



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERIA

Maestría en Ingeniería en Procesos Industriales

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS DE POSTPROCESAMIENTO PARA
LA GENERACIÓN DE CÓDIGOS G-M EN PROGRAMAS DE CONTROL
NUMÉRICO”**

TESIS

**Que presenta para obtener el grado de Maestro en
Ingeniería en Procesos Industriales**

Julio César Medina Aguirre

ASESOR DE LA TESIS: M.C. VICTOR NUÑO MORENO.

Mexicali B.C. , Enero de 2006

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1 Planteamiento del problema, justificación y propósito.	4
2. Fundamentos Teóricos	6
2.1 Planteamiento del problema, justificación y propósito.	7
2.2 Ventajas y desventajas del Control Numérico.	7
2.3 Maquinas de Control Numérico	9
2.4 Códigos de Control Numérico	10
2.5 Recomendaciones Generales para programas de Control Numérico.	12
2.6 Semblanza de Programación de maquinas de Control Numérico	15
2.7 Postprocesadores y aplicación para generacion de códigos	16
3. Sistemas CAM a utilizar	22
3.1 Procedimiento utilizado para realizar los ejemplos ha analizar comparativamente..	23
3.1.1 Para Pro Engineer.	23
3.1.2 Para MasterCam	31
3.2 Análisis comparativo de los ejercicios	35
4. Conclusiones	45
Bibliografía	49
Anexo	50

Capítulo 1

Introducción

La elaboración de productos a la medida de las necesidades de los clientes o consumidores finales es la pauta que para las industrias modernas adopten y/o desarrollen herramientas tecnológicas que les permitan agilizar sus procesos con la oportunidad y calidad que el mercado competitivo hoy en día exige. Es un hecho que la adopción de métodos que conlleven la automatización y sistematización de los procesos productivos deben cumplir con una evaluación acerca de los potenciales beneficios que se pueden obtener, tomando como idea principal el que estas mejoras impacten en la cadena de valor del producto y que, de manera principal, en las actividades críticas que exijan que estas mejoras se realicen con prontitud.

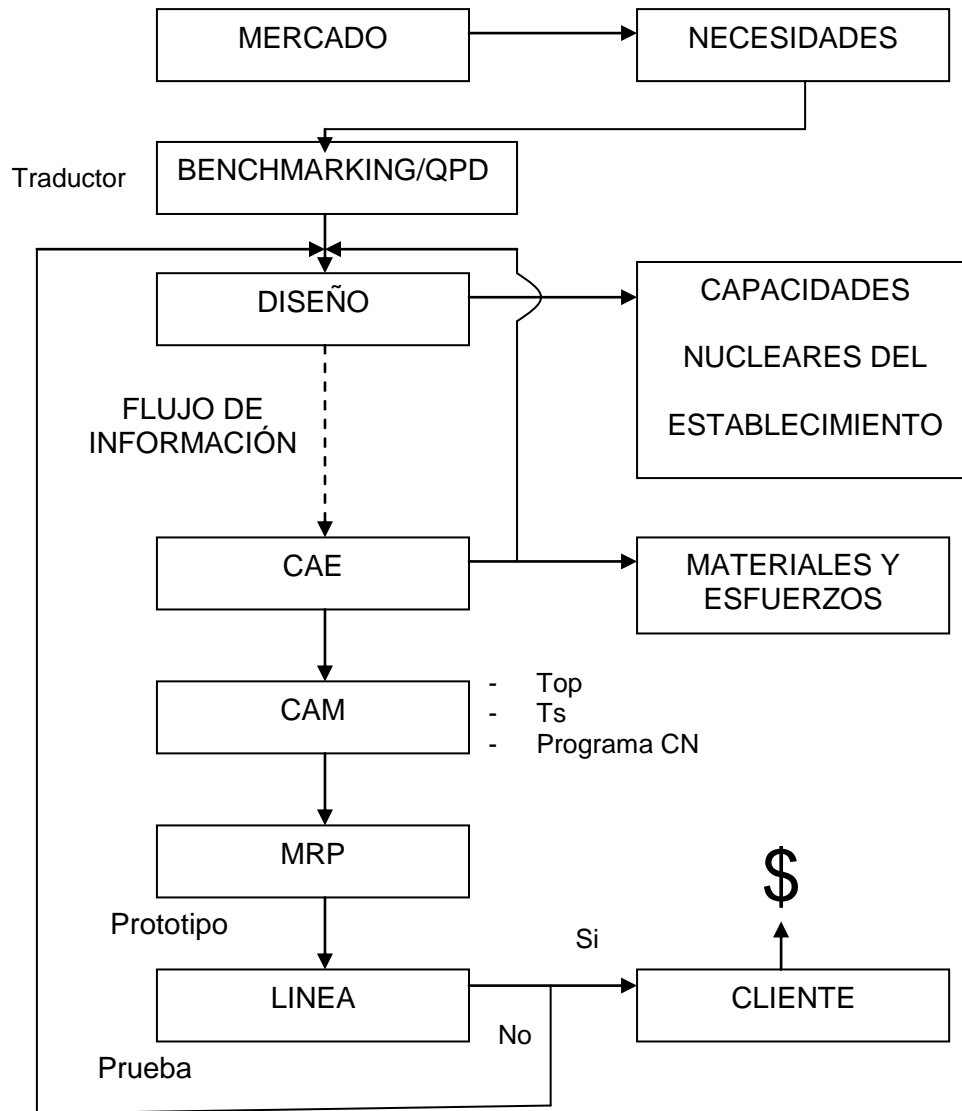
Igualmente podemos aceptar que dentro del gran espacio de actividades para llevar a cabo la elaboración del producto se tiene al menos las siguientes actividades:

1. Identificación del mercado potencial para el producto que se pretende concebir.
2. Ubicación de las necesidades reales y la metodología para identificar estas necesidades, de manera que podamos crear un idioma que traduzca estas necesidades en especificaciones del producto
3. La concepción del diseño de este producto debe cumplir con estas especificaciones y tendrá que emitir especificaciones propias para la manufactura del mismo, así como otras ventajas adicionales. Es en este punto en que las herramientas modernas de Diseño Asistido por Computadora (CAD, Computer Aided Design) se hacen necesarios, por que ello nos llevara a poder resolver modificaciones de manera ágil y oportuna, siendo algunas de estas ventajas adicionales, la obtención de Lista de Materiales (BOM, Bill of Materials, por sus siglas en ingles), la posibilidad de verificar desde distintas perspectivas o vista la apariencia del producto, entre otras. Igualmente la información que se genera debe ser accesible para los procesos subsecuentes, debiendo servir como una base de datos que permita rescatar los parámetros y características importantes para su posterior utilización. En esta etapa se debe prever que la utilización del producto por el cliente conllevara a la sujeción del mismo a diferentes tareas en donde los esfuerzos a que esta sujeto el producto o pieza, sobre todo en la industria metal – mecánica (pero no exclusivo del mismo) nos permite proponer los materiales, dimensiones, etc., para el cumplimiento de estas expectativas del cliente. Una herramienta utilizada comúnmente son los Análisis de Elemento Finito (FEA, Finite Element Analysis, por sus siglas en ingles).

4. Los departamentos con la responsabilidad de crear los diseños deben pensar en las capacidades que tienen en sus empresas para poder llevar a cabo la realización física de los productos. Esto quiere decir que la empresa debe conocer bien las capacidades nucleares con las que cuenta (mano de obra especializada, equipo, metodología de producción, etc.) para que con ello los diseños respondan a la sencilla cuestión de si será posible llevarlos a la realidad.
5. La administración de los recursos materiales con todo lo que esto conlleva, debe responder a la expectativa de las ideas de esbeltez y de Justo a Tiempo (JIT, Just in Time por sus siglas en ingles). Esto lleva a tener los materiales en oportunidad, cantidad, calidad y costo con un sano manejo de inventario, hasta el arribo a las celdas de producción para el correspondiente ensamble/subensamble o manufactura del mismo.
6. La realización de la metodología de manufactura, evaluando con técnicas de tiempos y movimientos e ideas de ergonomía, la posibilidad de mejora una vez establecidos los mismo.
7. Una vez establecido la optima manera de manufacturar, evaluar la posibilidad de utilizar, según el caso, técnicas de Manufactura Automatizada por Computadora (CAM, Computer Aided Manufacturing), mismo que pudiera en determinado momento establecer a partir de la información y los parámetros obtenidos en el proceso de Diseño Asistido por Computadora, los tiempos óptimos así como las rutas apropiadas para manufacturar el producto.
8. La comercialización del producto hasta hacerlo accesible al consumidor final, marca la etapa en donde el mismo llegara a establecer si sus necesidades y expectativas fueron cumplidas, y si el cliente esta dispuesto a desembolsar el precio marcado por el mismo. Esto quiere decir, que es el cliente el que establece el precio y por lo tanto la ganancia del mismo si y solo si lo compra.
9. La medición del grado de satisfacción del cliente llevara a realizar nuevas propuestas a partir de sus necesidades (que dicho sea de paso, siempre son cambiantes) y por lo tanto nuevas especificaciones para el producto, por ello la flexibilidad en los procesos de diseño y manufactura del producto reviste una gran importancia.

La idea del Diseño y la Manufactura Asistida por Computadora ha evolucionado en las grandes empresas, y son ellas las que tienen la punta de lanza de la tecnología, tanto así que los conceptos de Manufactura Integrada por Computadora (CIM, Computer Integrated Manufacturing) y ERP (Enterprise Resources Planning) obtienen sus mayores potencialidades en la automatización de los procesos, por medio de maquinaria que acepte los lenguajes manejados en los paquetes de computo utilizados, y que esto llegue no solo al proceso sino la información fluya a lo largo de la empresa y sea digerible por todos y cada uno de los departamentos de la esta.

El siguiente Diagrama de Flujo representa la idea que se tiene de lo anteriormente descrito.



1.1 Planteamiento del problema, justificación y propósito.

Las empresas dedicadas a la manufactura de productos por medio de maquinas que se manejen con Lenguajes de Control Numérico, han encontrado dificultades para obtener personal capacitado que cumpla el prototipo de Diseñador Industrial Moderno. Las empresas necesitan especialistas en el uso de herramientas de computo para modelar, manufacturar y realizar la ingeniería de los productos. Las Instituciones de Educación Superior de la localidad han aceptado este reto y ajustado sus programas académicos para responder a las necesidades de las empresas de la localidad. Sin embargo, el mercado de los paquetes de cómputo es cambiante y las empresas siempre están buscando la mejora y actualización constante, en base a los ritmos de demanda y calidad impuestos por el mercado. Aquí es donde se hace interesante poder crear un criterio que permita determinar cual es el paquete de cómputo que puede resultar más conveniente en relación a al menos las siguientes vertientes:

1. La cantidad de líneas del programa de control numérico que dichos paquetes generan.
2. Los tiempos de operación que debido a las rutas y secuencias de operación se generan.

En el primero de los casos, y como se explicara con mas amplitud, un problema que existe con maquinas de Control Numérico es la memoria que deben tener sus controladores (su unidad central de computo) para llevar a cabo la generación de piezas especiales con diseño complejo, debido básicamente a que en estas piezas se generan miles de líneas de programación, por ello es importante poder seleccionar que paquete pudiera reducir, debido a la secuencia de generación de coordenadas (y por lo tanto de la operación de maquinado) , la cantidad de líneas y códigos que de los paquetes se obtienen.

El segundo punto reviste especial importancia, puesto que las empresas realizan sus Planes Maestros de Producción tomando en cuenta el Tiempo Líder de Manufactura (MLT, Manufacturing Leading Time, por sus siglas en ingles), procurando que el tiempo de operación por pieza sea el optimo posible y que los tiempos de no operación sean mínimos, así que un paquete cuya lógica de seguimiento de la operación arroje resultados en favor de estas cuestiones revestirá primordial importancia dentro de los objetivos de Mejora Continua que las empresas siguen.

Es el objetivo principal del presente trabajo el comparar los Programas de Control Numérico que se obtienen de los paquetes de cómputo MasterCam versión 9 y Pro Engineer 2.0 respectivamente a partir del Paquete de Computo Multi DNC, a efecto de evaluar el comportamiento y eficiencia en el

postprocesamiento y generación de códigos y obtener criterios generales de selección del sistema que pueda ser mas adecuado para aquellos que tienen la necesidad de adquirir y trabajar algún sistema.

Mastercam es un programa de cómputo tipo CAD/CAM (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing, Diseño Asistido por Computadora / Manufactura Asistida por Computadora, por sus siglas en ingles), el cual provee un diseño completo en 2 dimensiones y en 3 dimensiones, para diseño de partes mecánicas y crea un código de salida para programas de CNC (Computer Numerical Control, Control Numérico Computarizado por sus siglas en ingles), tanto para fresadoras, tornos, cortadoras de láser, y otros tipos de maquinas similares.

Pro Engineer es un programa modular de tipo CAD/CAM/CAE diseño en 2D y 3D (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing/ Computer Aided Engineering, Diseño Asistido por Computadora / Manufactura Asistida por Computadora / Ingeniería Asistida por Computadora, por sus siglas en ingles), el cual tiene gran versatilidad en 3D, describiendo la forma, adaptación y función de los productos de manera ágil y sencilla, además que puede probar y optimizar el los diseños debido al análisis estructural, térmico y dinámico de los productos.

En las industrias de la localidad, MasterCam es muy usado, sobre todo en lo que respecta a Honeywell, Gulfstream, etc., siendo sus principales aplicaciones directamente sobre maquinas fresadoras y tornos directamente. Pro Engineer se ha ido posicionando poco a poco en algunas industrias, estando entre las primeras Honeywell.

Capítulo 2

FUNDAMENTOS TEORICOS

Los sistemas de Manufactura Automatizada por Computadora tiene el propósito principal de llevar a cabo las tareas de simulación, control y administración de la manufactura misma de los productos. Y esto tienen una importancia primordial si se piensa que para el Diseñador Industrial Moderno, sobre todo en los procesos metal – mecánicos las estructuras de las maquinas y herramientas requieren de un análisis tanto de los factores de forma, materiales, esfuerzos, consideraciones de producción y todos aquellos factores que permitan que las simulaciones virtuales que se generan en estos paquetes de computo resulten en la mejor planeación de los recursos hasta llegare al prototipo final, con un resultado que demuestre un grado de certeza entre lo diseñado y lo idealizado muy cercano.

Debe tenerse pues la idea que estos sistemas están insertados en el ámbito de la Automatización Industrial y mas precisamente hablando en la Automatización Programable y/o Flexible en virtud del bajo volumen de piezas que las maquinas que aceptan los programas generados por estos sistemas, son capaces de desarrollar y por que en contrapartida a lo anterior, la posibilidad de poder realizar piezas especiales de diseños caprichosos

Así pues los paquetes de Sistemas de Manufactura por Computadora (CAM por sus siglas en ingles) arrojan como resultado programas denominados en Lenguaje de Control Numérico mismos que son la alimentación e instrucciones para maquinas compatibles por medio de cintas magnéticas, disquete o en su caso realizándolo en línea por medio de cable Rs-232 acerca de la información que en las etapas de diseño se generan, así como su correspondiente ruta de herramienta, o camino que la herramienta de corte sigue para crear el maquinado deseado.

2.1 Conceptos básicos de Control Numérico.

La siguiente cuestión a resolver es la definición misma del Control Numérico

Podemos definir el Control Numérico como un programa compuesto a partir de Códigos a base de números y letras que, mediante un orden previamente establecido puede dirigir y posicionar las operaciones de una maquina automatizada que responde a este lenguaje.

El Control Numérico Computarizado es el posicionamiento y automatización de todas las acciones de una maquina por medio de una misma que controlara los movimientos de los carros y cabezales, la velocidad de avance y corte, los cambios de herramienta y de piezas que en su caso se estén realizando y las condiciones generales de funcionamiento de la maquina tales como el encendido y apagado de refrigerante.

La historia del Control Numérico se remonta a finales de la década de los 40's, donde John Parsons diseñó un sistema para manufacturar superficies curvas como las secciones de las alas de aeroplanos a partir de definir en tarjetas perforadas un gran numero de agujeros para con ellos dar la forma aproximada de esos perfiles. A partir de aquí, la industria militar se mostró interesada y contrato a la compañía de Parsons para aplicar estas ideas en diseños de la Fuerza Aérea. De allí Parsons subcontrato el trabajo al laboratorio de Servomecanismos del Instituto Tecnológico de Massachussets, quien respondiendo a la inquietud de poder cambiar los diseños y la fabricación de elementos para la industria militar hacia sistemas más flexibles, automatizo por primera vez un Centro Vertical Cincinnati en 1952 y a partir de allí se empezó a acuñar el termino de Control Numérico. Claro que en esa época la conformación de los dispositivos de computo con maquinas herramientas eran bastante robustos y fue en medida de la evolución de la computadora que estas instalaciones se integraron de manera espectacular hasta poder crear verdaderos centros de fabricación y manufactura.

2.2 Ventajas y desventajas del Control Numérico.

La tecnología de Control Numérico aplicada a la industria metal mecánica nos presenta las siguientes ventajas:

Reduce los tiempos de fabricación: los tiempos de operación en los maquinados de las piezas son los óptimos de acuerdo a la selección de material y de herramienta: los tiempos de ajustes (set uP) son menores, por que previo a las operaciones simuladas, deben preverse las herramientas y las trayectorias mejores de corte, reduciendo igualmente los cambios de herramientas y de piezas.

Las operaciones tienen mejor precisión y repetibilidad

Los sistemas son más flexibles y adaptables con otras tecnología, pudiendo realizarse ajustes a los diseños y en su caso cambios completos de los mismos, así como sincronizar y trabajar con otros sistemas automatizados.

Las herramientas son mejor utilizadas por los cálculos automáticos que se realizan en los paquetes CAM

.Algunas de las desventajas tiene que ver con la alta inversión inicial, por lo que en nuestra localidad es difícil que existan talleres especializados que cuenten con este tipo de maquinas herramientas. Igualmente los costos de mantenimiento se elevan por que deben incluir lo referente a los controles, servomotores y sensores que estas maquinas tienen.

La clave del éxito del control numérico es su flexibilidad y su productividad con respecto al equipo convencional, de hecho se considera que en los Estados Unidos el 80 % del gasto que se realiza en maquinas herramientas se refiere a equipo de Control Numérico. Aunque el maquinado es la aplicación mas popular, también se ha tenido éxito en maquinas de inspección, prensadoras, soldadoras y cortadoras láser, etc. Igualmente hoy en día podemos hablar que dichas maquinas tienen precisión de ± 0.00035 plg.; velocidad del husillo de 25,000 rpm o mas; velocidades de operación de maquinado de 400 plg por minuto.*

Como se menciona las maquinas de control numérico son mas efectivas en numero de componentes de lotes chicos o medianos que requieran un amplio rango de operaciones y/o con tolerancias estrictas. Igualmente si se requieren de herramientas especiales, dispositivos de sujeción, localización y arreglos, las maquinas de Control Numérico tienen ventajas adicionales porque los trabajos de preproducción y de ajustes (Set Up) son mas eficientes. Asimismo, las maquinas de Control Numérico ayudan a mejorar el tiempo efectivo de operación en virtud de que las estadísticas indican que el tiempo de maquinado y remoción de material de las piezas en maquinas convencionales suele ser en promedio del 40 % y en piezas de particular dificultad hasta el 10%. Sin embargo en maquinas de Control Numérico este tiempo excede el 70 % en virtud de los cambios rápidos de herramientas y el posicionamiento rápido al punto de trabajo

Esto trae por consecuencia la mejora en el Tiempo Líder de Manufactura (Manufacture Leading Time, por sus siglas en ingles), el eficiente uso de las herramientas y por lo tanto su mayor durabilidad debido al mejor control sobre la velocidad de alimentación y giro, mejora de la precisión, la reducción del desperdicio (scrap), menor retrabajo, cambios rápidos de diseño etc.

2.3 Maquinas de Control Numérico.

Así pues debe quedar claro que las cuatro variables principales son productividad, rapidez, precisión y velocidad. Las maquinas de control numérico más usadas son:

- Tornos
- Taladradoras
- Centros de Maquinados
- Fresadoras

Las unidades de control o computadoras con que vienen equipadas tienen sensores que permiten manipular de manera electrónica los movimientos de las máquinas, sus servomotores, etc., de allí que en términos generales los tableros de estas unidades cuentan con teclado de acceso directo de instrucciones y programas, edición en línea, botones de arranque de ciclo y para, monitor o pantalla, perillas de porcentajes de avance real, pedestal para manipular la máquina, botones para movimiento de ejes, etc.

En la siguiente fotografía se aprecia un centro de maquinado vertical los cuales además de la unidad de control (la cual se ve enfrente) cuentan con un almacén o carrusel de herramientas y en un momento dado pueden contar hasta con 5 ejes o grados de libertad del mismo, recordando que en general sus movimientos básicos se dan en los tres ejes cartesianos. Asimismo cuentan con un tanque y bombas de lubricantes para enfriar la herramienta y remover la rebaba que en su caso se este produciendo.



2.4 Códigos de Control Numérico.

Los programas de control numérico es una lista secuencial de instrucciones de maquinado que serán ejecutadas por la máquina de Control Numérico. A las instrucciones se les conoce como códigos de CNC las cuales deben contener toda la información requerida para lograr el maquinado de la pieza.

Los códigos G se refieren en esencia a funciones de movimiento de la máquina y de la herramienta en lo referente al maquinado (la remoción de material por el movimiento relativo entre pieza y material). Los códigos M se refieren a

funciones misceláneas que se requieren para el maquinado de piezas pero no son propiamente movimientos de la maquina.

Los códigos G normalmente van acompañados por otros códigos que lo direccionan o complementan, por ejemplo:

N	Numero de bloque
G	Función preparatoria
X	Coordenada en eje X
Y	Coordenada en eje y
Z	Coordenada en eje Z
I	Localización del centro de un arco en X
J	Localización del centro de un arco en Y
K	Localización del centro de un arco en Z
S	Velocidad del husillo
F	Velocidad de corte o alimentación
R	Radio de un arco

Los códigos G más utilizados son:

G00: Es un código de interpolación lineal que se posiciona en el punto que se le indique de acuerdo a los códigos de coordenadas que le pueden acompañar (X, Y y Z). Este código normalmente mueve los ejes simultáneamente de manera tal que se alcance la posición gracias a la velocidad que preestablecida por el fabricante, le permita.

Los códigos G más utilizados son:

G00: Es un código de interpolación lineal que se posiciona en el punto que se le indique de acuerdo a los códigos de coordenadas que le pueden acompañar (X, Y y Z). Este código normalmente mueve los ejes simultáneamente de manera tal que se alcance la posición gracias a la velocidad que preestablecida por el fabricante, le permita.

G01: Es un código de interpolación lineal que utiliza el código F. Con el se alcanzan las posiciones indicadas (por X, Y y Z) a una velocidad controlada (plg/min o mm/min), siendo por esto que se utiliza para operaciones de corte.

G02: Es un código de interpolación circular (cortes en arco de radio R) en sentido de las manecillas del reloj.

G03: Idéntico al anterior, pero el corte en arco esta dado en sentido inverso a las manecillas del reloj.

G17: Es un código de selección del plano en el cual se trabajaran las coordenadas o las compensaciones de las herramientas. En este caso el plano es el XY.

G18: Idéntico al anterior, pero el plano seleccionado es el ZX.

G19: Idéntico al anterior, pero el plano seleccionado es el YZ.

G20 / G21: Los datos de entrada están en plg. / mm. respectivamente

G40: Código de cancelación de compensación lateral de la herramienta.

G41: Código de compensación a la izquierda de la trayectoria de corte. La compensación se refiere a un desplazamiento de la herramienta un radio a la izquierda de la trayectoria. Viene acompañado por el código D y el número de herramienta.

G42: Código de compensación a la derecha de la trayectoria de corte. La compensación se refiere a un desplazamiento de la herramienta un radio a la izquierda de la trayectoria. Viene acompañado por el código D y el número de herramienta.

G43: Código de compensación de la altura (longitud) de la herramienta, acompañada normalmente por el código H y el numero de la herramienta. En este caso la herramienta se desplaza una distancia igual a la longitud de ella misma, antes de la distancia de profundidad (en Z) que se pretenda alcanzar.

G49: Código de cancelación de compensación de la altura de la herramienta.

G54 / 59: Coordenadas de trabajo (seis posiciones posibles)

G80: Código de cancelación de ciclos preprogramados o enlatados.

G81-89: Códigos diversos de ciclos preprogramados.

G90 / G91: Datos de entrada en dimensiones absolutas e incrementales respectivamente.

G98 / G99: Retracción de herramienta al plano inicial (posición anterior en Z) / retracción de herramienta a distancia indicada.

Los códigos M más utilizados son:

M00: Parada de programa.

M02: Fin de programa, siendo que con esta opción, en términos generales se para también el husillo, la alimentación y el refrigerante.

M03: El husillo enciende para girar en sentido de las manecillas del reloj.

M04: El husillo enciende para girar en el sentido contrario a las manecillas del reloj.

M05: Paro del husillo (apaga)

M06: Cambio de herramienta.

M07 / M08: Encendido del refrigerante en flujo o atomizado respectivamente.

M09: Apagado del refrigerante.

M30: Termina programa con reembobinado.

2.5 Recomendaciones Generales para programas de Control Numérico.

Una parte primordial al elaborar los programas de control numérico es que deben empezar con bloques o líneas iniciales en las cuales contengan las instrucciones que prepararan a la maquina para la tarea de maquinado que se propone.

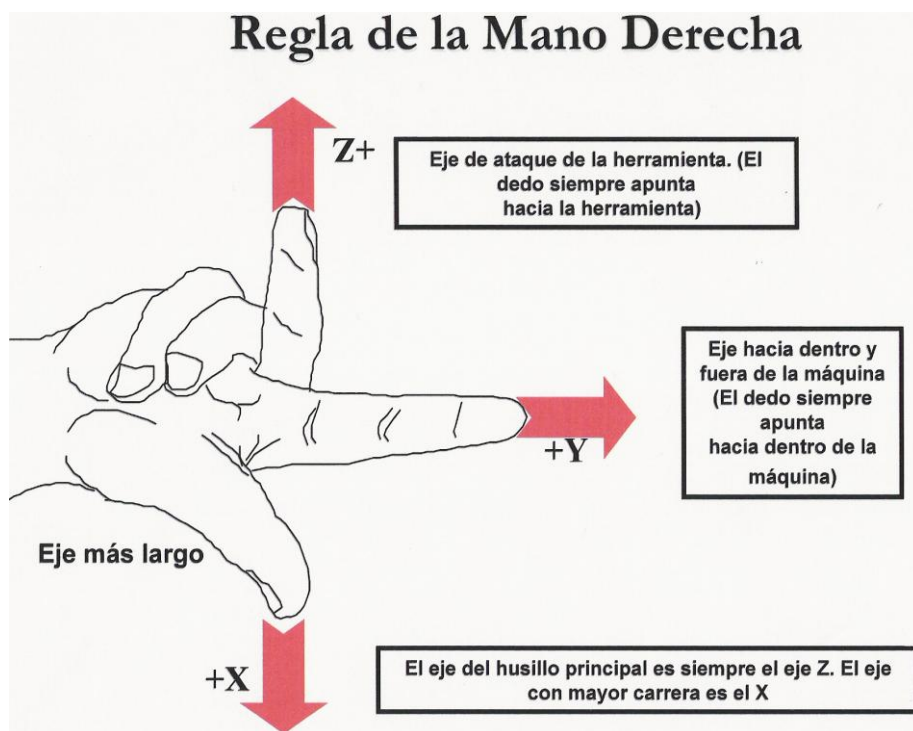
Recomendaciones adicionales serian el que los códigos G en general son códigos de modalidad es decir una vez que se seleccionan en una línea o bloque quedan activado líneas abajo. Igualmente, se agrupan dependiendo de la instrucción que se este realizando. Así pues, los códigos de modalidad solo pueden ser desactivados, cuando un código de su mismo grupo o especialidad lo sustituye líneas abajo.

Asimismo pueden estar varios códigos G en la misma línea o bloque, siempre y cuando no sean del mismo grupo.

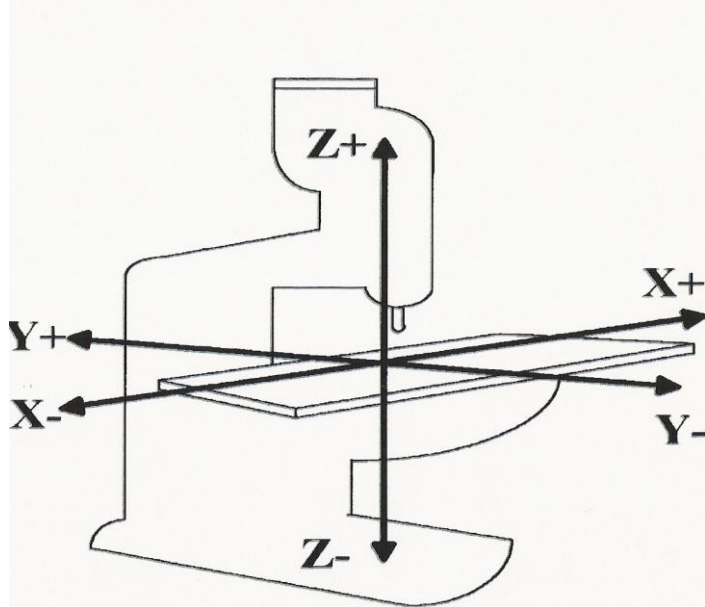
Por otra parte los Códigos M, también son códigos de modalidad pero en este caso, para prender o apagar sistemas o auxiliares de las operaciones de maquinado. Hay que tomar en cuenta que solo puede estar activarse o desactivarse en una línea o bloque un código M a la vez.

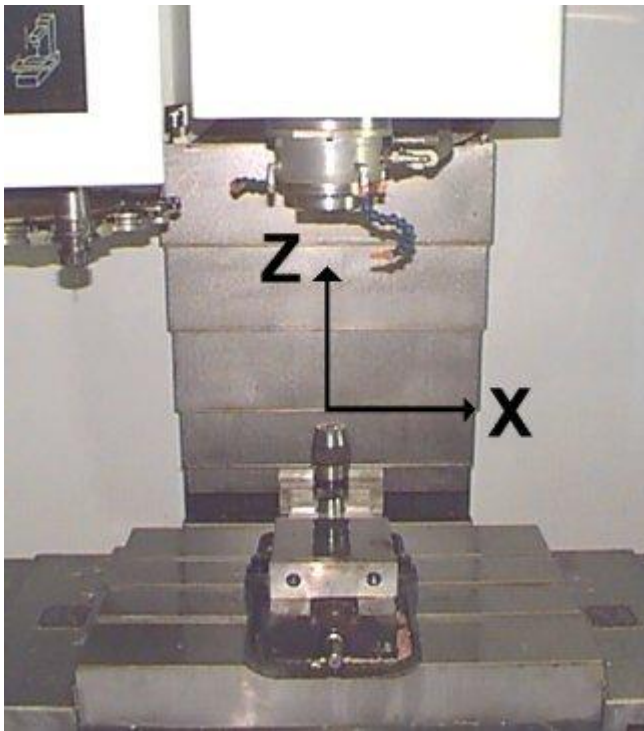
Es importante señalar que los movimientos de los ejes de las maquinas están referenciados a los ejes coordenados, por lo que es importante saber como se

consideran positivos los ejes en su dirección y/o sentido. Para ello se utiliza la Regla de la mano derecha de acuerdo al siguiente grafico.

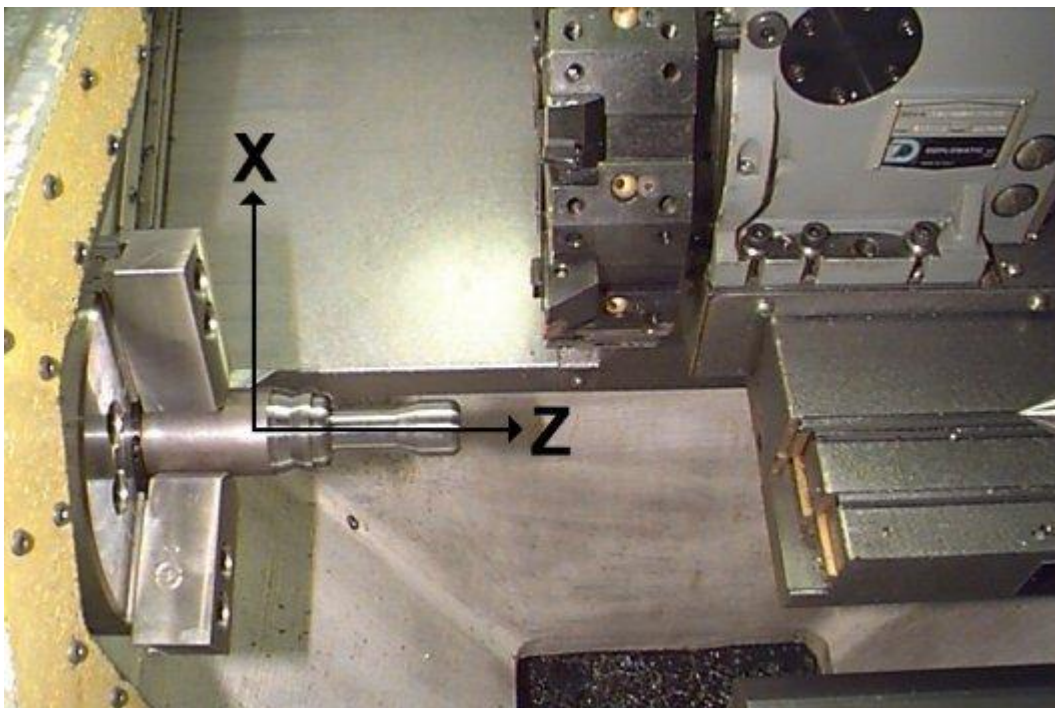


EJEMPLO PARA MAQUINAS VERTICALES





EJEMPLO PARA TORNOS



2.6 Semblanza de Programación de Maquinas de Control Numérico.

Para la programación de las maquinas se tiene que en los tableros de control de las mismas existe la posibilidad de acceder directamente en la maquina de Control Numérico a efecto de introducir los datos de manera manual (Manual Data Input), sin embargo básicamente la utilización de esta opción se restringe al Ajuste y puesta a punto de la maquina (Set Up). Es por ello que las acciones que se han tomado por parte de los fabricantes es hacer extensiva las opciones de ciclos preprogramados o enlatados, así como la posibilidad de utilizar subprogramas o ciclos anidados. Igualmente se tiene la posibilidad de utilizar opciones como programas conversacionales en donde en esencia el sistema computarizado pregunta en pantalla varios datos de entrada iniciales, con respecto a la herramienta, el material, la parte etc., así como el movimiento de la herramienta que se selecciona de opciones tales como lineal y circular, con adicionales en rutinas ya programadas.

Hoy en día la programación manual se refiere a escribir por separado y en formato de palabras (números y letras direccionados), para en su caso estar en posibilidad de accederlo manualmente a la maquina. Y es en esta parte que la forma mas ampliamente usada es la que sugiere la norma ANSI/EIA RS-274-D, 1980.

Por otro lado tenemos los denominados sistemas CAD/CAM (Computer Aided Design, Diseño Asistido por Computadora / Computer Aided Manufacturing, por sus siglas en ingles), en donde la tecnología CAD es el fundamento para una amplia variedad de utilidades amplias en ingeniería, dibujo, análisis y actividades de manufactura, siendo que de manera usual es en la fase de diseño en donde se analiza y optimizan las ideas y dibujos iniciales, creando dibujos mecánicos de partes y ensambles y la generación de programas de Control Numérico que controlen las operaciones de maquinados. Cuando una parte se ha diseñado con CAD, este se pasa a un programador de partes que desarrolla un programa para maquinar los componentes ya sea manual o directamente en la pantalla grafica de la computadora, esta operación básica se reserva para la parte denominada CAM de tal manera que gracias a las mejoras que los sistemas tienen en estos momentos, se han simplificado los procesos para lograr que los pasos de diseño, análisis, simulación y manufactura se integren adecuadamente, siguiendo un proceso en el cual el dibujo en CAD es una representación grafica de datos geométricos de la parte que forman un archivo de dibujo (tipo Base de Datos). Esta Base de Datos del dibujo contiene un listado de entidades (líneas, arcos, etc.) e información que es coordinada para construir el dibujo en CAD.

Aunque en sus inicios el desarrollo del CAD tuvo poco efecto y/o relación con el Control Numérico debido a las diferentes capacidades y formato de archivos usados por los respectivos programas de dibujo y de maquinado, ahora las

aplicaciones CAD incorporan inteligencia CAM y las aplicaciones CAM adoptan herramientas de dibujo sofisticadas convirtiéndose en paquetes de computo denominados CAD/CAM. Básicamente los paquetes CAM utilizan las herramientas CAD para describir las geometrías en una forma que pueden ser extraídas por el CAM para definir una ruta de herramientas que direcciona el movimiento de una maquina herramienta semejando la misma forma que el dibujo de donde se extrajeron los datos de las entidades que lo forman. Es por ello que los archivos entre paquetes CAD no son 100 % intercambiables, aunque el formato denominado DXF es un buen traductor que es manejado por muchos paquetes de cómputo. Aun así se pierden algunos detalles e incluso información de l dibujo, en virtud de que cada producto o compañía presentan diferentes opciones.

2.7 Postprocesadores y aplicación para generacion de códigos.

Un postprocesador es un programa con el cual se convierten las rutas de una herramienta generada en un software CAM en programa estandarizado para un controlador de una maquina especifica CNC. Las variables que maneja un postprocesador son los valores que definen la posición para la herramienta, la velocidad, el numero de línea etc., las cuales son representadas dentro de la configuración como variables. Con ellas se establecen los valores numéricos y controles de código para cada movimiento o control. La variable [X] representa la posición real en el eje x para la herramienta en una coordenada de la ruta de herramienta, lo mismo sería para [Y] y [Z] .

Ejemplo:

Declaracion

```
FEED_RATE_MOVE = "X[X] Y[Y] Z[Z]"
```

si la posicion en valores relaes es

X = 12.3 Y = 4.56 Z = 7.89

se generaria la siguiente salida en el programa

X 12.3 Y 4.56 Z 7.89

Si la declaracion fuera asi

```
FEED_RATE_MOVE = "[Z] [Y] [X]"
```

la salida en en codigo seria:

Z 7.89 Y 4.56 X 12.3

El siguiente es un listado de declaraciones tipicas de un postprocesador.

[F]	Velocidad de Corte por defecto unidades/min
[FR]	Velocidad de Moviento rapidos unidades/mm
[FP]	Velocidad de entrada en unidades preestablecidas/mm
[FC]	Velocidad por defecto en unidades preestablecidas /mm
[N]	Numero de linea
[XH]	Posición de la herramienta en casa (home) X
[YH]	Posición de la herramienta en casa (home) Y

[ZH] Posición de la herramienta en casa (home) Z
 [RH] Posición de la herramienta en casa (home) angulo de rotacion.
 [S] Velocidad de Husillo en r.p.m
 [SZ] Z posicion de Seguridad en la ruta de herramienta
 [T] Numero de Herramienta
 [TP] Numero de Herramienta Previa
 [X] X coordenada de posicion de herramienta en unidades defacto
 [Y] Y coordenada de posicion de herramienta en unidades defacto
 [Z] Z coordenada de posicion de herramienta en unidades defacto

[R] Angulo en grados para un eje rotatorio
 [XMIN] Minimo valor de x
 [YMIN] Minimo valor de y
 [ZMIN] Minimo valor de z
 [XMAX] Maximo valor de x
 [YMAX] Maximo valor de y
 [ZMAX] maximo valor de z
 [TOOLDESC] Descripcion de herramienta
 [PATHNAME] Nombre del archivo de la ruta de herramienta
 [FILENAME] Nombre del archivo postprocesado

Las Variables pueden controlar por defecto el numero decimales, factor de escala, el valor por defecto puede establecerse en el archivo de configuracion y por lo tanto en las diferentes especificaciones se asignaran por defecto.

Una especificacion de una variable tiene el siguiente formato:

- [V|O|S|F|m]
- V = Nombre de la Variable e.g. X o ZH.
- S = Caracter para imprimir antes de la salida a codigo.
- O = se pone @ si el valor es siempre de salida o # solamente en salida si el valor cambio en una asignacion anterior
- F = Formato de cadena. Controla el numero de decimales.
- m = Factor Escala – numero de punto flotante con el se escala cuando el foramto es aplicado

[V|O|S|F|m]

Variable	X=12.345	X=12.345	X=34.567
[X @ X 1,3]	X12,345	X12,345	X34,567
[X # X 1,3]	X12,345		X34,567
[X @ X 07.2]	X0012.35	X0012.35	X034.57
[X @ 1.0 10.0]	123	123	346

Asignaciones Globales

- Estas son asignaciones con los cuales se tienen una salida de acuerdo a la configuracion del postprocesador

Categorias.

- Descripcion

Especifica el nombre descriptivo con el cual aparecera de acuerdo al postprocesador seleccionado y su aplicación.

Todas las descripciones incorporan la extensión por defecto entre parentesis al final. Adicionalmente si las versiones estan en mm o pulg debera indicarse en la descripción:

Descripción = "G-Code (inch) (*.tap)"

Asignaciones Globales

Extensión de Archivo

Este especifica la extensión usada por el archivo creado con el postprocesador seleccionado

- FILE_EXTENSION = "tap"

Asignaciones Globales

- Numeración de líneas

Con esta asignación se controla la secuencia de números de línea en el programa de salida

Los números de línea usan la variable [N] y el formato de salida es establecido por la variable.[N]

LINE_NUM_START = optional

Con esta asignación se especifica el número de valor de facto

- LINE_NUM_START = 10
- Velocidad de Movimiento Rápido
- Con esta asignación se establecen los movimientos de posicionamiento tomando por defecto el valor de la velocidad máxima permitida por la máquina CNC
- Para los controladores Fanuc el movimiento rápido se establece con los códigos G00
- RAPID_FEED_RATE = optional
- End of line: esta asignación nos permite dar formato a la terminación de línea la cual debe contener
- END_OF_LINE = optional
- *Example*
- END_OF_LINE = "[13][10]"

Se indica retorno de cursor y avance en línea de programa para cada terminación de línea en el formato texto para sistema DOS.

Start of file

- El inicio de todo programa CN es fundamental la asignacion de controles que asignan por defecto varias funciones , controles de compensacion y variables de trabajo
- START = optional

Ejemplo de la informacion de salida producida por un archivo.

- *Example for FANUC control*
- START = "%"
- START = ":1248"
- ; reestablece posiciones home
- START = "N[N]G91G28X0Y0Z0"
- ; cancela codigos preprogramados especifica plano de trabajo,y compesadoresl
- START = "N[N]G40G17G80G49"
- ; Selecciona la primera herramienta de la posicion indicada carrusel de herramientas
- START = "N[N]T1M6"
- ; establece la direccion de yrbajo especifica
- START = "N[N]G90G54"
- ; Presenta la herramienta en posicion relativa al Z0 de la pieza
- START = "N[N]G43[HZ|@|Z|1.3]"
- ; Da moviento rapido al primer punto de inicio de corte.
- START = "N[N]G0[XH|@|X|1.3][YH|@|Y|1.3][S|@|S|1.0]"
- LINE_NUM_INCREMENT = 2
- Incrementa la numeracion de la linea en el valor indicado en este caso en 2
- %
- :1248
- N10G40G17G80G49
- N12T1M6
- N14G90G54
- N16G43Z10.000
- N18G0X0.000Y0.000S12000
- Feed rate tool moves
- La velocidad de avance se establece con:
- FEED_RATE_MOVE
- FIRST_FEED_RATE_MOVE
- Ejemplo:
- Velocidad de avance 789.12 al inicio y despues movimiento por defecto
- X123.45 Y234.56 Z5.67
- X123.45 Y345.89 Z4.21
- FIRST_FEED_RATE_MOVE = "[N]G1[X|@][Y|@][Z|@][F]"
- FEED_RATE_MOVE = "[N][X][Y][Z]"

Salida

- N1226G1X123.450Y234.560Z5.670F789.1
- N1228Y345.890Z4.210

Movimiento rapido para posicionamiento

- RAPID_RATE_MOVE
- FIRST_RAPID_RATE_MOVE

Ejemplo para Fanuc

- FIRST_RAPID_RATE_MOVE = "[N]G0[X|@][Y|@][Z|@]"
- RAPID_RATE_MOVE = "[N][X][Y][Z]"

Salida

- N1226G0X123.450Y234.560Z5.670
- N1228Y345.890Z4.210
- Cambio de Herramienta
- TOOLCHANGE = optional
- Ejemplo FANUC

- TOOLCHANGE = "[N]G91G28Z0"
- TOOLCHANGE = "[N]G49H0"
- TOOLCHANGE = "[N]T[T]M6"
- TOOLCHANGE = "[N]G90G54"
- End of file
- END = optional
- Ejemplo FANUC
- ; regreso a punto de referencia en Z
- END = "[N]G28G91Z0"
- ; cancela compensador de herramienta
- END = "[N]G49H0"
- ; regreso a punto de referencia en XY
- END = "[N]G28X0Y0"
- Fin de programa
- END = "[N]M30"

Ejemplo:

- LINE_NUM_INCREMENT = 2
- N4798G28G91Z0
- N4800G49H0
- N4802G28X0Y0
- N4804M30

Postprocesador FANUC

- ;
- ; Fanuc configuration file
- ;
- ; History
- ;
- ; Who When What
- ; =====
- ; BEM 01/04/94 Written
- ; BEM 18/07/97 Added toolchange output
- ; bem 21/03/00 Added DESCRIPTION and FILE_EXTENSION fields
- ;
- DESCRIPTION = "Fanuc (*.fan)"
- ;

```

■ FILE_EXTENSION = "fan"
■ ;
■ ;
■ UNITS = MM
■ ;
■ ; Carriage return - line feed at end of each line
■ ;
■ END_OF_LINE = "[13][10]"
■ ;
■ ; Block numbering
■ ;
■ LINE_NUM_START = 0
■ LINE_NUM_INCREMENT = 10
■ LINE_NUM_MAXIMUM = 999999
■ ;
■ ; Set up default formatting for variables
■ ;
■ ; Line numbering
■ FORMAT = [N|@|N|1.0]
■ ; Spindle Speed
■ FORMAT = [S|@|S|1.0]
■ ; Feed Rate
■ FORMAT = [F|#|F|1.1]
■ ; Tool moves in x,y and z
■ FORMAT = [X|#|X|1.3]
■ FORMAT = [Y|#|Y|1.3]
■ FORMAT = [Z|#|Z|1.3]
■ ; Home tool positions
■ FORMAT = [XH|@|X|1.3]
■ FORMAT = [YH|@|Y|1.3]
■ FORMAT = [ZH|@|Z|1.3]
■ ;
■ ; Set up program header
■ ;
■ START = "%"
■ START = ":1248"
■ START = "[N]G91G28X0Y0Z0"
■ START = "[N]G40G17G80G49"
■ START = "[N]T1M6"
■ START = "[N]G90G54"
■ START = "[N]G43[ZH]H1"
■ START = "[N]G0[XH][YH][S]M3"
■ ;
■ ; Program moves
■ ;
■ FIRST_RAPID_RATE_MOVE = "[N]G0[X][Y][Z]"
■ FIRST_FEED_RATE_MOVE = "[N]G1[X][Y][Z][F]"
■ FEED_RATE_MOVE = "[N][X][Y][Z]"
■ ;

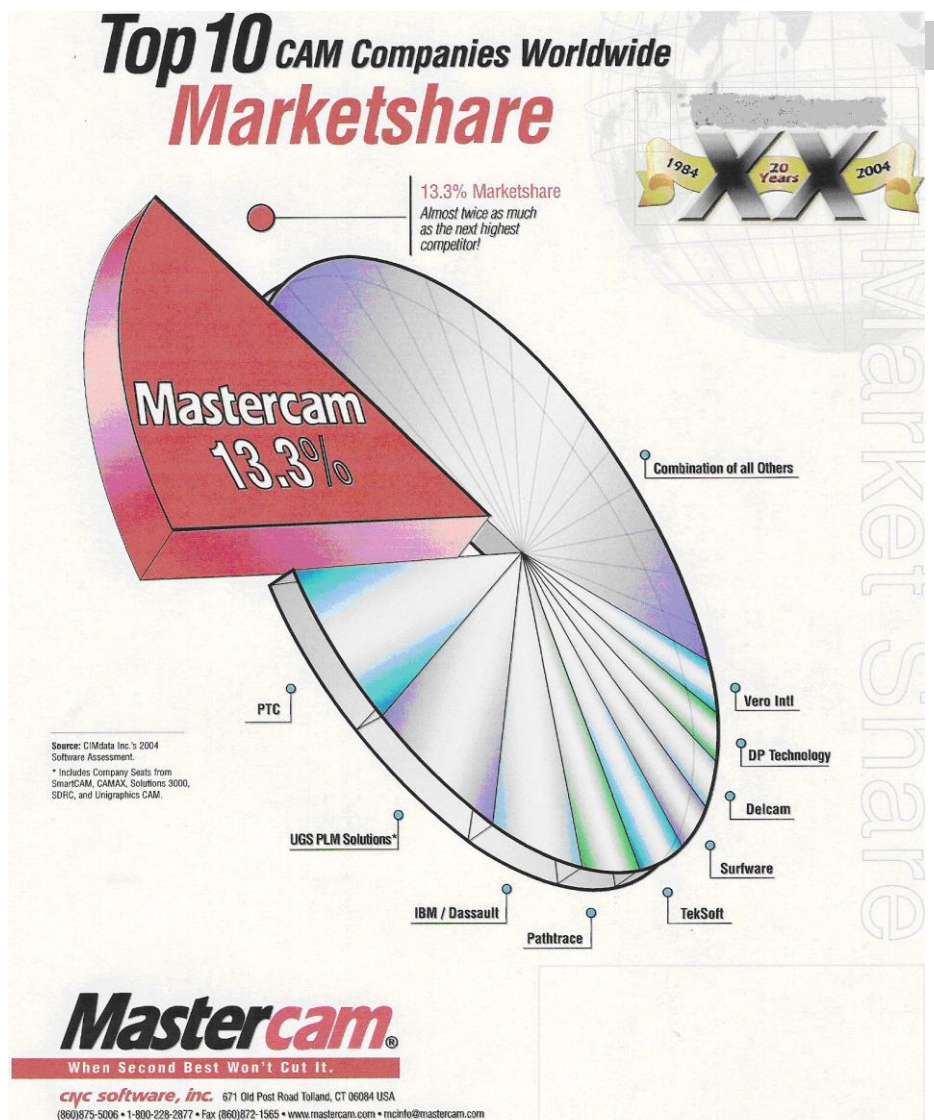
```

Capitulo 3

SISTEMAS CAM A UTILIZAR

El propósito del trabajo es poder hacer un comparativo del comportamiento de dos de los paquetes de computo especializados en Manufactura Automatizada por Computadora mas usados y hacer este comparativo desde la perspectiva de las coordenadas que utilizan para establecer las rutas de corte, pues es en esta medida que se da la calidad en las operaciones que se realizan y lo que identifica al tiempo de operación de las maquinas de Control Numérico.

Los paquetes a utilizar son MasterCAM versión 9.0 y Pro Enginner WildFire 2.0, lo anterior por que de acuerdo al siguiente grafico tienen bastante penetración dentro del mercado en la materia, tal como se muestra en la siguiente grafica. Igualmente los programas obtenidos se analizaran en el paquete de Cómputo Multi DNC.



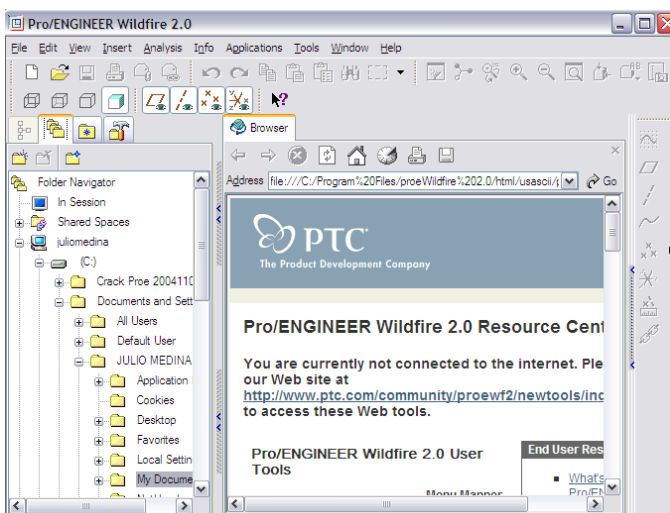
3.1 Procedimiento utilizado para realizar los ejemplos que se habran de analizar comparativamente.

El procedimiento general utilizado para la elaboración de los ejercicios que se proponen como base de comparación son los siguientes:

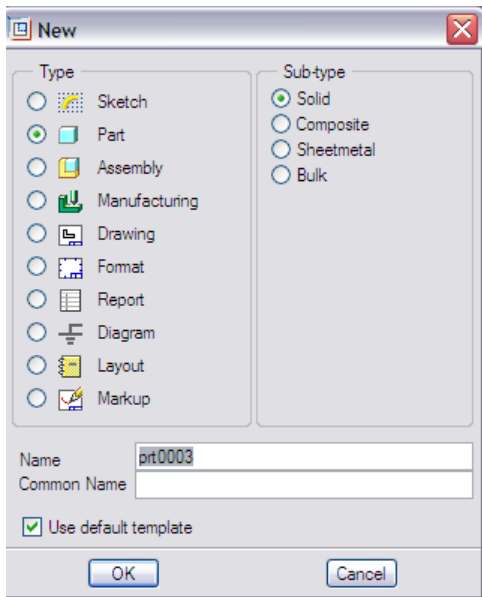
3.1.1 Para Pro Engineer



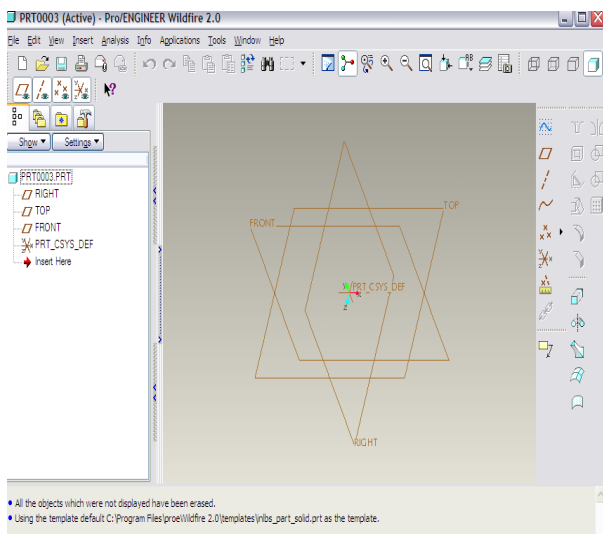
1. Una vez que se ingresa al programa, la pantalla inicial corresponde a la presentación del paquete. A partir de aquí se desplegará la pantalla de opciones principales que se dan por defecto, para el inicio del ejercicio.



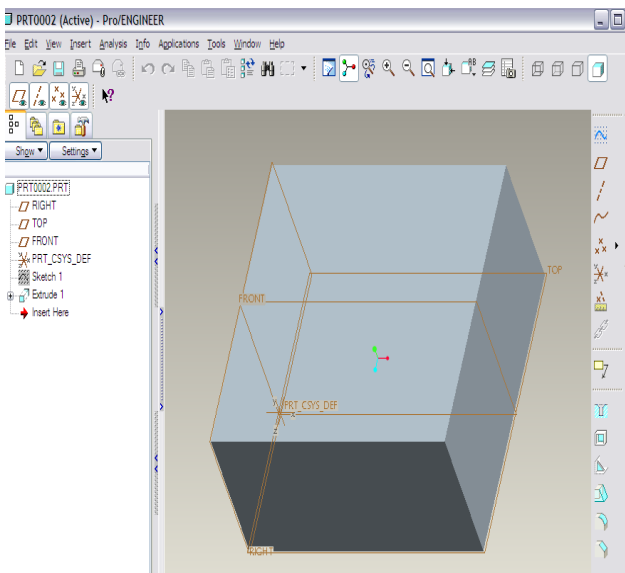
2. La pantalla de acceso inicial da la opción inicial de poder conectarse a la página de Internet de Pro Engineer. De allí se puede obtener tanto tutoriales, como ayuda en línea y ejemplos de aplicaciones en industrias e instituciones educativas.



3. Al entrar a la opción New del Menú Principal, la pantalla emergente nos da las opciones que se muestran. Se ingresa la opción Part, para empezar con el diseño inicial de la pieza.

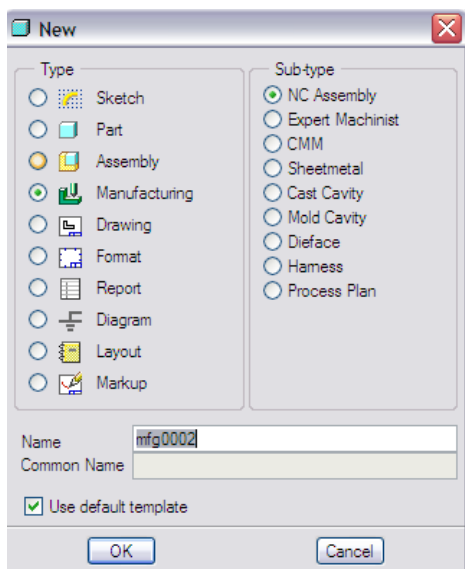


4. La presentación en la pantalla de dibujo nos indica los planos que por defecto presenta Pro Engineer, así como una pantalla vertical a la derecha, en donde nos mostrara el historial de las operaciones que se están ejecutando durante cada paso del proceso, a efecto de que, de ser necesario, se hagan las correcciones, mismas que estarán dadas en un ambiente parametrico.

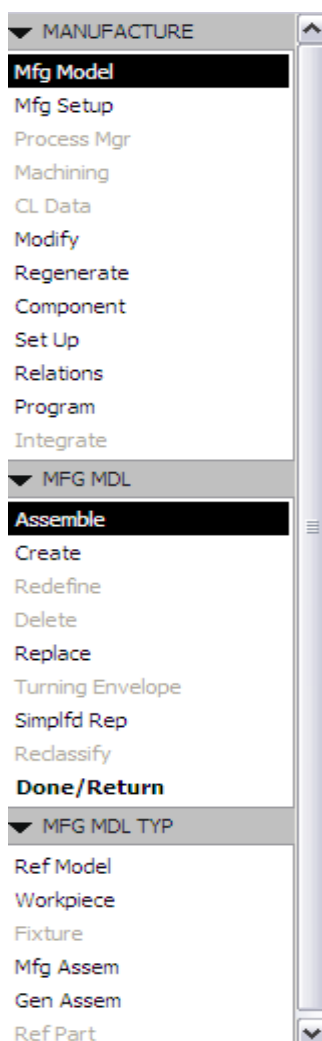


5. Al menos se indicaron dos planos de referencia (Front y Right), se realiza el dibujo en dos planos con la opción Sketch y posteriormente se extruye (Extrude), para formar el sólido tridimensional que se presenta. En este punto se puede declarar un origen de coordenadas del dibujo.

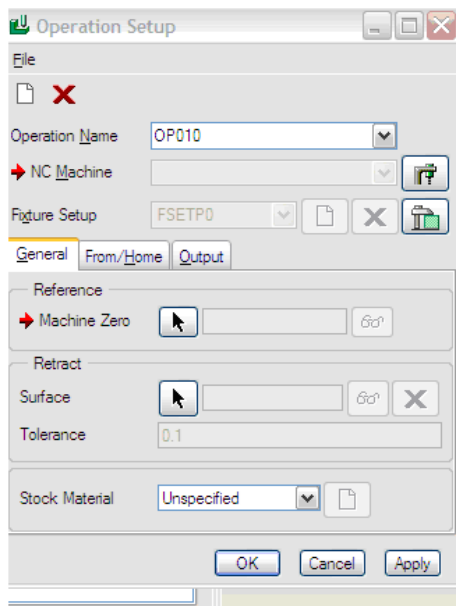
Después se la parte que se habrá de maquinar, en un procedimiento similar al señalado anteriormente.



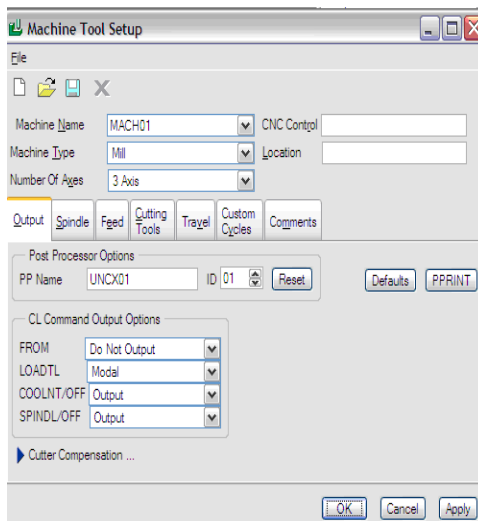
6. Estando ya listo el diseño de la Parte (Part) a trabajar, se cierra este archivo y se declara uno nuevo en el Menú Principal, tomando ahora la opción de Manufacturing, pues es en esta opción en que se sucederán los eventos que nos llevaran hasta la generación de códigos de control numérico.



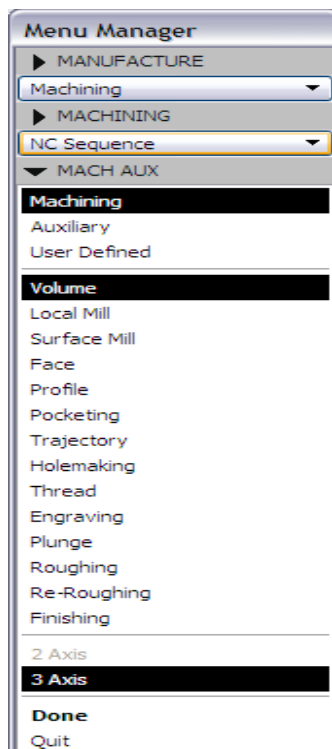
7. La parte elaborada anteriormente se ensamblara al modelo que se manufacturara con la opción elegida en el punto anterior. Esto se realiza con Mfg Model -> Assemble->Ref Model. Posteriormente. Se fijan las coordenadas de origen y se crea el Modelo de manufactura ya integrado con la opción Create-> Workpiece->Protusion.



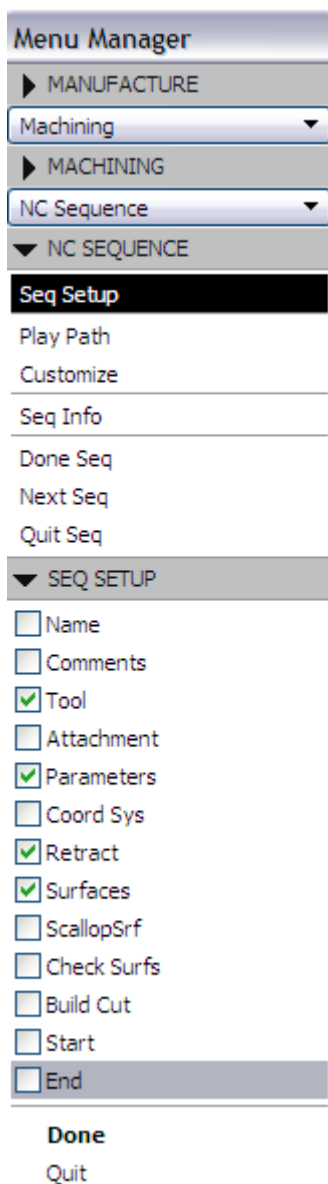
8. De la opción Mfg Setup se obtiene la siguiente pantalla, de la que se comenzaran a elegir propiamente parámetros del maquinado que se va a simular.



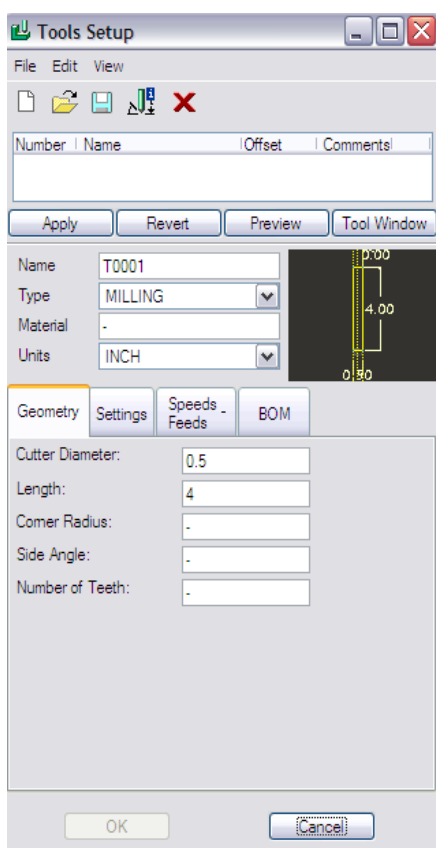
9. Al elegir el icono correspondiente a Machine Tool Setup, se darán las características de la maquina para la cual se realizara la simulación, en este caso una Fresadora de Tres ejes.



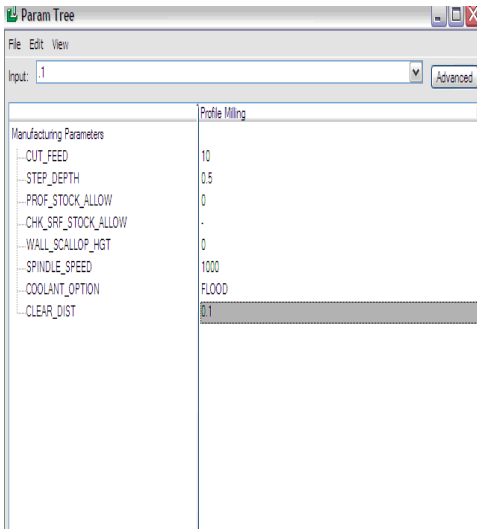
10. Para determinar el tipo de corte que se utilizara, se continua con la opción Machining->y se selecciona Profile para el contorno, Pocketing para la cavidad (esfera o circulo) y Holemaking para el barrenado.



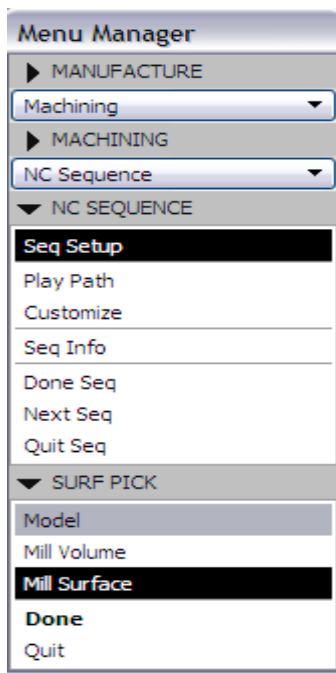
11. En seguida se despliega el menú correspondiente a las características que tendrá la secuencia del corte (SEQ SETUP), mismas que serán en la medida de lo posible, parecidas para los ejemplos con los que se va a trabajar, tanto para Pro Engineer como para MasterCam.



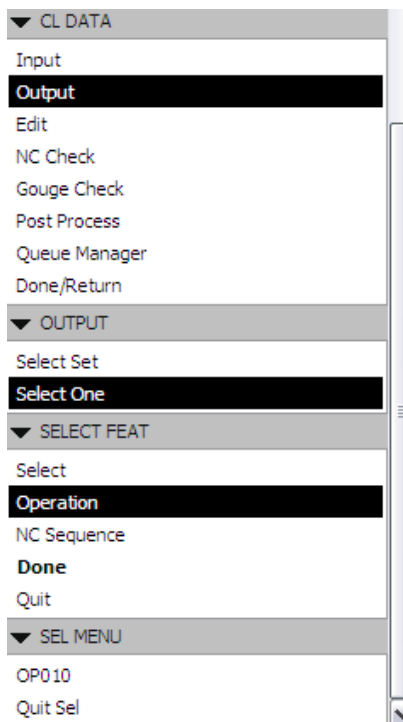
12. Las características de la herramienta son mostradas a continuación, mismas que igualmente serán comunes para ambos paquetes de cómputo.



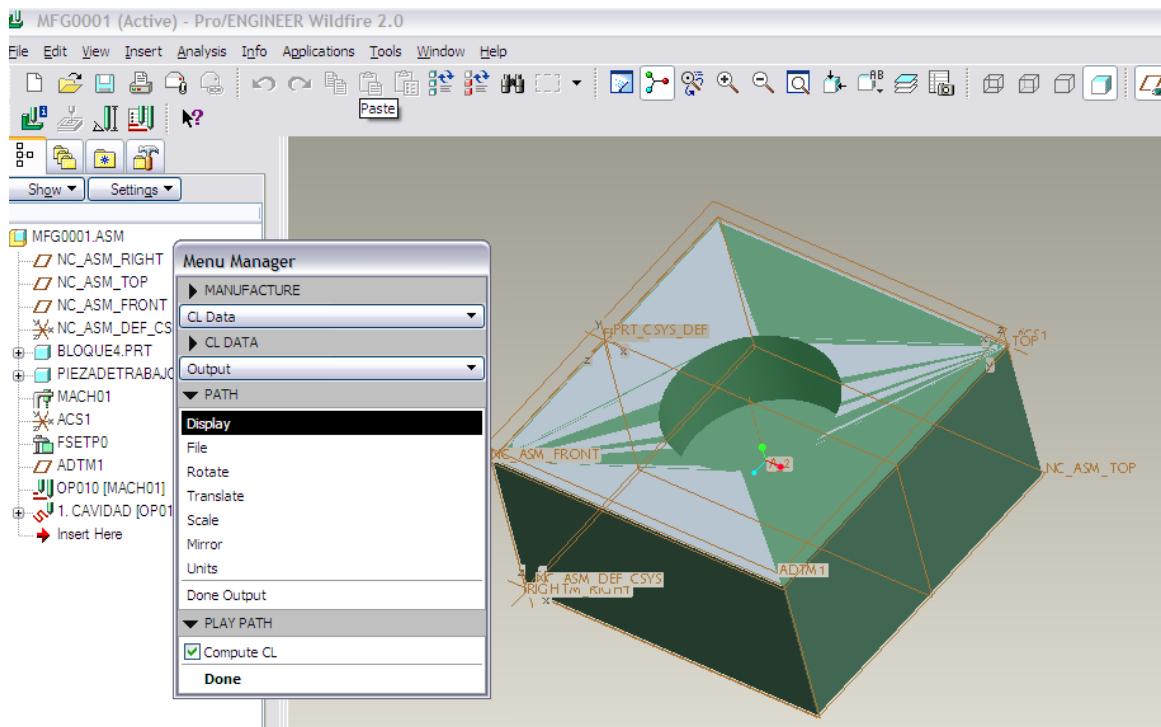
13. En esta pantalla se ingresan los valores de la secuencia. Por ejemplo, CUT_FEED es la velocidad de corte o alimentación, STEP_DEPTH es la velocidad de corte, SPLINDLE_SPEED es la velocidad del husillo, etc.



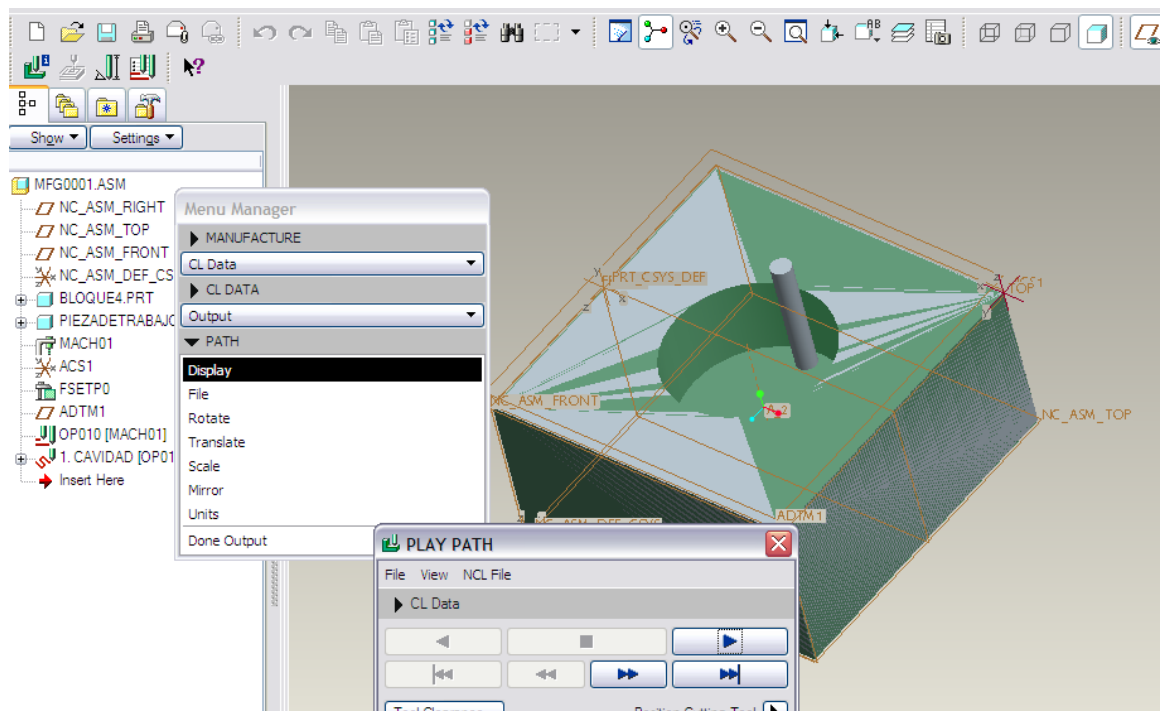
14. Se elige el tipo de superficie (o en su caso los barrenos u orificios, o el perímetro de contorno) según corresponda.



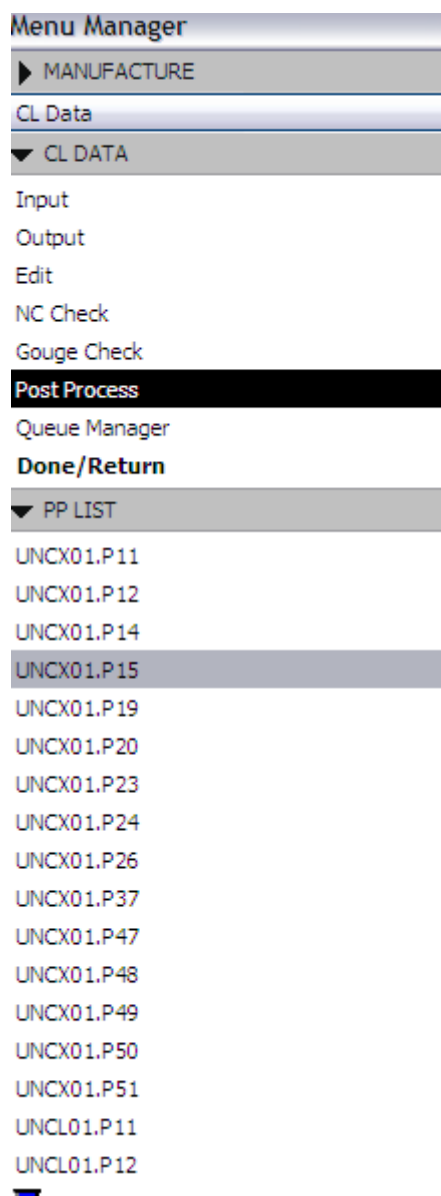
15. Con CL DATA->Operation, se selecciona la operación, para que el paquete asuma una representación de los datos que ingresamos, para el proceso de generación de la simulación y de los códigos de control numérico.



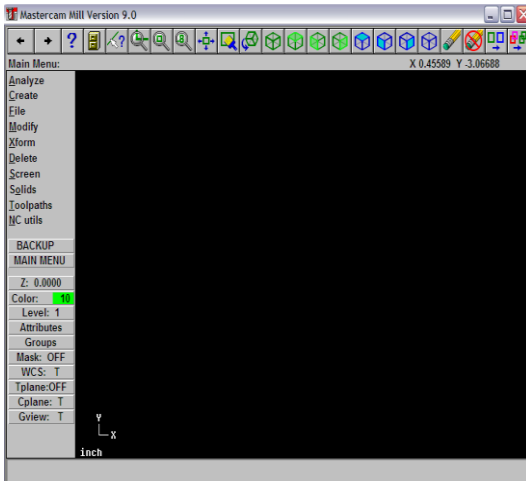
16. Al señalarse la operación se selecciona Compute CL, para con ello que el postprocesamiento de las coordenadas de las entidades que están dentro de nuestro diseño se realicen, de manera que se conviertan en códigos de control numérico.



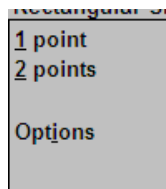
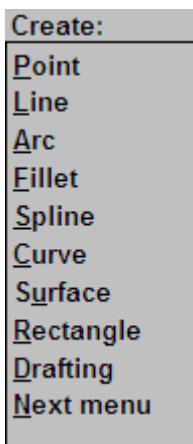
17. Por ultimo se graba en la pantalla de PLAY PATH, la secuencia en caso de aceptar la simulación del corte que se realiza y se selecciona el Post procesador que corresponda del siguiente listado. El programa creara un archivo TAP para observar en texto el programa de control numérico que se genero.



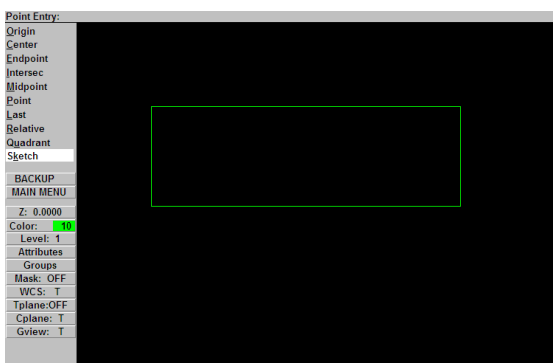
3.1.2 Para MasterCam



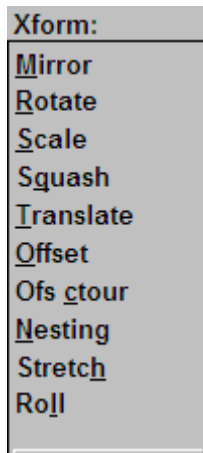
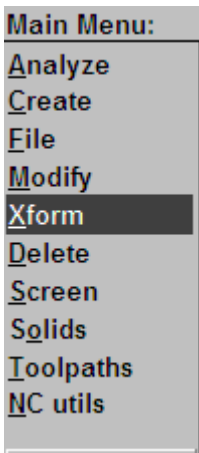
1. En el caso de MasterCam, la pantalla de dibujo es mostrada a continuación, en ella se diseñara los ejemplos a comparar, dando aquí un ejemplo resumido.



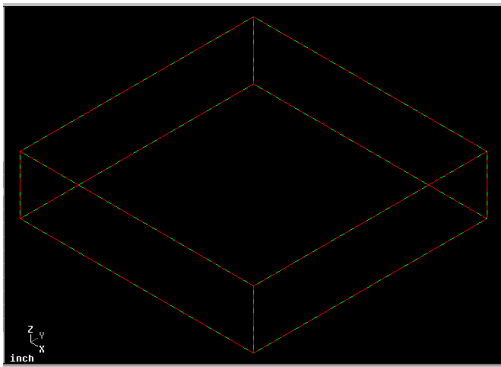
2. Del Menú Principal, se selecciona Create-> Rectangle 2 points, mismo que resultara en una acción directa sobre la pantalla de dibujo.



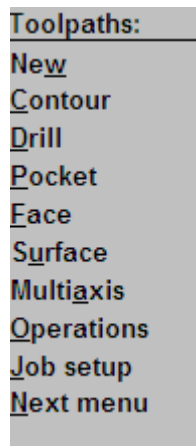
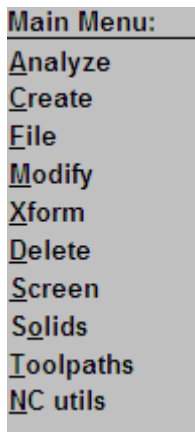
3. A partir de aquí y directamente se formara el elemento tridimensional,



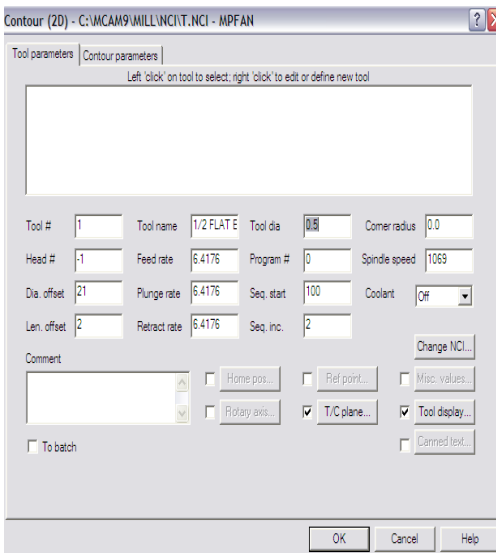
4. Lo anterior se realiza con la opción Xform del menú principal, Translate y se le indica que profundidad Z (o ancho de la parte) se desea.



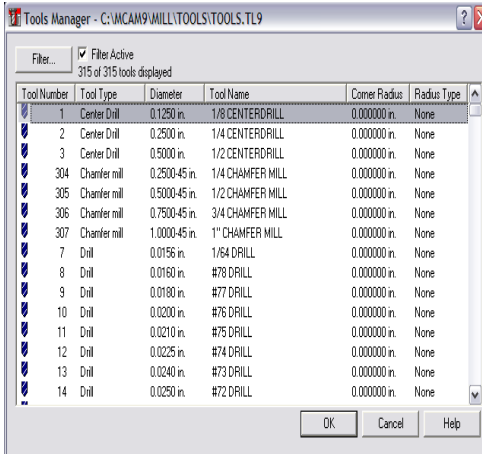
5. A partir de aquí se utiliza la opción Menú principal ->Toolpath y se selecciona la operación que se vaya a realizar.



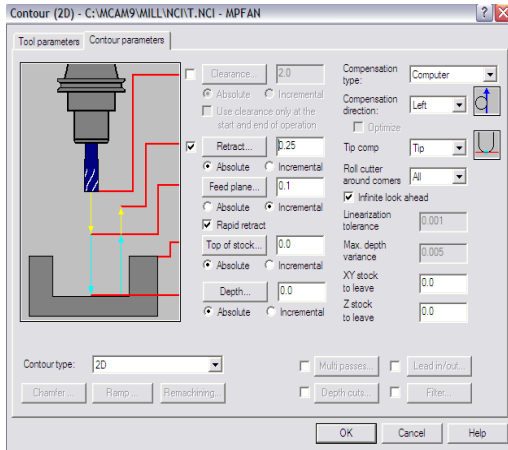
6. Por ejemplo Contourn es el contorno o perímetro, Drill es el barrenado y Pocket es la cavidad...



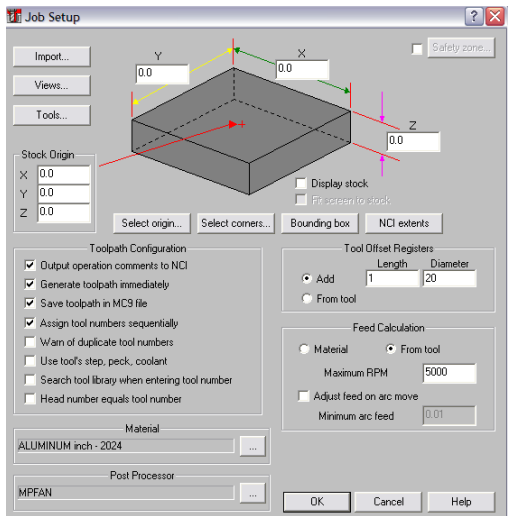
7. A continuación aparece la pantalla en donde se dará de alta la herramienta a utilizar, las velocidades de alimentación y de penetración, el refrigerante, etc.



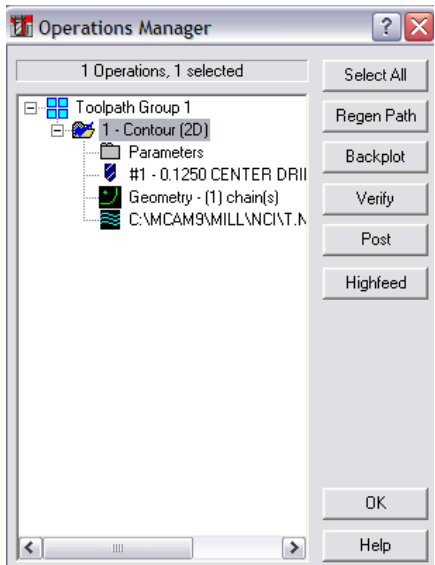
8. En el caso de la librería de herramientas que aparece en MasterCam, se seleccionara la misma que se eligió para ProEngineer.



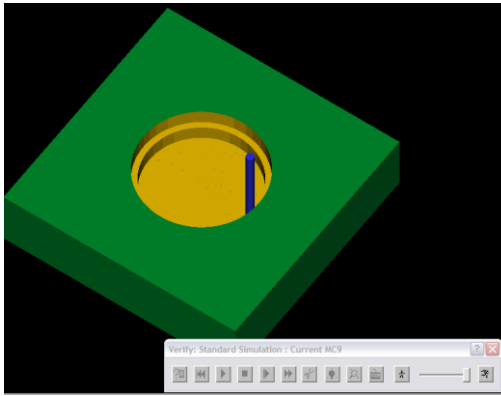
9. Las características del corte, tales como profundidad, compensación y alturas de referencia se darán en esta pantalla.



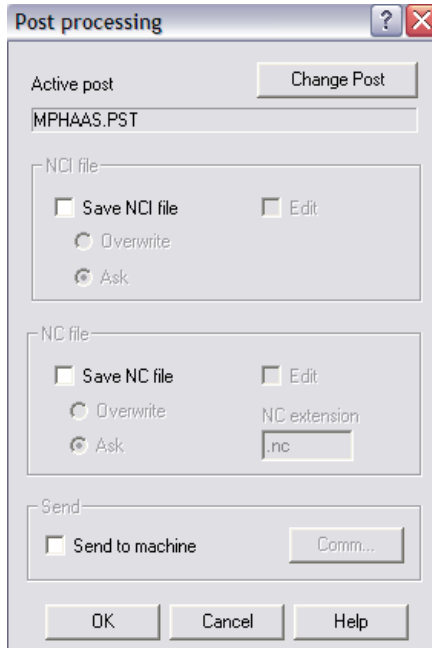
10. Se volverá a la pantalla de Toolpath, y elegirá Job setup, para elegir las características del tamaño del molde en donde se pretende maquinar.



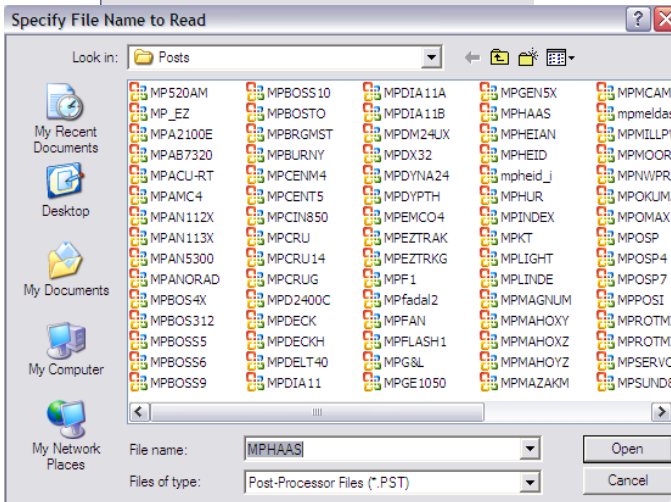
11. Posteriormente se elige la ventana Operations y se toma la opción Verify, lo que desplegara la pantalla de simulación,



11. Aquí se toma la opción Play para observar la simulación.



12. Una vez determinada la aceptación de la simulación, se vuelve al administrador Operation, y se selecciona Post, esto desplegará una pantalla donde se seleccionará el Postprocesador que se haya de utilizar, posteriormente se eligen las ventanas de Save NCI file, lo cual compila las coordenadas de las entidades que se están maquinando y posteriormente Save Nc file y Edit, para obtener el programa de Control Numérico.



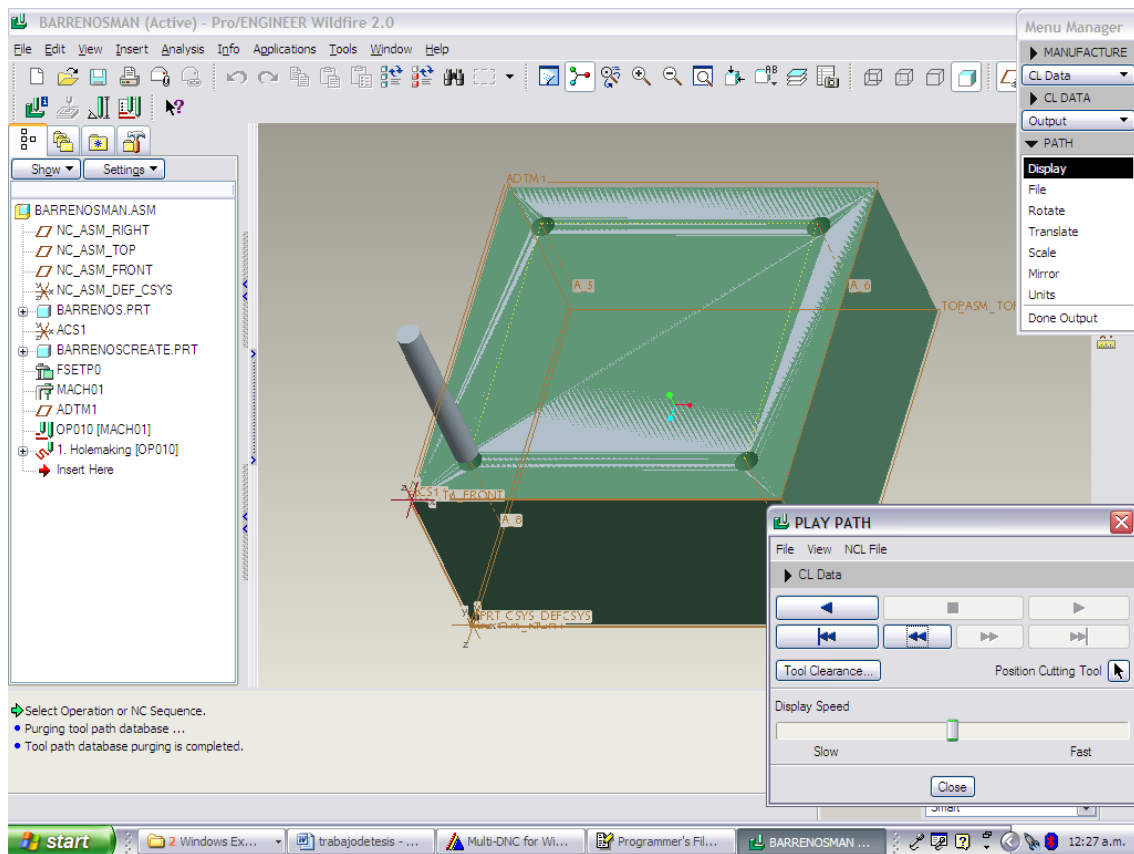
3.2 Análisis comparativo de los ejercicios.

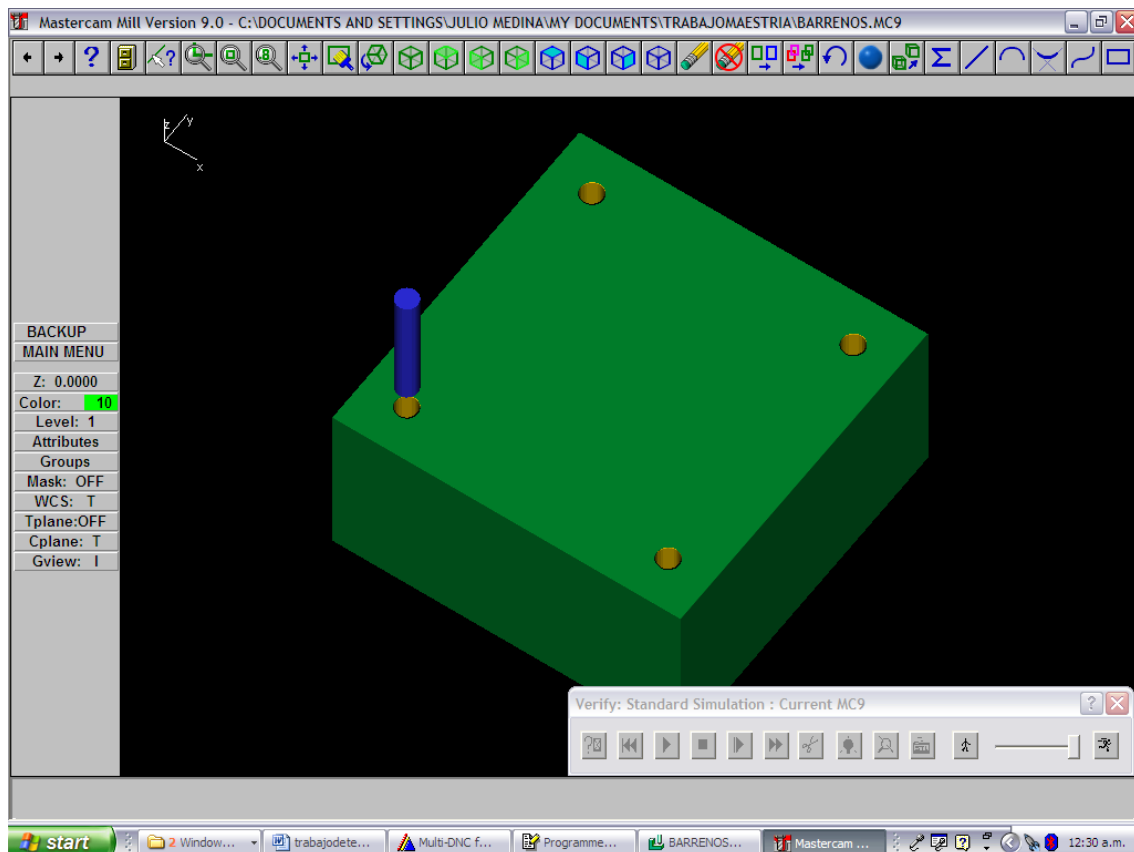
Para la generación de los códigos, se seleccionaron los procesadores UNCX01.P12 para Pro Engineer y MPHAAS para MasterCam, mismos que son los utilizados para las maquinas verticales de la marca HASS.

Los ejercicios realizados para la base de comparación fueron los siguientes:

- a) Barrenado de cuatro agujeros, en su concepción básica.

En este ejercicio se diseño un molde cuadrado de 8 x 8 x 4 pulgadas siendo que en cada esquina se elaboro un barreno. Tratando de que las opciones para Pro Engineer y MasterCam fueran las más aproximadas, se selecciono el método de HoleMaking y Drill, respectivamente. El método de selección de los barrenos fue Shortest y Automatic respectivamente.





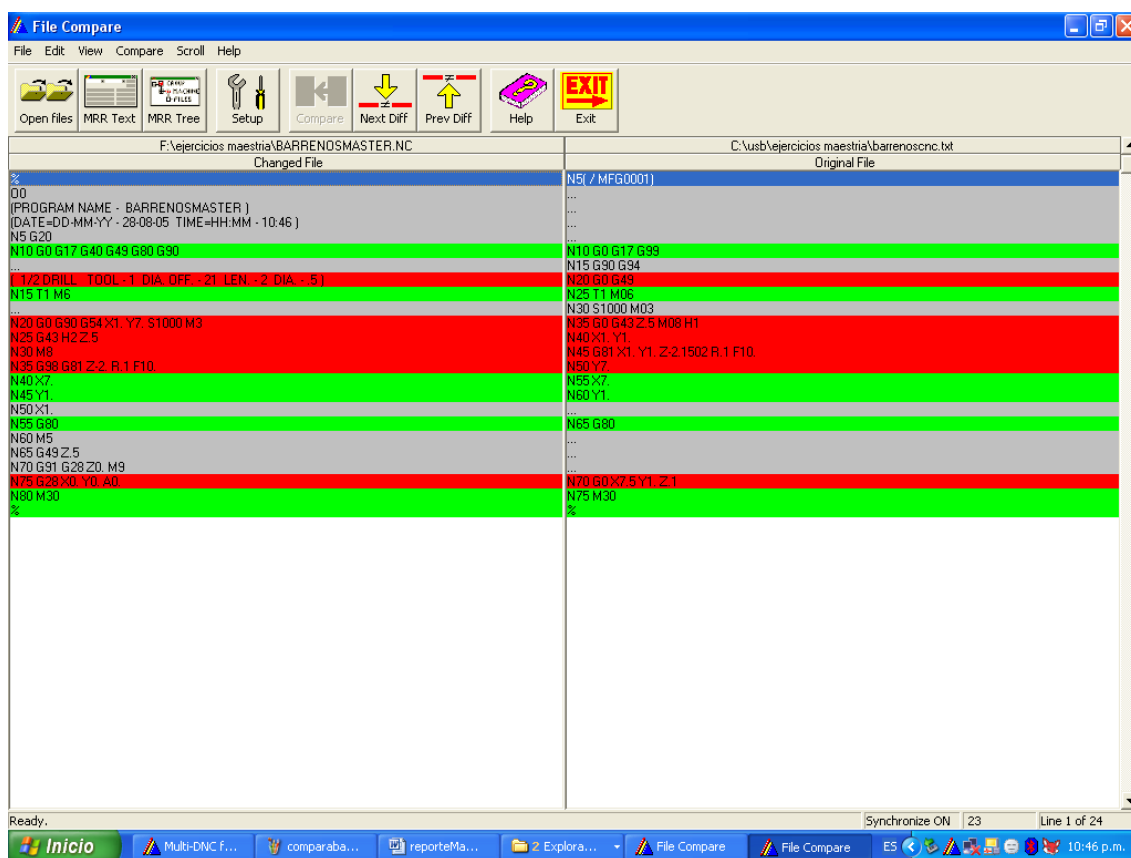
En esta pantalla se aprecia los resultados de la comparación de los dos programas para el ejercicio de barrenos en el paquete Multi DNC, considerando que el programa de control numérico obtenido en MasterCam esta a la izquierda y el de Pro Engineer esta a la derecha. Lo obtenido que esta en color verde representa las líneas de programa que son coincidentes entre los dos programas (no importando el número de línea).

Aquí se aprecia que el programa de control numérico de MasterCam comienza cancelando algunos códigos que pudieran estar activados de un programa anterior, activando para el presente programa los códigos necesarios exclusivamente, como los de compensaciones, planos de retracción, husillo, refrigerante, etc., con respecto a las coordenadas, el orden en que selecciona la operación de barreno es aleatoria, esperando únicamente que se le indique que barreno será el primero (por donde empieza) y cual será el ultimo, tratando de crear un orden que permita los menores movimientos de posicionamiento posibles. Por ultimo, después de las operaciones va cancelando cada uno de los códigos que se activaron, hasta operar el fin de programa (M30), que presupone que con este código retorna a la línea inicial, en espera de que el ciclo pudiese ser nuevamente activado.

Con respecto a Pro Engineer, esto ultimo realiza, es decir no se cancelan los códigos que se hubieran activado (incluyendo el refrigerante), mientras que la

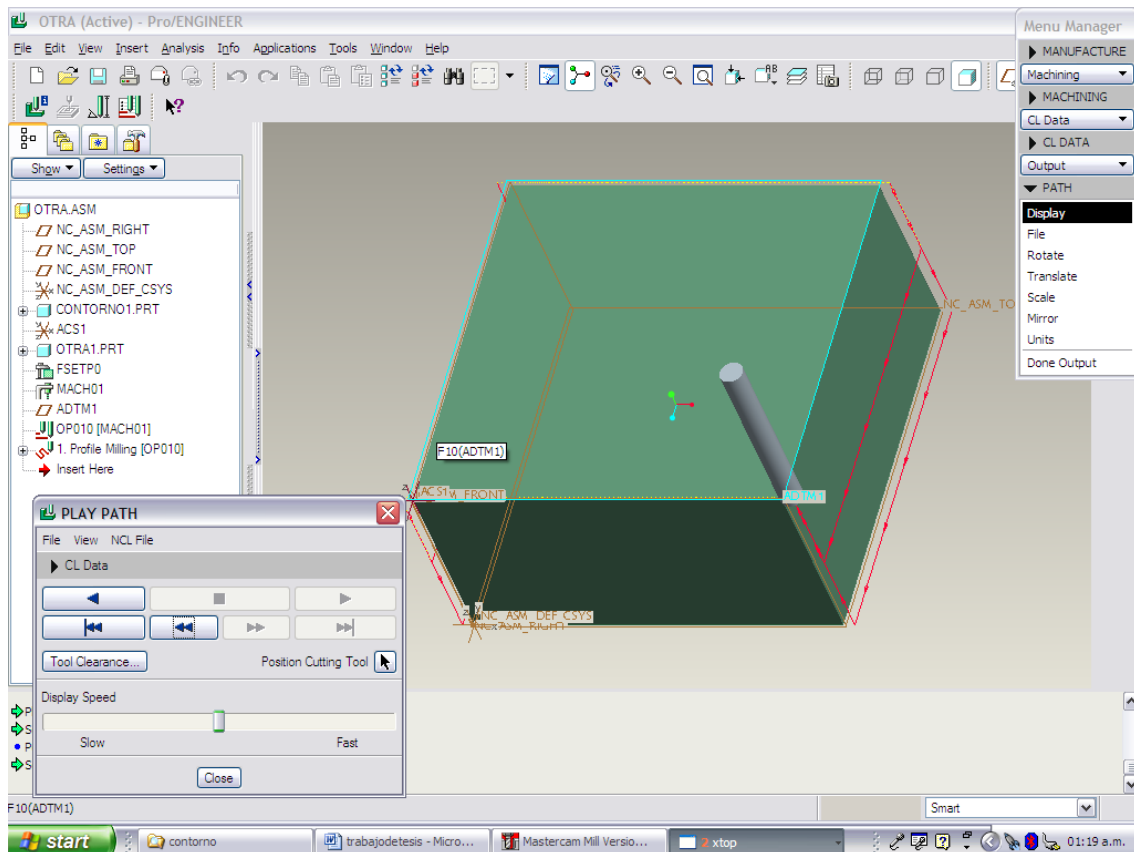
referencia de Coordenada de Trabajo (desde donde inicia a tomar la secuencia de coordenadas), así como la referencia para volver a casa de maquina (HOME), no se encuentran especificadas. Con respecto a las coordenadas X y Y, solo esta cambiado el orden en el cual realiza los barrenos.

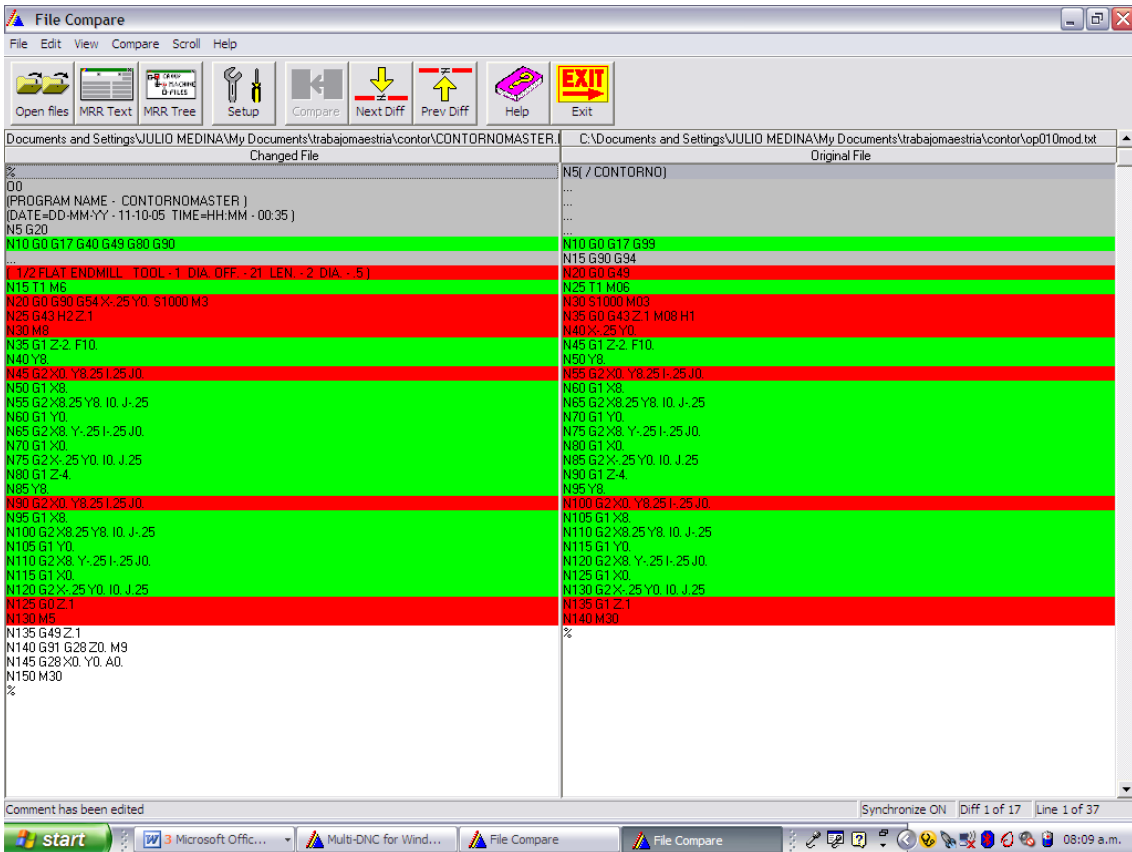
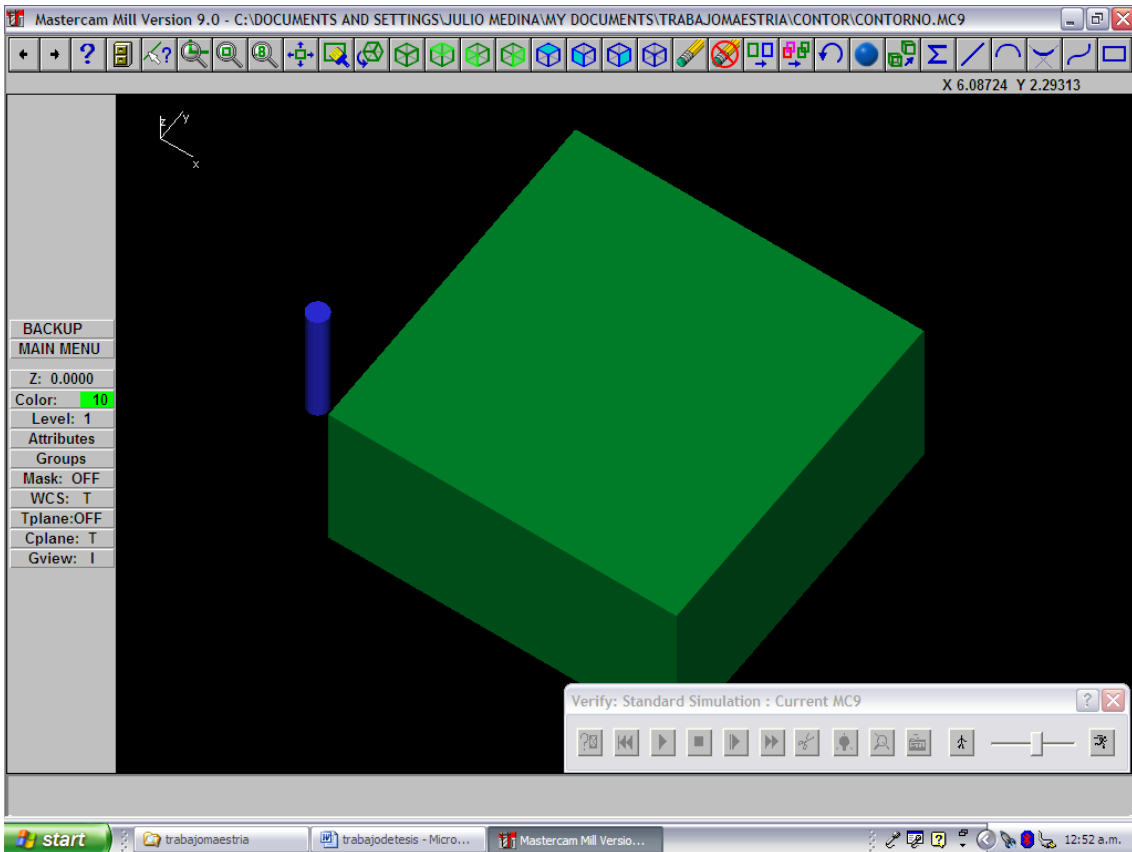
Es oportuno mencionar que este comportamiento es común para los demás ejercicios, es decir, es una clara diferencia entre los dos paquetes de cómputo.



b) Contorno, en su concepción básica.

En este ejercicio se diseño un molde cuadrado de 8 x 8 x 4 pulgadas y se simulo un contorno (corte que sigue el perímetro externo de la figura). Los resultados son los siguientes:





Para esta comparación y aunque el archivo solo corrió al 88 %, se puede observar que para las rutinas de contorno, en las cuales solo sigue una entidad de manera perimetral, las coordenadas son idénticas si bien en el caso de los códigos de entrada y salida no son iguales, por ejemplo sobre la salida el programa obtenido por MasterCam, manda los ejes coordenados al cero de maquina por medio de los códigos G28X0Y0 y después se manda apagar el programa “rebobinando” con el código M30. Pro Engineer omite enviar a cero maquina y apaga el programa directamente.

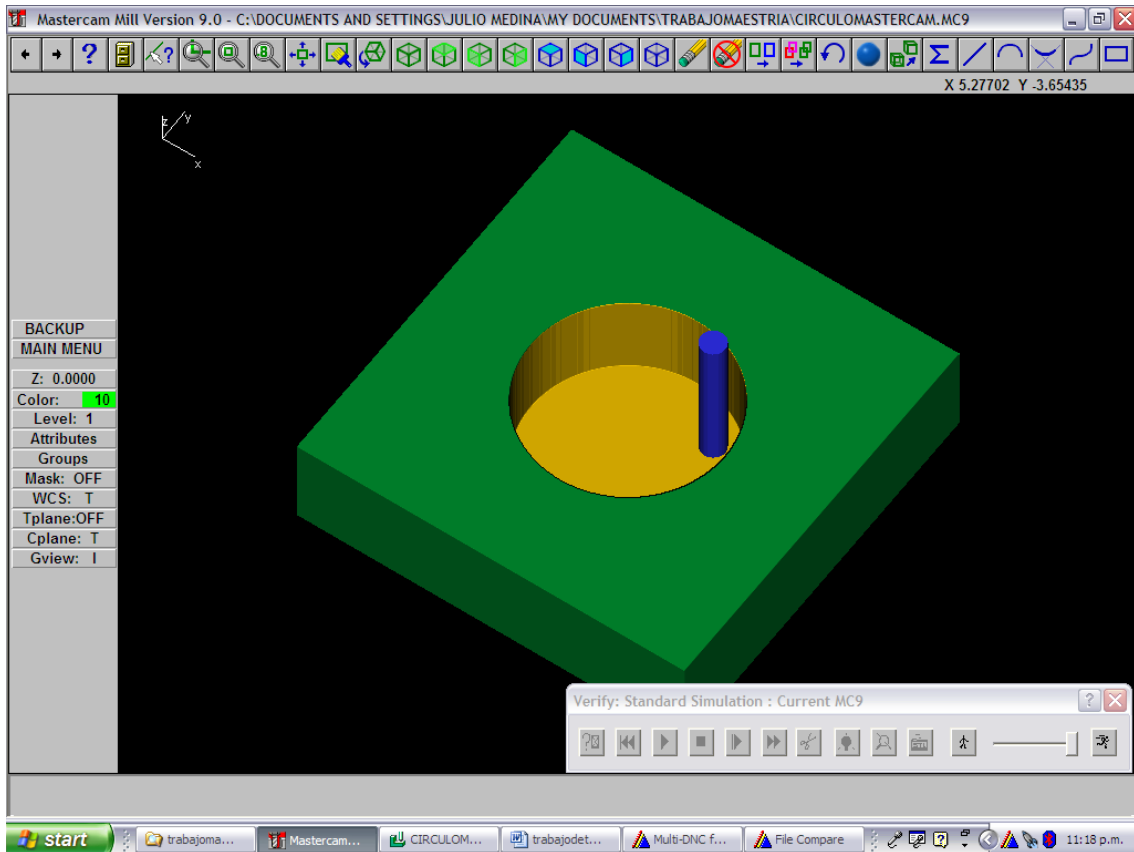
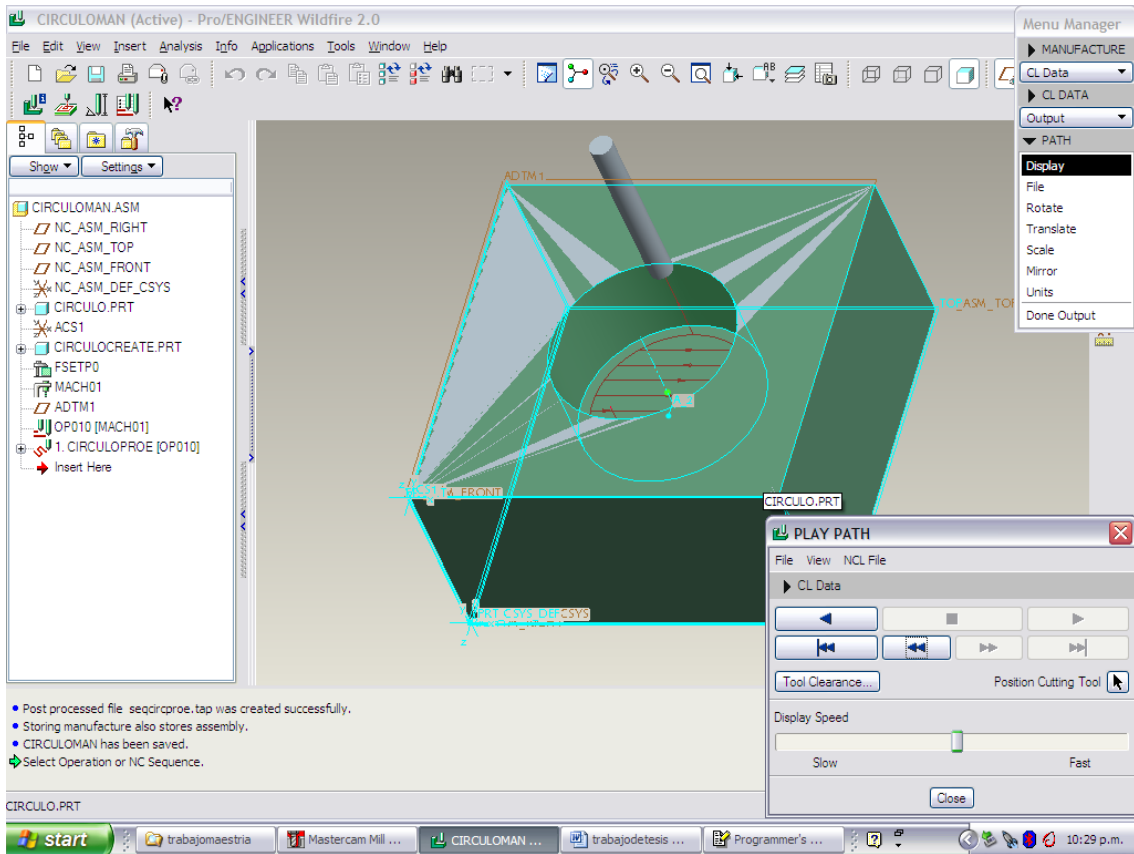
c) Cavidad Circular:

Para el caso de la cavidad circular, Pro Engineer fue necesario ajustar el rubro STEP_DEPTH, que es el que define la profundidad de los pasos de corte en virtud de que para la secuencia seleccionada como la mas adecuada para comparar con el correspondiente de MasterCam, el paso de corte (que era de .5) lo realiza en una espiral sobre el contorno interno, siendo que una vez que alcanza la profundidad total (2 plg) efectúa el corte tipo 3 (Type 3, el cual es en zigzag) en el interior de la cavidad.

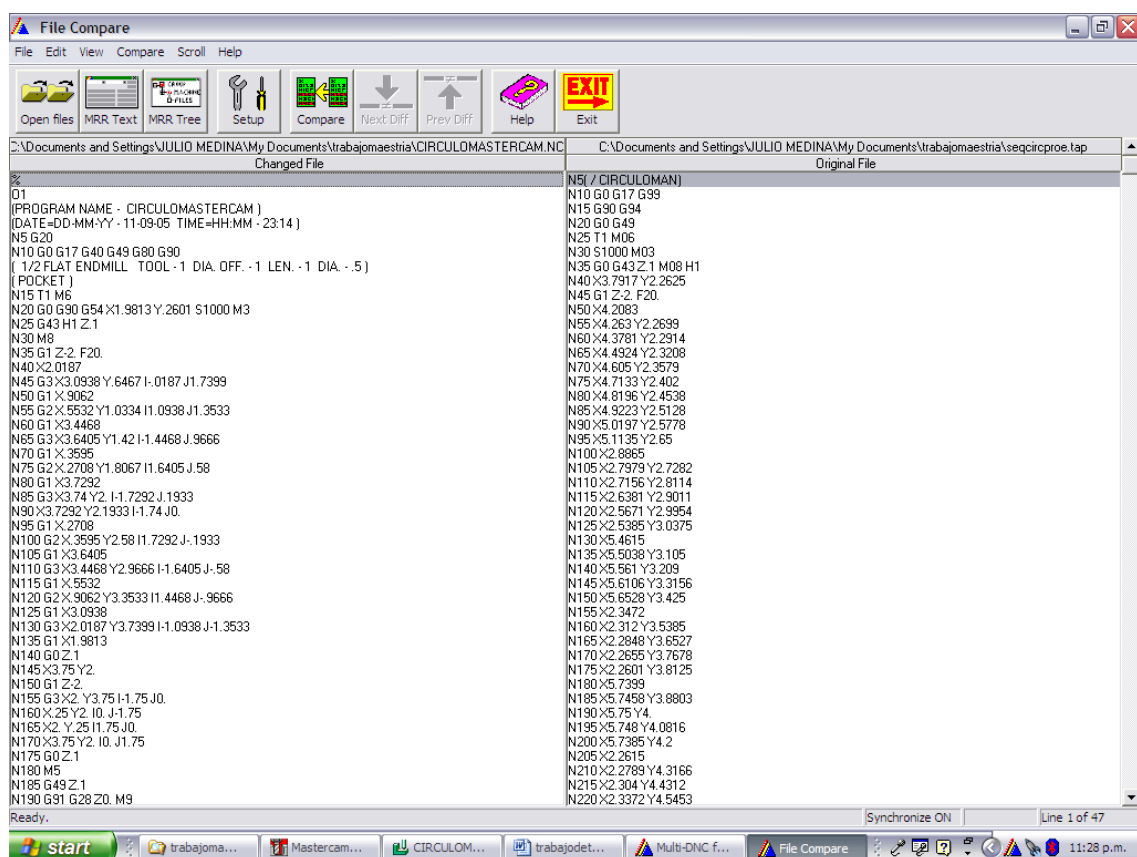
Igualmente para MasterCam, se selecciono la secuencia en zigzag, observándose que este programa realiza una espiral en contorno pero al finalizar la cavidad (como si fuera un acabado sobre la cara del circulo), el problema es que cuando se selecciona el paso de corte (para MaterCam, la instrucción es Depth Cuts) el realiza el zigzag en cada etapa de corte (es decir 4 etapas de 0.5 plg, resultando por lo tanto en una cantidad de códigos mayor que Pro Engineer.

Así pues esto es una diferencia fundamental, por que los acabados de corte, la potencia necesaria para la operación y la vida útil de la herramienta pueden considerarse como una ventaja por el tipo de programa que arroja MasterCam, mientras que la cantidad de códigos de programación puede afirmarse que es una ventaja para Pro Engineer.

De cualquier suerte, con los ajustes anteriores se llevo a que los programas ejecutaran un solo paso de corte, a efecto de observar la similitud bajo estas condiciones, de los programas de Control Numérico que arrojan.

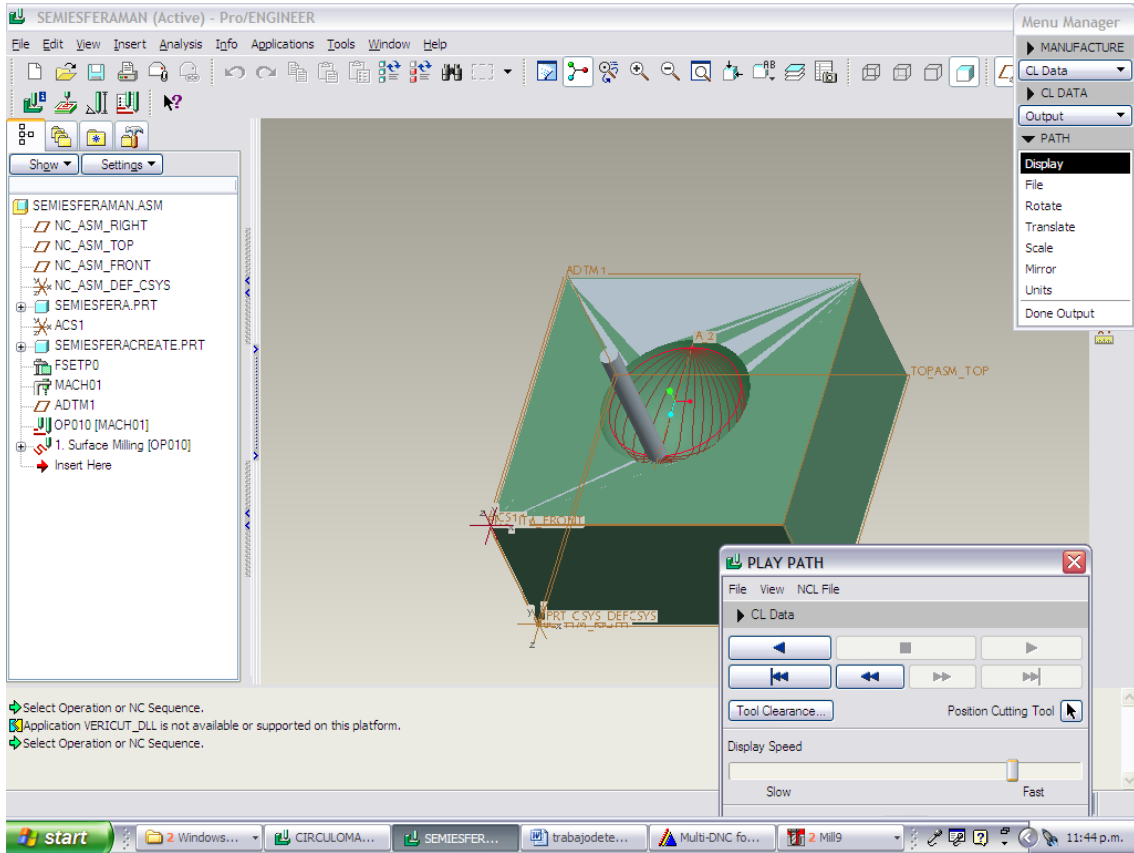


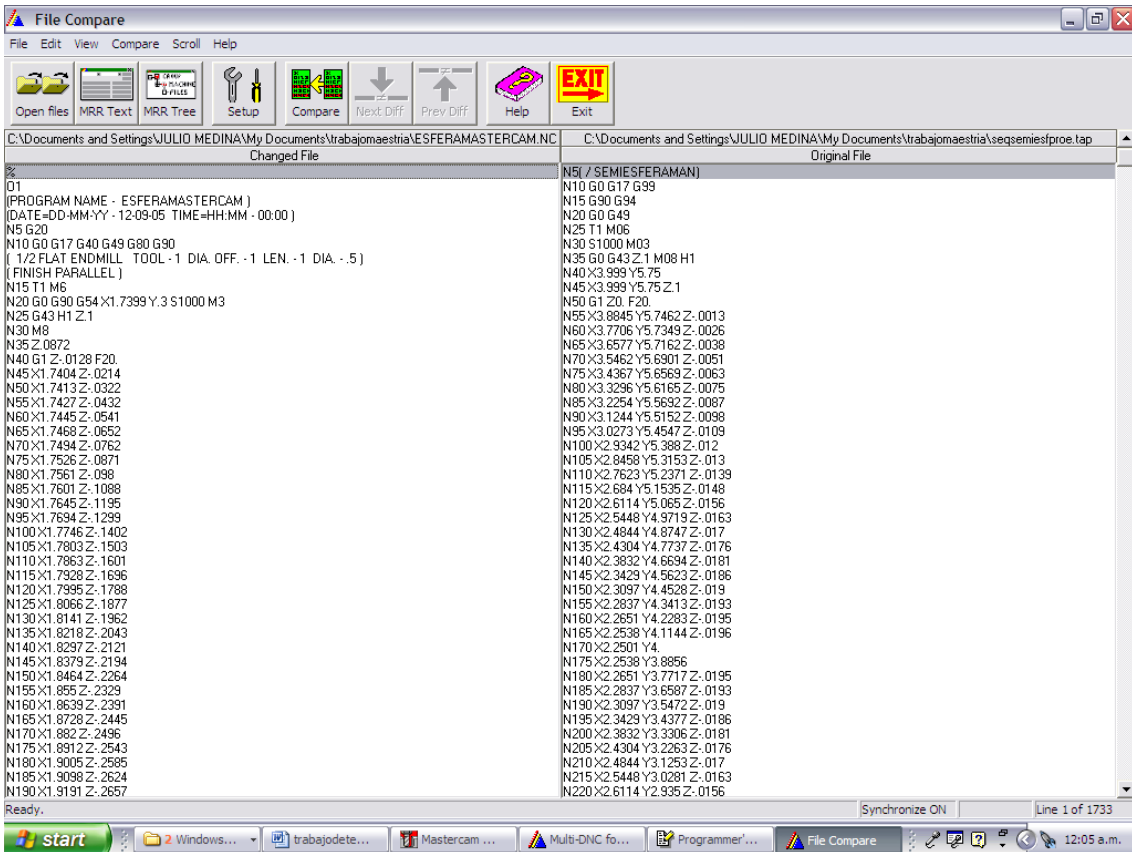
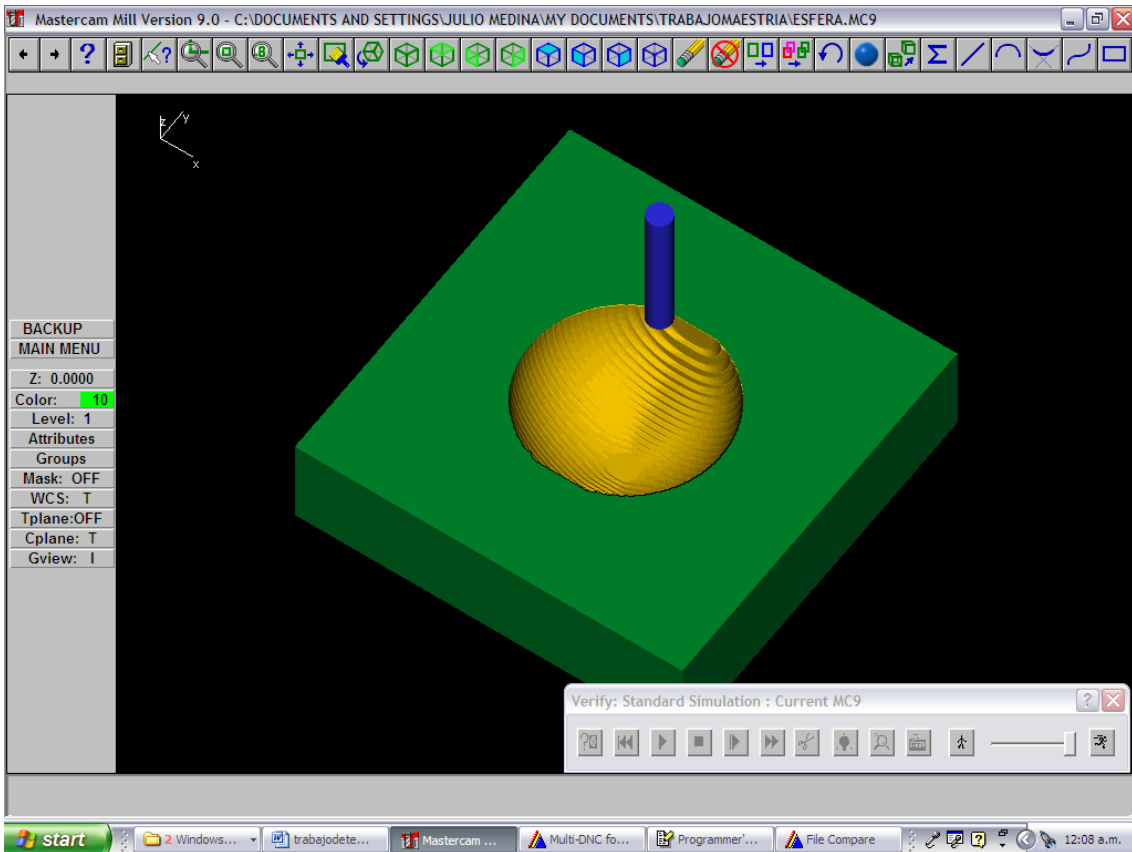
Aun con todos estos arreglos, los códigos de control numérico son muy distintos considerando principalmente las coordenadas. Lo anterior en virtud de que MasterCam considera principalmente que cada coordenada de corte sobre la pared del círculo, tiene forma circular, por lo que introduce el código G02 con sus correspondientes I y J, para realizar el arco correspondiente, mientras que Pro Engineer considera partes rectas, mismas que serán rectificadas a partir del ultimo acabado en el contorno interior del círculo.



En el caso de la semiesfera, se tiene que las diferencias principales en códigos de coordenadas, se encuentran en la precisión de los programas, siendo que MasterCam arroja una mayor cantidad de líneas de programa.

Otra diferencia principal, estriba en los puntos de donde empieza a realizar la secuencia. En términos generales la secuencia es muy parecida, sin embargo y con efecto de que pudiesen compararse estos códigos, fue necesario ajustar en MasterCam la secuencia, para que en lugar de que ocurriera una secuencia de corte de desbaste (Rough) arrojara el proceso para una secuencia de un proceso de acabado (Finish).





Capítulo 4

CONCLUSIONES

MasterCam versión 9 presenta una mayor cantidad de opciones de maquinado en las concepciones de barrenado, contornos, cavidades y superficies, tanto así que fue en estas opciones y en los múltiples parámetros en los cuales se ajusto para poder ajustar las secuencias a los que maneja Pro Engineer y poder verificar en buena medida la emisión de los códigos, por lo que no es lejano afirmar que es un programa especializado y dedicado para sus funciones. Las limitaciones que se pueden inferir de esta afirmación se refieren básicamente a los puntos desde los cuales arrancan las secuencias de corte. Esto tiene particular relevancia debido a la posibilidad de obtener un mayor número de líneas del programa de control numérico. Así pues MasterCam es un paquete unitario de CAD/CAM dedicado específicamente a los maquinados que aprovecha los diseños que se realizan en otros paquetes de CAD y que se ajustan a partir de las opciones de importación de archivos con sus diferentes opciones (IGES, SAT, etc.) y utiliza sus opciones de dibujo para hacer los ajustes necesarios para adaptar y corregir los defectos que durante la importación y lectura de los datos de las entidades del archivo transferido se hayan encontrado (y de hecho así se utiliza en muchas de las industrias locales).

Por otra parte, Pro Engineer es un paquete modular para la utilización de archivos que a lo largo de sus módulos, sean utilizados según la necesidad de manufactura y fabricación de las empresas, lo cual quiere decir que el programa de control numérico que resulta de su aplicación correspondiente, tiene una correcta compatibilidad con los otros módulos que maneja Pro Engineer, lo cual significa que la transferencia de archivos es interna y que el lenguaje de un modulo a otro es 100% compatible.

Es aquí en donde encuentra sus principales ventajas con respecto a MasterCam, debido a que los diferentes sistemas de transferencia de archivos existentes no son 100 % perdiéndose datos importantes cuando se realiza esto. Lo anterior debido a que todavía no existe un sistema que asegure que no existan estos defectos. En la medida que se desarrolle y se comercialicen nuevas opciones tales como STEP (Single Transferring Exchange Program), estas diferencias serán validas, por lo que los mercados metas deben ser diferentes y por lo que aquellos profesionistas que estén relacionados con áreas de diseño y adquisición de elementos de computo deben tomar en cuenta estos hechos para programar de manera adecuada la inversión que se realice, en el marco de los planes de expansión de sus operaciones.

Por ultimo es importante mencionar que para una comparación mas practica con respecto a las coordenadas que se obtienen para cavidades y superficies, una buena opción es utilizar Maquinas de Medición de Coordenadas (CMM, por sus siglas en ingles), a efecto de poder apreciar, punto por punto las diferencias físicas que resulten de los códigos de coordenadas que se tienen para ambos programas.

Bibliografía

Libros:

Kun woo Lee "Principles of CAD/CAM/CAE Systems". Editorial Addison Wesley 1999

Paul E. Funk y Loren Begly Jr. "A Pro/Manufacturing Tutorial. Pro/Engineer – Wildfire". Schroff Development Corporation Publication. Estados Unidos 2003.

Groover Mikel P. "Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing". Editorial Prentice – Hall , Estados Unidos 1987.

Libros Electrónicos:

McCauley, Oberg, Jones, Horton, Ryffel, Heald, and Hussain. "Machinery's Handbook CD-ROM Edition version 1.0", Industrial Press Publishers. Estados Unidos. 1998.

Páginas Electrónicas:

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/manufresa.htm>. Manual de Fresadora de CNC

<http://www.fi.uba.ar/materias/7565/U4-control-numerico-por-computadora.pdf> . Control Numérico por Computadora (CNC). Ing. Ricardo Jiménez.

http://www.ptc.com/community/proewf2/newtools/es/basic_tutorial/how2_intro.htm . Tutoriales en línea de Pro-Engineer Wild Fire.

<http://www.mastercam.com/> . Página Central de MasterCam.

Anexo

Aplicación de Postprocesadores para la generación de códigos CN a través de las rutas de corte en un sistema CAM

Un postprocesador es un programa con el cual se convierten las rutas de una herramienta generada en un software CAM en programa estandarizado para un controlador de una maquina especifica CNC

Estructura de la Configuration del archivo

Categorías.

1. Declaraciones Globales

Aquí se establecen el nombre del postpocesador y su extensión, también se indica la salida para las unidades en mm o pulg. La numeración de las líneas la terminación de estas así como el formato para los campos numéricos

2. Inicio del Archivo

En esta sección se establece como las líneas deberán generar la el formato para el inicio de cada programa, generalmente se indica el nombre del programa, los comandos para activar el husillo dar movimiento a la posición home.

Movimientos de Herramientas

Se generan los movimientos para la maquina CNC y estos se generan en dos formatos.

Movimientos de posición

Estos son usados para posicionar la herramienta a forma de presentación y el movimiento se realiza a la mayor velocidad que tiene la máquina(Movimiento rápido).

Movimientos de Corte

Estos son realizados considerando el corte en el material de la pieza de trabajo y se realizan a la velocidad adecuada para la ruta de corte en el software.

Cambios de Herramientas

Aquí se establecen los códigos apropiados para realizar la carga automática de la herramienta considerando la posición en el cargador

Fin del Archivo

Ten esta sección establece la líneas del programa que darán el fin de programa considerando el apagado del husillo, posicionar la última herramienta en el cargador y posicionar las coordenadas en home.

Variables del post procesador

Son los valores que definen la posición para la herramienta, la velocidad, el numero de línea etc. Las cuales son representadas dentro de la configuración como variables. Con ellas se establecen los valores numéricos y controles de código para cada movimiento o control

La variable [X] representa la posición real en el eje x para la herramienta en una coordenada de la ruta de herramienta, lo mismo sería para [Y] y [Z] represent the Y and Z

Ejemplo:

declaración

FEED_RATE_MOVE = "X[X] Y[Y] Z[Z]"

si la posición en valores reales es

X = 12.3 Y = 4.56 Z = 7.89

se generaría la siguiente salida en el programa

X 12.3 Y 4.56 Z 7.89

Si la declaración fuera así

FEED_RATE_MOVE = "[Z] [Y] [X]"

la salida en código sería:

7.89 4.56 12.3

[F]	Velocidad de Corte por de facto unidades/min.
[FR]	Velocidad de Movimientos rápidos unidades/mm
[FP]	Velocidad de entrada rate in default units/mm
[FC]	Velocidad por de facto units/mm
[N]	Numero de linea
[XH]	Tool home position X
[YH]	Tool home position Y
[ZH]	Tool home position Z
[RH]	Tool home position rotary angle
[S]	Velocidad de Husillo en r.p.m
[SZ]	Z posición de Seguridad en la ruta de herramienta
[T]	Numero de Herramienta
[TP]	Numero de Herramienta Previa
[X]	X co-ord de posición de herramienta en unidades de facto

[Y]	Y co-ord de posición de herramienta en unidades de facto
[Z]	Z co-ord de posición de herramienta en unidades de facto
[R]	Angulo en grados para un eje rotatorio
[XMIN]	Mínimo valor de x
[YMIN]	Mínimo valor de y
[ZMIN]	Mínimo valor de z
[XMAX]	Máximo valor de x
[YMAX]	Máximo valor de y
[ZMAX]	máximo valor de z
[TOOLDESC]	Descripción de herramienta
[PATHNAME]	Nombre del archivo de la ruta de herramienta
[FILENAME]	Nombre del archivo postprocesado

nFormato de las Variables

nLas Variables pueden controlar por de facto el numero decimales, factor de escala, el valor por de facto puede establecerse en el archivo de configuración y por lo tanto en las diferentes especificaciones se asignarán por de facto.

nUna especificación de una variable tiene el siguiente formato

n[V|O|S|F|m]

nV = Nombre de la Variable e.g. X o ZH.

nS = Caracter para imprimir antes de la salida a codigo.

nO

@ si el valor es siempre de salida

solamente en salida si el valor cambio en una asignación anterior

nF = Formato de cadena. Controla el número de decimales.

nm = Factor Escala – número de punto flotante con el se escala cuando

[V|O|S|F|m]

Variable **X=12.345** **X=12.345** **X=34.567**

[X|@|X|1,3] X12,345 X12,345 X34,567

[X|#|X|1,3] X12,345 X34,567

[X|@|X|07.2] X0012.35 X0012.35 X034.57

[X|@||1.0|10.0] 123 123 346

Asignaciones Globales

Estas son asignaciones con los cuales se tiene una salida de acuerdo a la configuración del postprocesador categorías...

Descripción

Especifica el nombre descriptivo con el cual aparecerá de acuerdo al postprocesador seleccionado y su aplicación

Todas las descripciones incorporan la extensión por defecto entre parentesis al final. Adicionalmente si las versiones estan en mm o pulg deberá indicarse en la descripción:

Descripción = "G-Code (inch) (*.tap)"

Extensión de Archivo

Este especifica la extensión usada por el archivo creado con el postprocesador seleccionado

FILE_EXTENSION = "tap

Numeracion de lineas

Con esta asignación se controla la secuencia de números de línea el programa de salida

Los números de línea usan la variable [N] y el formato de salida es establecido por la variable.[N]

LINE_NUM_START = optional

Con esta asignación se especifica el número de valor de factonLINE_NUM_START = 10

Velocidad de Movimiento Rápido

nCon esta asignación se establecen los movimientos de posicionamiento tomando por defecto el valor de la velocidad máxima permitida por la máquina cnc

Para los controladores Fanuc el movimiento rápido se establece con los códigos G00

RAPID_FEED_RATE = optional

End of line

Esta asignación nos permite dar formato a la terminación de línea la cual debe contener

END_OF_LINE = optional

nExample

nEND_OF_LINE = "[13][10]"

Se indica retorno de cursor y avance en línea de programa para cada terminación en el formato texto para sistema

Start of file

nEl inicio de todo programa CN es fundamental la signación de controles que asignan por defecto varias funciones , controles de compensación y varaibles de trabajo

START = optional

nExample for FANUC control

nnSTART = "%"

nSTART = ":1248"

n; reestablece posiciones home
nSTART = "N[N]G91G28X0Y0Z0"
n; cancela codigos preprogramados especifica plano de trabajo,y
compesadoresl
nSTART = "N[N]G40G17G80G49"
n; Selecciona la primera herramienta de la posición indicada carrusel de
herramientas
nSTART = "N[N]T1M6"
n; establece la direccion de yrbajo especifica
nSTART = "N[N]G90G54"
n; Presenta la herramienta en posicion relativa al Z0 de la pieza
nSTART = "N[N]G43[HZ|@|Z|1.3]"
n; Da movimiento rapido al primer punto de inicio de corte.
nSTART = "N[N]G0[XH|@|X|1.3][YH|@|Y|1.3][S|@|S|1.0]"
nLINE_NUM_INCREMENT = 2
nIncrementa la numeración de la línea en el valor indicado en este caso en 2
n%
n:1248
nN10G40G17G80G49
nN12T1M6
nN14G90G54
nN16G43Z10.000
nN18G0X0.000Y0.000S12000
nLINE_NUM_INCREMENT = 2
nIncrementa la numeración de la línea en el valor indicado en este caso en 2
n%
n:1248
nN10G40G17G80G49
nN12T1M6
nN14G90G54
nN16G43Z10.000
nN18G0X0.000Y0.000S12000
Movimiento rápido para posicionamiento
nRAPID_RATE_MOVE
nFIRST_RAPID_RATE_MOVE

Ejemplo para Fanuc

nFIRST_RAPID_RATE_MOVE = "[N]G0[X|@][Y|@][Z|@]"
nRAPID_RATE_MOVE = "[N][X][Y][Z]"
Salida
nN1226G0X123.450Y234.560Z5.670

nN1228Y345.890Z4.210
n**Cambio de Herramienta**
n**TOOLCHANGE = optional**
n**Ejemplo FANUC**
nTOOLCHANGE = "[N]G91G28Z0"
nTOOLCHANGE = "[N]G49H0"
nTOOLCHANGE = "[N]T[T]M6"
nTOOLCHANGE = "[N]G90G54"
n**End of file**n**END = optional**
n**Ejemplo FANUC**
n; regreso a punto de referencia en Z
nEND = "[N]G28G91Z0"
n; cancela compensador de herramienta
nEND = "[N]G49H0"
n; regreso a punto de referencia en XY
nEND = "[N]G28X0Y0"

nFin de programa
nEND = "[N]M30"
Ejemplo:
nLINE_NUM_INCREMENT = 2
nN4798G28G91Z0
nN4800G49H0
nN4802G28X0Y0
nN4804M30

nPostprocesador FANUC

n;
n; Fanuc configuration file
n;
n; History
n;
n; Who When What
n; =====
n; BEM 01/04/94 Written
n; BEM 18/07/97 Added toolchange output
n; bem 21/03/00 Added DESCRIPTION and FILE_EXTENSION fields
n;
nDESCRIPTION = "Fanuc (*.fan)"
n;
nFILE_EXTENSION = "fan"
n;
n;

```

nUNITS = MM
n;
n; Carriage return - line feed at end of each line
n;
nEND_OF_LINE = "[13][10]"
n;
n; Block numbering
n;
nLINE_NUM_START = 0
nLINE_NUM_INCREMENT = 10
nLINE_NUM_MAXIMUM = 999999
n;
n; Set up default formatting for variables
n;
n; Line numbering
nFORMAT = [N|@|N|1.0]
n; Spindle Speed
nFORMAT = [S|@|S|1.0]
n; Feed Rate
nFORMAT = [F|#|F|1.1]
n; Tool moves in x,y and z
nFORMAT = [X|#|X|1.3]
nFORMAT = [Y|#|Y|1.3]
nFORMAT = [Z|#|Z|1.3]
n; Home tool positions
nFORMAT = [XH|@|X|1.3]
nFORMAT = [YH|@|Y|1.3]
nFORMAT = [ZH|@|Z|1.3]
n;
n; Set up program header
n;
nSTART = "%"
nSTART = ":1248"
nSTART = "[N]G91G28X0Y0Z0"
nSTART = "[N]G40G17G80G49"
nSTART = "[N]T1M6"
nSTART = "[N]G90G54"
nSTART = "[N]G43[ZH]H1"
nSTART = "[N]G0[XH][YH][S]M3"
n;
n; Program moves
n;
nFIRST_RAPID_RATE_MOVE = "[N]G0[X][Y][Z]"
nFIRST_FEED_RATE_MOVE = "[N]G1[X][Y][Z][F]"
nFEED_RATE_MOVE = "[N][X][Y][Z]"

```