *M06 T01*.

2.10 MASTERCAM

Mastercam es un paquete computacional de apoyo a la generación de programas de control numérico, permitiendo la generación de geometrías y trayectorias de herramientas en dos y tres dimensiones.

Los objetos tridimensionales se crean con modelos de alambre (wireframe) y con superficies. Para iniciar el proceso es necesario producir la geometría de la pieza a producir, para esto se puede utilizar el módulo de diseño de Mastercam o cualquier software de CAD. Podemos diseñar la pieza a fabricar en cualquier paquete de diseño; para luego exportar el dibujo y trabajar con él en Mastercam. Una vez creada la geometría, es necesario analizarla para visualizar que modificaciones se necesitan hacer antes de crear las trayectorias del cortador. Esto es, verificar las especificaciones de la geometría antes de hacer las trayectorias. Para crear las trayectorias del cortador, es necesario especificar las líneas que serán usadas para cada proceso de maquinado. Para poder ver los movimientos del cortador en la pantalla de la computadora, estas líneas se unen para formar un perfil continuo en el cual su área alrededor será maquinada. Mientras se definen estas trayectorias se pueden establecer muchas variables de maquinado dependiendo del tipo del proceso deseado. La computadora necesita información sobre el tamaño y forma del cortador, que tan rápido debe cortar, velocidad de giro etc. Todos estos datos se introducen manualmente por el programador en la pantalla de parámetros, una vez dada de alta esta información la computadora genera las trayectorias del cortador, que son líneas y arcos en la pantalla que muestran por donde viaja el cortador. En Mastercam, el archivo que almacena la trayectoria del cortador tiene la extensión *.NCI. Antes que la máquina de control numérico pueda usar el vector información NCI, éste tiene que ser convertido al mismo lenguaje que la máquina CNC. En Mastercam esta conversión es realizada por un postprocesador que se encarga de leer la información almacenada en el archivo *. NCI y escribe un nuevo archivo con el código CNC completo.

Este archivo con el código CNC tiene una extensión *. NC. Y esta listo para ser enviado al controlador de la máquina de manufactura. El postprocesador no cambia el archivo *. NCI

2.11 INICIO

Al iniciar el programa se mostrara en pantalla el menú principal, el secundario y la barra de herramientas figura. 2.2

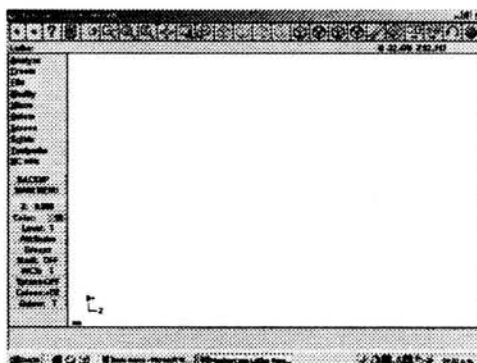


Figura 2.2. - Menú principal, secundario y barra de herramientas

2.12 EL MENU PRINCIPAL

Todas las instrucciones del software se encuentran siguiendo una secuencia de cascada a partir de las selecciones de estas etiquetas, figura 2.3

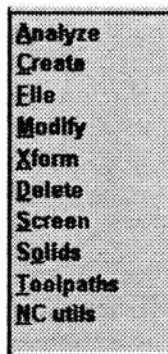


Figura 2.3. - Menú principal

- Analyze: Despliega toda la información relevante con relación a un punto, una línea, arco, poli línea, superficie o dimensión en pantalla.
- Create: Agrega geometría a la base de datos de sistema y las dibuja en pantalla

- File: Manipula los archivos (graba, convierte, transmite, recibe, obtiene, mezcla etc.)
- Modify: Altera la geometría en pantalla mediante comandos de fillet, trim, break y join.
- Xform: Transforma la geometría mediante comandos de rotar, escalar, trasladar, mirror y offset.
- Delete: Remueve una entidad o grupos de entidades de pantalla y de la base de datos del sistema.
- Screen: Manipula la geometría que se muestran en pantalla, cambia el nivel o color actual, o cambia la forma en la cual se muestra la geometría.
- Toolpaths: Programa las trayectorias de las herramientas de control numérico (solo en sistemas CAM)
- NC utils: Manipula las trayectorias de herramientas de control numérico (solo en sistemas CAM)
- Exit: Sale el sistema la Interfase de Windows.
- Mensajes de selección (Main menu): Envía mensajes al usuario para indicarle que seccione algún objeto en especial
-

2.13 EL MENU SECUNDARIO

Opciones que permiten trabajar la geometría dibujada, figura 2.4

Z: 0.000
Color: 10
Level: 1
Attributes
Groups
Mask: OFF
WCS: T
Tplane: OFF
Cplane: +DZ
Gview: T

Figura 2.4.-Menú secundario

- PM: Parámetros; Fija los parámetros globales de dibujo, se hace doble click a este botón para usarlo
- Z: Se selecciona Z del menú secundario para cambiar la actual profundidad de construcción. La profundidad de construcción es la profundidad del actual plano de construcción definido

- Color: Fija el color actual del sistema; el color del sistema es usado para mostrar cualquier nueva geometría creada o cargada de un archivo que no contiene color
Ejemplo *.DXF
- Level: Esta opción fija el nivel del sistema actual. El nivel del sistema es usado para almacenar cualquier nueva geometría creada o la cargada de un archivo que no mantiene los niveles (NFL o ASCII). Esta característica también controla el nivel que debe ser visible.
- Mask: Con el mask level OFF el sistema reconocerá cualquier entidad de la base de datos; sin embargo cuando tiene un valor desde 1 hasta 255, el sistema reconocerá solo las entidades que están en ese nivel.
- Cplane: Es para definir el plano en el cual crearás la geometría.
- Gview: Puedes alterar la forma en la cual puedes ver la geometría, esta característica te permite verla desde diferentes ángulos.

2.14 BARRA DE HERRAMIENTAS.

Aquí se encuentra el acceso rápido a instrucciones de uso frecuente, figura 2.5



Figura 2.5.- Barra de herramientas

Funciones de los botones de la barra de herramientas de inicio, figura 2.6



Figura 2.6. -Iconos: Help, file, analyze

- ↳ Help: Abre la ayuda de Mastercam para un acceso directo a la información online sobre sus características.
- ↳ File Menu: Activa el menú de archivos
- ↳ Analyze menu: Activa el menú de analizar

Funciones de los botones de la barra de acercamientos o **ZOOM**, figura 2.7



Figura 2.7. - Iconos de Zoom

- ↳ Zoom: Activa la ventana zoom-in. Utilice esta opción para amplificar parte de la geometría.

- ↳ Unzoom: Reduce el tamaño de la geometría en pantalla
- ↳ Unzoom by 0.8: Reduce la imagen en pantalla con incrementos de 0.2
- ↳ Fit: Ajusta la imagen mostrada al área gráfica de pantalla.
- ↳ Repaint: Reexpone la gráfica en pantalla limpiando cualquier imperfección.



Figura 2.8. -Iconos de vistas

- ⇒ Cambia la vista de la gráfica a una forma dinámica. Click en la geometría y mueve el ratón para ajustar tu geometría. Click el ratón cuando este la vista como desees.
- ⇒ Gview (Isometric): Cambia la vista de la gráfica a la forma isométrica.
- ⇒ Gview (Top): Cambia la vista de la gráfica a la vista superior
- ⇒ Gview (Front): Cambia la vista de la gráfica a la vista frontal
- ⇒ Gview (Side): Cambia la vista de la gráfica a la vista lateral



Figura 2.9. - Iconos de planos de Construcción

- ▶ Cplane (Top): Cambia el plano de construcción a superior
- ▶ Cplane (Front): Cambia el plano de construcción a frontal
- ▶ Cplane (Side): Cambia el plano de construcción a lateral
- ▶ Cplane (3d): Cambia el plano de construcción a 3d



Figura. 2.10. - Iconos de modificar

- ▷ Delete Menu: Activa el Delete Menu
- ▷ Delete-Undelete-Single: Undelete una entidad
- ▷ Change color: Cambia el color de las entidades
- ▷ Clear color: Remueve el color resultante de memoria

2.15 ACCESO A INSTRUCCIONES MEDIANTE COMBINACIONES DE TECLAS

También están disponibles algunas instrucciones a través de las teclas de funciones y combinaciones de teclas como se muestra en la tabla. 2.1

Tabla 2.1. -acceso a instrucciones mediante combinaciones de teclas

TECLA O COMBINACION	INSTRUCCIÓN A EJECUTAR	TECLA O COMBINACION	INSTRUCCIÓN A EJECUTAR
Alt1-F1	Fit screen	Alt-A	AUTOSAVE
Alt1-F2	Zoom out	Alt-B	TOOLBAR ON/OFF
Alt1-F3	Cursor tracking	Alt-C	RUN C-HOOKS
Alt1-F4	Exit	Alt-D	DRAFTING PARAMETERS
Alt1-F5	Delete window	Alt-F	MENU FONTS,SELECTION WINDOW
Alt1-F7	Blank	Alt-G	GRIS PARAMETERS
Alt1-F8	Configure	Alt-H	ON-LINE HELP
Alt1-F9	Draw axes	Alt-I	OPEN FILES
F1	Zoom	Alt-J	JOB SETUP
F2	Unzoom	Alt-L	LINE STYLE MENU
F3	Repaint	Alt-M	MEMORY ALLOCATIONS
F4	Analyze	Alt-N	NAMED VIEWS
F5	Delete	Alt-O	OPERATIONS MANAGER
F6	File	Alt-P	PROMT AREA DISPLAY
F7	Modify	Alt-Q	DELETE LAST MACHINING OPERAATION
F8	Create	Alt-R	REDO TOOLPATH
F9	Información del 0,0 nombre del archivo mc7.nci	Alt-S	SHADDING TOOGLE
F10	Información de la asignación de informaciones	Alt-T	DRAW NC TOOLPATH
ALT-W	SET VIEWPORT WINDOW	Alt-U	UNDO
PAGE DOWN	ZOOM OUT	Alt-V	MASTERCAM VERSION LEVEL Y HARDWARE LOCK NUMBER
PAGE UP	ZOOM IN	ESC	COMMAND INTERRUPTION
ALT-X	XFORM MENU		
ALT-Z	VISIBLE LEVELS MENU		

2.16 ACCESO A MENU MEDIANTE EL MOUSE

Como en método de acceso aún más rápido, al oprimir el botón derecho del mouse en la zona de graficas, se tiene acceso a la caja de dialogo, que se muestra en la figura 2.11

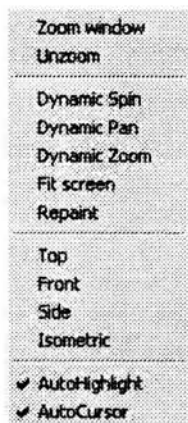


Figura 2.11. - Menú con acceso del mouse

Como respuesta a algunas instrucciones que solicitan datos del usuario, se puede usar las letras mostradas en la tabla 2.2 y seleccionando los objetos existentes, se adquiere el valor solicitado

Tabla 2.2. - letras para la solicitud de datos

LETRA	ACCION
A	DIÁMETROS
D	LONGITUD
R	RADIOS
S	DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS
X	COORDENADA EN X
Y	COORDENADA EN Y
Z	COORDENADA EN Z
TECLA FIN	MOVIMIENTO DINAMICO AUTONOMO

2.17 OPERACIONES DE MAQUINADO EN EL TORNO.

A continuación se muestran las diversas operaciones que pueden ser efectuadas mediante MASTERCAM.

2.17.1. DESBASTE (*Rough*).

La opción *Rough* define la trayectoria de la herramienta en una operación de desbaste asumiendo que existe un exceso de material.

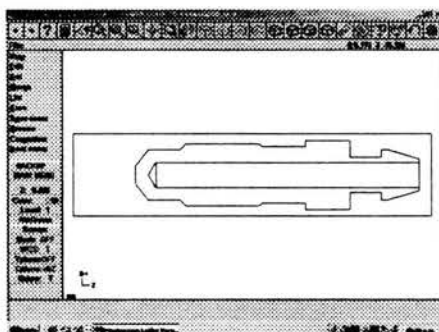


Figura 2.12. -Geometría para la operación de desbaste

La ruta a seguir para efectuar el desbaste es **Main menu/Toolpaths/rough** hecho esto se indican las partes de la pieza que se quieren desbastar, figura 2.13

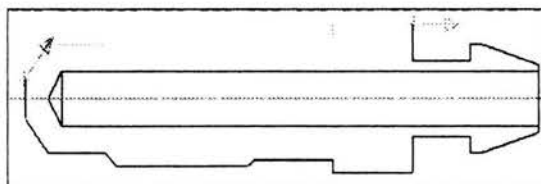


Figura 2.13. -selección de entidades para el desbaste (*ROUGH*)

Una vez indicadas las entidades se hace click en **done**, con lo cual las partes elegidas son aceptadas. Luego los parámetros de corte de la herramienta pueden ser establecidos mediante la caja de dialogo: **Tool parameters**, tales como: Rango de alimentación, velocidad del husillo, refrigerante y numero de herramienta entre otras, figura. 2.14

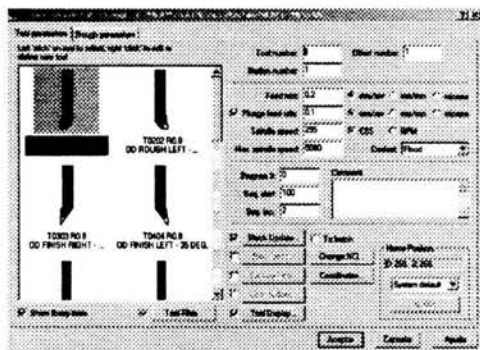


Figura 2.14. - Parámetros de corte de la herramienta.

También los parámetros de desbaste pueden ser modificados mediante la caja de dialogo **rough parameters**, algunos son: Profundidad de corte, mínima profundidad de corte, espacio de ataque, material sobrante en X y en Z entre otras, figura 2.15

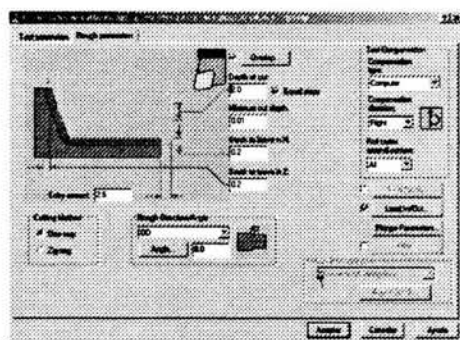


Figura 2.15. - Parámetros de desbaste.

Una vez modificados los parámetros de la herramienta y desbaste se da click en aceptar y se efectúa el corte, el resultado se muestra en la figura 2.16

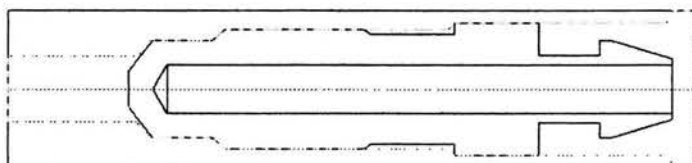


Figura 2.16. -Pieza desbastada

2.17.2. AFINE (*finish*).

Esta opción nos permite definir la trayectoria de la herramienta para una operación de acabado, asumiendo que existe material sobrante, figura 2.17

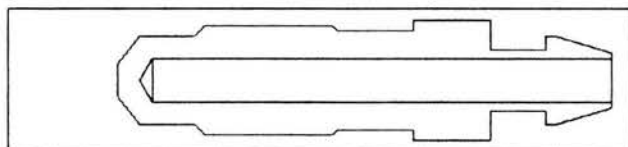


Figura 2.17. - Pieza a maquinarse mediante *afine* (*finish*)

La ruta a seguir para efectuar el *afine* es **Main menu/Toolpaths/finish** hecho esto se indican las partes de la pieza en las cuales se dará el acabado indicado, figura 2.18

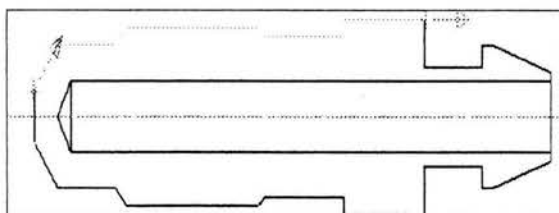


Figura 2.18. - selección de entidades para *afine* (*finish*)

Una vez indicadas las entidades se hace click en **done**, con lo cual las partes elegidas son aceptadas. Luego los parámetros de corte de la herramienta pueden ser establecidos mediante la caja de diálogo: **Tool parameters**. Tales como: Rango de alimentación, velocidad del husillo, refrigerante y número de herramienta entre otras, figura. 2.19

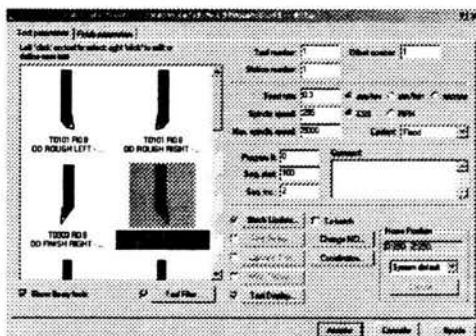


Figura 2.19. - Parámetros de corte de la herramienta.

También los parámetros de acabado pueden ser modificados mediante la caja de dialogo **finish parameters**, tales como: profundidad del acabado, numero de pasadas, material sobrante en X y en Z entre otras, figura 2.20

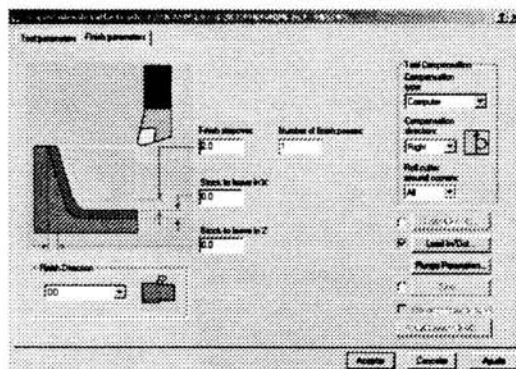


Figura 2.20. - Parámetros de afine o acabado.

Una vez modificados los parámetros de la herramienta y afine se da click en aceptar y se efectúa el corte, el resultado se muestra en la figura 2.21

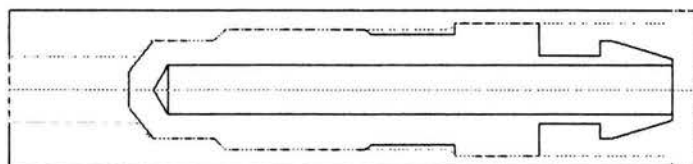


Figura 2.21. -Pieza afinada.

2.17.3. RANURADO (Groove).

La opción **Ranurado (Groove)** permite crear una trayectoria para elaborar un ranurado aunque la geometría original no la contenga.

Para llevar acabo dicha acción se sigue la ruta: **Main menu/Toolpaths/Groove**. El siguiente paso es escoger la opción **2 points** en la caja de dialogo para indicar los extremos de la ranura a elaborar, figura 2.22

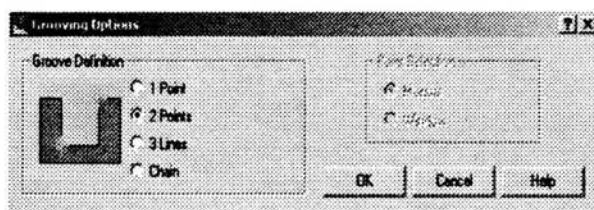


Figura 2.22. -Menú de ranurado

Hecho lo anterior el siguiente paso es seleccionar los puntos, figura 2.23

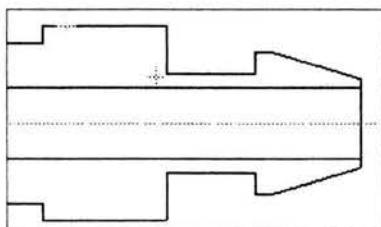


Figura 2.23. - Selección de puntos extremos de la ranura

Después de indicar los extremos de la ranura se puede modificar diversos valores, como la elección de herramienta, si tiene radio o es una ranura recta, parámetros de desbaste, de acabado los cuales nos permitirán crear una ranura que vaya de acuerdo a nuestras necesidades. Esto será posible mediante la caja de dialogo: **Propiedades de lathe Groove** y con las pestañas: **Tool parameters**, **Groove shape parameters**, **Groove rough parameters**, **Groove finish parameters**. Una vez modificados los diversos parámetros se da click en aceptar y el ranurado se lleva acabo, figura 2.24

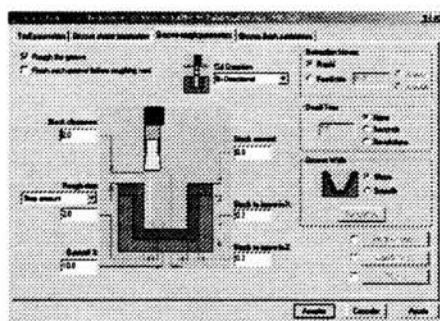


Figura 2.24. - Menu Groove rough parameters

2.17.4. BARRENADO (Drill).

La opción de barrenado (**Drill**) se utiliza para definir la trayectoria de la herramienta para realizar un barrenado. Se utiliza la siguiente geometría para mostrar el proceso de barrenado, figura 2.25

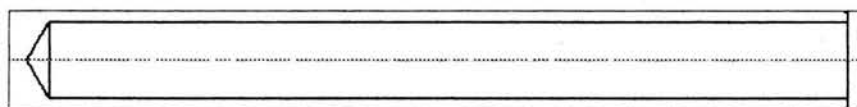


Figura 2.25. - Geometría para la opción barrenado (Drill).

La ruta a seguir para efectuar un barrenado es la siguiente: **Main menu/toolpaths/drill.** Esta opción nos permite definir la herramienta, el porta herramienta, el inicio y la profundidad del barrenado, todo esto mediante las cajas de dialogo: **Toolparameters** y **Simple drill-no peck**, figura 2.26

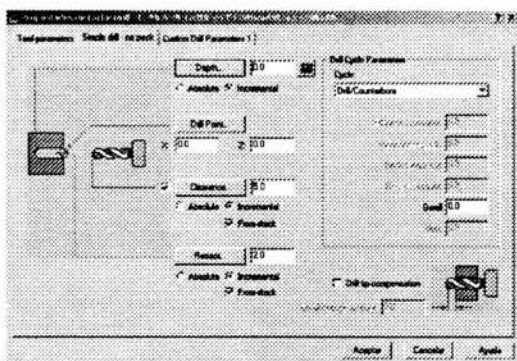


Figura 2.26. - Parámetros de barrenado

Una vez hecho esto se da click en aceptar y el barrenado se lleva a cabo, figura 2.27



Figura 2.27. -Pieza barrenada

2.17.5. ROSCADO (Thread).

La opción roscado (**Thread**) Es utilizada para establecer la trayectoria de la herramienta. Se utiliza la siguiente geometría para mostrar el proceso de roscado (**Thread**.) figura 2.28

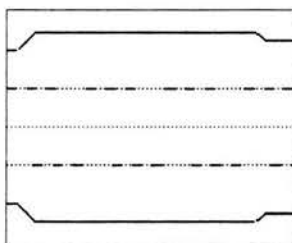


Figura 2.28. - Geometría para el roscado.

La ruta a seguir para efectuar un roscado es la siguiente: **Mainmenu/toolpaths/Nextmenu/Thred**. Esta opción nos permite definir la herramienta, paso, profundidad ángulo, inicio y final de la rosca, todo esto mediante las cajas de dialogo **Tool parameters**, **thread shape parameters**, **Thread cut parameters**, figura 2.29

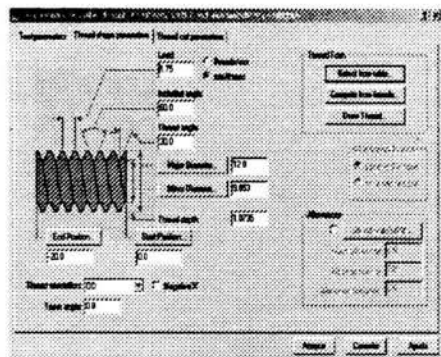


Figura 2.29. - Parámetros de roscado.

Una vez hecho esto se da click en aceptar y el roscado se lleva a cabo, figura 2.29

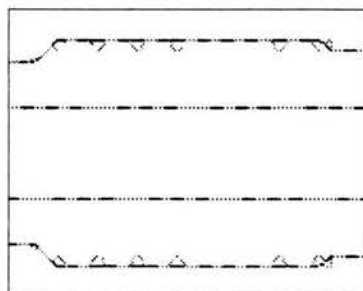


Figura 2.29. - Pieza roscada.

2.17.6. TRONZADO (cutoff).

Cuando todas las operaciones que la pieza requiere son llevadas a cabo la pieza es separada de la barra mediante un tronzado (*cutoff*).

La opción tronzado (*cutoff*). Es utilizada para establecer la trayectoria de la herramienta. Se utiliza la siguiente geometría para mostrar el proceso de tronzado (*cutoff*), figura 2.30

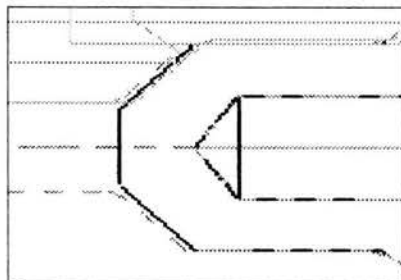


Figura 2.30. -Geometría para el tronzado.

Seleccione el punto de inicial del tronzado, figura 2.31

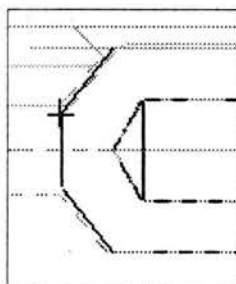


Figura 2.31.- Selección del punto inicial para cutoff

Para ejecutar la operación de tronzado la ruta a seguir es: **Mainmenu/Toolphats/Next menu/Cutoff**. Esta opción nos permite definir la herramienta, el punto final del tronzado y compensación de la herramienta entre otras. Todo esto mediante las cajas de dialogo. **Tool parameters** y **Cut-off parameters**, figura 2.32

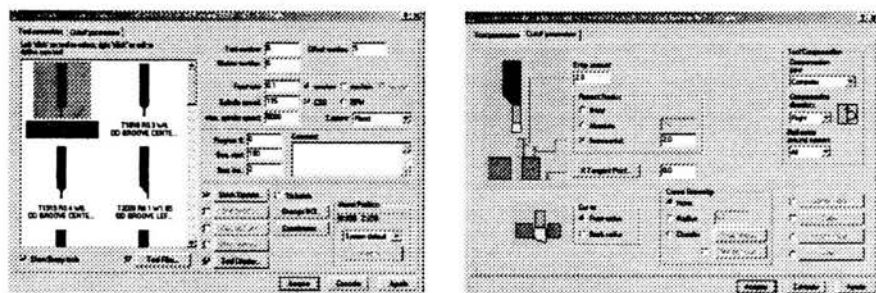


Figura 2.32. - Selección de herramienta y parámetros de tronzado

Una vez que la herramienta y los parámetros son asignados se da click en aceptar y el tronzado se lleva acabo, figura 2.33

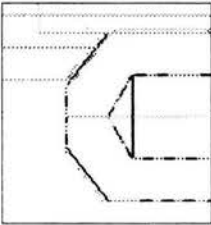


Figura 2.33. - Pieza tronzada.

CAPITULO 3

PROGRAMACIÓN CNC PARA LA FABRICACIÓN DE UNA VÁLVULA LIBERADORA DE PRESION UTILIZANDO MASTERCAM V9

En este capítulo se describe el proceso para generar los programas CNC para la fabricación de las diferentes piezas que integran una válvula liberadora de presión figura 3.1 con ayuda del programa **Mastercam V9**

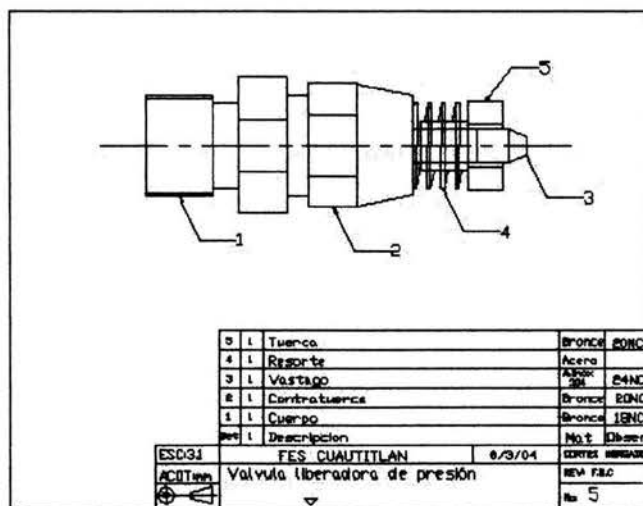


Figura 3.1. -Válvula liberadora de presión.

3.1. PROCEDIMIENTO GENERAL

Para obtener el programa CNC, del maquinado de cada una de las piezas que componen la válvula liberadora de presión se realiza el procedimiento que a continuación se describe.

1. Se realiza el dibujo de la pieza con ayuda del programa **Autocad 2000**.
2. Se eliminan todas las líneas no necesarias.
3. Se exporta el dibujo realizado en formato DFX (Drawing Exchange File).
4. Se inicia el programa **Mastercam V9**.
5. Se importa el dibujo realizado en **Autocad 2000**.
6. Se especifica cada una de las operaciones necesarias para el maquinado de la pieza.
7. Se simulan las diferentes operaciones de maquinado.
8. Se crea el programa CNC.

3.2. VÁSTAGO

Para la obtención del código CNC del cuerpo seguiremos los pasos descritos en el procedimiento general

3.2.1. DIBUJO DEL VÁSTAGO

El primer paso en el proceso es el de dibujar el cuerpo, este dibujo es elaborado en **Autocad 2000**, figura 3.2

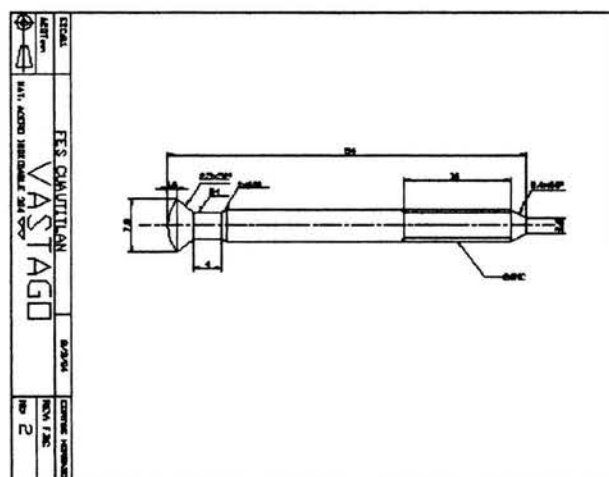


Figura 3.2. –Dibujo generado en Autocad (cuerpo)

3.2.2. PREPARACIÓN DE LA PIEZA.

El siguiente paso es el de preparar la pieza para ser transferidas de **Autocad 2000** a **Mastercam V9**, lo cual consiste en solo dejar el contorno de la pieza eliminando todas las líneas verticales, figura 3.3.

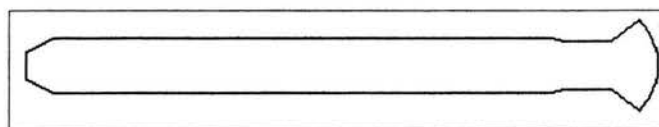


Figura 3.3 –Dibujo listo para ser transferido a Mastercam V9 (vástago.)

3.2.3. TRANSFERENCIA DE AUTOCAD 2000 A MASTERCAM V9

El siguiente paso en el proceso es llevar a cabo la transferencia de Autocad 2000 a Mastercam V9. Primero el dibujo deberá usar el formato Drawing Exchange file (FDX) en su versión para Autocad 13, aplicando la instrucción DXFOUT figura 3.4

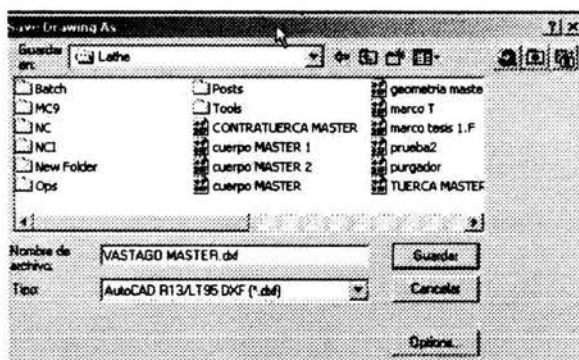


Figura 3.4. -Menú DFX.

3.2.4. INICIO DE MASTERCAM V9.

El siguiente paso en el proceso es iniciar el programa de MastercamV9 en modulo de torneado(Lathe) figura 3.5

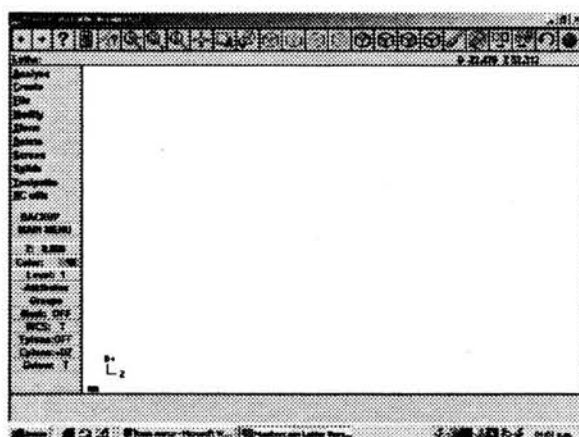


Figura 3.5. - Inicio de programa Mastercam.

3.2.5. IMPORTACION DEL DIBUJO A MASTERCAM V9.

Una vez iniciado el programa **MastercamV9** se sigue la ruta **file/converters/Autodesk/Read file** y a continuación aparecerá la caja de dialogo **Specify file to read**, figura 3.6



Figura 3.6. –Menú de Archivo

Se da click en abrir y a continuación aparecerá la caja de dialogo **Dwg/Dxf read parameters**, figura 3.7

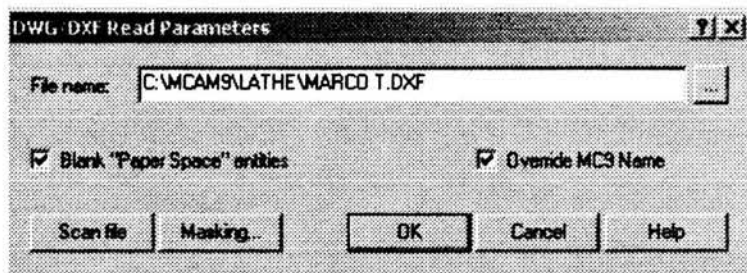
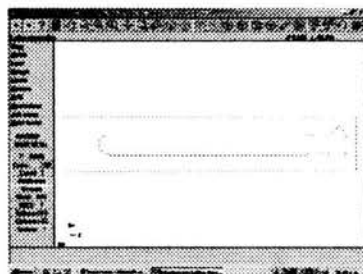
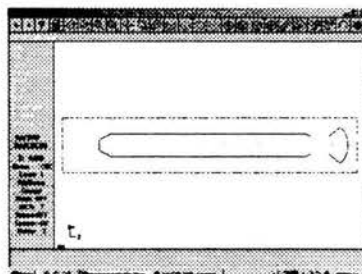


Figura 3.7. – Dwg/Dxf read parameters

Se da click en OK, hecho esto el dibujo aparecerá en el área de trabajo de **MastercamV9**. Ajuste el tamaño del dibujo hasta que abarque toda el área de trabajo con la opción **Fit Screen**, figura 3.8. Defina las dimensiones del material en bruto con la secuencia **main menu/toolpaths/job setup**, figura 3.9



**Figura 3.8. - Visualización del dibujo
Importado**



**Figura 3.9. - Definición del
material en bruto**

3.2.6. OPERACIONES

En este punto realizaremos las operaciones que son necesarias para la elaboración del vástago

3.2.6.1. REFRENTADO.

La primera operación en la elaboración del vástago es el refrentado, a ruta a seguir es la siguiente: **Main menu/toolpaths/face** aparecerá la caja de dialogo **propiedades de lathe face** seleccione la pestaña **tool parameters** en la cual se escoge la herramienta para el refrentado, figura 3.10

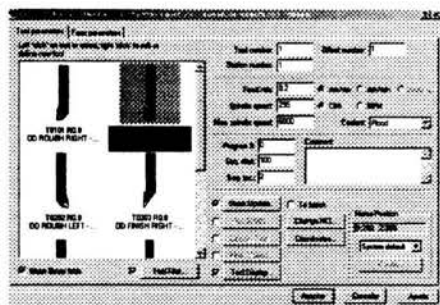


Figura 3.10. –Propiedades de lathe face (tool parameters)

Luego de click en la pestaña **face parameters**, proporcione los datos de la operación de refrentado, en este ejemplo ocuparemos la opción **select points**, figura 3.11

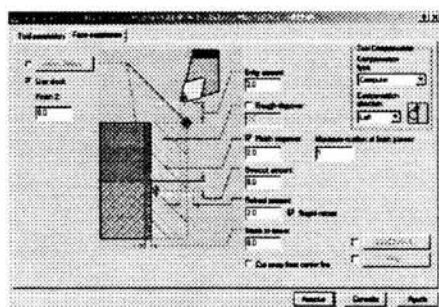
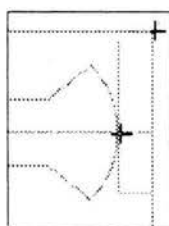


Figura 3.11. - Face parameters



Se establecen los puntos de inicio y final del refrentado, figura 3.12 Se da click en aceptar y el refrentado se lleva a cabo, figura 3.13

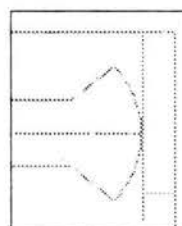


Figura 3.12. -Determinación de los puntos de refrentado

figura 3.13. -refrentado realizado

3.2.6.2. RANURADO (Groove).

La siguiente operación es el ranurado (*Groove*) la ruta a seguir es la siguiente:

Main menu/toolpaths/Groove. Se seleccionan la opción **two points** se seleccionan los puntos de la ranura, después aparecerá la caja de dialogo **Propiedades de lathe groove** una vez modificados los diversos valores se hace click en aceptar y el ranurado se lleva acabo, figura 3.14

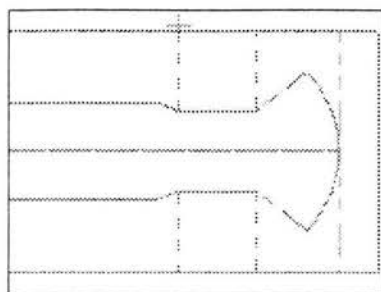


Figura 3.14. -ranurado terminado.

3.2.6.3. DESBASTE (Rough).

El desbastado es la operación que sigue, la ruta a seguir es: **Main menu/toolpaths/rough**. En este paso utilizaremos la opción **toolpaths-point(lathe)** figura 3.15. A continuación se indican los puntos por donde el desbaste se efectuara se da click en **done**, con esto aparecerá la caja de dialogo **propiedades de lathe rough** en la cual se escoge la herramienta y se modifican los parámetros de corte, una vez modificados se da click en aceptar con lo cual el desbaste se efectúa, figura 3.16

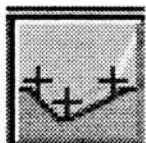


Figura 3.15. -Toolpaths-points



Figura 3.16. -Vástago desbastado

3.2.6.4. AFINE (fine)

La operación de afinar es prácticamente igual a la de desbaste, la ruta para efectuar el afinar es la siguiente: **Main menu/toolpaths/finish**, se designan los puntos por donde el afinar se llevara a cabo con la opción **Toolpaths-points** se da click en **done** con lo cual aparecerá la caja de dialogo **Propiedades de lathe finish** en la cual se escoge la herramienta y se modifican los parámetros de corte, una vez modificados se da click en aceptar con lo cual el desbaste se efectúa, figura 3.17

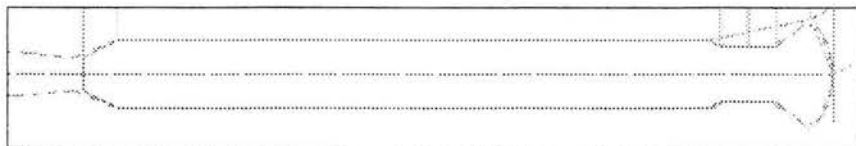


Figura 3.17. -Vástago afinado

3.2.6.5. ROSCADO (thread)

La operación de roscado es la siguiente en la elaboración de nuestra pieza. La ruta a seguir es: **Main menu/toolpaths/Next menu/Tread**. La rosca a elaborar es una M5X1.2, esto es, es una rosca métrica con un diámetro nominal de 5mm y un paso de 1.2mm.

Se proporcionan los valores a la caja de diálogo: **Propiedades de Lathe tread** a sí como en la pestaña **tread shape parameters**. Se da click en aceptar y el roscado se lleva acabo, figura 3.18

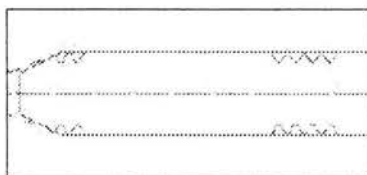


Figura 3.18. -Vástago roscado

3.2.6.6. TRONZADO (cut off)

La operación final en nuestra pieza es el tronzado. Para acceder a dicha operación la ruta es: **Main menu/toolpaths/Next menu/Cut off**. Se coloca el cursor en el punto donde se desea que el tronzado comience figura 3.19. Después de esto aparecerá la caja de diálogo: **Propiedades de Lathe Cut off** en dicha caja se dan los valores

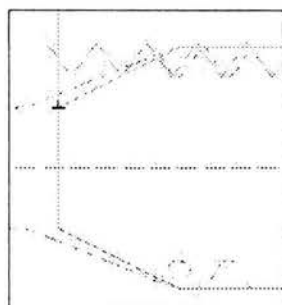


Figura 3.19. -Punto inicial del tronzado

requeridos, luego se da click en la **Pestaña cut off parameters** y se asignan los valores requeridos y el punto final del tronzado, figura 3.20 se da click en aceptar y con eso el tronzado se llevara acabo, figura 3.21

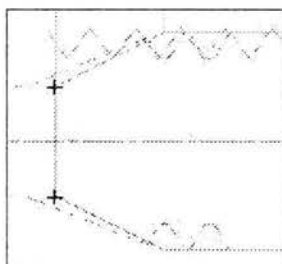


Figura 3.20. -Punto final de del tronzado

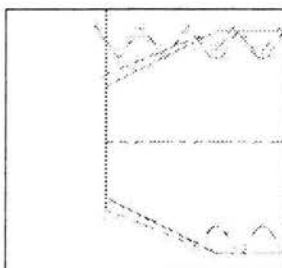


Figura 3.21. -Tronzado realizado

3.2.7. SIMULACION.

Terminada ó durante la elaboración de la pieza podemos visualizar las operaciones que hemos realizado, para ello seguiremos la ruta **Main menu/toolpaths/operations**, figura 3.22



**Figura 3.22. -Administrador de operaciones
(Operations manager)**

En la caja de dialogo Administrador de operaciones seleccione la opción **Verify**, para observar una simulación de la pieza en sólido, figura 3.23



Figura 3.23. -Simulación.

3.2.8. POST PROCESO.

Para obtener el código de control numérico de la pieza realizada se realiza un post proceso, para ello en la caja de dialogo administrador de operaciones (*Operations manager*) se escoge la opción **select all** y después la opción **post**, con lo cual aparecerá la caja de dialogo **Post processing**, figura 3.24. Se asignan los datos requeridos y se da click en **OK**, con lo cual aparecerá la caja de dialogo **Specify NCI File Name** respete el nombre que propone dicha caja de dialogo para el archivo y de click en guardar. Este archivo almacena todos los parámetros necesarios para crear el **toolpaths**, figura 3.25, una vez hecho esto aparecerá la caja de dialogo **Enter name of NC file to write**, este archivo almacena el código de control numérico, el cual será usado en la maquina herramienta, figura 3.26

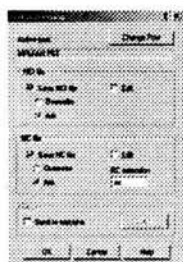


Figura 3.24. –Menú del post procesador



Figura 3.25. - specify NCI file name procesador



Figura 3.26. –Enter name of NC file to write


Luego de click en el botón de NC utils-post  escoga la opción **run**, con lo cual aparecerá la caja de dialogo **Specify file name to read**, figura 3.27 de click en abrir apareciendo la caja de dialogo **Specify file name to write**, figura 3.28, click en guardar con lo cual el código CNC es obtenido, figura 3.29



Figura 3.27. -Specify file name to read



Figura 3.28. - Specify file name to write

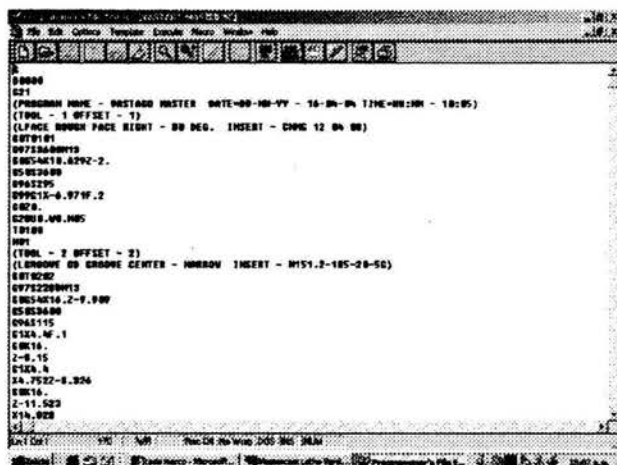


Figura 3.29. -Código CNC.

3.3.3. TRANSFERENCIA DE AUTOCAD 2000 A MASTERCAM V9.

El siguiente paso en el proceso es llevar a cabo la transferencia de Autocad 2000 a Mastercam V9. Primero el dibujo deberá usar el formato **Drawing Exchange file (FDX)** en su versión para Autocad 13, aplicando la instrucción **DXFOUT** figura 3.32

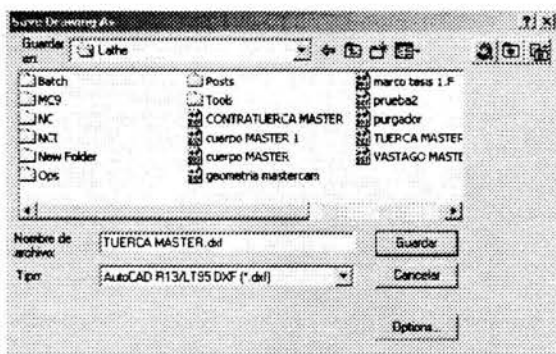


Figura 3.32. -Menú DFX.

3.3.4. INICIO DE MASTERCAM V9.

El siguiente paso en el proceso es iniciar el programa de MastercamV9 en modulo de torneado(Lathe) figura 3.33

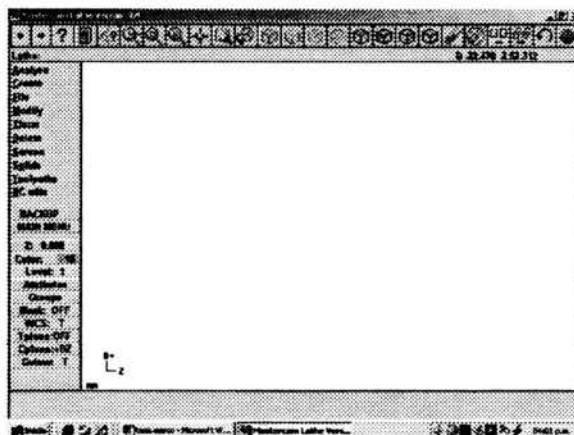


Figura 3.33. - Inicio de programa Mastercam.

3.3.5. IMPORTACIÓN DEL DIBUJO A MASTERCAM V9.

Los pasos para la importación del dibujo de la tuerca de Autocad 2000 a Mastercam V9 son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto presentaremos la pieza ya importada, figura 3.34. Defina las dimensiones del material en bruto con la secuencia **main menu/toolpaths/job setup**, figura 3.35

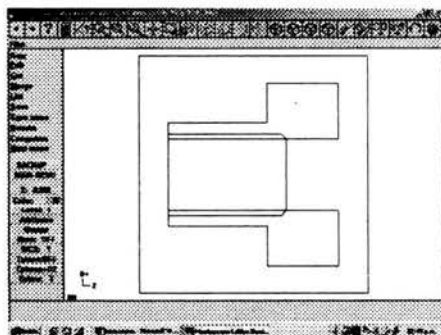


Figura 3.34. - Visualización del dibujo importado.

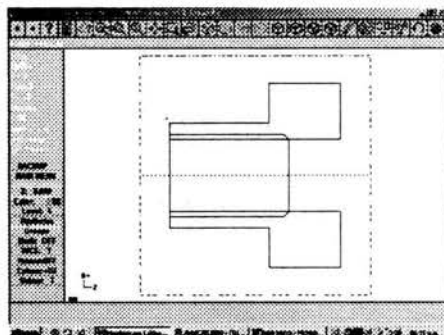


figura 3.35. -Definición del material en bruto

3.3.6. OPERACIONES.

En este punto realizaremos las operaciones que son necesarias para la elaboración de la tuerca.

3.3.6.1. REFRENTADO.

El primer paso es el refrentado los pasos para su elaboración son los mismos que para el vástago por lo cual solo presentaremos la pieza ya refrentada, figura 3.36

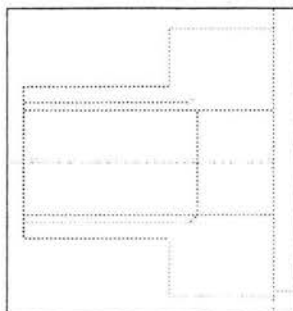


Figura 3.36. -Tuerca refrentada

3.3.6.2. RANURADO.

Un ranurado es lo haremos a continuación, los pasos son los mismos para realizarlo por lo tanto presentaremos el ranurado ya terminado, figura 3.37

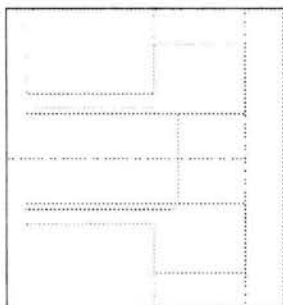


Figura.-3.37. -Tuerca ranurada.

3.3.6.3. DESBASTE.

Después del ranurado llevaremos a cabo un desbaste, los pasos son los mismos por lo tanto presentaremos la pieza ya desbastada, figura 3.38

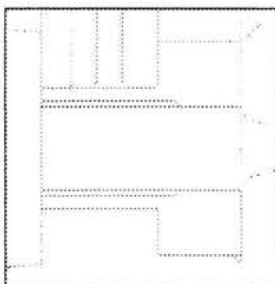


Figura 3.38. -Tuerca desbastada.

3.3.6.4. AFINE.

Después de efectuado el desbaste le sigue el afinado figura 3.39

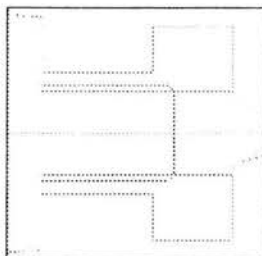


Figura 3.39. -Tuerca afinada.

3.3.6.5. BARRENADO.

Realizaremos un barrenado a continuación, los pasos son los mismos por lo tanto solo presentaremos la tuerca ya barrenada, figura 3.40

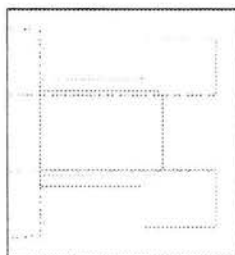


Figura 3.40. -Tuerca barrenada.

3.3.6.6. ROSCADO INTERNO.

Procederemos a realizar un roscado interno, los pasos a seguir son los mismos que en roscado externo, por lo tanto solo presentaremos la rosca ya realizada, figura 3.41

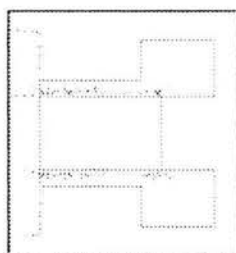


Figura 3.41. -Tuerca roscada

3.3.6.7. TRONZADO.

La última operación antes del post-proceso será el tronzado, el cual se realiza de la manera ya conocida, figura 3.42

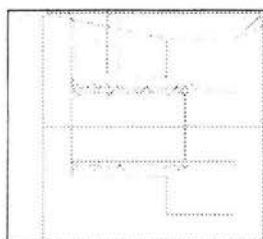


Figura 3.42. -Tuerca tronzada.

3.3.7. SIMULACION.

Los pasos para la simulación de la tuerca son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto presentaremos la pieza ya simulada, figura 3.43

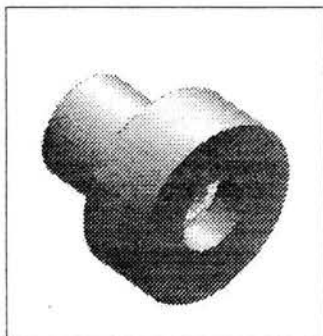


Figura 3.43. -Simulación.

3.3.8. POSTPROCESO.

Los pasos para la obtención del código CNC son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto presentaremos el código ya obtenido, figura 3.44

```

PROGRAM NAME - TUERCA MASTER DATE=00-00-YY - 14-00-04 TIME=00:00 - 28:23
(TOOL - 1 OFFSET - 1)
(LFACE ROUGH FACE RIGHT - 80 DEG. INSERT - CNMG 12 04 00)
M0101
G075000M18
G0054210.6292-2.
G5 G03400
M065795
M09613-2.171F.2
G020
G0000.00,M06
T0100
M01
(TOOL - 2 OFFSET - 2)
(LBORING DR BROUOE RIGHT - HANROW INSERT - M151.2-105-20-50)
M0102
G0751020M18
G0054230.01A2-12.15
G5 G03400
M065115
G127.0F.1
G0020.01h
Z-10.0
M127.0
Z7.632-10.125
G0020.01h
Z-11.
M127.0
G1
M0103

```

Figura 3.44. -Código CNC

Con la obtención del código CNC la tuerca esta terminada, y continuaremos con la elaboración de la contratuerca.

3.4. CONTRTUERCA.

Para la obtención del código CNC de la contratuerca seguiremos los pasos descritos en el procedimiento general

3.4.1. DIBUJO DE LA CONTRATUERCA.

El primer paso en el proceso es el de dibujar la contratuerca, este dibujo es elaborado en Autocad 2000, figura 3.45

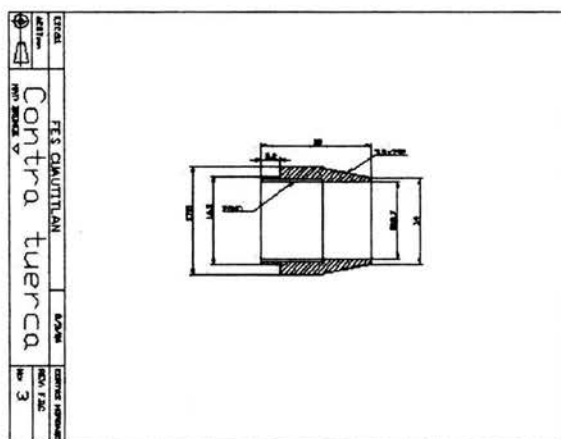


Figura 3.45. –Dibujo generado en Autocad (contratuerca)

3.4.2. PREPARACIÓN DE LA PIEZA.

El siguiente paso es el de preparar la pieza para ser transferidas de Autocad 2000 a Mastercam V9, lo cual consiste en solo dejar el contorno de la pieza eliminando todas las líneas verticales, figura 3.46

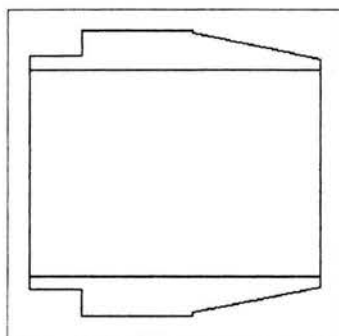


Figura 3.46. –Dibujo listo par ser transferido a Mastercam V9 (contratuerca.)

3.4.3. TRANSFERENCIA DE AUTOCAD 2000 A MASTERCAM V9.

El siguiente paso en el proceso es llevar a cabo la transferencia de Autocad 2000 a Mastercam V9. Primero el dibujo deberá usar el formato Drawing Exchange file (FDX) en su versión para Autocad 13, aplicando la instrucción DXFOUT, figura 3.47



Figura 3.47. -Menú DXF.

3.4.4. INICIO DE MASTERCAM V9.

El siguiente paso en el proceso es iniciar el programa de MastercamV9 en modulo de torneado(Lathe) figura 3.48

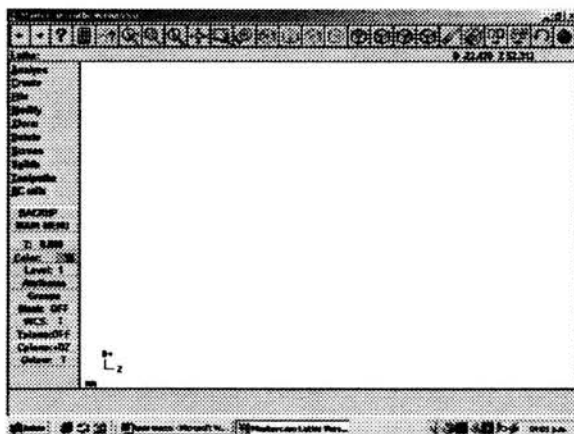


Figura 3.48. - Inicio de programa Mastercam.

3.4.5. IMPORTACIÓN DEL DIBUJO A MASTERCAM V9.

Los pasos para la importación del dibujo de la contratuerca de **Autocad 2000** a **Mastercam V9** son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto presentaremos la pieza ya importada, figura 3.49. Defina las dimensiones del material en bruto con la secuencia **main menu/toolpaths/job setup**, figura 3.50

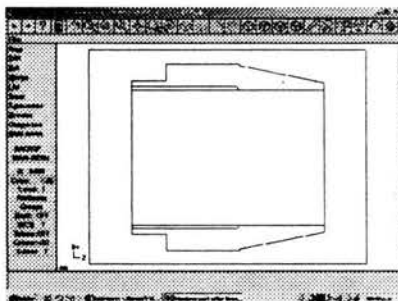


Figura 3.49. - Visualización del dibujo importado.

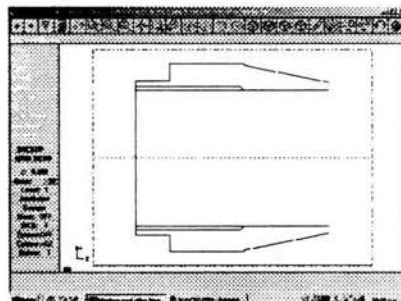


figura 3.50. - Definición del material en bruto.

3.4.6. OPERACIONES.

En este punto realizaremos las operaciones que son necesarias para la elaboración de la contratuerca.

3.4.6.1. REFRENTADO.

El refrentado, será la primera operación en la elaboración de la contratuerca. Los pasos para su elaboración son iguales que en las anteriores piezas por ello solo mostraremos el refrentado ya terminado, figura 3.51

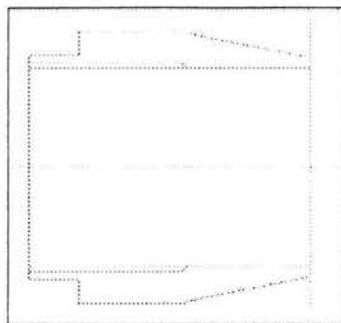


Figura 3.51. –Contratuerca refrentada

3.4.6.2. RANURADO.

Después del refrentado realizaremos un ranurado, los pasos para realizarlo son ya conocidos por lo tanto solo mostraremos el ranurado ya terminado, figura 3.52

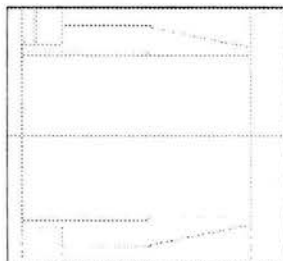


Figura 3.52. –Contratuerca ranurada.

3.4.6.3. DESBASTE.

El desbaste es la operación que realizaremos después del ranurado. Los pasos para realizar el desbastado son los mismos que en piezas anteriores, figura.-3.53

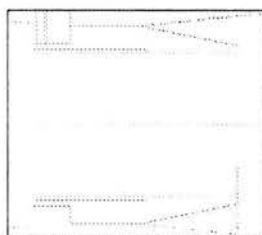


Figura 3.53. –Contratuerca desbastada

3.4.6.4. AFINADO.

Después del desbastado, el afine será la operación que llevaremos a cabo. Los pasos para su elaboración son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto solo mostraremos el afine ya concluido. figura 3.54



Figura 3.54. –Contratuerca afinada.

3.4.6.5. BARRENADO.

El siguiente paso en la elaboración de la contratuerca es el barrenado. Los pasos para su elaboración son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto solo mostraremos el barrenado ya realizado. figura 3.55



Figura 3.55. -Contratuerca barrenada.

3.4.6.6. ROSCADO INTERNO.

Efectuado el barrenado la contratuerca esta lista para aceptar un roscado interno. Los pasos para el roscado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya roscada, figura.-3.56



Figura 3.56. -Contratuerca roscada

3.4.6.7. TRONZADO.

Después del roscado la contratuerca esta lista para ser separada de la barra mediante un tronzado. Los pasos para el tronzado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya tronzada, figura.-3.57



Figura 3.57. -Contratuerca tronzada.

3.4.7. SIMULACION.

Los pasos para la simulación de la tuerca son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto presentaremos la pieza ya simulada, figura 3.58

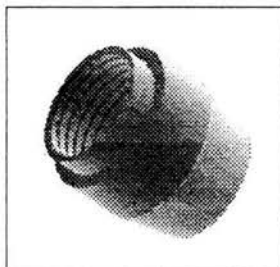


Figura 3.58. -Simulación

3.4.8. POST PROCESO.

Los pasos para la obtención del código CNC son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto presentaremos el código ya obtenido, figura 3.59.

```

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
26
```


3.5.3. TRANSFERENCIA DE AUTOCAD 2000 A MASTERCAM V9.

El siguiente paso en el proceso es llevar a cabo la transferencia de **Autocad 2000** a **Mastercam V9**. Primero el dibujo deberá usar el formato **Drawing Exchange file (FDX)** en su versión para **Autocad 13**, aplicando la instrucción **DXFOUT**, figura 3.62.



Figura 3.62. -Menú DFX.

3.5.4. INICIO DE MASTERCAM V9.

El siguiente paso en el proceso es iniciar el programa de **MastercamV9** en modulo de torneado (**Lathe**) figura 3.63

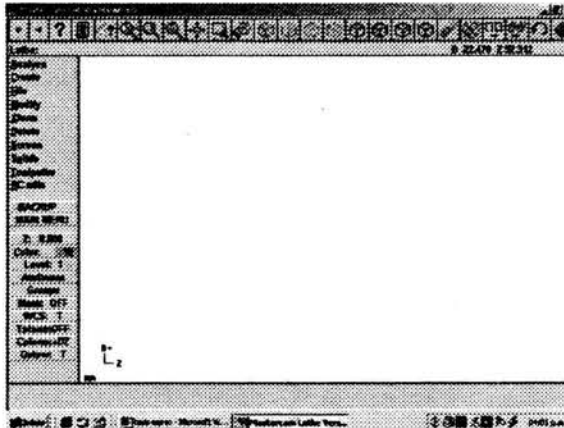


Figura 3.63. - Inicio de programa Mastercam.

3.5.5. IMPORTACIÓN DEL DIBUJO A MASTERCAM V9.

Los pasos para la importación del dibujo de la contratuerca de **Autocad 2000** a **Mastercam V9** son los mismos que en piezas anteriores, por lo tanto presentaremos la pieza ya importada, figura 3.64. Defina las dimensiones del material en bruto con la secuencia **main menu/toolpaths/job setup**, figura 3.65

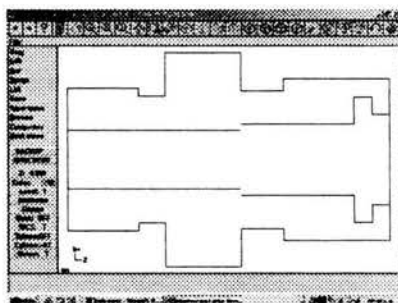


Figura 3.64. - Visualización del dibujo importado

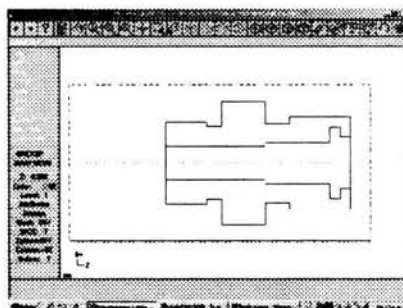


Figura 3.65. -Definición del material en bruto

3.5.6. OPERACIONES.

En este punto realizaremos las operaciones que son necesarias para la elaboración de la contratuerca.

3.5.6.1. REFRENTADO.

La pieza que completa nuestra válvula liberadora de presión será el cuerpo, la operación que realizaremos será el refrentado. Los pasos para el refrentado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya refrentada, figura 3.66

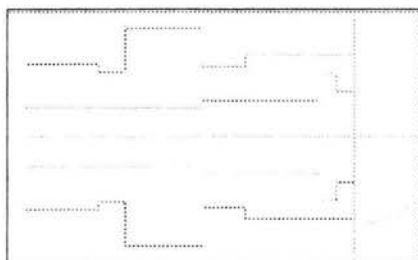


Figura 3.66. -Cuerpo Refrentado.

3.5.6.2. RANURADO.

El siguiente paso a realizar será un ranurado. Los pasos para el ranurado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya ranurada, figura 3.67

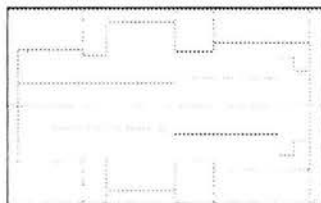


Figura 3.67. -Cuerpo Ranurado.

3.5.6.3. DESBASTE.

Después del ranurado procederemos a realizar un desbastado. Los pasos para el desbastado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya desbastada, figura 3.68

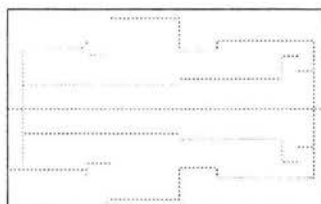


Figura 3.68. -Cuerpo desbastado

3.5.6.4. ROSCADO.

Después del desbaste procederemos a realizar un roscado. Los pasos para el roscado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya roscada, figura 3.69

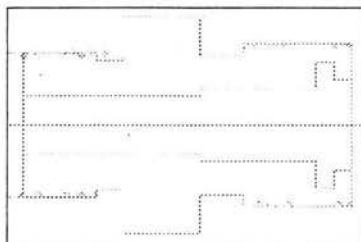


Figura 3.69. -Cuerpo roscado.

3.5.6.5. BARRENADO.

Una vez elaborado el roscado lo siguiente será el barrenado. Los pasos para el barrenado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya barrenada, figura 3.70

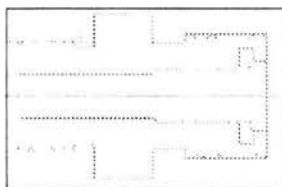


Figura 3.70. - Cuerpo barrenado.

3.5.6.6. RANURADO INTERNO.

La siguiente operación será un ranurado interno. Los pasos para el ranurado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya ranurada. figura 3.71



Figura 3.71. – Cuerpo con ranurado interno.

3.5.6.7. TRONZADO.

Después del ranurado interno se realizara un tronzado para separar el cuerpo de la barra en bruto. Los pasos para el tronzado son los mismos que en piezas anteriores, por ello solo presentaremos la pieza ya tronzada, figura 3.72

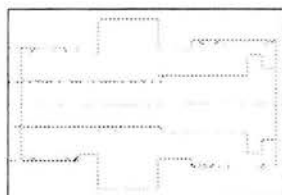


Figura 3.72. - Cuerpo tronzado.

CONCLUSIONES

Después del trabajo realizado se pueden establecer las conclusiones siguientes:

1. El diseño y la planeación del proceso de maquinado de la válvula liberadora de presión fueron más fáciles de llevar a cabo mediante el uso de un sistema **CAD/CAM** que usando métodos tradicionales, ya que permite la fabricación de piezas de difícil manufactura.
2. El manejo del programa **Mastercam V9** es amigable ya que mediante sus diversos menús o botones es posible realizar las diversas operaciones para la fabricación de la pieza.
3. El programa **Mastercam V9** permite el trabajar de manera conjunta con otros programas, ya que las piezas fueron dibujadas con ayuda del programa **Autocad 2000** posteriormente fueron exportadas a dicho programa.
4. **Mastercam V9** permite la obtención del código **CNC** mediante un post proceso, que puede ser utilizado en diversas maquinas.
5. En general, el uso de los sistemas **CAD/CAM** repercuten en la disminución de los costos de fabricación así como en una mejor calidad en el producto terminado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Programación de maquinas CNC auxiliada con Mastercam[™] V8
Felipe Díaz del Castillo Rodríguez. y Julio Morales Godínez
FES-Cuatlitlán
México 2003
2. <http://www.fashiomas.com/dgao2000/-23K>
3. <http://www.monografias.com/trabajos14/manufacompu/manufacompu.shtml>
[in](#)
[cad.](#)
4. <http://www.uji.es/~huerta/dfao/apuntes/temazpdf>.
5. <http://www.elprisma.com/apuntes.asp?page=10>
6. <http://www.chi.itesm.mx/~cim/proyectos/sfm/rpcadcam.htm>
7. <http://www.geocities.com/cdqc11774/>