



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INGENIERIA MECÁNICA ELECTRICA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
“ARAGON”

**PROCESO DE MANUFACTURA DE UN MOLDE PARA ENVASE
DE PLÁSTICO POR CONTROL NUMÉRICO, UTILIZANDO
MASTERCAM 9.1**



FES Aragón

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO
PRESENTA:
JOEL SALITRE TEPETATE

ASESOR: ING. ALFREDO ALDAZ BENITEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, MÉXICO. 2012

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

CONTENIDO

	PAG.
Introducción	7
Justificación	8
I. Tecnología de las máquinas-herramientas	9
I.1 Historia Tecnológica	10
I.2 Procesos de manufactura	17
1.2.a Clasificación de procesos de manufactura	17
I.3 Maquinas convencionales	17
I.4 CNC	18 25
II. Mastercam como herramienta en el diseño y maquinado de piezas	30
II.1 Introducción	31
II.1.a Instrucciones principales y distribución en pantalla	31
II.2. Diseño de piezas en Mastercam 9.1	35
II.2.a Por Alambres	35
II.2.b Por superficies	38
II.3 Definir pieza bruta	45
II.4 Definir parámetros de herramientas	47
II. Maquinados en Mastercam 9.1	50
II.5.a Maquinados en 2D	50
II.5.b Maquinados de superficies	55
III. Diseño del prototipo en Mastercam 9.1	62
III.1 La botella	63
III.1.a Partes que componen una botella de plástico	63
III.1.b Materiales básicas en la fabricación de botellas	63
III.1.c Métodos básicos de fabricación de botellas	65
III.1.d Plano de la botella	66
III.1.e Diseño de la botella en mastercam 9.1	68
III.2. El molde	69
III.2.a Materiales para la fabricación de moldes	70
III.2.b Plano del molde	72
III.2.c Diseño del molde en mastercam 9.1	74
III.3 Preparando la pieza en bruto (job setup) en mastercam 9.1	75
III.4 Hoja de procesos	76
III.5 Preparando el maquinado de desbaste	77
III.6 Preparando el maquinado de acabado	77

IV. Preparación de la máquina	81
IV.1 Sistema de sujeción y alinear pieza	82
IV.2 Origen del programa y de la pieza	84
IV.3 Compensación de la longitud de la herramienta	85
Conclusión	88
Bibliografía	89
Anexo. Programa generado por Mastercam 9.1	91

INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del control numérico en las máquinas se han producido con más eficiencia piezas de mayor exactitud, y creció la necesidad de tener mejores máquinas y El desarrollo mundial que se vive actualmente en la industria, la exigencia para la producción de piezas mas precisas y de gran cantidad, han provocado una evolución en las maquinas-herramientas computarizadas, por lo que han surgido nuevas ideas y formas de la fabricación de piezas mecánicas, estimulando la economía de distintos países. Se han desarrollado maquinas mas precisas que, a su vez, han dado lugar a mejores productos, como los automóviles, aviones, etc.

tecnología, por lo que las industrias dedicadas a la manufactura del metal, si no cuentan con este tipo de maquinaria, ya no podrán competir en el mercado. Dispositivos electrónicos reemplazaron a las partes eléctricas más pesadas y más costosas. Aparecieron las calculadoras; se controló la energía nuclear y se le empleó en las plantas eléctricas y en los barcos. Las computadoras se controlaban en su etapa de desarrollo y eran muy grandes, se han mejorado sin cesar y se redujo su tamaño hasta el grado que ahora se han convertido en una parte de nuestra vida cotidiana.

La mayor parte de las máquinas de producción se controlan mediante computadoras y las piezas se ensamblan y sueldan por medio de robots, los ingenieros de diseño y los dibujantes ahora se auxilian con computadoras para realizar los diseños y dibujos mediante la tecnología del Diseño Asistido por computadora. Con los sistemas CAD que se cuentan hoy en día son capaces de diseñar, simular los maquinados así como el ensamble de piezas, asegurando la producción, disminuyendo los errores y de esa forma ayudar a recortar en forma extraordinaria los costos de producción y el ciclo de desarrollo.

No cabe duda de que el diseño y la manufactura asistida por computadora CAD/CAM (Computer-Aided Design y Computer-Aided Manufactory, por sus siglas en inglés) han revolucionado los sistemas de producción en los últimos años.

La tecnología CAD/CAM ha emergido como una especialización para lograr llevar a la industria manufacturera hacia una modernización de la misma. Debido al creciente avance de la computación y de los programas CAD/CAM, la programación CNC manual ha sido reemplazada por la tecnología CAD/CAM en los últimos años, logrando invadir la mayoría de las industrias como farmacéuticas, odontologías, etc.

Mastercam V9.1, es un sistema integrado de software CAD/CAM que opera en Microsoft Windows NT. Su poder y su versatilidad ayudan a solucionar tanto la parte de diseño geométrico como la parte de la fabricación de los productos. Sus distintos módulos ofrecen soluciones en fresado de 2D, 2 ½ D y 3D mecanizados, superficies y multisuperficie, electroerosión por hilo, controlando 2 y 4 ejes, en torneado, Láser, en Punzonado y en máquinas de corte por plasma.

Mastercam 9.1 tiene todas las prestaciones de acotación que precisa el diseñador mecánico, salida para diversos periféricos, como plotters, impresoras, etc. Interfaces de comunicación con prácticamente todos los sistemas CAD existentes en el mercado actualmente y toda una serie de prestaciones.

JUSTIFICACIÓN

Las máquinas herramientas con control numérico han tenido un auge muy grande en todas las áreas de la industria de nuestro país, por lo que hoy en día es necesario que el personal dedicado a la manufactura del metal deba tener conocimiento de las máquinas modernas (Tornos CNC, Centros de maquinados, electroerosionadoras con CNC, etc.) así como la programación de las mismas.

Hoy en día ya no se necesita de personal que programe a pie de máquina y realizar cálculos matemáticos, ya que contamos con una infinidad de CAD/CAM que sustituye este trabajo. Lo que las nuevas técnicas de producción están orientadas a una productividad muy alta y para que esta se de, efectivamente se requiere que los responsables directos de los medios de producción tengan un conocimiento profundo de los procesos de manufactura para una mejor elección de los maquinados, para una producción determinada. Todo esto implica un gran reto a la vida profesional del ingeniero. Estos sistemas modernos ofrecen los medios para resolver problemas tan diversos, complejos y caprichosos que plantea el mercado industrial.

El uso racional y adecuado de las máquinas herramientas con control numérico apoyado en los CAD/CAM que hoy en día a tenido una evolución muy rápida constituirá un esfuerzo decidido de nuestra industria manufacturera para resistir y afrontar los embates descontrolados y desiguales que impone la industria extranjera a la nacional, y la liberara de la desigual competencia internacional, por lo que este trabajo esta dirigido a todos los que se dedican a la industria metal mecánica responsables de la producción, para tener un panorama del CAD/CAM (MASTERCAM 9.1) de su amplia utilidad para diseñar y generar el programa a ejecutar en una máquina herramienta con Control Numérico

En este trabajo se desarrollará el proceso de manufactura de un molde para botella de plástico utilizando las herramientas que ofrece el CAD/CAM MASTERCAM 9.1, se diseñará el prototipo de la botella en 3D para una mejor visualización basándose en las medidas del plano, de la misma forma con el molde; posteriormente mediante la hoja de procesos se realizará el maquinado de desbaste y acabado de dicho molde mediante la hoja de procesos para generar el programa.

CAPÍTULO 1

TECNOLOGÍA DE LAS MÁQUINAS- HERRAMIENTAS

I. TECNOLOGÍA DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS

I.1. HISTORIA TECNOLÓGICA

EVOLUCIÓN TÉCNICA DE LA MÁQUINA-HERRAMIENTA. RESEÑA HISTÓRICA.

Evolución hasta el siglo XVII

La Historia de las máquinas-herramientas comenzó en la edad de piedra (hace más de 50,000 años), cuando las únicas herramientas eran las manuales hechas de madera, huesos de animales o de piedra. Entre los años 4,500 y 4,000 a. C., las lanzas y hachas de piedra fueron reemplazadas con implementos de cobre y bronce.

Alrededor del año 1,000 a. C. comenzó la edad del hierro y la mayor parte de las herramientas de bronce fueron reemplazadas por implementos de hierro con mayor durabilidad. Hace aproximadamente 300 años, la edad de hierro se convirtió en la Edad de las máquinas. En el siglo XVII la gente comenzó a explorar nuevas fuentes de energía. Desde la prehistoria, la evolución tecnológica de las máquinas-herramienta se ha basado en el binomio herramienta-máquina.

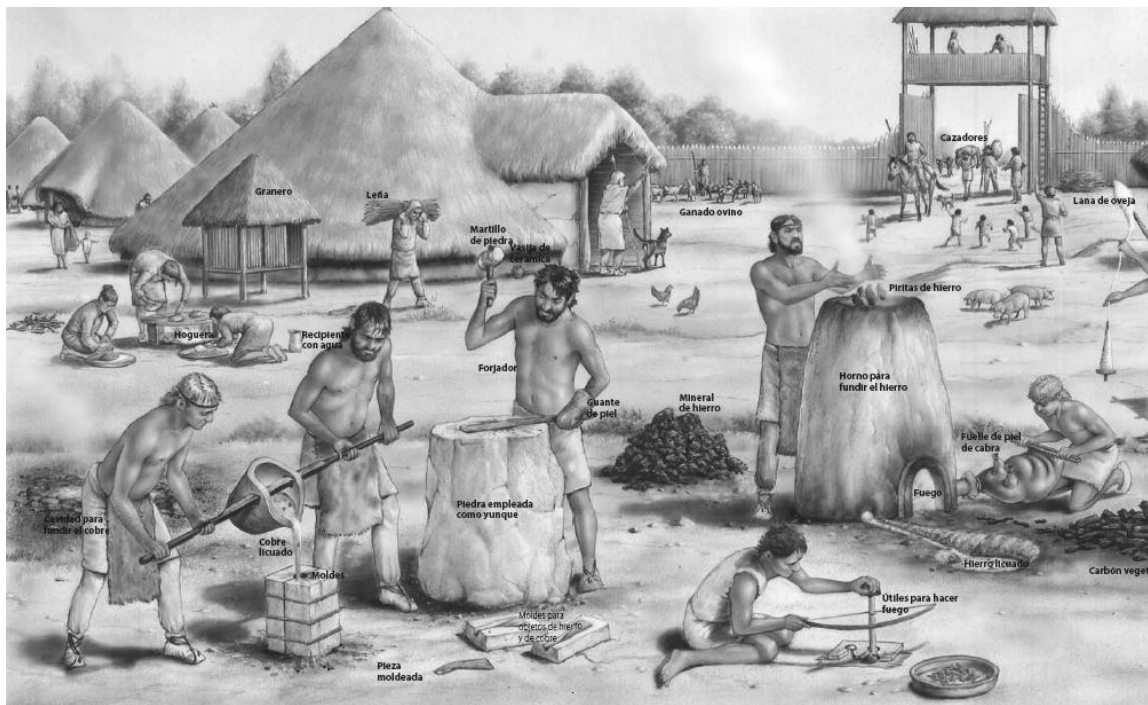


FIG. 1. Inicio de la Utilización del metal. <http://misfondos.com.es/wallpaper/Edad-De-Los-Metales/>

El descubrimiento de la combinación del pedal con un vástago y una biela permitió su aplicación en primera instancia a las ruedas de afilar, y poco después a los tornos. Así, después de tantos siglos, nació el torno de giro continuo llamado de pedal y rueda, lo que implicaba el uso de biela-manivela que debía de ser combinado con un volante de inercia para superar los puntos muertos, “alto y bajo”.

A finales de la edad media se utilizan máquinas afiladoras que emplean la piedra giratoria abrasiva, taladros de arco, berbiqués y tornos de giro continuo, que trabajan con deficientes herramientas de acero al carbono.

En los siglos XVII y XVIII, los fabricantes de relojes e instrumentos científicos usan tornos y máquinas de roscar de gran precisión, destacando el torno de roscar del inglés Jesé Ramsden construido en 1777. En un soporte de hierro de perfil triangular se colocaba el porta-herramientas, que podía deslizarse longitudinalmente. Con una manivela accionada a mano y a través de un juego de engranajes hacia girar la pieza a roscar colocada entre puntos y, al mismo tiempo, por medio de un husillo de rosca patrón se conseguía el avance o paso de rosca deseado.

Siglo XVIII: Nueva fuente de energía

El siglo XVIII fue un periodo en el que el hombre dedicó todos sus esfuerzos a lograr la utilización de una nueva fuente de energía. Watt concibió su idea de máquina de vapor en 1765, pero no solucionó los problemas para construir una máquina válida para usos industriales hasta quince años más tarde, en 1780.

La máquina de Watt (fig. 2) fue el origen de la primera revolución industrial; produciéndose trascendentales cambios tecnológicos, económicos y sociales; pero su construcción no hubiera sido posible sin la evolución técnica, como hemos visto, de la máquina-herramienta.

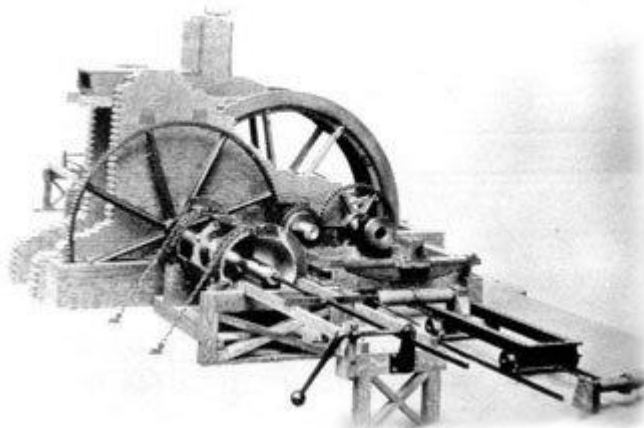


FIG. 2 Mandriladora de J. Wilkinson accionada por rueda hidráulica, fabricada en 1775 por encargo de James Watt. <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html>

Durante las guerras napoleónicas se puso de manifiesto el problema que creaba la falta de intercambiabilidad de piezas en el armamento. Era un problema al que había que encontrar una solución, fabricando piezas intercambiables. Había que diseñar máquinas-herramienta adecuadas, puesto que no había uniformidad en las medidas ni las máquinas-herramienta existentes podían considerarse como tales.

El inglés Henry Maudslay, uno de los principales fabricantes de máquinas-herramienta, fue el primero que admitió la necesidad de dotar de mayor precisión a todas las máquinas diseñadas para construir otras máquinas. En 1897 construyó un torno para cilindrar mostrada en la Figura 3, que marcó una nueva era en la fabricación de máquinas-herramienta. Introdujo tres mejoras que permitieron aumentar notablemente su precisión: la construcción de la estructura totalmente metálica, la inclusión de guías planas de gran precisión para el deslizamiento del carro porta-herramientas y la incorporación de husillos roscados-tuerca de precisión para el accionamiento de los avances, elementos mecánicos que siguen siendo esenciales en la actualidad.

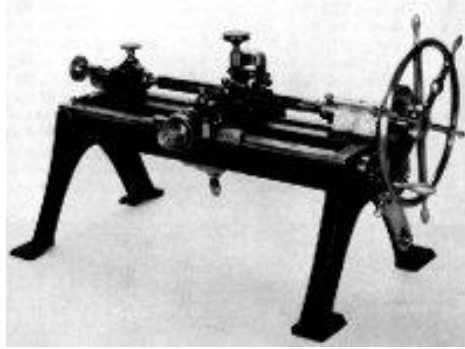


FIG. 3 Torno para cilindrar de Maudslay. http://www.museo-máquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/Tornuak_1750

Siglo XIX: Desarrollo industrial

En 1800, Maudslay construyó el primer torno realizado enteramente de metal para roscar tornillos, siendo su elemento fundamental el husillo guía patrón. Se dice que Maudslay dedicó diez años de trabajos para conseguir un husillo patrón satisfactorio.

Para completar el ciclo y tener una referencia de partida, era necesario poder medir con precisión las piezas fabricadas, con el objeto de cumplir las especificaciones para ser intercambiables, Maudslay construyó un micrómetro de tornillo en 1805 para su propia utilización, que bautizó con el nombre de El señor Canciller.

Si la máquina de vapor fue el motor que hizo posible el desarrollo del maquinismo, proporcionando la energía necesaria, el desarrollo industrial del siglo XIX fue posible gracias al diseño y fabricación de diversos tipos de máquinas y procesos de trabajo, aplicados a la fabricación de piezas metálicas de todo tipo. La fabricación de las máquinas de vapor, barcos, material de ferrocarril, automóviles, trenes de laminación para la siderurgia, maquinaria textil etc., solamente se puede realizar utilizando máquinas-herramienta. Con la particularidad de que la máquina-herramienta. Es el único medio existente con el que se pueden fabricar otras máquinas-herramienta y en general, también el único medio para fabricar cualquier otra máquina o elemento construido con materiales metálicos.

La necesidad de sustituir el trabajo de cincel y lima, en piezas pequeñas fue la razón que motivó a James Nasmyth en 1836 a diseñar y construir la primera limadora, bautizada con el nombre de "brazo de acero de Nasmyth". En 1840 Whitworth perfeccionó esta máquina, incorporando un dispositivo automático descendente del carro porta-herramientas.

Las primeras operaciones de fresado antes de la construcción de máquinas específicas para este trabajo se realizaron en tornos accionados a pedal, pero el nacimiento y su evolución está relacionado con la guerra de la independencia, cuando la colonia británica en América tuvo que acometer su propio desarrollo industrial. La necesidad de fabricar armamento en grandes series fue el factor determinante en el desarrollo del fresado. El americano Ely Whitney recibió el encargo de fabricar gran cantidad de fusiles para el gobierno de su país. Estudió la posibilidad de fabricación en serie, para lo que diseñó y construyó en 1818 la **primera máquina de fresar** (fig. 4). Estaba compuesta de un armazón de madera soportado por cuatro patas de hierro forjado. La mesa porta-piezas se desplazaba longitudinalmente sobre guías en forma de cola de milano y entre otros mecanismos, destacaba un eje sinfín que se podía embragar y desembragar sobre una corona dentada alojada en el husillo del carro. En

1830 se construye una fresadora totalmente metálica a la que se incorpora un carro para la regulación vertical.

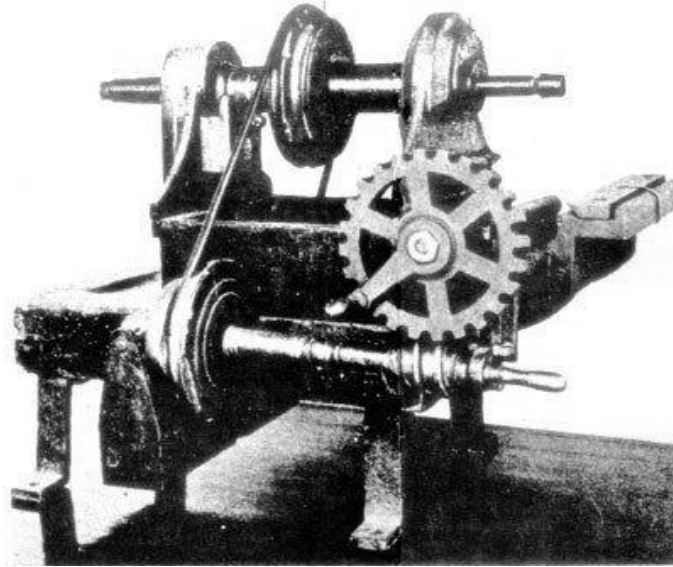


FIG. 4 Primera máquina de fresar de Ely Whitney, construida en 1818.
<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolución-técnica-de-la-máquina-herramienta-Resena-histórica.html>

En 1848 el destacado Ingeniero Americano Howe introduce nuevas prestaciones, incorporando poleas de tres escalones y desplazamientos en sentido vertical, longitudinal y transversal. Dos años después diseña la primera fresadora copiadora de perfiles e influye decisivamente en la introducción de otras importantes mejoras. Un avance muy importante se produce en 1862, cuando J. R. Brown construyó la primera fresadora universal (fig. 5) equipada con divisor universal, consola con desplazamiento vertical, curso transversal y avance automático de la mesa longitudinal.



FIG. 5 Primera fresadora universal, fabricada por Joseph R. Brown en 1862.
<http://www.museo-maquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/Fresatzeko-makinak>.

Con la fresadora universal construida en 1884 por Cincinnati (Fig. 6), a la que se incorpora por vez primera un carnero cilíndrico desplazable axialmente, se alcanza el máximo desarrollo de este tipo de máquinas. Por la influencia que ha tenido en la

construcción de los actuales centros de fresado de CNC, cabe destacar la fresadora del francés P. Huré construida en 1894, que incorporaba un ingenioso cabezal con el cual, mediante previo movimiento giratorio, podía trabajar en horizontal, vertical y otras posiciones.

Whitworth perfecciona el torno paralelo, de tal manera que el monopolea de 1850 ha tenido vigencia hasta nuestros días y sólo fue mejorado a partir de 1890, con la incorporación de los Americanos de la Caja Norton.

Hasta 1850 los ingleses fueron los líderes y prácticamente los únicos fabricantes de máquinas-herramienta; pero a partir de esa fecha se dedicaron principalmente al diseño y fabricación de grandes máquinas, con el fin de dar solución al mecanizado de piezas para los ferrocarriles en cuyo desarrollo estaban comprometidos. Fue a partir de este momento cuando los americanos se impusieron en el ámbito mundial en la fabricación de maquinaria ligera, desarrollando hasta finales del siglo XIX, nuevos e importantes tipos de máquinas-herramienta universales y de producción, para mecanizar tornillería, piezas de máquinas de coser, máquinas de escribir, armamento, maquinaria agrícola etc.,

El primer torno fue diseñado por Spencer y fabricado por "Hartford Machine Screw". "Pratt & Whitney" construye el primer torno automático con cargador de piezas en 1898 y en el mismo año "The National Acme", el primer torno multihusillo.

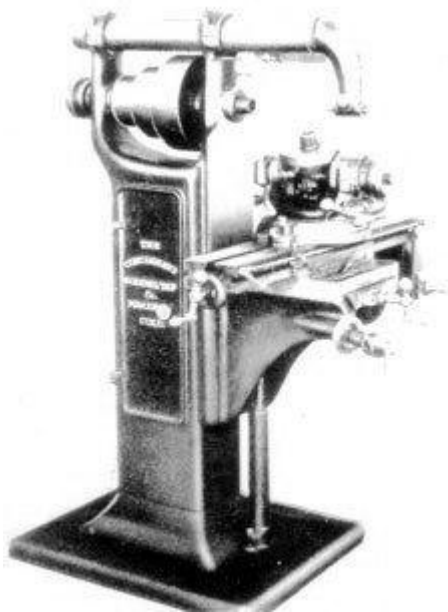


FIG. 6 Fresadora universal construida en 1884 por Cincinnati.

<http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-máquina-herramienta-Resena-historica.html>

Siglo XX: Hasta 1940

El nuevo siglo se recibió como el inicio de una nueva era, que ofrecía grandes posibilidades de progreso. En los Estados Unidos circulaban alrededor de 8.000 automóviles, pero no existía una industria organizada ni los miles de productos que se han desarrollado durante el siglo XX, pero había ilusión y una fuerte confianza en el futuro.

En 1908 Henry Ford, fabrica el primer automóvil producido en serie, modelo T, y en 1911, instala el primer transportador en cadena en Highland Park, iniciando la producción en masa. Se perfecciona una gran cantidad de máquinas-herramienta adaptadas a las características exigidas por la industria del automóvil.

Desde principios del siglo XX hasta el nacimiento del control numérico (CN) e incluso después, se mantienen prácticamente en todas las máquinas las formas arquitectónicas que, en este sentido, alcanzaron su plenitud a finales del siglo XIX. Sin embargo evolucionaron y se construyeron otras más potentes, rígidas, automáticas y precisas, pudiendo alcanzar mayores velocidades de giro, con la incorporación a los cabezales de cojinetes o rodamientos de bolas; contribuyendo rentablemente al extraordinario incremento de productividad logrado por la industria en general y en especial por la automovilística y aeronáutica.

Las primeras operaciones de fresado antes de la construcción de máquinas específicas para este trabajo se realizaron en tornos accionados a pedal, pero el nacimiento y su evolución está relacionado, con la guerra de la independencia de los EEUU.

Invención del Control Numérico

En principio, contrariamente a lo que se pudiera pensar, el Control Numérico de Máquinas Herramientas no fue concebido para mejorar los procesos de fabricación, sino para dar solución a problemas técnicos surgidos a consecuencia del diseño de piezas cada vez más difíciles de mecanizar. Ver figura 7.

En 1942, la "Bendix Corporation" tiene problemas con la fabricación de una leva tridimensional para el cálculo de una máquina automática que definiera gran número de puntos de la trayectoria, siendo el útil conducido sucesivamente de uno a otro.

En 1947, Jhon Parsons, constructor de hélices de helicópteros, americano, concibe un mando automático la idea de utilizar cartas perforadas (comportando las coordenadas de los ejes de los agujeros) en un lector que permitiera traducir las señales de mando a los dos ejes, permite a Parsons desarrollar su sistema Digitón.

En esta época, la U.S. Air Force estaba preocupada con la fabricación de estructuras difíciles de trabajar por copiado susceptibles de ser modificadas rápidamente. Gracias a su sistema, Parsons obtiene un contrato y el apoyo del Massachusetts Institute of Technologie" el Gobierno americano apoya la iniciativa para el desarrollo de una fresadora de tres ejes en contorneado mandado por control digital.

En 1953, después de cinco años de puesta a punto, el M.I.T. utiliza por primera vez la apelación de "Numerical Control" En 1956, la U.S.A.F. hace un pedido de 170 máquinas de Control Numérico a tres grandes constructores americanos:

- Cincinnati Milling Machine Company,
- Giddin & Levis,
- Kearney & Trecker.

Paralelamente a esta evolución, ciertos constructores se interesan por el desarrollo de máquinas más simples para trabajos, tales como taladrado, mandrinado y punteado, que no requieren ningún movimiento continuo, pero sí un posicionamiento preciso. De esta forma se ha visto que la necesidad industrial de la aeronáutica fue la que creó la demanda de sistemas continuos complejos. El paso de complejos a simples revolucionó los procesos de fabricación.

En 1960, también en el M.I.T. se realizaron las primeras demostraciones de Control Adaptable

(Un perfeccionamiento del Control Numérico que permite, además, la autorregulación de las condiciones de trabajo de las máquinas). A finales de 1968 tuvieron lugar los primeros ensayos de Control Numérico Directo (DNC).

En general, el incremento en la utilización de máquinas herramientas con CN se debe a que un gran número de problemas, que se consideraban bien resueltos por los métodos de trabajo clásicos, que pueden tener una respuesta ventajosa desde el punto de vista técnico mediante la utilización de dichas máquinas.

Regulador de una bomba de inyección para motores de avión. El perfil tan especial de dicha leva es prácticamente imposible de realizar con máquinas comandadas manualmente. La dificultad provenía de combinar los movimientos del útil simultáneamente según varios ejes de coordenadas, hallando el perfil deseado.

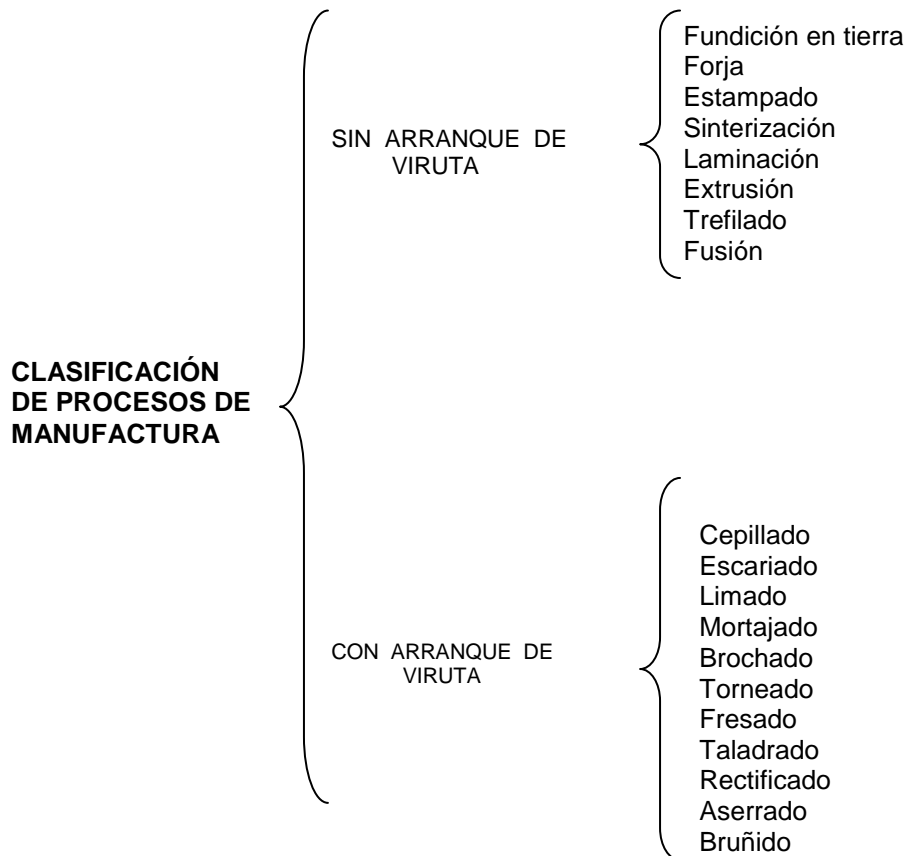


FIG. 7 Máquina Freeler, con capacidad de manejar 20 Herramientas en la torreta. Fotografía tomada en la Fabrica Mipsar de San Pedro Pozohuacan, Tecámac Edo. De Méx.

I.2. PROCESO DE MANUFACTURA

“Es el proceso de convertir la materia prima en productos, incluye el diseño del producto, la selección de la materia prima y la secuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado el producto”.¹

I.2.a CLASIFICACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURA



I.3 MÁQUINAS CONVENCIONALES

Las **Máquinas-Herramientas**: Son aquellas que efectúan trabajos de corte y doblado en los materiales por trabajar, preferentemente en los metales y maderas.

Ejemplo de este tipo de máquinas:

- Tornos horizontales o verticales.
- Cepillos de codo y mesa.
- Taladros radiales, de columna, eléctricos de mano, de aire y mecánicos de mano.
- Fresadores horizontales, Verticales y Universales,
- Seguetas mecánicas.
- Sierras circulares y de cinta.
- Rectificadoras.
- Mandriladoras.

¹ Manufactura, Ingeniería y Tecnología; Serope Kalpakjia y Steven R. Schmid; Editorial Pearson Educación; Cuarta Edición, México 2002, Pág. 2

- Trompos.
- Escoplos.
- Cizallas.
- Dobladoras y otros.

Por medio de las máquinas se fabrican piezas de formas cilíndricas o planas y piezas provistas de roscas, así como ruedas dentadas y piezas de cualquier otra forma.

Todas estas máquinas trabajan con herramientas de corte y dispositivos, razón por la cual se les da el nombre de equipos de corte de metales. El operario necesita empezar con materia prima, tal como placas, barras o láminas y utilizar operaciones o técnicas como el corte, taladrado, cepillado, torneado, fresado y rectificado para hacer el producto final.

Cuando se hace una sola pieza no es necesario de armar o ensamblar un prototipo de máquina, de un conjunto se emplean todos en algún momento durante las diversas fases del trabajo.

Las máquinas básicas para el corte de metales son:

- TALADRO:

Es una máquina-Herramienta que se utiliza principalmente para efectuar agujeros cilíndricos en materiales generalmente metálicos, aunque pueden ser de cualquier tipo. Se caracteriza por la rotación (giro) de la herramienta de corte.

En esta máquina el trabajo de barrenado se efectúa en el menor tiempo posible con una herramienta llamada broca.

- CEPILLO DE CODO

El cepillo de codo se emplea en el maquinado de superficies planas, las cuales pueden estar en posición horizontal, vertical o en ángulo, además se emplea para el mecanizado de perfiles irregulares y especiales que serían difíciles de obtener en otras máquinas.

El trabajo se sujeta sobre una mesa ajustable, por medio de dispositivos especiales de acuerdo al tamaño y forma; o bien en un tornillo de mordazas, en el que se encuentra sujeta a la mesa. La herramienta de corte (buril) quita material durante la carrera hacia delante, durante la carrera de regreso la mesa y el trabajo se mueven hacia la herramienta a una distancia predeterminada, estando conectada la alimentación automática de la mesa.

- RECTIFICADORA

Es una máquina herramienta, que consiste en arrancar el material con una infinidad de herramientas constantes que están unidas por medio de un cemento especial, que recibe el nombre de aglomerante. Las herramientas cortantes se componen de granos abrasivos con aristas constantes.

Sus partes principales son: Mesa, Carro, Cabezal de la muela abrasiva y compresor hidráulico.

- TORNO

Se denomina torno (del latín tornus y del griego giro, vuelta) a la máquina herramienta, que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Esta máquina herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje), mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulada de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas.

El torno es una máquina que trabaja en el plano, porque solo tiene dos ejes de trabajo, normalmente denominados X y Z. La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se torne, llamado eje Z. La herramienta que comúnmente se utiliza en el torno para cortar metal es el buril.

La velocidad de corte en las máquinas herramientas, es el camino recorrido en un minuto ya sea por la pieza a lo largo del filo de la herramienta o bien por el filo de la herramienta a lo largo de la pieza.

Se llama avance a la longitud expresada en milímetros o pulgadas que recorre el carro transversal, por cada vuelta del tornillo principal.

Los tornos tienen una diversidad de componentes y accesorios. Los componentes básicos en un torno común son los siguientes: Bancada, Carro longitudinal, Cabezal, Carro de contrapunto, Barra de avance y Tornillo guía.

Los tornos se suelen especificar por:

- a) Su volteo, esto es, el diámetro máximo de la pieza que se puede maquinar.
- b) La distancia máxima entre el cabezal y el contrapunto.
- c) La longitud de la bancada.

Los tipos de torno que existen son:

- Tornos copiadoras
- Tornos automáticos
- Tornos automáticos para barras
- Tornos revolver.

Las operaciones que se pueden realizar en un torno son las siguientes:

1. CILINDRADO: Reduce el diámetro de la barra de material que se está trabajando.
2. MANDRINADO: Se utiliza para el mecanizado de agujeros de piezas cúbicas cuando es necesario que estos tengan una tolerancia muy estrecha y una calidad de mecanizado buena.
3. ROSCADO: Consiste en la mecanización helicoidal interior (tuercas) y exterior (tornillos y husillo), sobre una superficie cilíndrica. Este tipo de sistemas de unión y sujeción (roscas), está presente en todos los sectores industriales en los que se trabaja con materia metálica.
4. REFRENTADO: Operación realizada, mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro.
5. RANURADO: Es una operación, por la cual se hace una ranura, canal o escotadura en la pieza mecanizada.

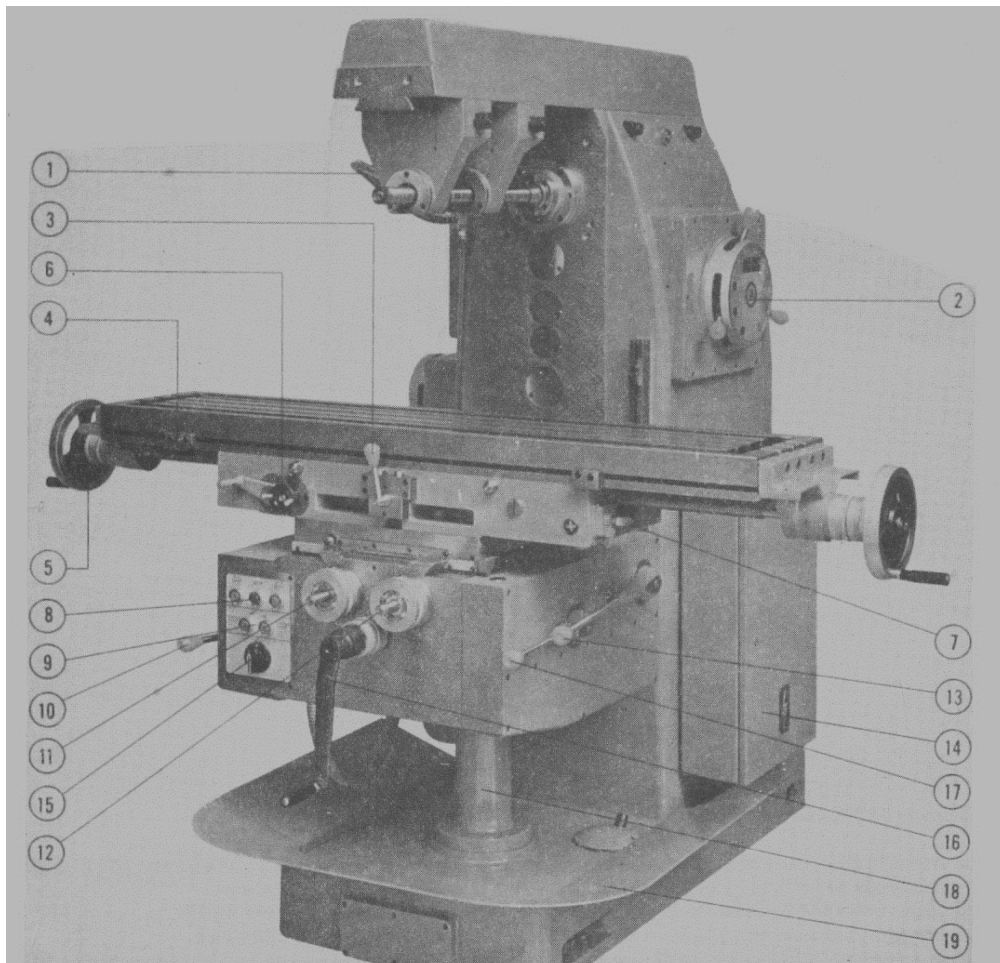
6. TALADRADO: Se conoce al conjunto de operaciones de mecanizado que pueden efectuarse en la máquina- herramienta. Realizando orificios en la pieza paralelos al eje de rotación de la herramienta.
7. ESCARIADO: Operación de mecanizado que se realiza para conseguir un acabado fino y de precisión en agujeros que han sido previamente taladrados con broca a un diámetro ligeramente inferior.
8. MOLETEADO: Es la terminación que se le da a la superficie para facilitar el agarre.

- FRESADORA

La máquina de fresar o fresadora, como generalmente se le llama, es una máquina herramienta de movimiento continuo, destinada al mecanizado de materiales por medio de una herramienta rotativo de varios filos de corte llamada fresa. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desliza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta permitiendo obtener formas diversas realizando operaciones de fresado de superficies de las más variadas formas: Planas, cóncavas, convexas y combinadas.

CONSTITUCIÓN

En las máquinas de fresar corrientemente usados en los talleres de construcciones mecánicas, se distinguen las siguientes partes principales mostradas en la figura 8:



1. Fuente de líquido refrigerante.
2. Selector de Velocidades del eje principal.
3. Palanca de embrague de movimiento longitudinal.

4. Topes de regulación longitudinal y recorrido máximo.
5. Volantes de movimiento longitudinal manual.
6. Eliminador de holgura de la tuerca de husillo longitudinal y recuperador de juego para avance rápido.
7. Bomba para engrase centralizado de carros.
8. Pulsadores para dos sentidos de giro de herramienta.
9. Pulsadores para movimientos rápidos en dos sentidos.
10. Palanca de inversión de avances automáticos.
11. Eje y Nonio de movimiento manual transversal.
12. Eje y nonio de movimiento manual longitudinal.
13. Palanca de embrague de avance vertical.
14. Armario de aparellage eléctrico.
15. Interruptor de electro-bomba para líquido refrigerante.
16. Palanca de movimiento manual vertical.
17. Palanca de embrague de avance transversal
18. Soporte deposito de engrase de husillo vertical.
19. Bandeja de recuperación de líquido refrigerante.

Fig. 8 Componentes Principales de la máquina fresadora. Fresadora; Apuntes para el alumno de Jesús Toledo Matus, Instituto Politécnico Nacional, México D. F. 1989.

CLASIFICACIÓN

La orientación del husillo de trabajo respecto a la superficie de la mesa, determina la clasificación o tipo de fresadora. De allí que reciben la denominación de:

Fresadora Horizontal: En este tipo de fresadora el movimiento longitudinal de la mesa se efectúa perpendicularmente al husillo. La mesa realiza dos movimientos que son el transeversal y vertical (Fig. 9).

Se emplea para efectuar fresados genéricos, tales como el alisado de superficies y el tallado de ranuras rectas de diferentes perfiles

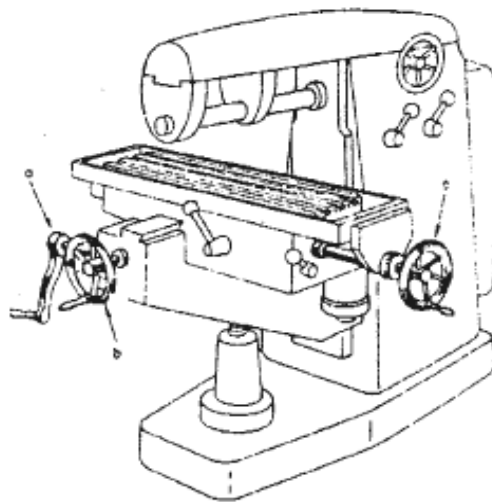


FIG. 9 Fresadora Horizontal

Fresadora Vertical: Se denomina así porque el husillo está dispuesto verticalmente y formando un ángulo recto con la superficie de la mesa (Fig. 10). Este husillo tiene un movimiento vertical y la mesa puede moverse vertical, longitudinal y transversalmente. Los trabajos más frecuentes que se pueden efectuar con la fresadora vertical son: alisado con fresas cilíndricas frontales, escuadro de paralelepípedos, contorneado de piezas de forma curva irregular, tallado de ranuras rectilíneas y circulares, etc.

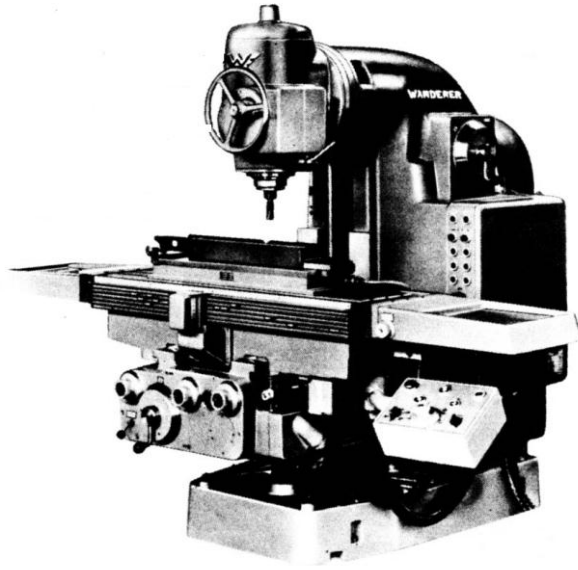


FIG. 10 Fresadora Vertical. <http://html.rincondelvago.com/fresadora.html>

Fresadora Mixta: Cuando, auxiliándose con accesorios, el husillo puede orientarse en las dos posiciones precedentes (fig. 11)

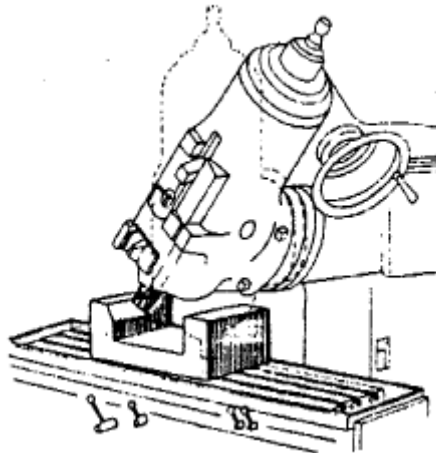


FIG. 11 Fresadora Mixta

Fresadora Universal: Tiene los principios de una fresadora horizontal, pero además esta provista de otros mecanismos y accesorios especiales, que le permite ampliar considerablemente sus posibilidades de trabajo (fig. 12).

La fresadora Universal esta dotada de un cabezal universal de doble articulación que le permite la inclinación del eje portafresa, formando cualquier ángulo con la superficie de la mesa. La mesa puede girar en un plano horizontal hasta un ángulo de 45 grados en ambos sentidos. Puede efectuar trabajos que permite una simple fresadora horizontal, algunos trabajos especiales, como ranuras helicoidales sobre superficies cilíndricas y sectores circulares perfilados.



FIG. 12 Fresadora Universal. Fotografía Tomada en el EDAYO ECATEPEC, de Ecatepec de Mor. Edo. De México.

Fresadora Especiales: Existe una gran variedad de tipos especiales de fresadoras, como: fresadoras copiadoras, talladoras de engranes y otros, que se destinan a trabajos muy específicos.

El hecho de que la herramienta de trabajo de la fresadora sea de filos múltiples, y que se pueden montar en el eje portafresa combinaciones de fresas de diferentes formas, le contiene a esta máquina características especiales y una ventaja sobre otras máquinas herramientas, como lo es, el poder realizar una gran variedad de trabajos en superficies situadas en planos paralelos, perpendiculares, o formando ángulos diversos; construir ranuras circulares, elípticas, mecanizadas en formas esféricas, cóncavas y convexas, con rapidez y precisión.

La fresadora está provista de una serie de **accesorios** que la permiten realizar las más variadas operaciones de fresado, los cuales se indican a continuación:

- Cabezal universal
- Ejes portafresas
- Aparato divisor y contrapunto
- Divisor lineal
- Aparato mortajador
- Cabezal especial para fresar cremalleras
- Mesa inclinable

Las fresas son características de la fresadora. Las fresas son herramientas que cortan a través del filo de sus dientes, cuando están animadas de un movimiento de rotación.

El cuerpo puede ser cilíndrico, cónico, esférico o combinación de ellas. Se construyen en aleaciones de aceros, llamados rápidos y excepcionalmente en aceros al carbono, algunos ejemplos de estos se muestran en la figura 13.

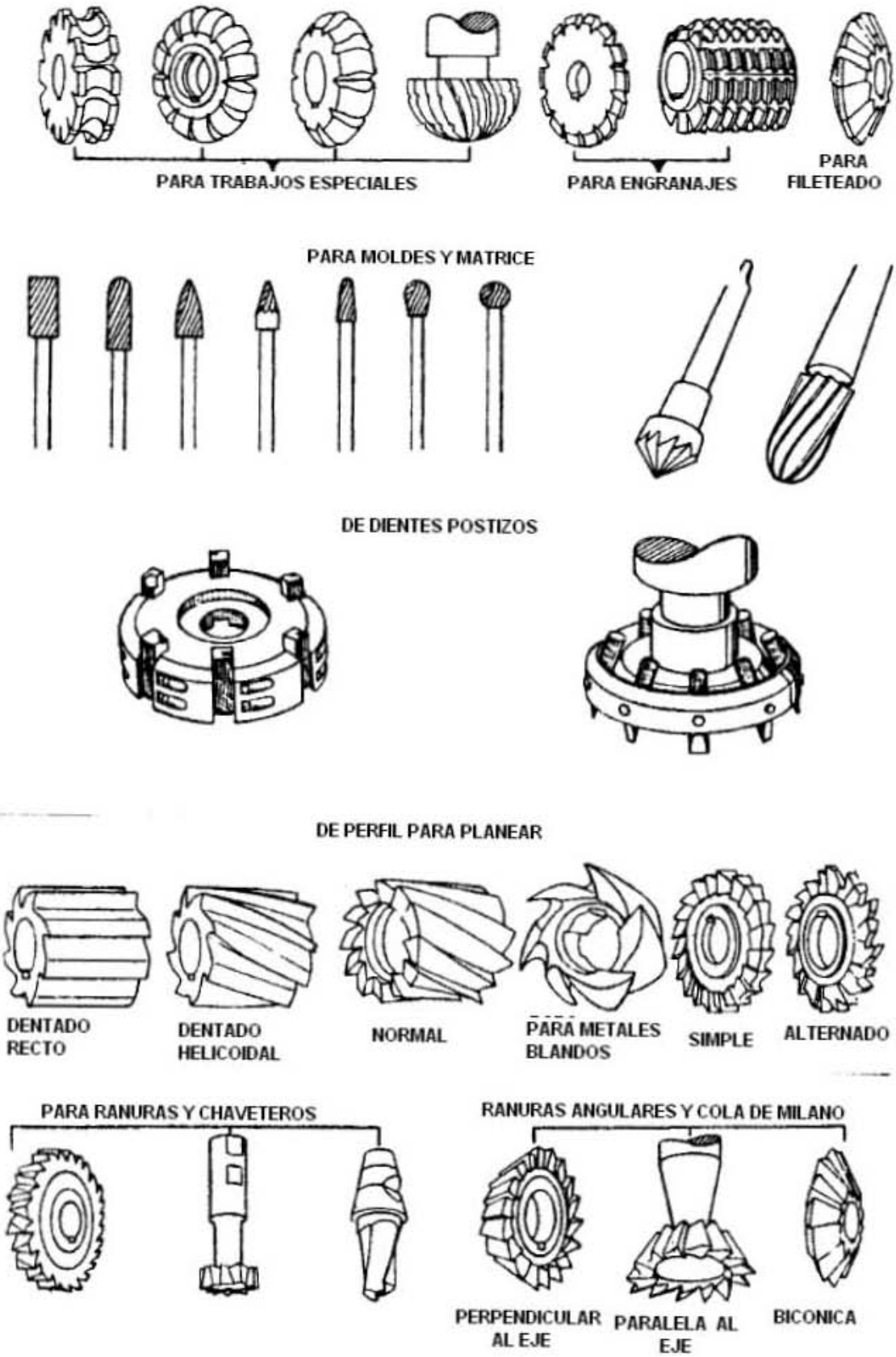


FIG. 13 Diferentes tipos de fresas utilizados en la industria metal-mecánica.

I.4 CNC

Se considera de *Control numérico por computador*, también llamado CNC (en inglés Computer Numerical Control o control numérico continuo) a todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil, mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real.

“Entre las operaciones de maquinado que se puede realizar en una máquina CNC se encuentra las de torneado, de fresado o ambas. Sobre la base de esta combinación es posible generar la mayoría (sino todas) las piezas de industria.

Los sistemas CNC poseen las siguientes Ventajas:

- Mejor precisión.
- Uniformidad en producción.
- Posibilidad de utilización de varias máquinas simultáneas por un solo operario
- Mecanización de productos de geometría complicada.
- Alta producción en tiempos cortos.
- Posibilidad de servir pedidos urgentes
- Reducción de la fatiga del operario.
- Aumento de los niveles de seguridad en el puesto de trabajo
- Disminución de tiempos por máquina parada.
- Posibilidad de simulación de procesos de maquinado.

Los conocimientos y habilidades que deben de poseer los operarios CNC son:

- Conocimientos en geometría, algebra y trigonometría.
- Conocimientos de elección y diseño de las diferentes herramientas de corte.
- Conocimientos de los diferentes sistemas de sujeción de las herramientas de corte.
- Uso de aparatos de medida y conocimientos de metrología.
- Interpretación de planos.
- Conocimientos de la estructura de la máquina CNC.
- Conocimientos de los diferentes procesos de maquinado.
- Conocimientos de la programación CNC.
- Conocimientos del mantenimiento y operación CNC.
- Conocimientos generales de ordenadores.
- Conocimientos de parámetros y condiciones de corte”².

Componentes de un sistema de control numérico

- *UCP (Unidad Central de procesos):* Es el corazón del sistema, está compuesto por una estructura informática donde el microprocesador es el elemento principal, sus funciones son: calcular la posición de los ejes y desplazamientos de la máquina, controla el funcionamiento de la máquina, controla las señales de entrada y salida en los periféricos y controla el tráfico entre UCP y el PLC.
- *PERIFERICOS DE ENTRADA:* Son todos los elementos que le suministran información a la UCP, entre los más importantes tenemos: Teclado y Panel de mando, conexión con ordenador, Reglas ópticas o posicionadores y mouse.
- *UNIDADES DE ALMACENAMIENTO DE DATOS:* Las Unidades donde se pueden guardar información, entre los más usuales actualmente son: Conexión

² Control Numérico y Programación, Sistemas de Fabricación de Maquinas Automatizada; Francisco Cruz Teroel; Editorial AlfaOmega, México, Marzo 2007. Pág. 1

RS232 con ordenador, El disco duro de la maquina y conexión con una intranet.

- *PERIFERICOS DE SALIDA*: Son los elementos que reciben la información de la UCP, destacaremos los siguientes: Monitor, Comunicaciones RS232, conexión con intranet, control de movimiento de los ejes y demás elementos móviles de la máquina.
- *UNIDAD DE ENLACE CON PLC*: Permiten realizar movimientos manuales de la maquina o algún mecanizado mediante manivelas, interruptores, etc, desde el teclado de la máquina.

El torno CNC es operado mediante control numérico por computadora. Se caracteriza por ser una máquina herramienta muy eficaz para mecanizar piezas de revolución.

Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado se controla a través del ordenador que lleva incorporada, el cual procesa las ordenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno.

Es una máquina ideal para el trabajo en serie y mecanizado de piezas complejas. Las herramientas van sujetas en un cabezal de infinidad de herramientas diseñadas especialmente para cada máquina. Las herramientas entran en funcionamiento de forma programada, permitiendo a los carros horizontal y transversal trabajar de forma independiente y coordinada, con lo que es fácil de mecanizar ejes cónicos o esféricos así como el mecanizado integral de piezas complejas.

La velocidad de giro de cabezal porta piezas, el avance de los carros longitudinal y transversal y las cotas de ejecución de la pieza están programadas y, por tanto, exentas de fallos al operario de la máquina.

“Los ejes principales de movimiento del torno son:

- Eje Z: Es el movimiento longitudinal en sentido del eje principal de la máquina.
- Eje X: Es el movimiento transversal perpendicular al eje principal de la máquina (Torreta).

Los sistemas de sujeción del torno suelen emplear sistemas rápidos de agarre de pieza y que tengan sistemas de autocentrado de bien nivel de precisión.

Mencionaremos las más comunes:

- Platos universales de dos, tres, o cuatro garras autocentrables.
- Platos frontales para la colocación de sargentos para agarre de formas irregulares.
- Mandriles autocentrables.
- Pinzas para sujeción de piezas cilíndricas pequeñas.
- Puntos y contrapuntos con arrastre para piezas esbeltas.
- Lunetas escamoteables para apoyo intermedio.
- Sistemas de conos.”³

Los tornos CNC utilizan cambiadores automáticos de herramientas que puedan albergar desde 6 hasta 20 cortadores, conocido como *TAMBOR DE HERRAMIENTAS*, lo cual se ejecuta mediante la programación, caracterizándose por un giro del tambor.

³ Control Numérico y Programación, Sistemas de Fabricación de Maquinas Automatizada; Francisco Cruz Teroel; Editorial AlfaOmega, México, Marzo 2007. Pág. 4

Las fresadoras CNC, son un ejemplo de automatización programable. Mediante estas máquinas-herramientas programables se pueden crear piezas de forma compleja, se caracteriza por que el cortador tiene un movimiento rotativo y la pieza se mantiene estática. Se diseñaron para adaptar las variaciones en la configuración de productos.

Su principal aplicación se centra en grandes volúmenes de producción de piezas sencillas y en volúmenes de producción medios y bajos de piezas complejas, permitiendo realizar mecanizados de precisión con la facilidad que representa cambiar de un modelo de pieza a otra mediante la inserción del programa correspondiente y de las nuevas herramientas que se tengan que utilizar así como el sistema de sujeción de las piezas. El equipo de procesamiento se controla a través de un programa que utiliza números, letras y otros símbolos.

Principio de funcionamiento

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte. El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador, dependiendo de la capacidad de la máquina, esto puede no ser limitada únicamente a tres ejes.

Los tres ejes principales de las fresadoras CNC son:

- Eje Z: Mediante este eje controla los movimientos verticales de la herramienta.
- Eje Y: Es el movimiento transversal de la herramienta con respecto a la mesa de trabajo (La mesa de trabajo es el que realiza el movimiento).
- Eje X: Es el movimiento longitudinal de la herramienta con respecto a la mesa de trabajo (La mesa de trabajo es el que realiza el movimiento).

Los sistemas de sujeción en las fresadoras o centros de maquinados, suelen emplear los mismos sistemas que en las convencionales. Entre los más usados son:

- Mordazas.
- Mordazas autocentrables, mecánicas e hidráulicas.
- Sistemas de bridas.
- Placas angulares de apoyo.
- Platos o mesas magnéticas.
- Mesas y dispositivos modulares de uso universal.
- Utillajes diseño específico o especial.

El cambio de herramienta puede ejecutarse manualmente por el operario o de forma automática por medio de programa. Los sistemas automáticos de cambio de herramienta de las fresadoras CNC más utilizados son:

- Carruseles
- Tambores giratorios
- Sistema de cadena

Programación en el Control Numérico

Se pueden utilizar dos métodos, la programación manual y la programación automática.

Programación manual

En este caso, el programa pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario. El programa de mecanizado comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza, programando desde la maquina por el operario como se muestra en la figura 14.



FIG. 14 Operador programando a pie de maquina. . *Fotografía tomada en la Fabrica Mipsar de San Pedro Pozohuacan, Tecámac Edo. De Mex.*

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se enumeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones es interpretado por el intérprete de órdenes. Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado. De tal modo, un bloque de programa consta de varias instrucciones.

El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo de los códigos de programación. Los caracteres más usados comúnmente son:

N: Es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. Esta dirección va seguida normalmente de un número de tres o cuatro cifras (N000 – N999).

X,Y,Z: Son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la maquina herramienta (Y planos cartesianos). Dichas cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa.

G: Es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado, como forma de trayectoria, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. Esta función va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes:

G00: Desplazamiento a velocidad rápida
G01: Movimiento rectilínea a velocidad controlada.
G02: Interpolación circular en sentido horario
G03: Interpolación circular en sentido anti horario
G33: Indica un ciclo automático de roscado
G40: Cancelación de la compensación
G41: Compensación de corte hacia la izquierda
G42: Compensación de corte a la derecha
G77: Ciclo para cilindrado

M: Es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como parada programada, rotación del husillo a derechas o izquierdas, etc.

M00: Provoca una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la refrigeración.
M01: Alto opcional
M02 Indica fin de programa
M03: Permite programar la rotación del husillo en sentido horario
M04: Permite programar la rotación del husillo en sentido antihorario
M05: Parada del cabezal
M06: Cambio de herramienta

F: Es la dirección correspondiente a la velocidad de avance.

S: Es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal.

I,J,K: Son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencias.

T: Es la dirección correspondiente al número de herramienta.

Programación automática

En este caso, los cálculos los realiza un computador que suministra en su salida el programa de la pieza en lenguaje máquina. Por esta razón recibe el nombre de *programación asistida por computadora*.

CAPÍTULO 11

MASTERCAM COMO HERRAMIENTA EN EL DISEÑO Y MAQUINADO DE PIEZAS

II. MASTERCAM COMO HERRAMIENTA EN EL DISEÑO Y MAQUINADO DE PIEZAS

II.1 INTRODUCCION AL MASTERCAM 9.1

Mastercam es un sistema integrado de Software CAD/CAM que opera en Microsoft Windows 98, 2000 y NT. Su poder y versatilidad le ayudan a solucionar tanto la parte del diseño geométrico como la parte de fabricación de los productos. Sus distintos módulos ofrecen soluciones en fresado de 2D, 2 ½ y 3D, mecanizando superficies y multisuperficies, en electroerocion por hilo, controlando 2 y 4 ejes, en torneado, en Láser, en Punzonado y maquinas de corte por plasma.

Mastercam tiene las prestaciones de acotación que precisa el diseñador mecánico, salida para diversos periféricos como plotters, impresoras, etc., interfaces de comunicación con prácticamente todos los sistemas CAD existentes en el mercado actualmente.

Mastercam tiene herramientas de dibujo en dos y tres dimensiones. Los objetos tridimensionales son creados con alambres (wireframe), superficies (surface) y sólidos (con este es posible generar geometría sólida con operaciones booleanas).

II.1.a INSTRUCCIONES PRINCIPALES Y DISTRIBUCION EN PANTALLA

La distribución de la pantalla principal (Fig. 15) ofrece acceso a:

- *Barra de Herramientas*: Aquí se encuentra el acceso rápido a instrucciones de uso frecuente.
- *Menú de mensajes de selección de objetos*: Envía mensajes al usuario, para indicarle que seleccione algún objeto en especial de trabajo o si se completa alguna orden.
- *Menú Principal*: Aquí encontramos todas las instrucciones del software mediante una secuencia de cascada a partir de la selección de estas etiquetas como generación de geometrías, superficies, configuraciones, etc.
- *Botón de Retorno al menú principal*: Backup (anterior) moverá un paso hacia atrás en las selecciones del menú que se haya realizado y Main Menu (Menú principal) El sistema regresara al menú principal.
- *Menú Secundario*: Opciones que permiten trabajar con la geometría dibujada.
- *Área Gráfica*: Es la zona mas grande de la pantalla donde se puede crear y modificar la geometría.
- *Icono de Coordenadas*: Muestra los ejes de construcción.
- *Área de Mensajes*: Aquí se envían mensajes y se reciben información del usuario.

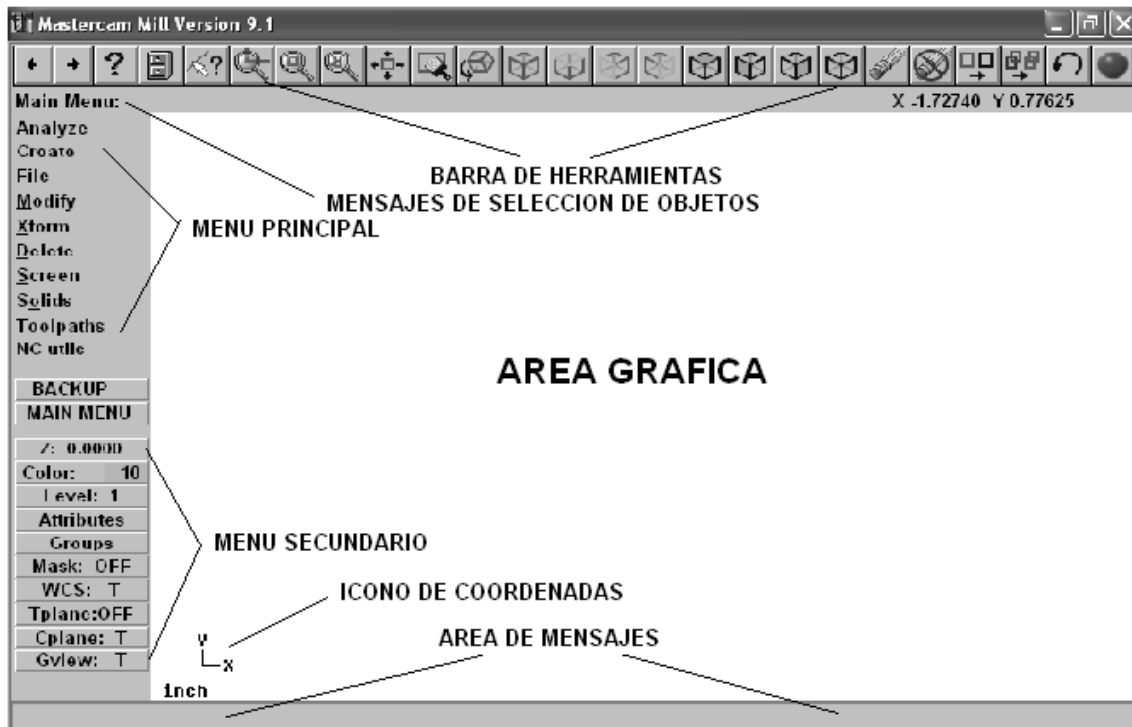


FIG.15 Pantalla principal de MasterCam 9.1.

El *MENU PRINCIPAL* ofrece las siguientes instrucciones y su funcionalidad:

Analyze	Nos muestra la información de las entidades seleccionadas como: point, contour, only, Between pts, Angle, Dinamic, Area/volume, Number, Chain, Surface.
Create	Mediante esta instrucción permite crear entidades como: Point, Line, Arc, Fillet , Spline, Curva, surface, rectangle, Drafting, chamfer, Letters, Pattern, Ellipse, Poligon, Bound. Box, Spiral/Helix, Add-ins.
File	Permite el manejo de los archivos: New. Edit, Get, Merge, List, Save, Save some, Browse, Converters, Properties, Dos Shell, RAM –saber, Hard Copy, Communic, Renumber.
Modify	Permite modificar la geometría ya dibujada: fillet, Trim, Break, Join, Normal, Cpts NURBS, X to NURBS, Extend, Drag, Cnv to arcs.
Xform	Transforma la geometría con opciones como: Mirror, Rotate, Scale, Scale XYZ, Traslate, Offset, Ofs. Contour, Stretch, Roll.
Delete	Elimina la geometría seleccionada: Chain, Window, Area, Only, All, Group, Result, Duplicate, Undelet.
Screen	Permite la modificación de la geometría mostrada en la pantalla: Configurate, Statistics, Endpoints, Clr colors, chg colors, Chg levels, Chg attribs, Surf disk, Blank, Set main, Center, Hide, Sel gris, AutoCursor, Regenerate, To Clipbrd, Comb Views, Viewports, Plot.
Solids	Permite la creación y modificación de cuerpos sólidos tridimensionales.
Toolpaths	Permite acceder a la tecnología de maquinados: New, Contour, Drill, Pocket, Face, Surface, Multiaxis, Operations, Jop Setup, Manual Ent, Circ tipths, Point, Proyect, Trim, Wireframe, Transform, Import NCI.
NC Utils	Ofrece acceso a las utilerías de NC para editar y verificar las rutas de herramienta: Verify, Backplot, Batch, Filter, Post Proc, Setup Sheet, Def. ops, Def. Ops, Def. Tools, Def. Matls.

La estructura del menú principal es jerárquica. Cuando se escoge una opción del menú, se abre un nuevo menú, y se navega a través de submenús hasta completar la creación, modificación y edición de entidades.

El *MENÚ SECUNDARIO* permite la modificación del formato de la pantalla durante la creación y edición de entidades. Las opciones del menú secundario son las siguientes:

Z: Fija la altura de construcción con respecto al origen del sistema. Toda geometría que se dibuje cae a la altura indicada de Z.

Color: Establece el color activo en el cual se dibujan las entidades. Cuando se pulsa el botón de color aparece un cuadro de dialogo figura 16, donde se podrá seleccionar el nuevo color para las entidades a crear. Mastercam tiene disponible 256 colores para ser utilizados.

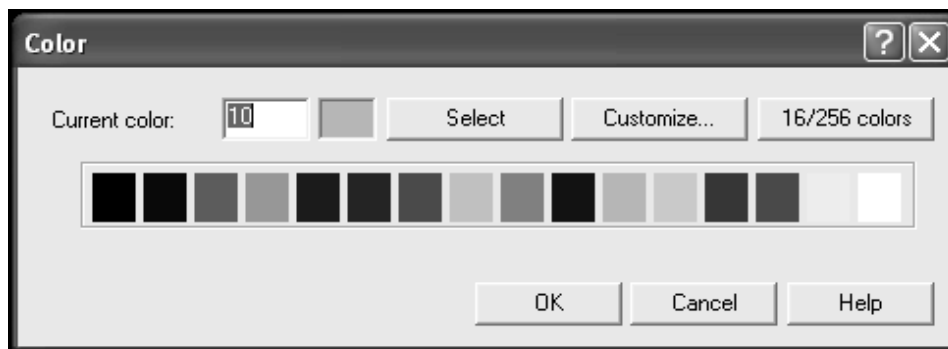


FIG. 16 Cuadro de dialogo del menú COLOR.

Level: Mastercam permite trabajar mediante niveles o layers para una mejor organización de creación de geometrías. Mastercam soporta hasta 255 niveles la cual se le puede asignar nombres para facilitar su búsqueda y control como se muestra en el cuadro de dialogo de la figura 17.

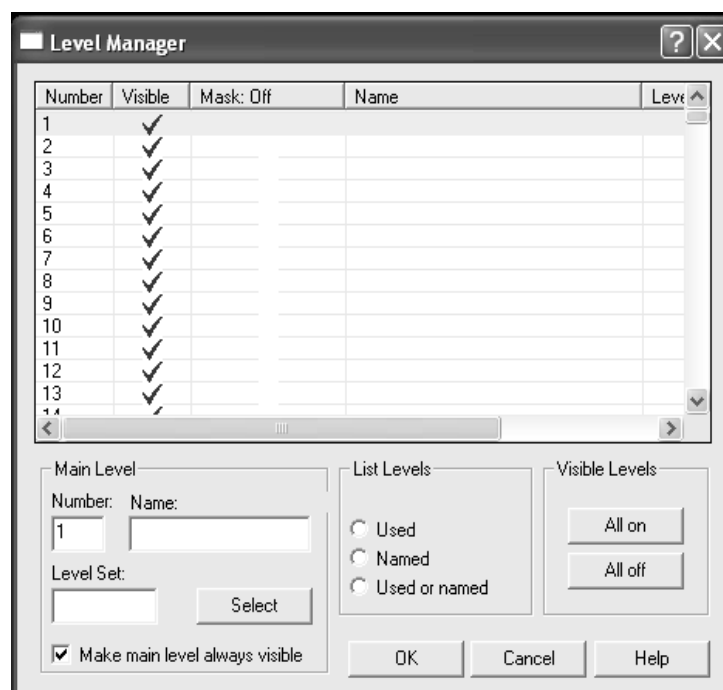


FIG. 17 Niveles de trabajo.

Attributes: Desde esta opción nos permite modificar desde el color, estilo de línea, estilo de punto, nivel y ancho de línea a la geometría a dibujar, seleccionando esta opción nos mostrara el cuadro de dialogo de atributos de la figura 18.

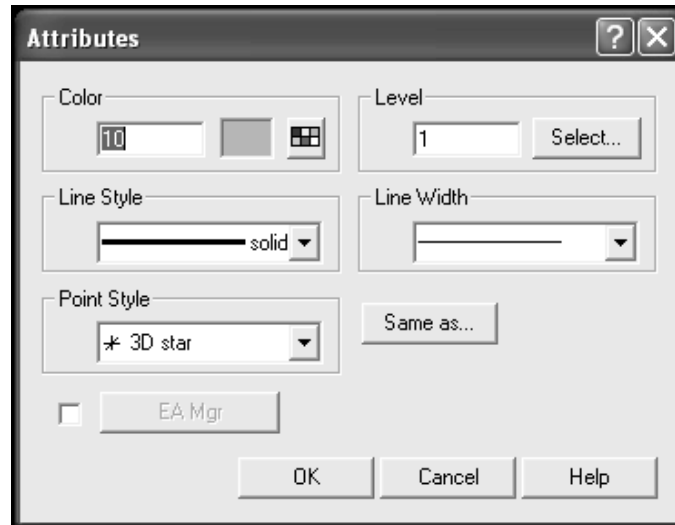


FIG. 18 Cuadro de dialogo de Atributos.

Groups: Con esta opción nos permite crear grupos de entidades para posibles modificaciones sin necesidad de seleccionar uno por uno (fig. 19).

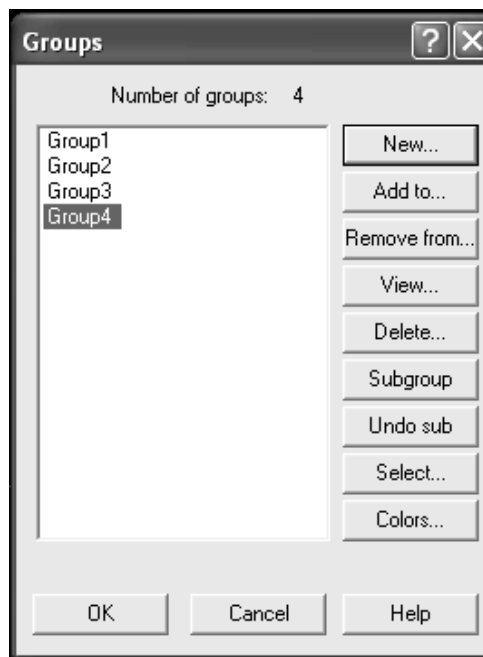


FIG. 19 Grupos de trabajo.

Mask: Controla la selección de objetos gráficos. Se puede indicar el software que restrinja la selección a un nivel en especial.

Tplane: Se refiere al plano de la herramienta y es un plano bidimensional que representa los ejes XY y su origen. Esta opción es usada solamente en el proceso de maquinado.

Cplane: Es un plano de construcción bidimensional en el que se crea la geometría y que puede definirse en cualquier lugar del espacio. El plano de construcción no necesariamente coincide con la vista gráfica de los objetos (graphic view). El origen de plano de construcción por default, es el mismo que el origen del sistema (X0, Y0, Z0).

Al seleccionar el botón de plano de construcción aparecerá las siguientes opciones: 3D, Top, Front, Side, Number, Named, Entity, Rotate, Normal, Last.

Gview: Graphics View o vista de los objetos al seleccionar esta opción nos permite visualizar los objetos desde cualquiera de las alternativas: Top, Front, Side, Isometric, Number, Named, Entity, Rotate, Dinamic, Last, Mouse, Normal.


II.2 DISEÑO DE PIEZAS EN MASTERCAM

II.2.a. POR ALAMBRES

La generación de geometrías en alambres, está basado básicamente de entidades primarias como: punto, línea, arco, rectángulo, letras, elipses y polígonos. Cada una de estas entidades pueden ser maquinables.


Todas estas entidades primarias se encuentran desde la función crear y a continuación se selecciona la entidad a crear, la cual cada una de ellas presentan múltiples formas de creación.

A continuación describiremos en forma explícita las entidades mencionadas.


Point:  Esta comando permite crear puntos. Un punto es una posición en el espacio 3D y se encuentra representada en la pantalla gráfica 2D como una cruz “+” y asterisco “*” en 3D.

Para crear puntos se selecciona desde el menú principal Create (Crear) – Point (punto) y nos aparece una serie de opciones para crear puntos y son:

- Por posición
- A lo largo de una entidad
- Nodos de puntos
- Puntos de control Nurbs
- Dinámico
- Distancia de entidad
- Slice
- Proyectar en superficie
- Maya polar


Line:  Este comando permite crear líneas. Para crear línea seleccionamos la opción create (crear) – Line (línea) y a continuación nos muestra una serie de opciones para crear línea y son:

- Horizontal
- Vertical
- A puntos finales
- Múltiple
- Polar
- Tangente
- Perpendicular
- Paralela
- Bisectriz
- Cerradas

Arc:  Este comando nos permite la creación de arcos. Mastercam crea arcos en sentido antihorario, usando coordenadas polares definiendo centro, radio, ángulo de inicio y anulo final.

Para crear arco seleccionamos la opción create (crear) – Arc (arco) y a continuación aparecerán las opciones de creación de arco y son:

- Polar
- A Puntos finales
- 3 Puntos
- Tangente
- Circulo 2 puntos
- Circulo 3 puntos
- Circulo centro+radio
- Circulo centro+diámetro
- Circulo centro+punto

Rectangle:  Esta comando nos da una figura poli línea. Para crear rectángulo seleccionamos el botón create (crear) - rectangle (rectángulo) y a continuación nos mostrara las opciones de creación y son:

- 1 point (1 punto)
- 2 point (2 puntos)

Letters: Esta opción crea geometrías de letras y números combinando arcos y líneas. Lo seleccionamos desde create (crear) – letters (letras) y nos muestra un cuadro de dialogo mostrada en la figura 20, donde tenemos la opción de elegir tipo de letra, parámetros como: tamaño de la letra, espacio entre letras, y la alineación.

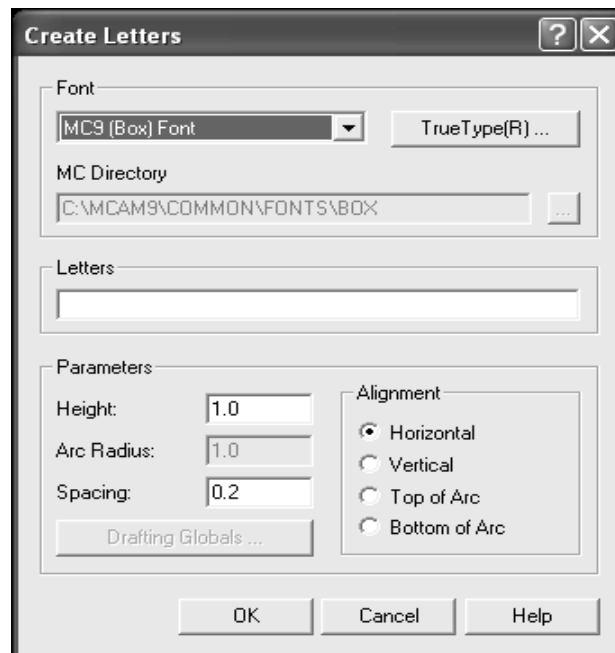


FIG. 20 Cuadro de dialogo para la creación de letras.

Ellipse: Esta opción permite crear elipse. Una elipse es un spline nurb con una forma oval con un radio X, radio Y y un ángulo de rotación predeterminado. Para crear elipse seleccionamos la opción Create (crear) – Next Menu (Menu siguiente) – Ellipse (elipse) y nos mostrara un cuadro de dialogo donde podremos dar valores a los parámetros de radio en el eje X, radio en el eje Y, Angulo de Inicio, Angulo final y Angulo de rotación (Ver fig. 21).

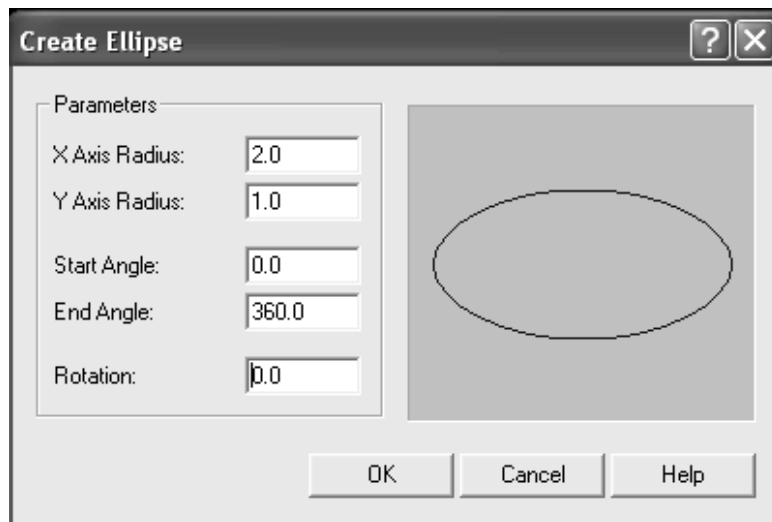


FIG. 21 Cuadro de dialogo para crear Elipsis.

Polygon: Para dibujar un polígono regular se debe de crear desde la opción Polygon. Un polígono regular es aquella que presenta más de 3 lados iguales y ángulos iguales. Para crear un polígono seleccionamos desde el menú principal el comando create (crear) – Polygon (Polígono) y nos mostrara el cuadro de dialogo de la figura 22, donde podemos determinar el numero de lados del polígono, radio de una circunferencia (esta puede ser inscrita o circunscrita) y un ángulo de rotación.

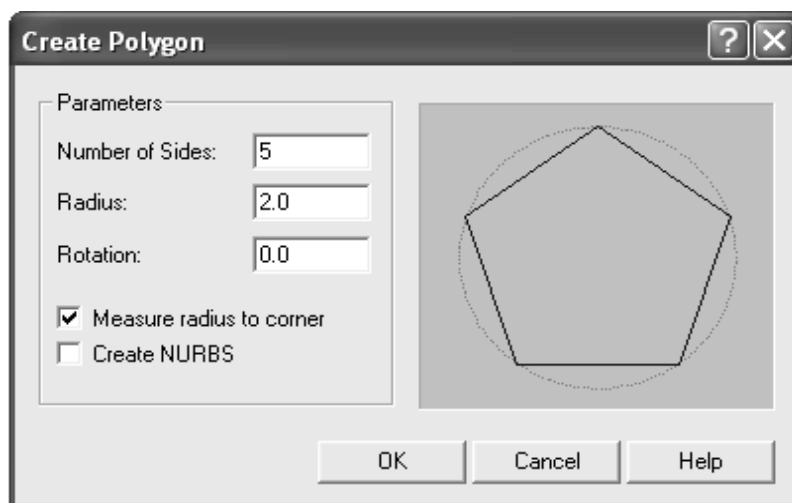


FIG. 22 Cuadro de dialogo para crear Polígonos.

II.2.b. POR SUPERFICIES

Una superficie es un cuerpo en 2D o 3D, que no tiene grosor y que pueden ser maquinados. Son creados desde entidades primarias: líneas, arcos, splines hasta varias entidades unidas que pueden estar abiertos o cerrados. Para crear una superficie seleccionamos la opción create (crear) – Surface (Superficie) y a continuación nos muestra varias opciones de construcción de superficie y algunas opciones de modificación de superficies. A continuación se explica los tipos de Superficies que se puede crear con MarterCam y muestra ejemplos de cada tipo.

DRAFT

La función de la superficie DRAFT crea una superficie que tiene paredes con ángulos definidos por longitud y ángulos. La figura 23 muestra la superficie draft que es creado de una cadena simple de curvas. Tu puedes crear este tipo de superficie seleccionando desde Main Menu – Create – Surface – Draft.

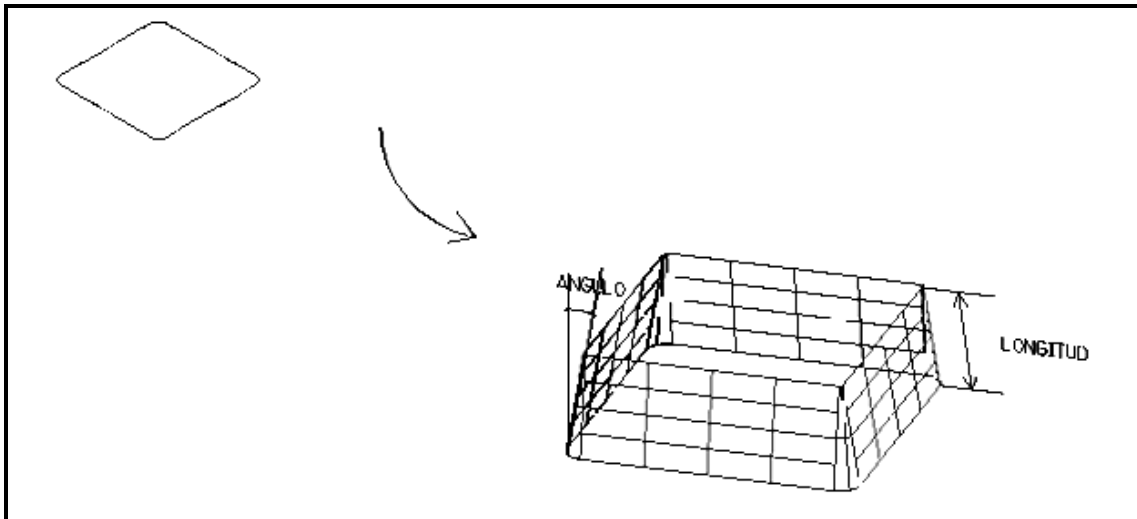


FIG. 23 Creación de una superficie DRAFT a partir de una cadena de alambres.

También puedes usar la función de Superficie Draft para crear una cadena de curvas que contiene una sola entidad como se muestra en la figura 24.

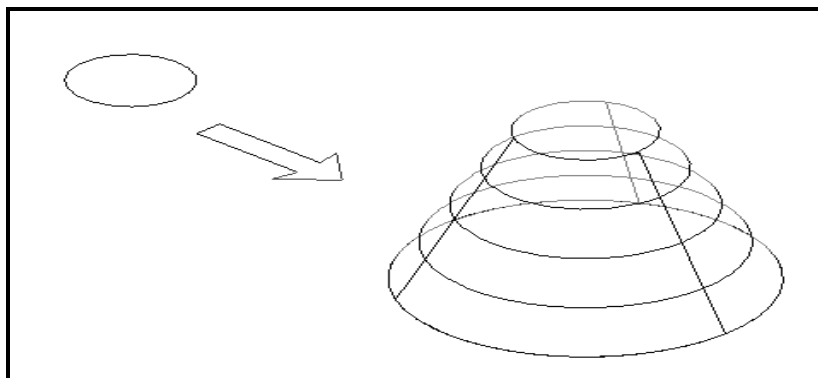


FIG. 24 Creación de una superficie DRAFT a partir de una entidad.

RULED

La función de superficie RULED crea una superficie trancisionándolo entre 2 o mas cadenas de curvas en el orden que Usted los selecciones y usando una combinación lineal entre cada sección de la superficie, es importante seleccionar cada cadena de curvas en la misma posición relativa a cada una. La figura 25 muestra la superficie creada cuando seleccionas en pociones 1, 2 y 3. Puedes crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu - Create – Surface – Ruled.

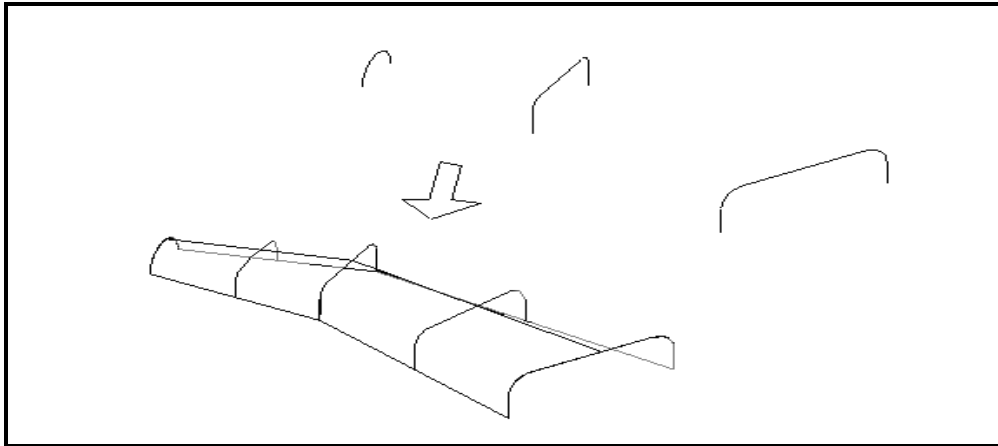


FIG.25 Creación de una superficie RULED a partir de varias cadenas.

LOFT

La función de superficie Loft crea una superficie trancisionandolo entre 2 o mas cadenas de curvas en el orden que Usted seleccione y calculando una combinación suave, considerando toda la sección de cadenas a la vez. Es importante seleccionar cada cadena de curvas en la misma posición relativa a cada una. La figura 26 muestra la superficie que es creado cuando selecciona en posiciones 1, 2 y 3. Note la diferencia entre la superficie Loft y la superficie Ruled, de la figura 25 usando la misma geometría de contornos.

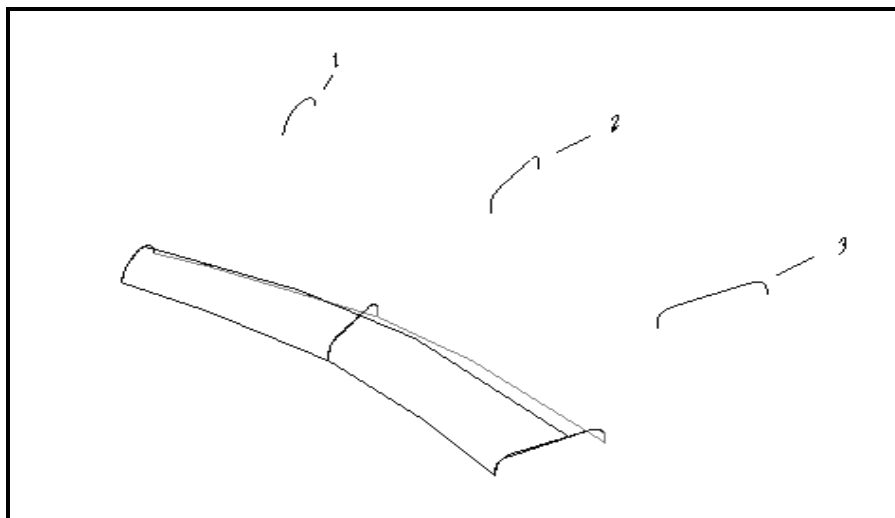


FIG. 26 Superficie LOFT creado a partir de 3 cadenas.

REVOLVED

La función de superficie Revolve, crea una superficie circular manejando la forma de una cadena de curva seleccionada sobre un eje, usando un ángulo inicio y ángulo final.

Usar Revolve cuando un contorno cruzado y un eje describen una superficie como se muestra en la figura 27. Puedes crear este tipo de superficie seleccionando Main Menu – Create – Surface – Revolve.

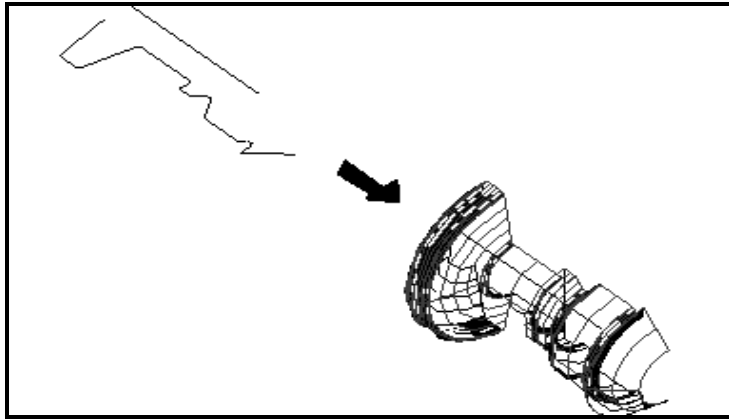


FIG. 27 Superficie REVOLVED creado a partir de una cadena y un eje de revolución.

SWEPT

La función de la superficie Swept crea muchas configuraciones de diferentes superficies dependiendo en las curvas que Usted seleccione. El sistema de barrido de cadenas de curvas llamada “contornos cruzados” sobre otras cadenas de curvas llamadas “Contornos a lo largo”. Puede seleccionar cualquier número de curvas cruzadas si esta usando una curva a lo largo. Este tipo de superficie se muestra en la figura 28. Puede crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu – Create – Surface – Swept.

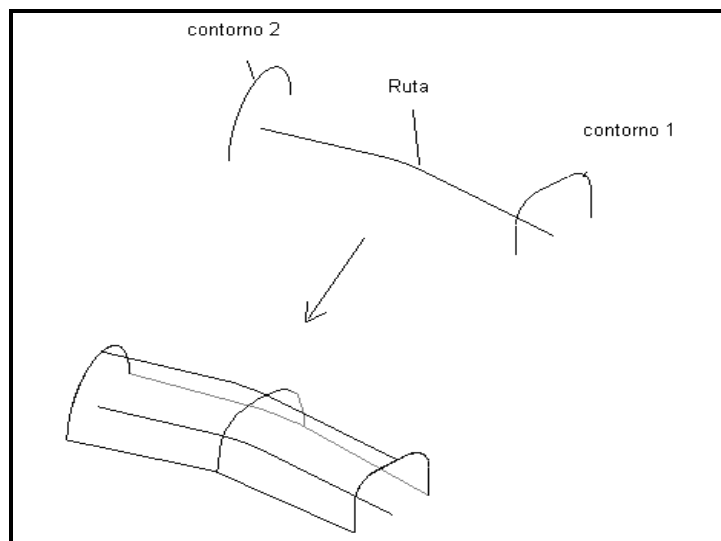


FIG. 28 Superficie SWEPT creada a partir de dos cadenas y una de ruta.

COONS

La función de la Superficie Coons crea una superficie de una rejilla de curvas (Fig. 29). Usted puede crear este tipo de superficie seleccionando Main Menu – Create – Surface – Coons.

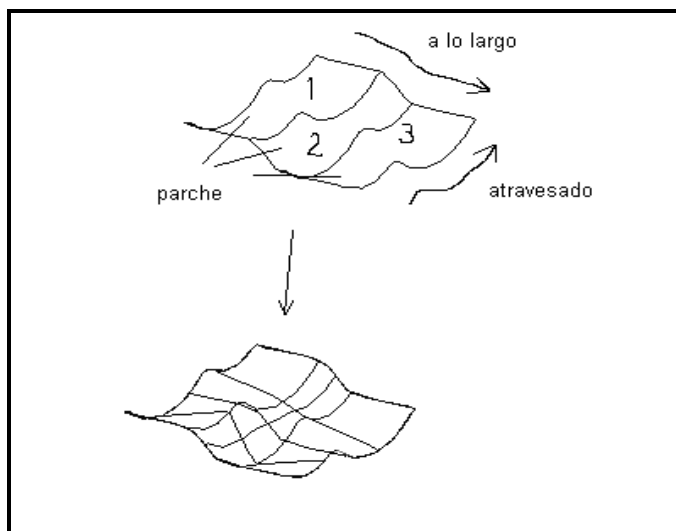


FIG. 29 Superficie COONS o de Parches creada a partir de varias cadenas cerradas.

FILLET

La función de la superficie Fillet crea un filete entre las superficies, que es matemáticamente equivalente a una serie de arcos y es tangente a uno o dos superficies basados en el método de construcción que se selecciona. La superficie Fillet puede ser creado entre un plano y una superficie o entre 2 superficies. Usted puede crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu – Create – Surface – Fillet.

La figura 30 un ejemplo de filete de superficie a superficie.

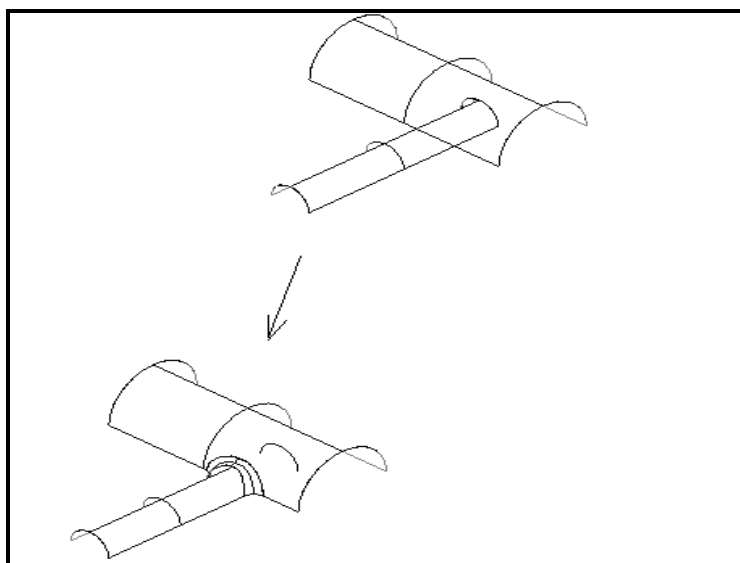


FIG. 30 Fileteando dos figuras intersectadas.

TRIM, TO SURFACES

La función de superficie Trimto surfaces corta a superficies a cada una que se interceptan (Fig. 31). Usted puede crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu – Create – Surface – Trim/Extend – To surfaces.

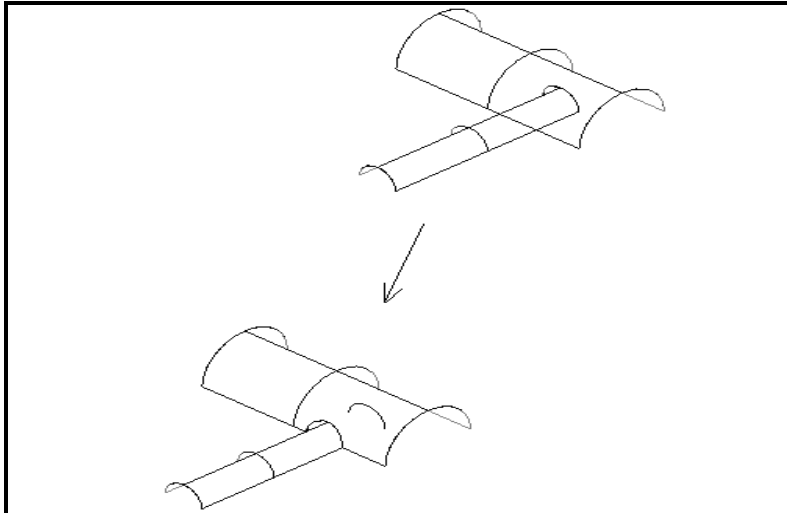


FIG. 31 Corte de una superficie en intersección con otro.

TRIM, FLAT BOUNDARY

La función Cortar Superficies de Bordes planos crea un plano, de superficies cortadas de una o mas series de curvas planas. Usted puede utilizar esta función de superficie para tapar las orillas de las superficies existentes, si la geometría de los contornos que define la orilla de la superficie existe. Ver figura 32. Usted puede crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu – Create – Surface – Trim/Extend – Flat boundary.

NOTA: Usted puede seleccionar cadenas abiertas o cerradas de curvas. Si seleccionas Cadenas abiertas de curvas, el sistema te recordará para cerrarlos.

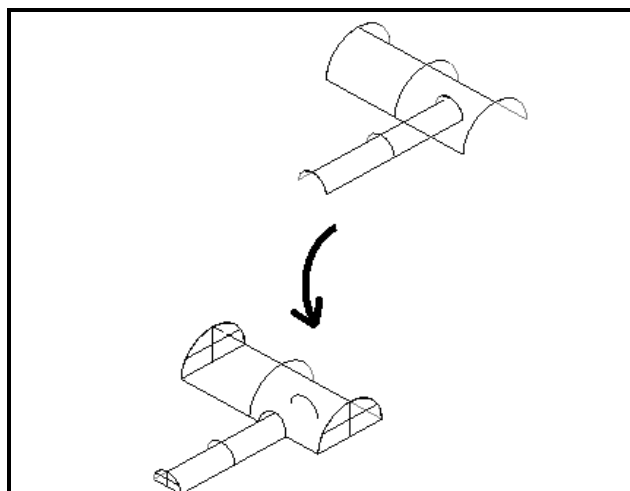


FIG. 32 Corte entre dos superficies.

OFFSET

La función de la Superficie Offset crea una superficie de una copia de otra superficie desde una distancia fija de la superficie existente. Usted puede crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu – Create – Surface – Offset. La figura 33 muestra un ejemplo de copia de superficie a una distancia.

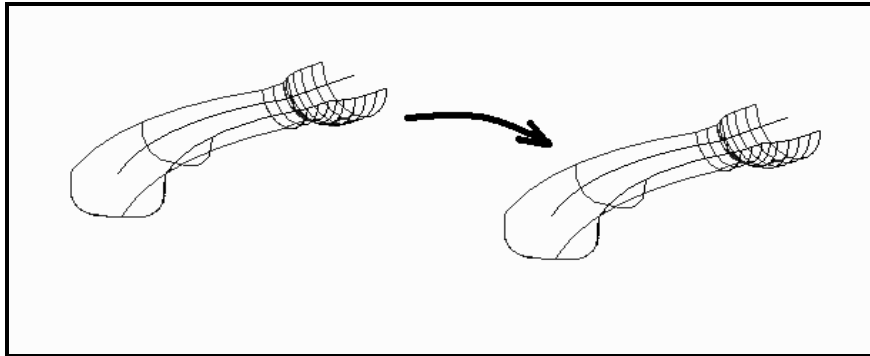


FIG. 33 Copia de una figura a una distancia determinada.

2 SURFACE BLEND

La función de la superficie 2 surface Blend crea una superficie de unión entre 2 superficies existentes. Este tipo de superficie se muestra en el ejemplo de la figura 34. Usted puede crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu – Create – Surface – Next Menu – 2 surf blend.

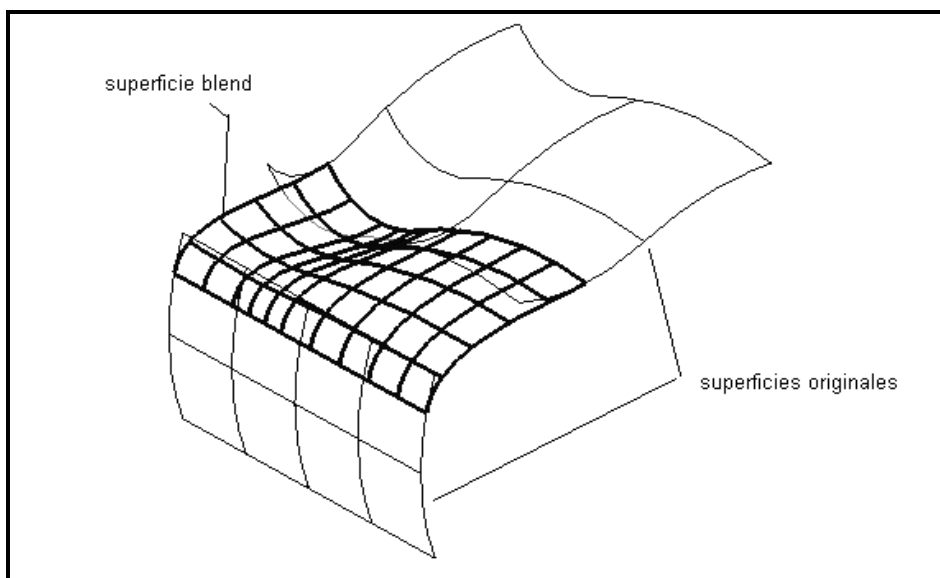


FIG. 34 Unión de dos superficies mediante una parcha.

NOTA: La dirección y posición de la unión o mezcla usted lo determina mediante el orden de selección de cada superficie, afectando el resultado de la superficie.

3 SURFACE BLEND

La función de la superficie 3 Surface Blend crea una superficie de unión entre 3 superficies existentes. Ver figura 35. Usted puede crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu – Create – Surface – Next Menu – 3 Surf Blend.

NOTA: La dirección y posición de unión usted lo determina mediante el orden de selección de cada superficie, afectando el resultado de la superficie.

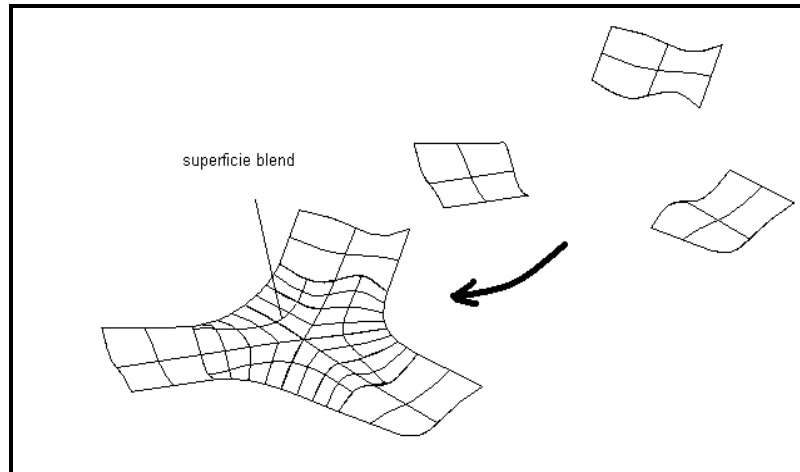


FIG. 35 Unión de tres superficies por medio de una parcha.

FILLET BLEND

La función de la superficie Fillet Blend une 3 intersecciones fileteando las superficies creando uno o más superficies de unión. . Usted puede crear este tipo de superficies seleccionando Main Menu – Create – Surface – Next Menu – Fillet Blend.

II.3 DEFINIR PIEZA BRUTA

Antes de definir los procesos de maquinados a usar, es necesario especificar el tamaño del material en bruto a utilizar, lo que en Mastercam define como Job Setup.

El Job Setup o pieza bruta se divide en 3 partes: 1). Dimensiones de la pieza bruta, 2). Configuraciones del maquinado y 3) datos del maquinado y de la herramienta.

Registro de offset de la herramienta y cálculo de avance. Se puede acceder al cuadro de dialogo desde el menú principal Toolpaths (Mecanizados) – Job Setup (Pieza bruta) y nos muestra el siguiente Cuadro de diálogo de la figura 36.

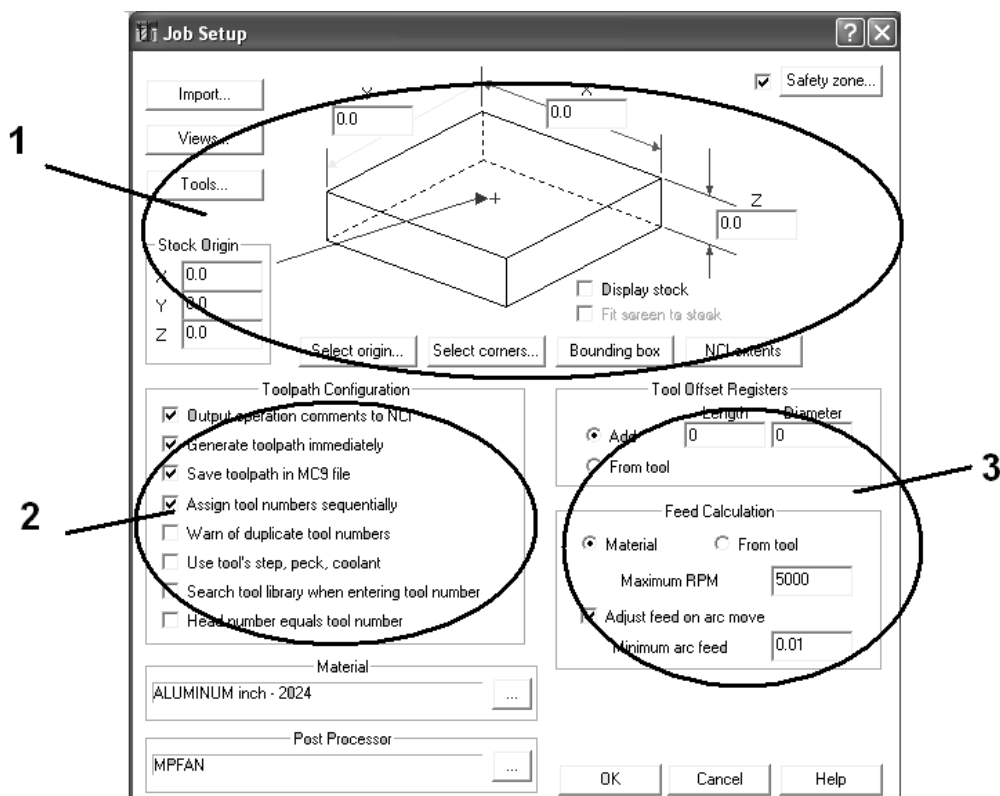


FIG. 36 Cuadro de dialogo para definir los atributos de la pieza bruta.

En la primera parte podemos dar medidas de la pieza mediante valores. También tenemos la opción de seleccionar dos esquinas de nuestro dibujo, regresándonos al área gráfica mediante el botón *Select corners* (Seleccionando esquinas) para las medidas en X y Y, lo que el grosor de nuestra pieza bruta le daremos valor numérico.

En esta parte tenemos la opción de dar valores al origen de nuestra pieza bruta y también tenemos la opción de ir al área gráfica y seleccionar el punto de origen mediante el botón *Select origen* (Seleccionar origen). El botón de *bounding box* permite dar sobre medidas de nuestra pieza bruta, dando la posibilidad de crear líneas o puntos y un punto en el centro de nuestra pieza bruta.

En la segunda parte se refiere a la configuración del mecanizado, incluye los parámetros para la configuración del fichero NCI mediante las opciones que a continuación se mencionan:

- Extraer comentarios para operaciones NCI
- Generar inmediatamente la ruta de maquinado
- Salvar la ruta de maquinado para mastercam 9.1
- Asignar secuencialmente el número de herramienta
- Alarmar cuando se tiene número de herramienta duplicado
- Usar Herramienta
- Elegir o buscar en una librería de herramientas con respecto al número
- El número del cortador debe ser igual al número de la herramienta.

El registro de offset de la herramienta que se refiere a la parte 3, determina los valores para los correctores de diámetro y longitud de la herramienta mediante las siguientes opciones:

- Adherir (longitud o diámetro)
- Desde la herramienta

Y el cálculo de avance tenemos las opciones de calcularlo:

- Desde el material o la herramienta
- Se indica las RPM máximas
- Ajustar avances en movimientos circulares
- Dar valores mínimos en movimientos circulares.

Desde el cuadro de diálogo de Job Setup podemos elegir el tipo de material a trabajar, ya que mastercam cuenta con una librería de materiales mostradas en la figura 37, también se puede elegir el tipo de post procesador a trabajar.

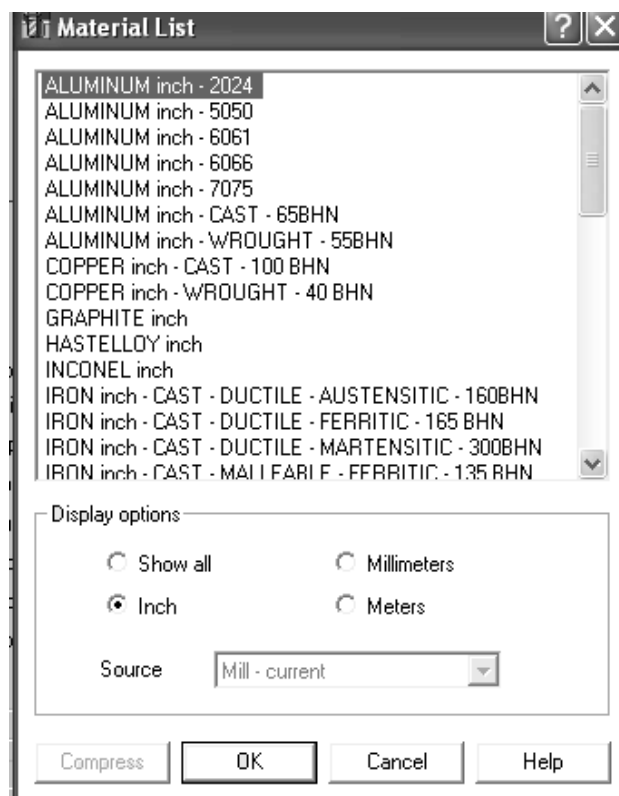


FIG. 37 Menú de materiales.

II.4 DEFINIR PARAMETROS DE HERRAMIENTA

Mastercam 9.1 posee una librería de herramientas que pueden ser utilizados para los diferentes tipos de mecanizados. Se puede acceder a ellas desde el manager de herramientas, desde el menú principal NC Utils – Def. Tools (Definir Herramienta) – Library (Librería) y nos muestra el cuadro de dialogo de la figura 38 con los diferentes tipos herramientas mencionando el número de herramienta, Tipo de herramienta, Diámetro, Nombre de la herramienta, Radio de las esquinas o punta de la herramienta y tipo de radio.

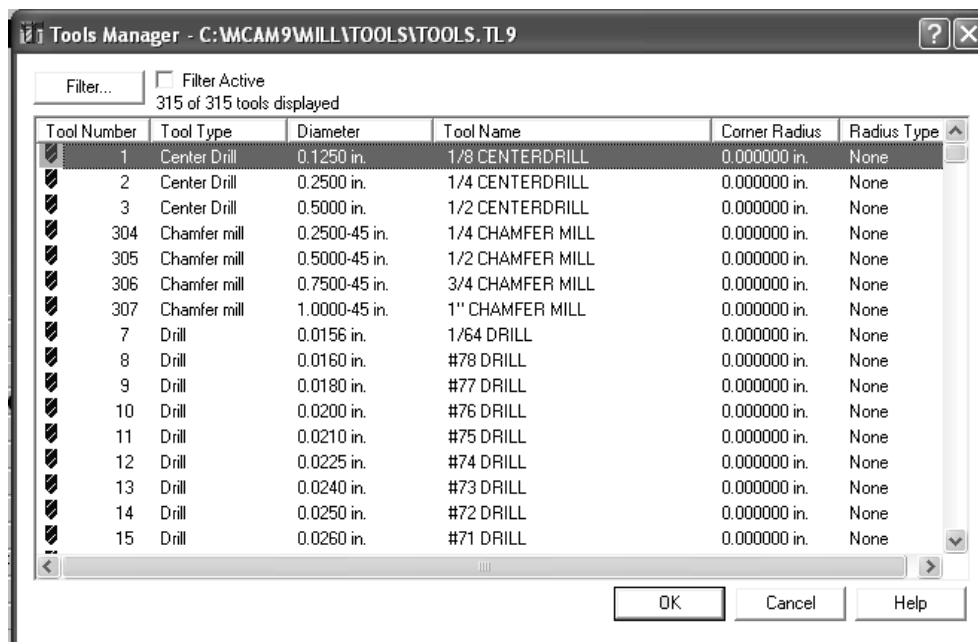


FIG. 38 Menú de Herramientas.

Para poder acceder a mas información de las herramientas solo se le da doble clic en la herramienta seleccionada, donde nos mostrara otro cuadro de dialogo con datos como tipo de herramienta, dimensiones de la herramienta y portaherramientas y Parámetros de la herramienta.

También tenemos la opción de crear una nueva herramienta desde el cuadro de dialogo de la librería de herramientas, dando un clic en una área blanca con el botón derecho del Mouse, nos mostrara las siguientes opciones: Editar herramienta, Borrar herramienta, Crear herramienta, Cambiar librería, Convertir una librería en texto, Crear una librería desde texto, Archivos doc y Detalles del archivo doc. Seleccionamos crear nueva herramienta y nos mostrará un cuadro de dialogo definir herramienta, la cual tiene 3 pestañas: Tipo de herramienta, dimensiones de la herramienta y portaherramienta y parámetros de la herramienta.

Automáticamente Mastercam nos mostrará primeramente la pestaña con los tipos de herramientas que usualmente son utilizados y conocidos y uno sin definir mostradas en la figura 39:

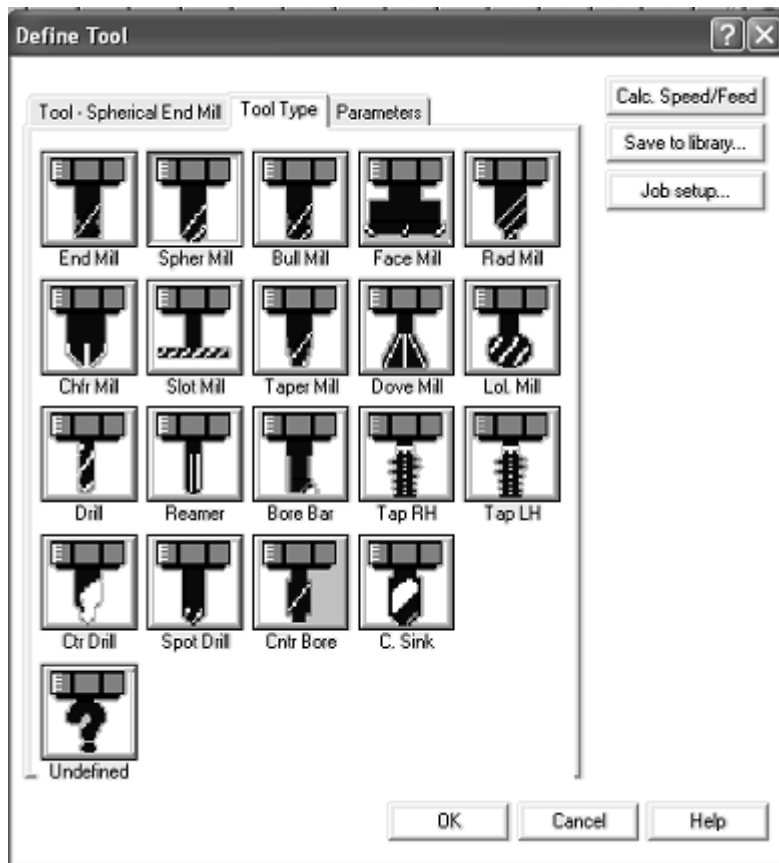


FIG. 39 Tipos de Herramientas que maneja Mastercam9.1.

- Fresa plana
- Fresa esférica
- Fresa tórica
- Fresa de planear
- Fresa con radio
- Fresa con chaflán
- Fresa con ranura en T
- Fresa Cónica
- Fresa Dove
- Fresa de bola
- Broca
- Escariador
- Barra para mandrilar
- Machuelo derecho
- Machuelo izquierdo
- Broca de centros
- Taladro spot
- Counter bore
- Counter Sink
- Sin definir

Al elegir el tipo de herramienta a crear, nuevamente mastercam automáticamente nos mostrará ahora la pestaña de la herramienta (Fig. 40), donde podemos dimensionar la herramienta y porta herramienta, así como enumerar la herramienta, mostrándonos el siguiente cuadro de dialogo.

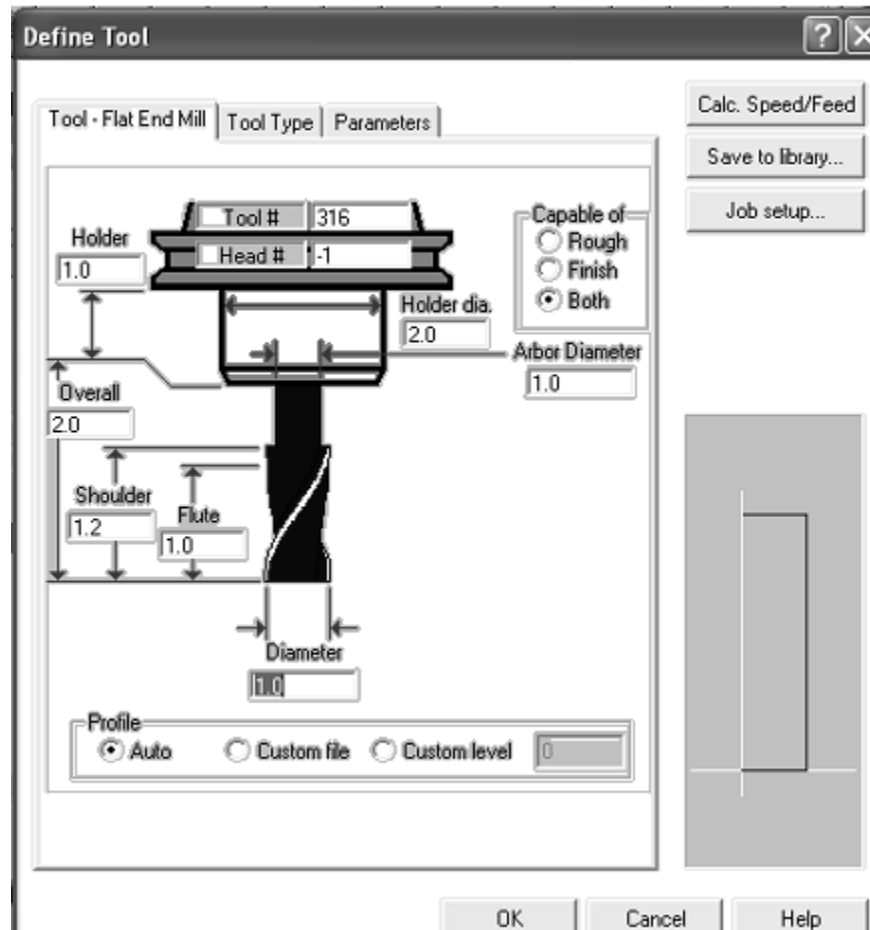


FIG. 40 Cuadro de dialogo para definir las dimensiones y características de la herramienta.

Una vez seleccionado el tipo de herramienta y dado todos los valores en dimensión necesarios de nuestra herramienta, la tercera pestaña se refiere a los parámetros de la herramienta (Fig. 41) que a continuación se mencionan: Paso de desbaste XY en porcentaje, Paso de desbaste en Z en porcentaje, Paso de acabado XY en porcentaje, paso de acabado en Z en porcentaje (todos estos basados en el diámetro de la herramienta), Diámetro pilot requerido, Número de Offset del diámetro, Número de offset de la longitud, Avance, Avance vertical, Avance de retracción, velocidad de giro del cabezal, Número de filos, velocidad de corte en porcentaje del material, Avance por diente en porcentaje del material, Nombre de la herramienta en el archivo, comentario, Código de la herramienta para manufactura, Chuck, Tipo de material de la herramienta, sentido de rotacion y refrigerante.

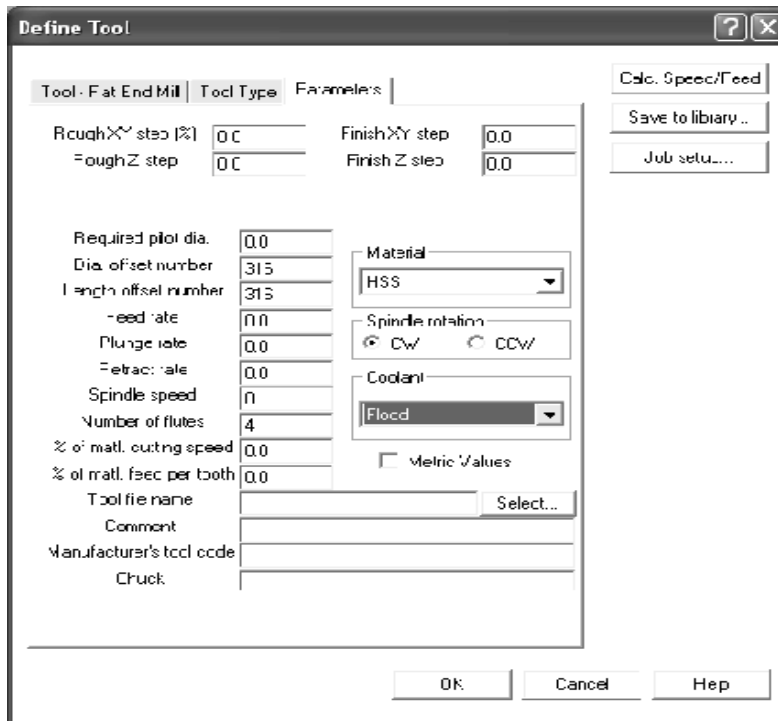


FIG.41 Cuadro de dialogo para definir las características de trabajo de la herramienta.

Una vez llenado todos los valores y datos necesarios para la creación de herramientas se pueden guardar en la librería, y pueden ser utilizados para maquinados.

II.5 MAQUINADOS EN MASTERCAM 9.1

Un maquinado consiste en la eliminación de material en una pieza en bruto, siguiendo rutas de maquinado definido por una curva o una cadena de curvas para obtener una pieza con dimensiones deseadas,

Los diferentes tipos de maquinados que Mastercam 9.1 tiene son las siguientes: Contorno, barrenado, Cajado, Careado, Superficies y Multiejtes, y para poder acceder a este los seleccionamos desde Toolpaths y aparecerá los tipos de maquinados.

A Continuación describiremos los maquinados de Mastercam 9.1.

II.5.a MAQUINADOS 2D

CONTOUR (CONTORNO)

Definido también como corte periférico. La función de mecanizado por contorno consiste en eliminar material a lo largo de un mecanizado definido por una curva o una cadena de curvas. Este mecanizado puede trabajar con un número ilimitado de contornos o cadenas. Se puede

generar contornos 2D y 3D, la cual los contornos 2D pueden ser arcos, líneas y esplines, con la condición de que estas estén construidas en el mismo plano de construcción a Diferencia de los contornos 3D. El cuadro de dialogo de Contorneado se muestra en la figura 42.

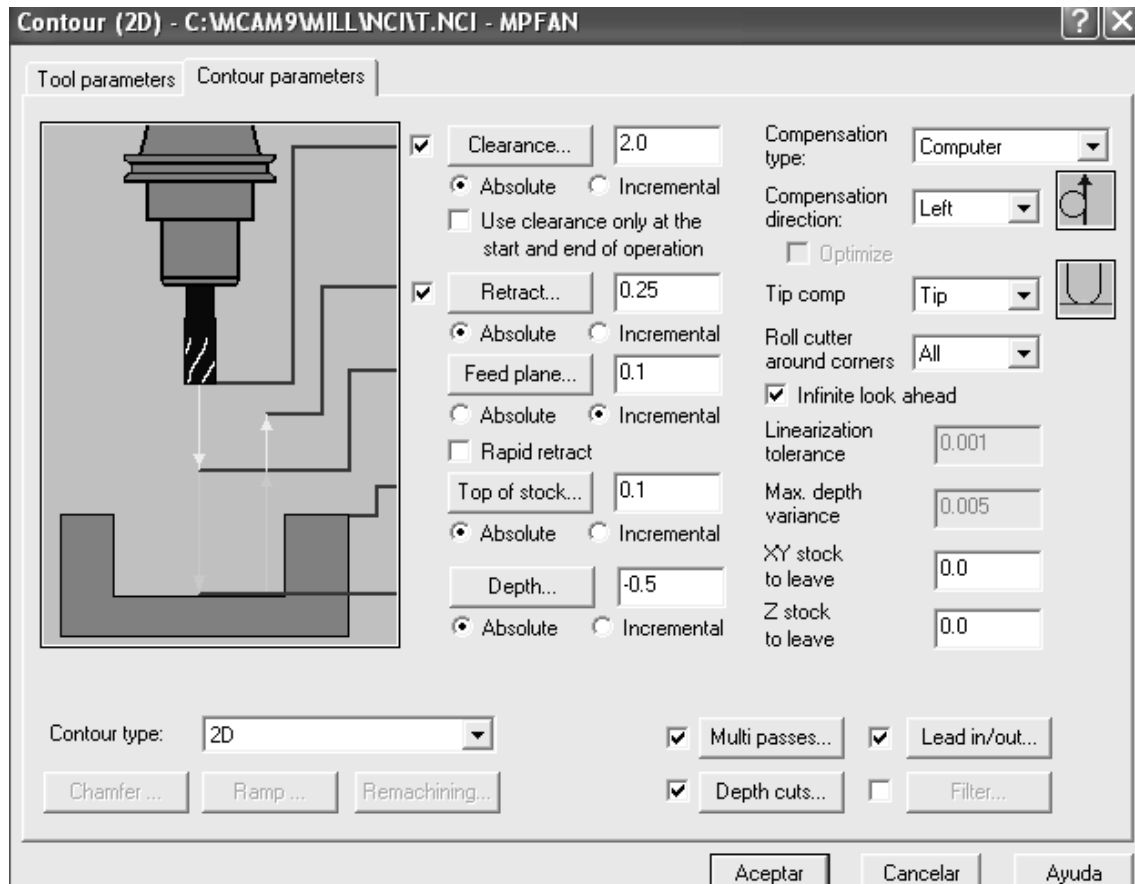


FIG. 42 Cuadro de dialogo de parámetros de contorno.

Parámetros de contorneado:

Clearance

Este parámetro fija la distancia, a la cual la herramienta se acercará a la Pieza de trabajo con un movimiento rápido antes de realizar algún mecanizado; así mismo después de cada operación se retraerá a esta altura o distancia.

Retract

Este parámetro fija la altura a la cual se retraerá la herramienta después de cada pasada de corte y puede ser con un movimiento rápido o controlada.

Feed Plane

Este parámetro permite realizar un avance controlada de la herramienta al momento de realizar un maquinado de la pieza al llegar a la altura fijada, así mismo al momento de retracción de la herramienta se moverá con un avance controlada al llegar a la altura indicada.

Top Of Stock

Este parámetro nos indica la altura de la pieza bruta sobre el eje Z.

Depth

Este parámetro nos indica la profundidad a la cual se realizara el mecanizado, o la herramienta eliminara material hasta una profundidad indicada.

Otras opciones a modificar son: Tipo de compensación, Dirección de la compensación, Optimizar, Compensación en la punta, Cortar alrededor de las esquinas, Detector de posibles colisiones, Tolerancias de linearización, Máxima variación en profundidad, Sobre material en XY, Sobre material en Z, Multipasadas, Profundidad de corte, ruta de entrada y salida y filtro. Todos estos parámetros pueden ser modificados para el proceso de maquinado de contorneado. En la figura 43 se muestra un ejemplo de maquinado de contorneado 2D.

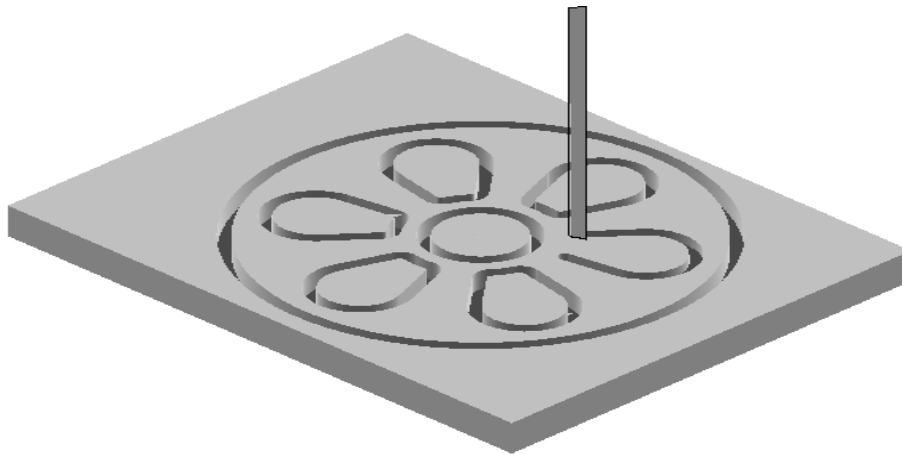


FIG. 43 Contorneo 2D.

DRILL

El proceso de maquina de drill o barrenado, consiste en penetra una herramienta de forma transversal paralela al eje de rotación, desde figuras primarias como punto, intersección de figuras primarias, círculos, etc. La figura 44 muestra un ejemplo de este mecanizado.

Parámetros del Barrenado

Clearance

Este parámetro fija la distancia, a la cual la herramienta se acercará a la Pieza de trabajo con un movimiento rápido antes de realizar algún mecanizado; así mismo después de cada operación se retraerá a esta altura o distancia.

Retract

Este parámetro fija la altura a la cual se retraerá la herramienta después de cada pasada de corte y puede ser con un movimiento rápido o controlada.

Top Of Stock

Este parámetro nos indica la altura de la pieza bruta sobre el eje Z.

Depth

Este parámetro nos indica la profundidad a la cual se realizara el mecanizado, o la herramienta eliminara material hasta una profundidad indicada.

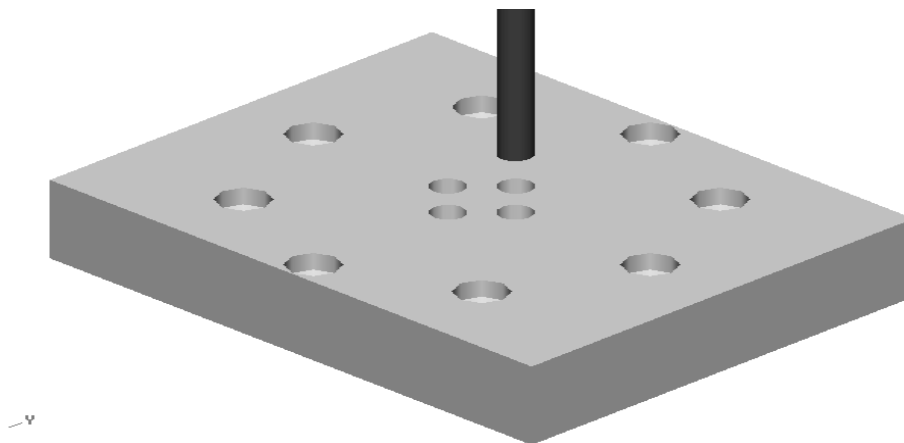


FIG. 44 Barrenado de una pieza.

FACE

Esta opción de mecanizado realizará un planeado en un área cerrada; la característica principal en esta operación será la posibilidad de hacer sobresalir un cierto valor a la herramienta respecto a la dirección del mecanizado y otro cierto valor respecto a la dirección perpendicular a esta. Para acceder a esta función seleccionamos desde el menú principal Toolpaths (Maquinados) – Face (Planeado) y seleccionaremos el área a maquinar y nos mostrará un cuadro de dialogo que a continuación se muestra en la figura 45:

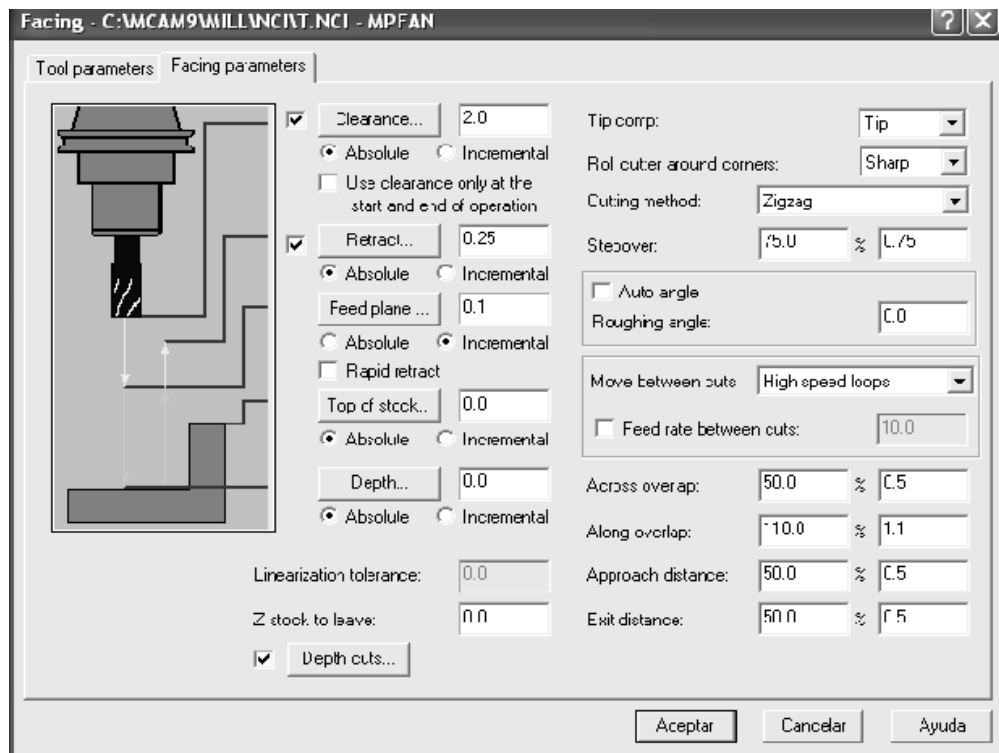


FIG. 45 Cuadro de diálogo para el mecanizado de careado.

POCKET

El mecanizado de Pocket (cajera), desbasta o acaba áreas cerradas, tiene varias formas de desbaste de material, puede ser en ángulo, desde un solo punto o desbastando con penetraciones en puntos variados., un ejemplo de este se muestra en la figura 46. Los parámetros son similares a las anteriores.

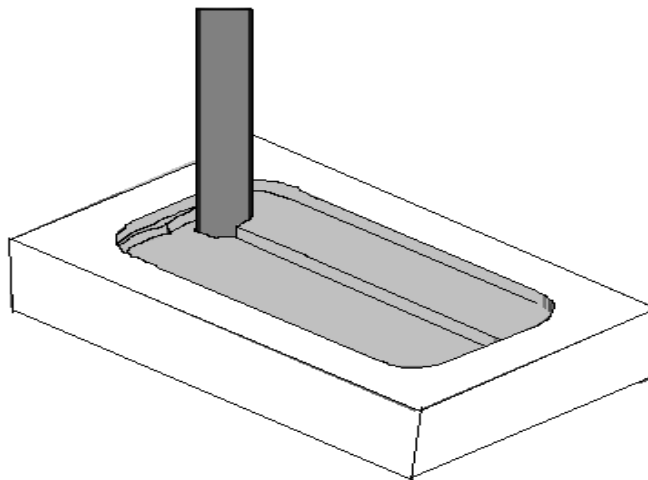


FIG. 46 Imagen de un maquinado en forma de cajera.

II.5.b MAQUINADO DE SUPERFICIES

La función de mecanizado de superficies genera maquinados para superficies simples o múltiples, dividida en desbaste y acabado, cada una presenta varias opciones de mecanizado dependiendo de la forma de la pieza a maquinar.

Para acceder al menú de maquinados de superficies pulse Toolpaths, surface, y nos mostrara las 2 opciones de maquinado: Rought (desbaste) o Finish (acabado).

Desbaste de Superficies:

Los mecanizados de desbaste por superficie se utilizan para eliminar grandes cantidades de material del modo más rápido posible. Para acceder a estas operaciones se selecciona Toolpaths – surface – Rought. Una vez seleccionado esta operación nos mostrara los distintos maquinados que se puedan utilizar.

- ° Parallel
- ° Radial
- ° Proyect
- ° Flowline
- ° Contour
- ° Pocket
- ° Plunge

Parallel

Este tipo de mecanizado realiza las pasadas de forma paralela una con respecto a otra, al ángulo que se desee realizando una copia de todas las superficies que se encuentra en cada trayectoria. Una vez seleccionada este mecanizado nos da las siguientes opciones dependiendo el tipo de superficie a maquinar: Boss (cuerpo, resalte), cavity (cavidad) o unspecified (No definido) y seleccionar la superficie.

Entre los parámetros más importantes se muestran en el cuadro de dialogo de la figura 47:

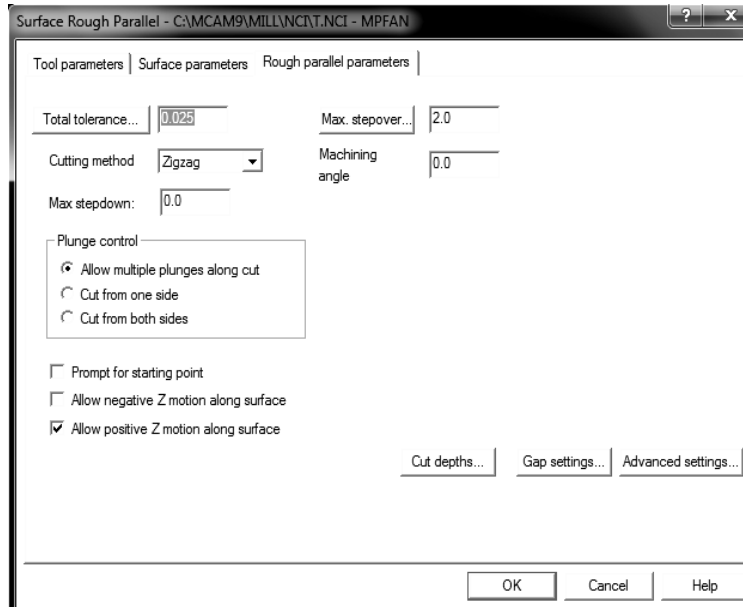


FIG. 47 Cuadro de dialogo para mecanizado en paralelo de superficies.

Total tolerance: Fija la exactitud del mecanizado respecto a las superficies, entre más pequeño es el valor se obtendrá un maquinado más precisa, pero se generara un programa más extenso.

Max. Stepover: Fija el tamaño del paso entre pasadas.

Machinig angle: Fija el ángulo de mecanizado relativo al eje XY del plano de construcción activo.

Cutting Method: Fija el proceso de corte para este maquinado y tenemos 2 opciones: zigzag o un sentido.

Prompt for satrting point: Esta opción pedirá que se introduzca un punto inicial en el maquinado. La figura 48 muestra las rutas de maquinado.

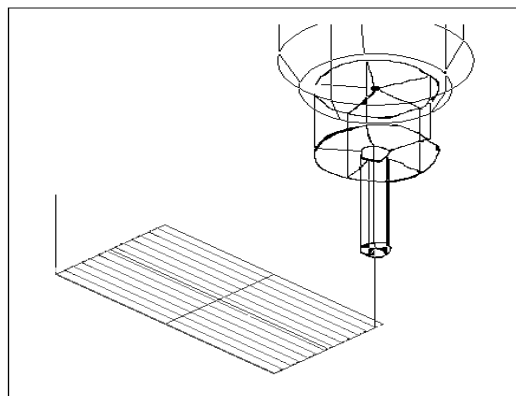


FIG. 48 Mecanizado en paralelo de una superficie.

Radial

Desbasta de un modo circular. Este tipo de mecanizado es de gran utilidad para piezas de forma redonda. La figura 49 muestra el cuadro de dialogo de este mecanizado.

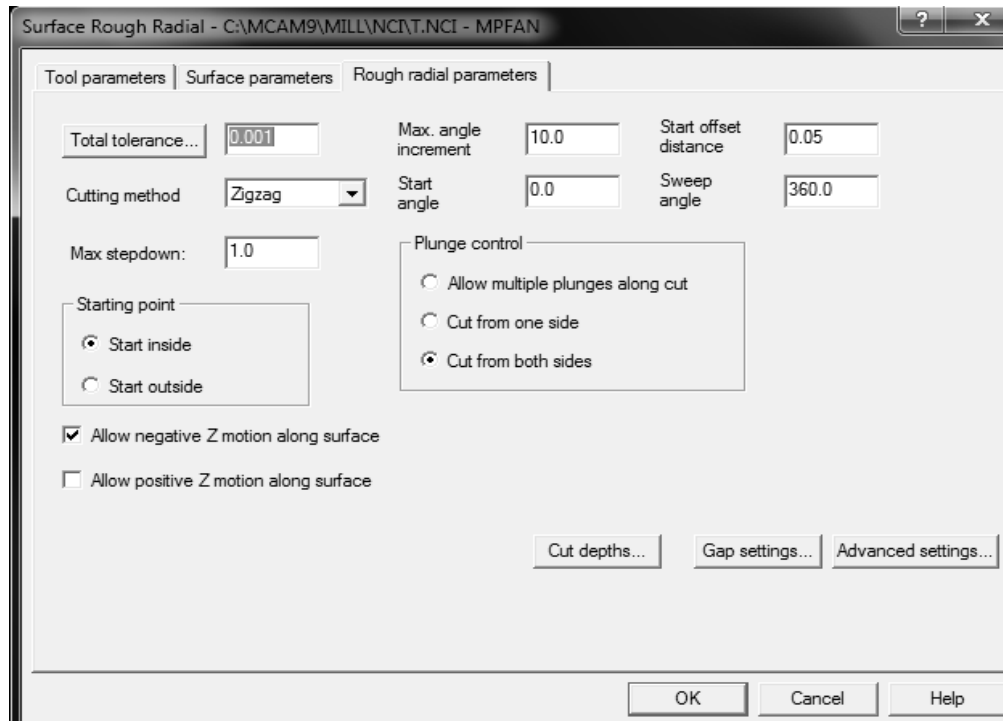


FIG. 49 Cuadro de dialogo de mecanizado de superficies radial

Entre los parámetros más importantes que se muestran en el cuadro de dialogo son:

Incremento angular máximo: Fija el ángulo máximo entre cada pasada.

Angulo Inicial: Fija el ángulo de inicio del mecanizado radial.

Radio del círculo central: Realiza un offset del centro del mecanizado radial desde un punto seleccionado.

Incremento angular: Fija el ángulo en el que se desenvolverá el mecanizado.

Punto de Inicio: Fija la posición del punto de inicio del mecanizado.

La figura 50 muestra el ángulo de inicio del maquinado, angulo final del maquinado y angulo de corte entre cada pasada.

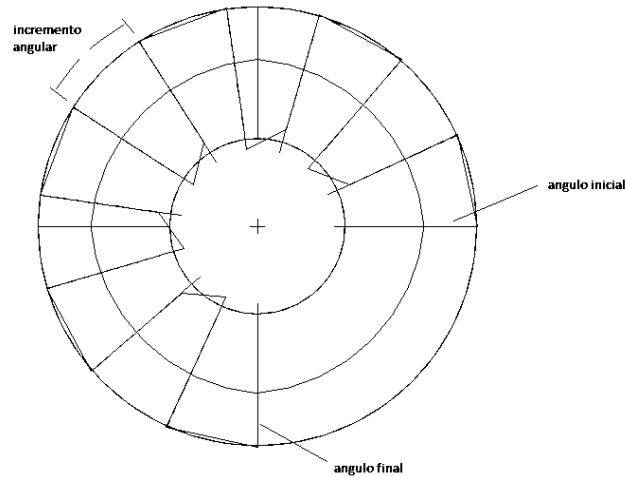


FIG. 50 Formas de trabajo del mecanizado de superficies radial

Project

Este tipo de mecanizado permite realizar desbastes y acabados desde la proyección de un archivo NCI (maquinado previo), curvas o puntos en una geometría de multisuperficies. Este tipo de mecanizado le proporciona un mayor control de los movimientos de la herramienta, adaptándose estas a las distintas formas de una pieza. Al seleccionar este mecanizado nos mostrara el cuadro de dialogo mostrada en la figura 51.

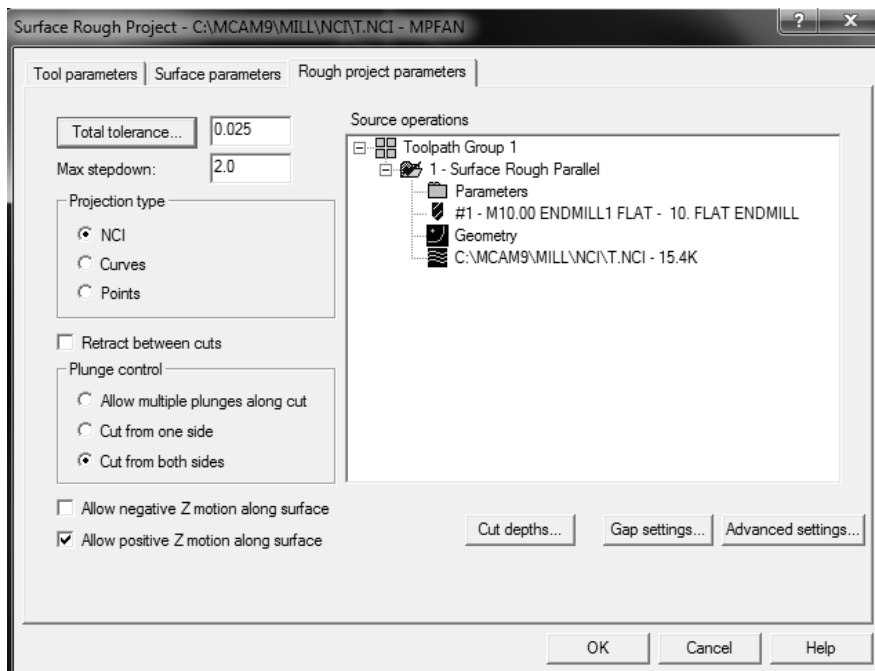


FIG. 51 Cuadro de dialogo del mecanizado de superficies proyectadas.

Flowline

Este tipo de mecanizado genera cortes a lo largo de una serie de superficies adyacentes, siguiendo fielmente las *líneas del flujo* de las superficies y en caso de que no se cumpliera con esta condición Mastercam lo reportara como error, lo que permite un control preciso de la altura de la cresta dejada en la pieza, creando un desbaste mas exacto. La figura 52 muestra el cuadro de dialogo del maquinado de superficies Flowline.

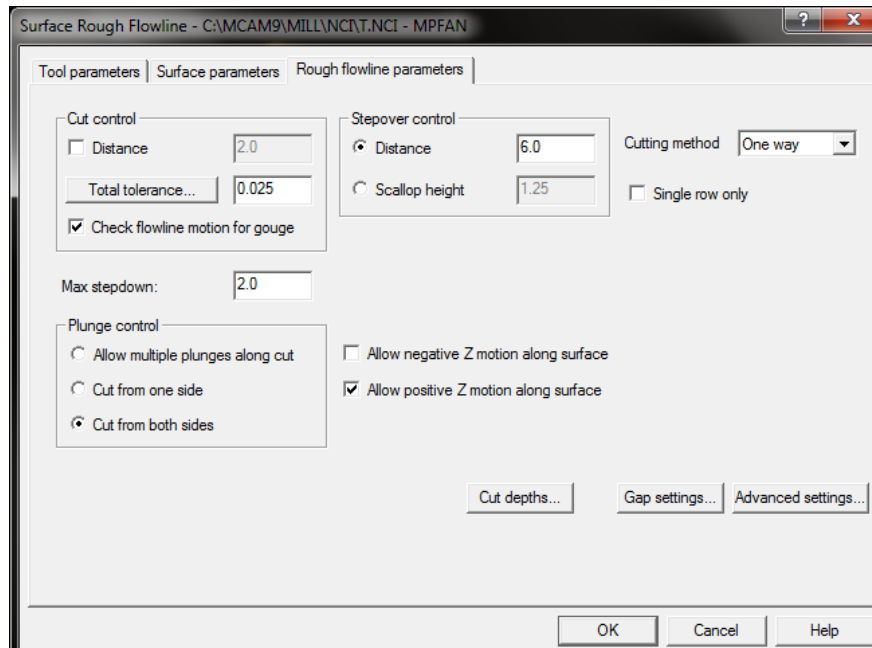


FIG. 52 Cuadro de dialogo del mecanizado de superficies siguiendo líneas de flujo.

Cut control: Este parámetro controla el movimiento utilizado para el desplazamiento a lo largo de las superficies.

Stepover Control: Este parámetro controla el ancho de pasadas.

Max Stepdown: Controla los movimientos máximos hacia abajo siguiendo la superficie.

En la figura 53 muestra un ejemplo de líneas de flujo atravesado o a lo largo del maquinado flowline

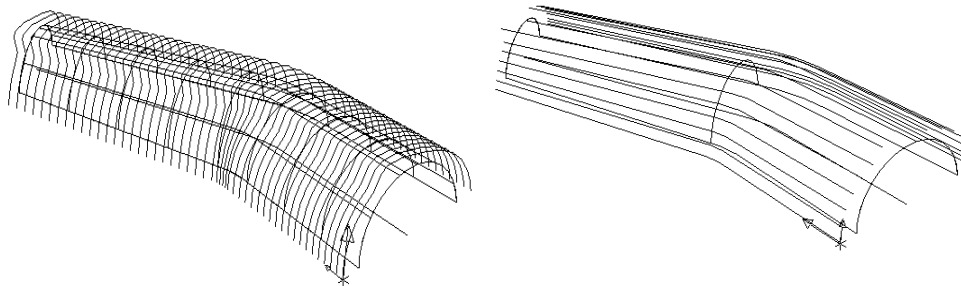


FIG. 53 Rutas de maquinado siguiendo las líneas de flujo.

Contour

Esta opción de mecanizado, genera un desbaste siguiendo el flujo de la superficie, permitiendo elegir la transición entre cortes, se recomienda utilizar este mecanizado en cavidades. La figura 54 muestra el cuadro de diálogo de este maquinado de superficies.

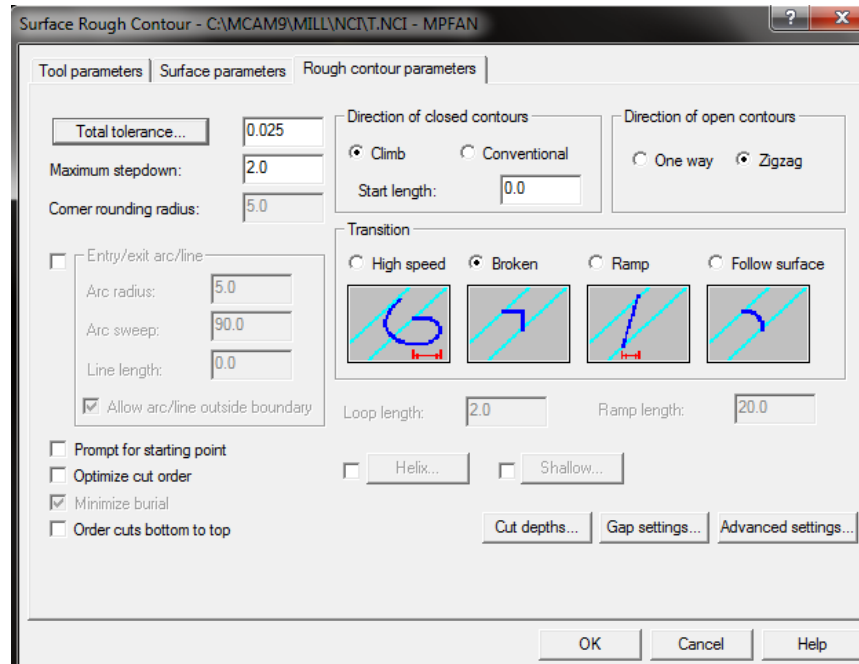


FIG. 54 Cuadro de diálogo del mecanizado de superficies de contorneado.

El parámetro importante en este maquinado es: *Transition (Transición)*, es la que nos permite decidir la forma en que queremos que la herramienta se desplace entre pasadas.

High Speed: Realiza una penetración rápida describiendo una curva o espiral para desplazarse a la siguiente pasada, el tamaño de la curva o espiral es determinada por el programa.

Broken: Esta opción realizara un corte en forma rectilínea en Z en cada pasada.

Ramp: Esta opción realizara una penetración entre pasadas en forma de rampa, donde el programa requerirá que asignemos el tamaño de la rampa a desplazarse.

Follow Surface: Esta opción realiza la penetración entre pasadas siguiendo la forma de la superficie, el tamaño de la penetración es determinada en la ventana de profundidad de Z.

Estas son los maquinados mas importantes que a menudo se utilizan, los maquinados para acabados se realizan el mismo procedimiento que los de desbaste, solo varían algunos opciones.

OPERATIONS MANAGER

El Administrador de operaciones, enlista todas las operaciones en el trabajo actual. Utilice este cuadro de dialogo para elegir, editar, regenerar, verificar y post procesar la operaciones a trabajar. Para ingresar al cuadro de dialogo seleccione Wirepaths, operations desde el menú principal.

POST

El botón POST crea un archivo ASCII NCI. El post procesador de Mastercam utiliza este archivo de texto para la o las operaciones seleccionadas de acuerdo a los códigos o lenguaje a utilizar.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROTOTIPO EN MASTERCAM 9.1



III.1 BOTELLA

Una botella es un recipiente fabricado en diversos tipos de materiales rígidos, ésta habitualmente cuenta con un cuello más angosto que el cuerpo del recipiente que se usa para contener diversos productos.

Generalmente las botellas pueden fabricarse a partir de tres materiales básicos, metal, vidrio y plástico, siendo el último uno de los más utilizados a nivel mundial debido a su bajo costo, practicidad y material reciclable.

La botella de plástico es un envase ligero muy utilizado en la comercialización de distintos tipos de productos,. Generalmente éstas son utilizadas para contener distintos tipos de líquidos (bebidas, alimentos, productos para el cuidado personal, productos de limpieza) o sólidos fragmentados (polvos, pastillas, medicamentos y vitaminas).

III.1.a PARTES QUE COMPONEN UNA BOTELLA DE PLÁSTICO

1. Boca
2. Hilo o hélice
3. Anillo
4. Cuello
5. Espalda
6. Cuerpo
7. Fondo
8. Anillo de apilamiento

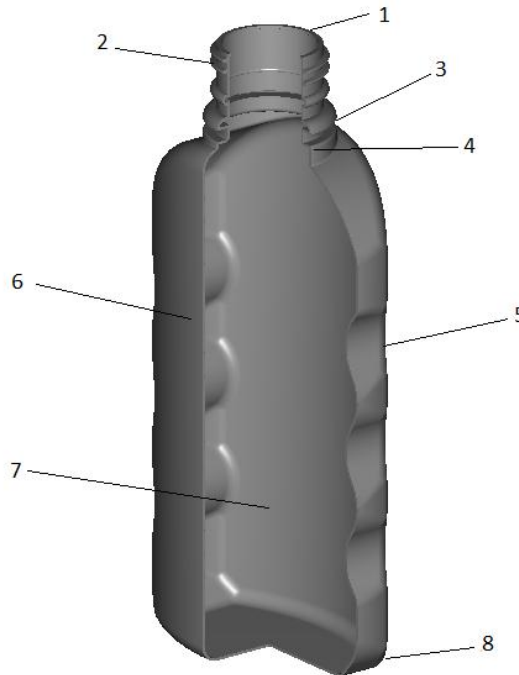


FIG. 55 Partes de una botella

III.1.b MATERIALES BASICOS DE FABRICACION DE LAS BOTELLAS

Las botellas de plástico se fabrican en gran variedad de materiales, escogidos en función de su aplicación.

Botella de PEBD

- **Poliétileno de Alta Densidad**. PEAD es la resina más extendida para la fabricación de botellas. Este material es económico, resistente a los impactos y proporciona una buena barrera contra la humedad. PEAD es compatible con una gran variedad de productos que incluyen ácidos y cáusticos aunque no con solventes. PEAD es naturalmente traslúcido y flexible. La adición de color puede convertirlo en opaco pero no en un material brillante. Si bien proporciona buena protección en temperaturas bajo el nivel de congelación, no puede ser utilizado para productos por encima de 71.1°C o para productos que necesitan un sellado hermético.
- **Poliétileno de baja densidad**. La composición del PEBD es similar al PEAD. Es menos rígido y, generalmente, menos resistente químicamente pero más traslúcido. También es significativamente más barato que el PEAD. PEBD se usa fundamentalmente, para bebidas.

Politereftalato de etileno o polietilén tereftalato (PET):

El PET es un polímero plástico lineal, con alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoconformado. Es extremadamente duro, resistente al desgaste, dimensionalmente estable, resistente a los químicos y tiene buenas propiedades dieléctricas. En su revisión describe su fórmula, y pide recordar que el PET tiene una temperatura de transición vítrea baja (temperatura a la cual un polímero amorfo se ablanda). Esto ocasiona que los productos fabricados con dicho material no puedan calentarse por encima de dicha temperatura (por ejemplo, las botellas fabricadas con PET no pueden calentarse para su esterilización y posterior reutilización). Se usa principalmente en envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios (mayonesa, salsas, etc.). Películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera (productos alimenticios), envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de

.Policloruro de vinilo.

PVC es naturalmente claro, tiene gran resistencia a los aceites y muy baja transmisión al oxígeno. Proporciona una barrera excelente a la mayoría de los gases y su resistencia al impacto por caída también es muy buena. Este material es resistente químicamente pero vulnerable a solventes. PVC es una elección excelente para el aceite de ensalada, aceite mineral y vinagre. También se usa habitualmente para champús y productos cosméticos. PVC exhibe poca resistencia a temperaturas altas y se degrada a 160 °F (71.1 °C) haciéndolo incompatible con productos calientes.

Polipropileno.

El Polipropileno (PP) se usa sobre todo para jarras y cierres y proporciona un embalaje rígido con excelente barrera a la humedad. Una de las mayores ventajas del polipropileno es su estabilidad a altas temperaturas, hasta 200 °F. El polipropileno ofrece potencial para esterilización con vapor. La compatibilidad del PP con altas temperaturas

explica su uso para productos calientes tales como el sirope. PP tiene excelente resistencia química pero tiene escasa resistencia al impacto en temperaturas frías.

Poliestireno.

Poliestireno ofrece excelente claridad y rigidez a un coste económico. Generalmente, se usa para productos secos como vitaminas, gelatina de petróleo o especias. El poliestireno no proporciona buenas propiedades barrera y muestra poca resistencia al impacto.



FIG. 56 Proformas de botellas antes de ser procesadas

III.1.c METODOS BASICOS DE FABRICACION DE LAS BOTELLAS

Las botellas de plástico (así como los botes y otros envases en general) se fabrican por tres métodos básicos:

- **Extrusión soplado.** La granza se vuelca en una tolva que desemboca en un tornillo sin fin. Este gira con la finalidad de calentar y unir el plástico. Cuando llega a la boquilla, se inicia la fase de inyección con aire comprimido que lo expande hasta tomar la forma de un molde de dos piezas. Una vez enfriado, el envase permanece estable y sólo resta cortar las rebabas.
- **Inyección soplado.** En primer lugar, se realiza la inyección del material en un molde como preforma. Posteriormente, se transfiere ésta al molde final y se procede al soplado con aire comprimido. En el momento en que se ha enfriado, se retira el envase extrayendo el molde.
- **Inyección-soplado-estirado.** El primer paso es el acondicionamiento de una preforma. Luego, se introduce en el molde y se pasa a la fase de soplado y estiramiento secuencial. Se espera a que se enfríe y se procede a la retirada del molde.

III.1.d PLANO DE LA BOTELLA
Figura 57

III.1.e DISEÑO DEL ENVASE EN MASTERCAM 9.1

Mediante las dimensiones que se muestran en el plano, se procede al diseño del prototipo en Mastercam 3D para una mejor visualización, generando el diseño desde alambres que nos servirá como base para el diseño del prototipo 3D, como se muestra en las figuras 56 y 57.

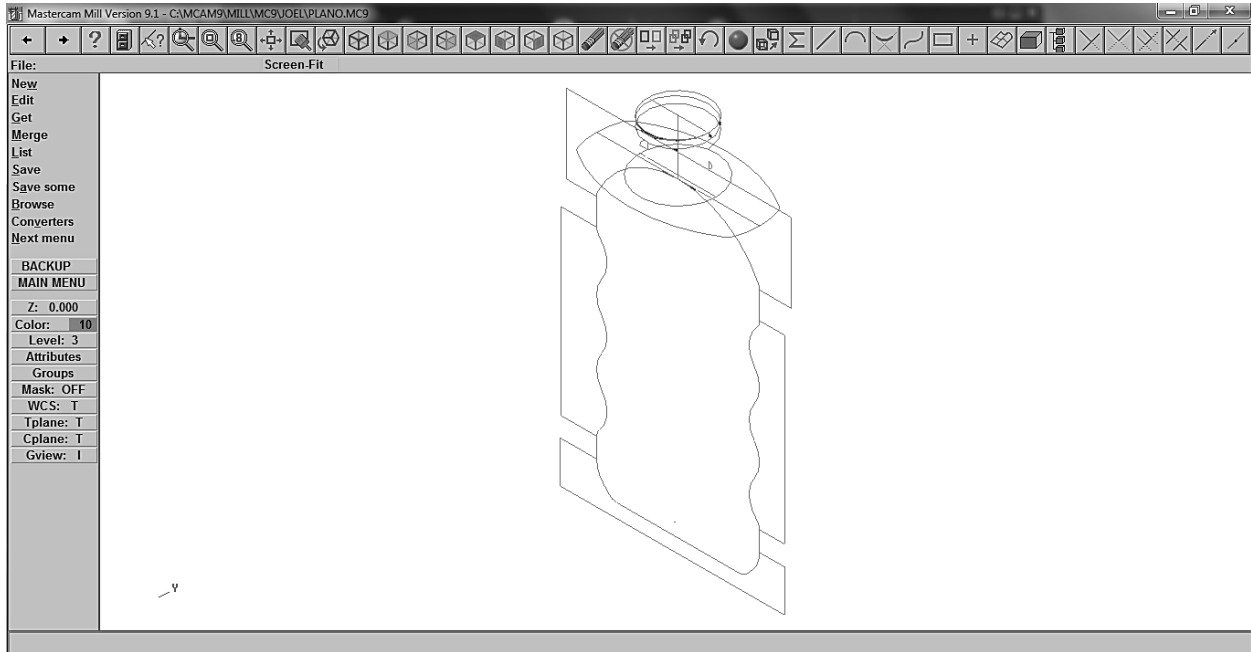


FIG. 58 Diseño base en alambre del prototipo.

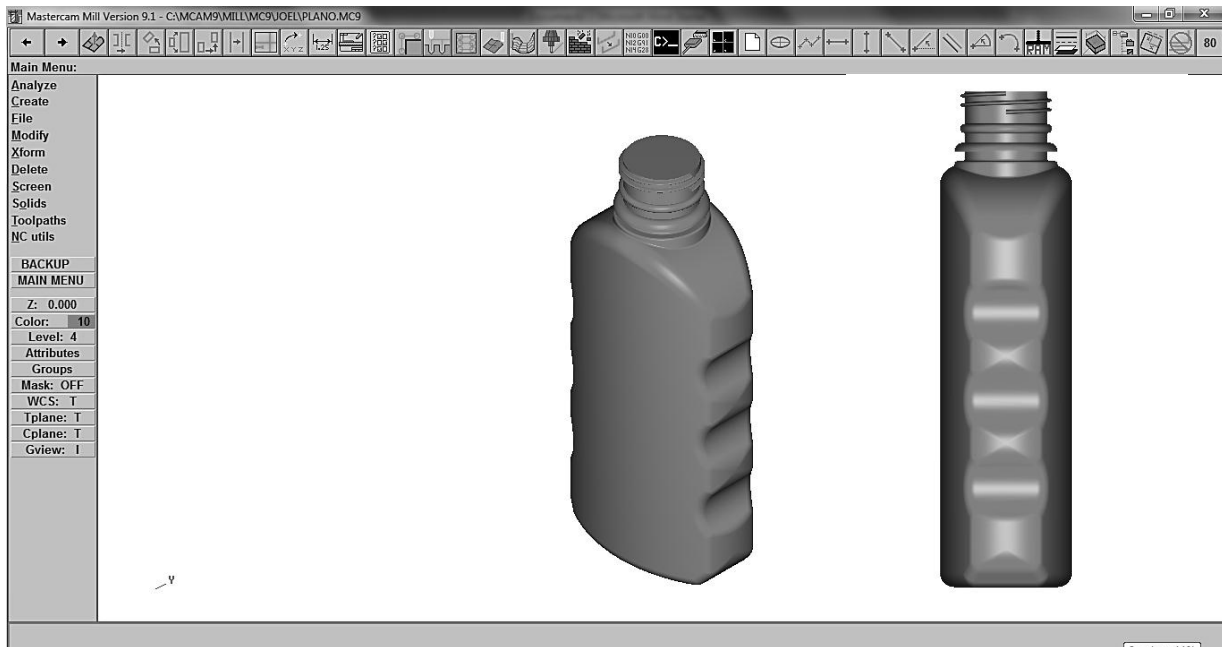


FIG. 59 Vista isometrica y lateral del prototipo (Sombreado).

III.2 EL MOLDE

El molde es la parte más importante en el proceso de fabricación de las botellas ya que es el encargado de dar forma y calidad a las piezas.

El diseño del molde debe estar acorde con el de la pieza.

Consideraciones básicas

En primer lugar se va a describir la composición general de un molde.

Los moldes de inyección generalmente están formados por dos mitades llamadas parte fija o de inyección y parte móvil o de expulsión:

Parte fija o de inyección: Se llama así porque es la parte del molde que no se mueve cuando la inyectora realiza todos sus movimientos. Está sujeta al plato fijo de la máquina inyectora y es donde apoya el cilindro de inyección de la misma. Esto se hace por el lado contrario a la zona donde está definida la cavidad de la pieza, por donde se introduce en el molde el plástico fundido. Es decir, es la que está más cerca del grupo de inyección.

Parte móvil o de expulsión: Es la parte que está sujeta al plato móvil de la máquina y se mueve solidariamente con éste. También es donde está normalmente ubicado el sistema de expulsión de la pieza cuando está fría.

De forma general, cada una de las partes descritas está formada por el conjunto de elementos siguientes:

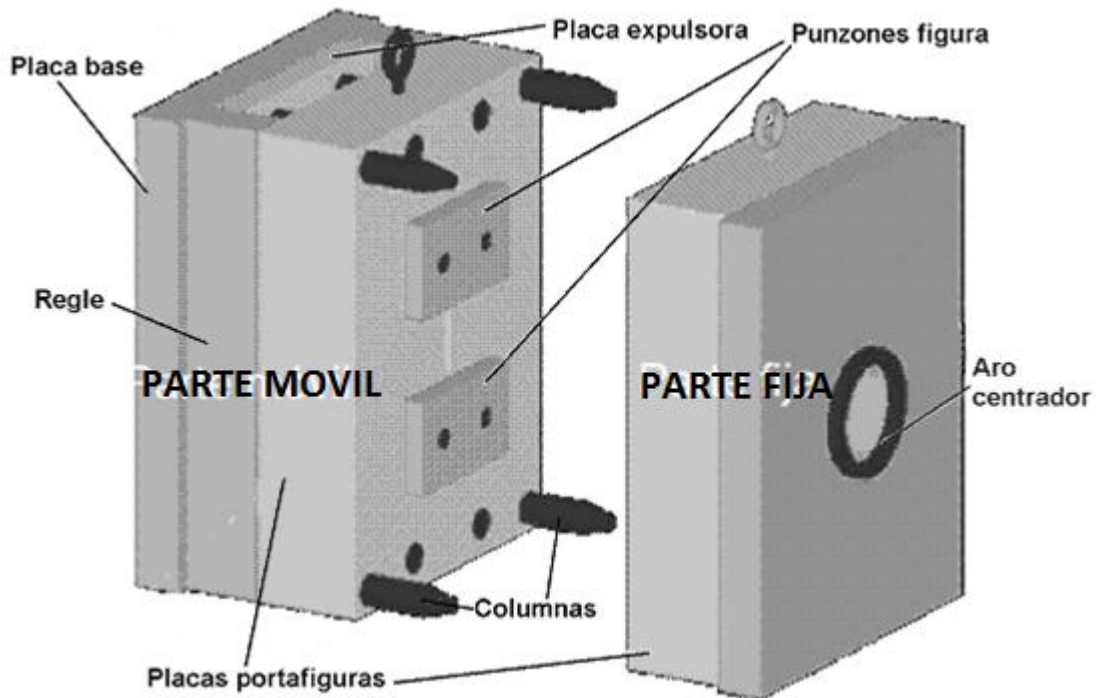


FIG. 60 Partes básicas de los moldes.

III.2.a Materiales para la fabricación de moldes

En la construcción de moldes para inyección de plásticos es necesario utilizar materiales especiales por las condiciones de trabajo, debido a las cargas severas a que son sometidos y porque se requiere alta precisión en los acabados. A esto hay que añadir que las tolerancias manejadas son muy pequeñas.

Dentro de la gran gama existente de materiales para la construcción de moldes para inyección de plásticos podemos encontrar los aceros, los materiales de colada, materiales no metálicos y materiales cerámicos.

Aceros

Los aceros, utilizados en moldes para inyección deben cumplir con las siguientes características:

- Condiciones aceptables para su elaboración como son mecanizabilidad, poder ser troquelado en frío y poder ser templado.
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la temperatura.
- Resistencia a la abrasión.
- Aptitud para el pulido.
- Tener deformación reducida.
- Buena conductividad térmica.
- Buena resistencia química.
- Tratamiento térmico sencillo.

Dentro de los aceros para moldes podemos encontrar a los aceros de cementación, de nitruración, templados, bonificados para el empleo en el estado de suministro o resistentes a la corrosión, entre otros.

Materiales de colada

Los materiales de colada se utilizan en la fabricación de moldes con perfiles forjados o laminados. El costo de la posterior mecanización de este tipo de moldes es alto y el tiempo empleado en la fabricación de estos moldes puede ser considerable. Hay que tener en cuenta, además, que la exactitud de dimensiones y la calidad superficial son inferiores respecto a los moldes fabricados por mecanización, por lo cual no se utilizan con tanta asiduidad como los anteriores.

Dentro de este tipo de materiales podemos encontrar la fundición de acero.

Aluminios

Al igual que con los aceros y los materiales de colada también se fabrican moldes con determinados aluminios mediante las mismas técnicas. Suelen estar enfocados a la obtención de moldes prototipo, moldes de prueba o moldes temporales, puesto que el aluminio tiene una menor resistencia a la abrasión que los anteriores y su capacidad de producción se ve disminuida.

Las dos razones principales para usar aluminios son la facilidad de mecanizado que tienen y la ligereza que presentan, en comparación con los aceros. Sin embargo no se tiende a usarlos con demasiada frecuencia, por matriceros y moldistas, debido a que tienen ciertas diferencias de comportamiento, respecto a los aceros, durante las inyecciones:

- En general no pueden ser templados.
- Tienen una menor resistencia a la compresión
- Tienen una menor resistencia a la temperatura.
- Tienen una menor resistencia a la abrasión.
- No tienen una deformación reducida.
- Tratamiento térmico complicado.

Materiales no metálicos

Los materiales no metálicos se usan en moldes para inyecciones de prueba, destinados a obtener muestras de artículos que posteriormente vayan a ser fabricados. Por lo general, el material básico es algún tipo de resina epóxidica o composite fácil de mecanizar.

Materiales cerámicos

Los materiales cerámicos, han mostrado en recientes investigaciones las siguientes características: estabilidad con los cambios de temperatura, buen comportamiento deslizante, buena resistencia química y buena conductividad térmica. Se puede mencionar como un ejemplo el carbón sintético. Su uso en la actualidad está restringido a pequeñas partes de los moldes que han de sufrir altos esfuerzos mecánicos.

III.2.b PLANO DEL MOLDE

Figura 61

III.2.c DISEÑO DEL MOLDE EN MASTERCAM 9.1

El diseño del molde se basa de la creación de la botella 3D, la cual, la parte que nos interesa es el cuerpo de la botella. Las otras partes como cuello y base se necesitan de otros maquinados y métodos más complejos. A continuación mencionaremos algunos pasos que se realizan para la creación del molde 3D.

Primero: se genera un bloque sólido con las medidas del molde que se especifica en el plano,
Segundo: se toma la parte sólida de botella y se une la mitad al bloque sólido (Figura 59) y
Tercero: realizar una substracción de la parte sólida de la botella para que quede la cavidad como se muestra en la figura 60 y 61.

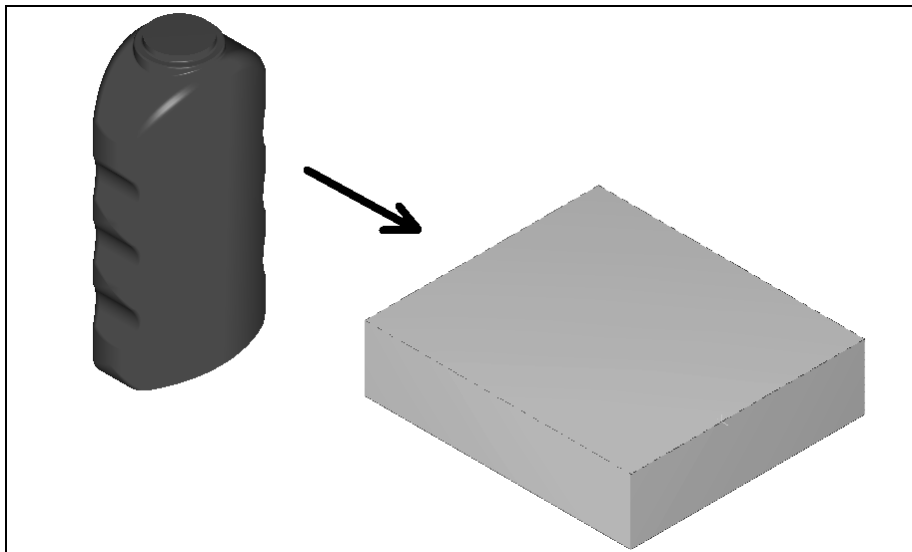


FIG. 62 Piezas a unir en el diseño

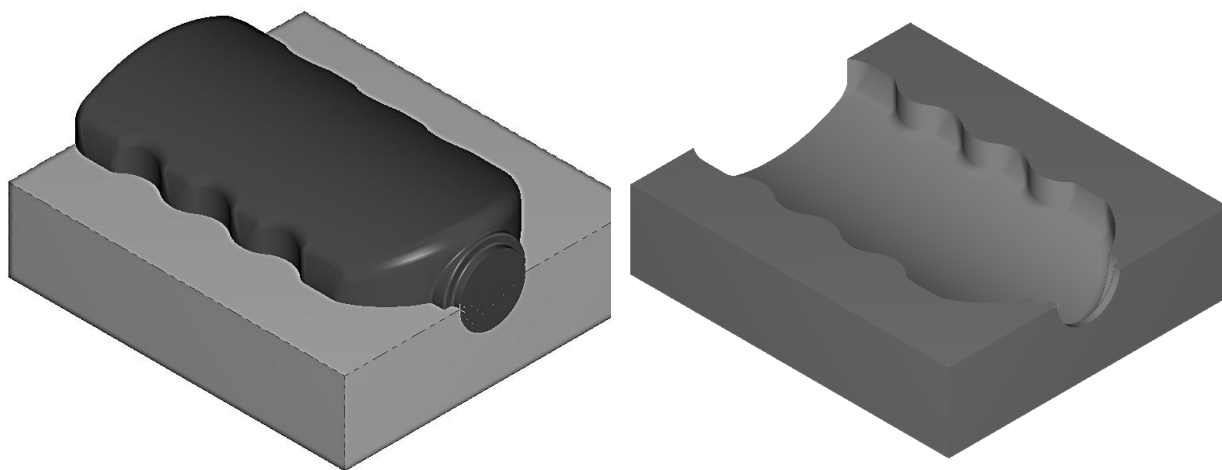


FIG. 63 Unión del bloque y cuerpo de la botella para obtener la cavidad.

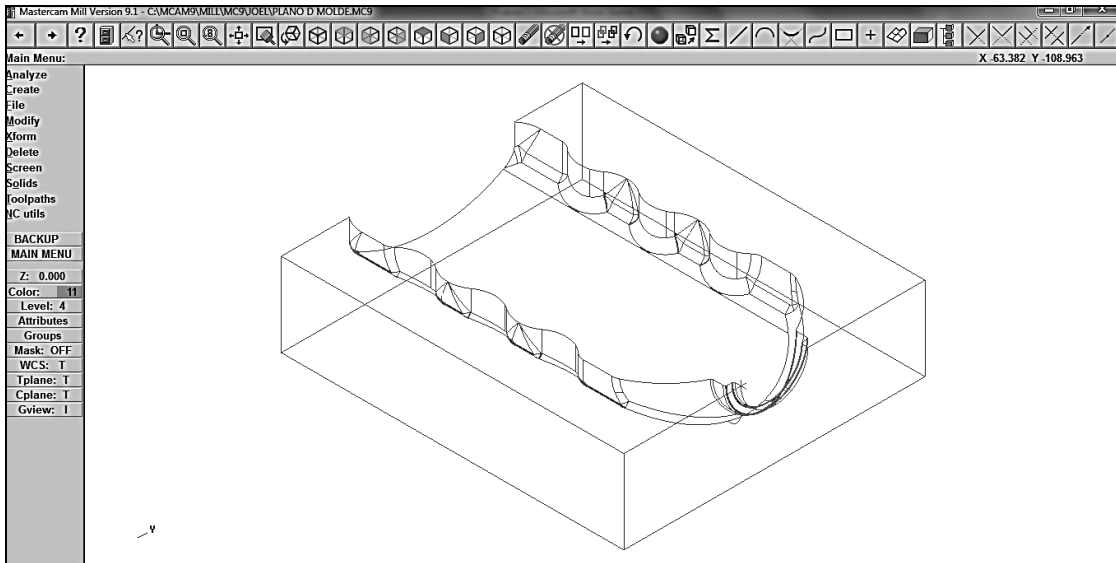


Fig.64 Vista isométrica del molde.

III.3 PREPARANDO LA PIEZA EN BRUTO (JOB SETUP) EN MASTERCAM 9.1

Para preparar las dimensiones de la pieza en bruto, desde el menú secundario seleccionamos Toolpaths y Job Setup y a continuación nos mostrara la siguiente ventana de la figura 62, donde daremos las dimensiones de los tres ejes (X,Y,Z) basándonos en la medidas que se indican en el plano. También desde esta ventana definiremos en donde se localizara el origen o cero pieza como referencia de nuestro maquinado, así como el material a maquinar.

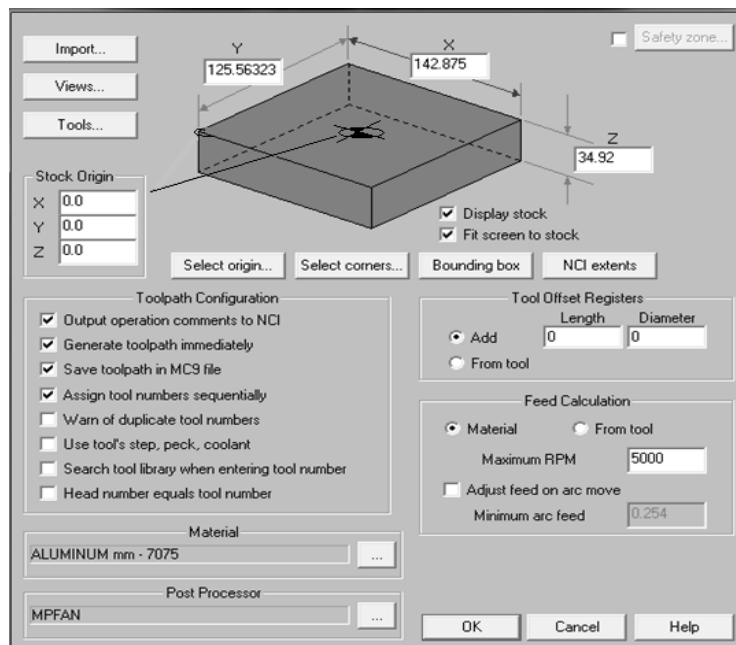


FIG. 65 Pieza bruta (Job Setup)

III.4 HOJA DE PROCESOS

Para preparar los proceso de maquinados, nos basaremos en nuestra hoja de proceso. La hoja de proceso es una memoria en donde se tiene la información de los maquinados a realizar, las herramientas, las revoluciones y avances a utilizar en nuestros maquinados, en algunos casos se anexa el tiempo estimado por cada operación, como se muestra a continuación.

HOJA DE PROCESO

PARTE: Cavidad	PZA. BRUTA: 142.88 x 125.6 mm	MATERIAL: Aluminio	FECHA: Ene. 2011
No. PROGRAMA:	ELABORO: JST	REVISO:	Ing. Alfredo Aldaz

No. OP.	DESCRIPCION	DIB. DESC.	HETA.	RPM / Vc	AVANCE F	COMETARIOS
1	Desvaste de la cavidad		Cortador plana Diam 6.35 mm T0101	1300	120	Realizar cortes de 2.5 mm de profundidad maxima. Cortes maximos del 75% del diametro del cortador
2	Acabado		Cortador de bola Diam 3.175 T0202	3000	200	Cortes maximos del 10 % del diametro del cortador

III.5 PREPARANDO EL MAQUINADO DE DESBASTE

Nuestro primer proceso de maquinado a realizar como se indica en la hoja de proceso es el desbaste (Rough). Desde el menu secundaria seleccionamos toolpaths – surface – rough – parallel – cavity y nos mostrara el siguiente cuadro de dialogo de la figura 63, donde seleccionaremos la herramienta a utilizar y su posicion que se ubicara en la torreta, avances y revoluciones a trabajar desde el cuadro de dialogo de desbaste de superficie en paralelo. La estacion de la herramienta se ubicara en el 1.

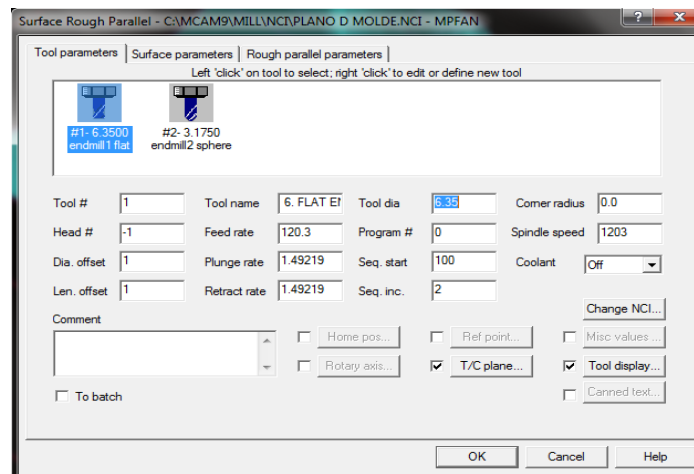


FIG. 66 Cuadro de dialogo del mecanizado de desbaste de superficies en paralelo

III.6 PREPARANDO EL MAQUINDO DE ACABADO

Para el acabado desde el menu secundaria seleccionamos toolpaths – surface – finish – parallel – cavity y nos mostrara el siguiente cuadro de dialogo de la figura 64, donde seleccionaremos la herramienta a utilizar y su posicion que se ubicara en la torreta, avances y revoluciones a trabajar:

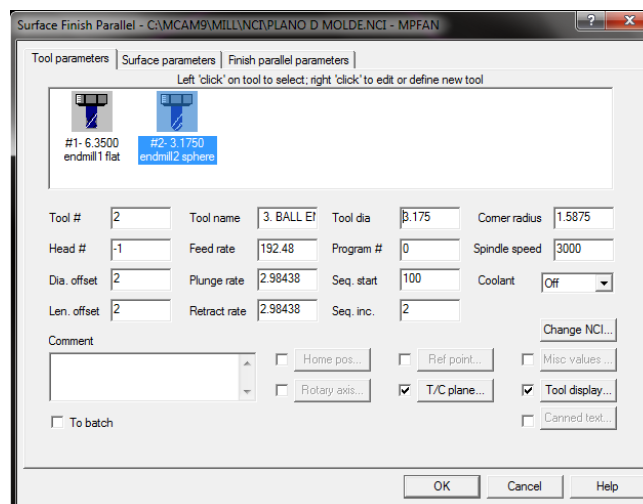


FIG. 67 Cuadro de dialogo del mecanizado de desbaste de superficies en paralelo

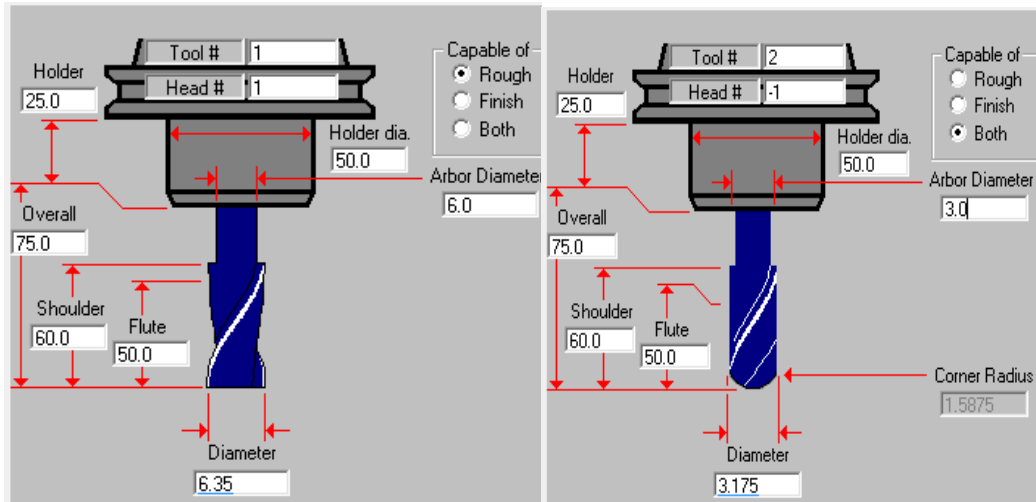


FIG. 68 Herramientas a utilizar para el maquinado

Las operaciones realizadas anteriormente se pueden ver desde el listado de operaciones (**operations manager**) ver figura 66. En el cuadro de dialogo del listado de operaciones podemos modificar los datos de nuestro maquinado, ver las rutas del maquinado, simulacion del maquinado y el procesamiento del programa. Y para poder acceder a ella, desde el menu secundario seleccionamos toolpaths – operations y nos mostrara el siguiente cuadro de dialogo.

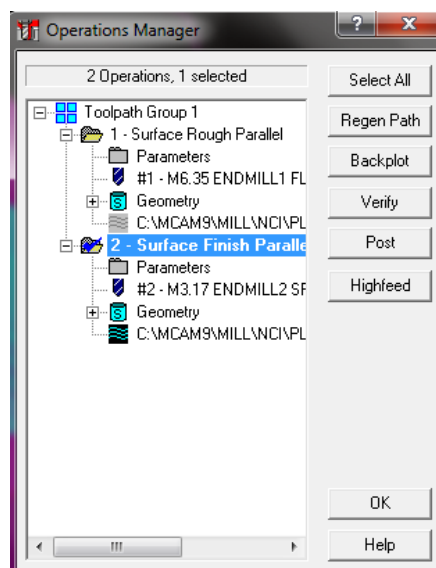


FIG. 69 Lista de operaciones

Una vez preparada los maquinados que se van a realizar, se puede simular desde el manager de operaciones, para eso damos click con el mouse en el boton select all y despues verify y enla pantalla nos mostrara la simulacion de maquinado de desbaste y acabado como se muestra en la figuras: 67, 68, 69 y 70.

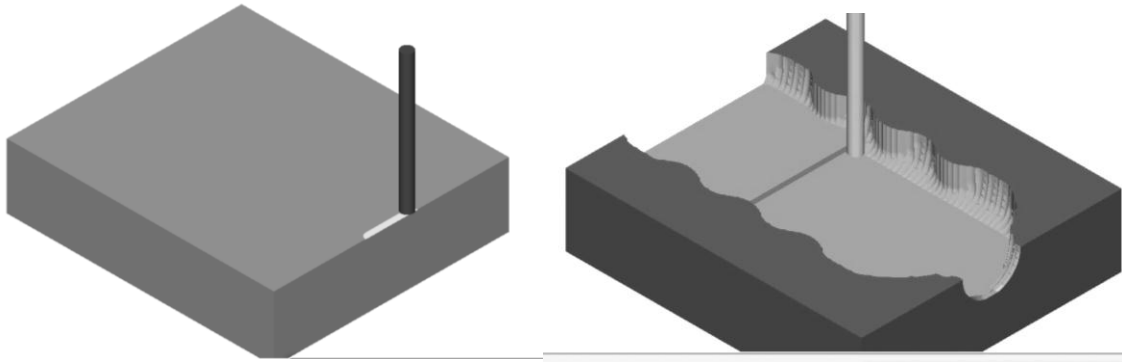


FIG. 70 Fase de inicio e intermedio de simulacion del maquinado de desbaste

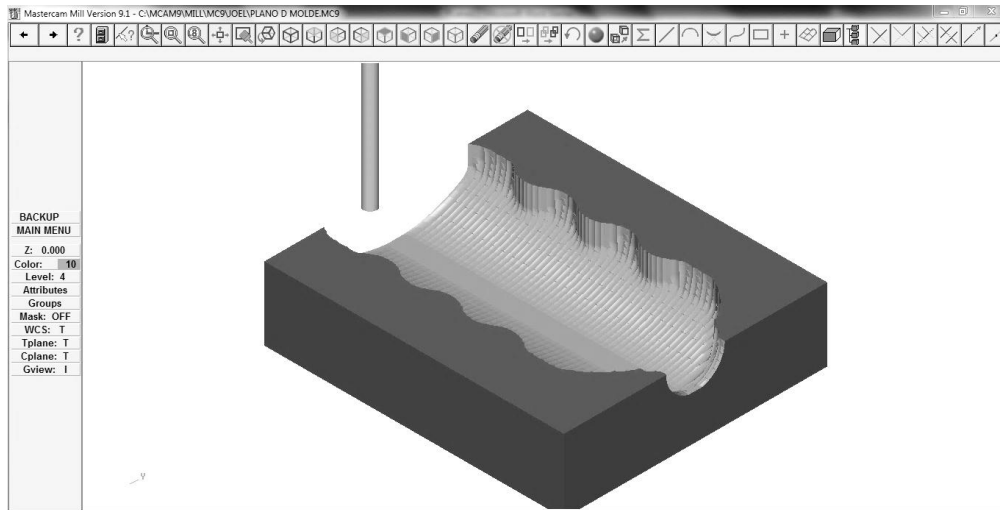


FIG. 71 Fin del maquinado del desbaste

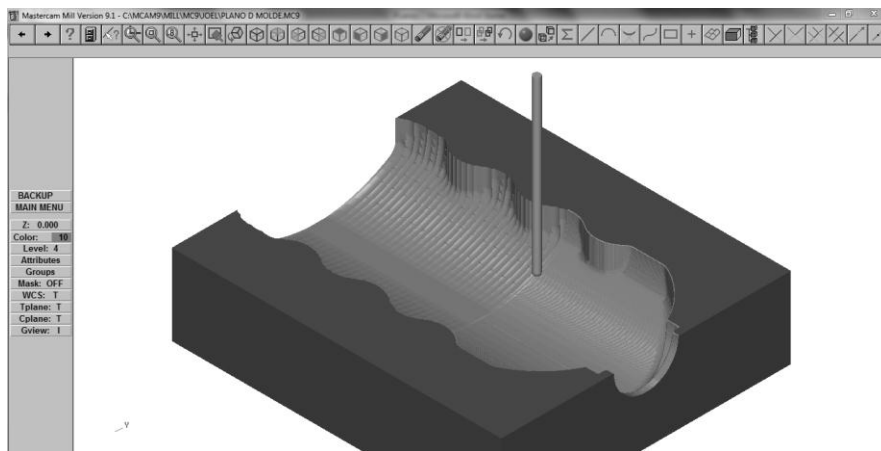


FIG. 72 Simulacion del procesoAcabado del molde

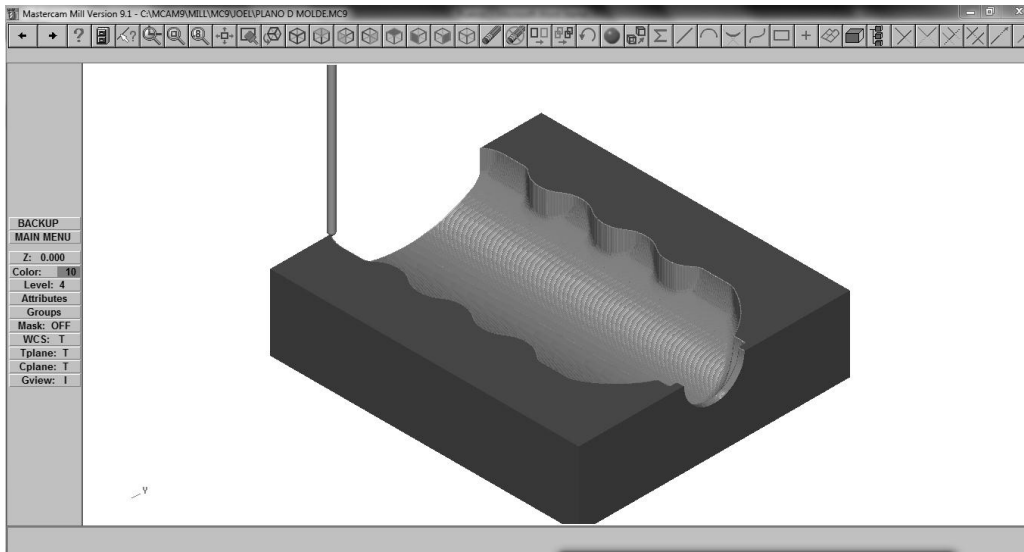


FIG. 73 Fin de simulación del maquinado del acabado

Para generar el programa de las operaciones de los maquinados realizados, nuevamente desde el cuadro de la lista de operaciones (Operations Manager) (Figura 71), se procede a seleccionar las 2 operaciones y dar click con el Mouse en Post y nos abrirá una ventana para guardar el nombre del nuestro programa, la cual al final se mostrará el programa generado por mastercam con todos los parámetros de nuestro maquinado.

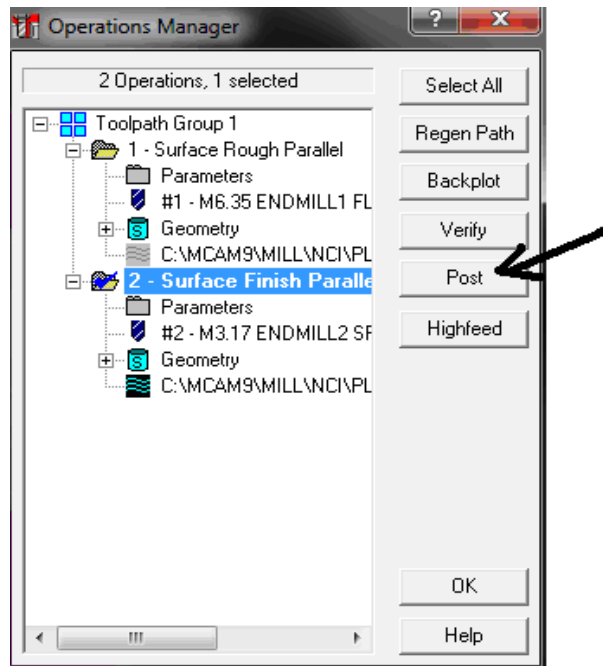


FIG. 74 Cuadro de dialogo de la lista de operaciones

CAPÍTULO IV

PREPARACION DE LA MÁQUINA



IV PREPARACION DE LA MAQUINA

El proceso de fabricación de un molde tradicional, pasa por las siguientes fases:

- a) Diseño del prototipo.
- b) Planificar la fabricación del molde: Se diseña del molde y sus elementos (geometrías, ajustes y materiales). Se define al detalle el plan de operaciones de fabricación del molde.
- c) Suministrar y preparar recursos de fabricación para el molde: Se obtienen y preparan los recursos necesarios (humanos, instalaciones, equipos, materiales, herramientas, etc.) para llevar a cabo la fabricación del molde. Para ello se utiliza como entrada el plan de operaciones de fabricación del molde.
- d) Mecanizar el molde: Comprende el mecanizado de las cavidades (fundamentalmente por arranque de viruta y electroerosión), el pulido, la identificación y el mecanizado de elementos normalizados (placas base, guías, extractores, boquillas, circuitos refrigeración, etc.). Para ello se hace uso de la información contenida en el plan de operaciones de fabricación del molde, que contiene la definición completa de los procesos a realizar para mecanizar los electrodos, la cavidad y el utillaje del molde (operaciones a ejecutar, persona asignada, herramientas a usar, plazos, máquinas a emplear, etc.). Para el mecanizado se utilizan profusamente programas de CN.
- e) Montar y ajustar el molde: En esta actividad se ensamblan todos los componentes del molde. El montaje se puede dividir en las siguientes etapas: montaje de cavidades, montaje del sistema de expulsión, montaje de la cámara y cierre del molde.

IV.1 SISTEMA DE SUJECION Y ALINEAR LA PIEZA

En los centros de maquinados se suelen utilizar los mismos sistemas de sujeción que en las convencionales, mencionaremos algunas de estas: Por mordazas o prensa, Clamps, mordazas autocentrables, sistema de bridas, placas angulares de apoyo, platos o mesas magnéticas, diseños especiales, etc.

Para nuestro caso, ya que solamente se va a maquinar la parte superior central a lo largo del eje X, se puede utilizar el sistema de sujeción por clamps o por bridas, como se muestra la figura 72. Se sujeta la pieza sin apretar, ya que se necesita primero alinear la pieza a maquinar. Y Para esto se recomienda alinear con un indicador de carátula colocándolo en el portaherramientas. Acercar el indicador en una orilla de la pieza (molde) de forma que lo toque y colocar la aguja a cero. Realizar movimientos de la mesa a lo largo del eje que este tocando el indicador a la pieza y moviendo la pieza mediante golpecitos con un martillo de hule hasta lograr que la aguja del indicador se quede estática. Una vez que se logre alinear la pieza se procede al apriete del los clamps.



FIG. 75 Sistema de sujeción del molde por medio de clamps. Fotografía tomada en la Fabrica Mipsar de San Pedro Pozohuacan, Tecámac Edo. De Mex.

IV.2 PUNTOS DE ORIGEN: ORIGEN PIEZA Y ORIGEN MAQUINA

El origen maquina es un punto fijo en algún lugar de la mesa con respecto a la herramienta (X0,Y0 maquina), que sirve como referencia para ingresar los datos de nuestro trabajo y está determinado por el fabricante de la máquina. En las maquinas fresadoras, el cero maquina se localiza en un extremo de la mesa.

El Origen de la pieza o Cero Pieza es una referencia que se le asigna a la maquina por el operador para la ubicación de la pieza determinada por el mismo operador dependiendo de la forma de la pieza, sistemas de sujeción y de los procesos de maquinados.

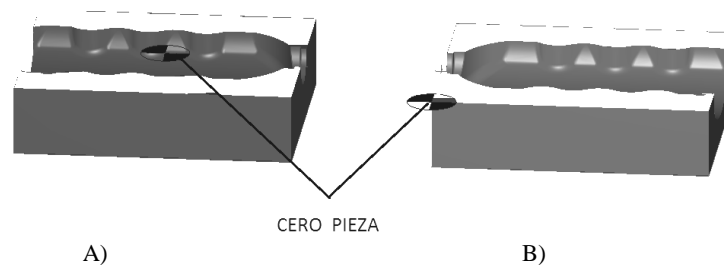


FIG. 76 A) Cero pieza localizada en el centro de la pieza, B) Cero pieza localizada en una esquina de la pieza

El cero pieza por lo regular los programadores sitúan en el centro de la pieza o en una esquina de la pieza como se muestra en la figura 73. Para el caso del molde se localiza en el centro de la pieza, por lo que se le debe de dar a conocer a la maquina. Esta distancia entre el cero maquina y cero pieza se le conoce como decalaje y este se debe de determinar primero antes de realizar cualquier operación.

Existen varias formas de obtener el decalaje: por palpación con la herramienta, palpación con bailarina o borrachito, palpación con sensor eléctrico, situación por visor óptico, etc.

El procedimiento que describiremos es la palpación con borrachito o bailarina como se muestra en la figura 75. El proceso consiste en contactar la bailarina a la pieza hasta lograr que se mantenga estático sobre su eje, por lo que se debe de poner en marcha la herramienta.

Primero: Acercar la herramienta en el extremo izquierdo de pieza (eje X mínimo) hasta rosar y anotar el valor que muestra la maquina. Este valor es la distancia existente desde el origen maquina al centro de la bailarina.

Segundo: El valor de la maquina (x1), se le suma el radio de la bailarina (Rb) que es igual a 2.5 mm, mas el valor que se obtiene dividiendo la longitud del molde entre 2

Tercero: El valor obtenido es la posición a la que se debe de posicionar la herramienta e indicar a la maquina que se encuentra en el cero pieza. Ver figura 74.

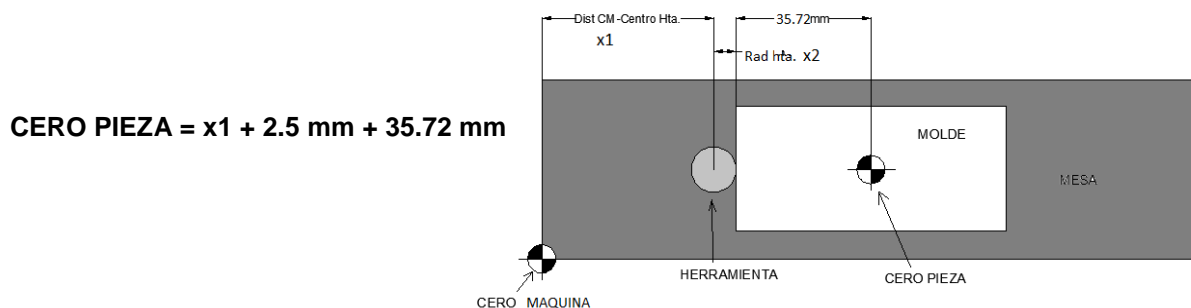


FIG. 77 Decalaje de origen

Después de haber realizado todo estos pasos lo único que falta es cargar el programa a la maquina. Se puede enviar desde la computadora o mediante una memoria y se ejecuta el programa como se muestra en la figura 77.



FIG. 80 Cargando programa mediante Tarjeta. *Fotografía tomada en la Fabrica Mipsar de San Pedro Pozohuacan, Tecámac Edo. De Mex.*

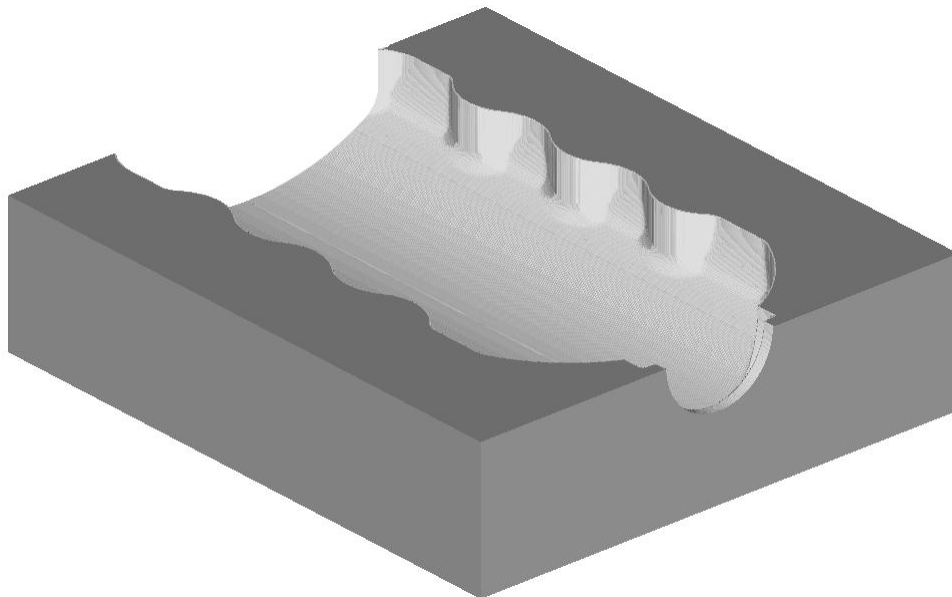


FIG. 81 Molde maquinado



FIG. 78 Centrando el molde con bailarina o borrachito. Fotografía tomada en la Fabrica Mipsar de San Pedro Pozohuacan, Tecámac Edo. De Mex.

Para determinar el cero pieza en el eje Y, se realiza el mismo procedimiento que en el eje x.

IV. 3. COMPENSACION DE LA LONGITUD DE LA HERRAMIENTA.

Una vez seleccionada las herramientas indicada en la hoja de proceso, se coloca en la estación correspondiente. La herramienta de desbaste (fresa plana 6.35 mm de diámetro) se coloca en la estación 1 y la de acabado (fresa de bola de 3.175 mm) se coloca en la estación de 2.

La compensación de la herramienta también conocida como offset de la herramienta (Eje Z), es el valor que se le da a la máquina para indicarle cual es la longitud de la herramienta a la parte más alta de la pieza. Seleccionamos la herramienta 2 y acercamos a la pieza hasta rozar, mucho de los casos se hace con el apoyo de un pedazo de papel como se muestra en la figura 76 y una vez que roce, la herramienta jala el papel y es el valor del offset o altura de la herramienta, a la que la maquina se le da a conocer, anotando el valor en el offset de la maquina y se hace el mismo procedimiento a la herramienta 1.



FIG. 79 Rozando la herramienta para obtener el offset con apoyo de un pedazo de papel. Fotografía tomada en la Fabrica Mipsar de San Pedro Pozohuacan, Tecámac Edo. De Mex.



FIG. 79 Ejemplo de moldes terminado. http://molestandoahodgkin.files.wordpress.com/2008/09/ty-nant_molde.jpg

CONCLUSIÓN

La competencia mundial que existe hoy en día en el mercado de la industria metal-mecánica, para una mayor producción de piezas de forma rápida, medidas precisas y de bajo costo, han provocado una evolución en el mundo de las maquinas-herramientas con control numérico diseñándose maquinarias más sofisticadas de uso sencillo, por lo que se han creado una infinidad de CAD-CAM (Diseño asistido por computadora y manufactura asistido por computadora) que tenemos en el mercado, ente ellas tenemos el Mastercam.

El Mastercam 9.1 es un arma muy potente y completo en la industria de la metal-mecánica ya que nos permite diseñar, crear rutas de maquinado y generar programas. Ésta cuenta con una gran variedad de post procesadores que permite generar programas para trabajar en casi todas las maquinas que existen hoy en día en el mercado, evitándonos la fatiga de utilizar tablas para calcular avances, revoluciones, programación a pie de máquina y realizar cálculos matemáticos.

Mediante este CAD-CAM no solo se diseñan piezas en 2D, sino también tiene la ventaja de diseñar piezas complejas en 3D, como se vio en este trabajo, y crear maquinados con acabados como uno lo desee.

En el presente trabajo se obtuvo el resultado esperado de manufacturar un molde de plástico, utilizando las herramientas que ofrece MASTERCAM 9.1 sin ninguna dificultad, ya que desde el diseño del prototipo del envase se obtuvo un buen diseño en 3D, lo que a partir de esta se obtuvo el molde. Posteriormente basándose en la hoja de procesos se procedió a la elección de un maquinado que nos diera un buen resultado en el desbaste y acabado, lo que para este tipo de cavidad, por la gran variedad de maquinados que ofrece se eligió el maquinado de superficies en paralelo dando un buen resultado para el molde en desbaste y acabado.

Por lo que el personal y las fábricas dedicadas a la elaboración de moldes ya no se podrán limitar en diseñar y maquinar moldes que antes parecían imposibles, ya que hoy en día cuentan con este paquete muy completo y poder competir en el mercado nacional y extranjera, donde pueden disminuir sus tiempos de diseño, creación de programas para maquinados de moldes y evitando cálculos matemáticos, y gracias a esto tenemos en el mercado un sin número de tipo de diseño de botellas como se muestra en la figura 80.



FIG. 79 Variedad de Botellas existentes en el mercado. <http://plasticosvjfltda.com/productos.html>

BIBLIOGRAFIA

- **CONTROL NUMERICO Y PROGRAMACION**

SISTEMAS DE FABRICACION DE MAQUINAS AUTOMATIZADAS
Francisco Cruz Tervel
Editorial AlfaOmega, México, Marzo 2007
Primera Edición

- **PROCESO DE MANUFACTURA**

MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Serope Kalpakjia y Steven R. Schmid
Editorial Pearson Educación, México 2002
Cuarta Edición

- **MASTERCAM®**

WIRE TRAINING TUTORIALS VERSION 9.1
Mariana Lendel
Copyright © 1982-2002 In- House Solutions Inc.
June 17, 2003

- **TUTORIAL SERIES FOR MASTERCAM VERSION 8**

TUTORIAL 6

- **MANUAL DE APOYO PARA LA CAPACITACION**

RECTIFICADO DE SUPERFICIES PLANAS Y CEPILLADO DE METALES

Guadalupe Martínez Salinas, José Ascensión Moreno Camargo,
Luis Perea Guerrero, Pedro Galván Orduña, Perfecto Cristino Hernández,
Tomás Ramírez Hernández, Víctor Hernández Espinoza

Gobierno del Estado de México
Secretaría del Trabajo y la Previsión Social
Instituto de Capacitación y Adiestramiento para el Trabajo Industrial

COORDINACION TECNICA: Departamento de Planes y Programas de
Capacitación del I.C.A.T.I.
Noviembre 1998

- **TECNOLOGIA DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS**

Steve F. Krar y Albert F. Check
Editorial grupo AlfaOmega, México D. F., 2002

- **FRESADORA**

APUNTES PARA EL ALUMNO

Jesús Toledo Matus

Instituto Politécnico Nacional, México D. F. 1989

- http://molestandoahodgkin.files.wordpress.com/2008/09/ty-nant_molde.jpg
- <http://plasticosvifltda.com/productos.html>
- <http://misfondos.com.es/wallpaper/Edad-De-Los-Metales>
- <http://www.museo-maquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/Fresatzeko-makinak>
- <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/1435-Evolucion-tecnica-de-la-maquina-herramienta-Resena-historica.html>

ANEXO

PROGRAMA GENERADO POR MASTERCAM 9.1

%
O0000
(PROGRAM NAME - PLANO D
MOLDE)
(DATE=DD-MM-YY - 01-12-10
TIME=HH:MM - 12:23)
N100G21
N102G0G17G40G49G80G90
(6. FLAT ENDMILL TOOL - 1 DIA.
OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - 6.35)
N104T1M6
N106G0G90G54X71.438Y-
13.97A0.S1203M3
N108G43H1Z2.3
N110G1Z0.F1.5
N112Y-10.795F120.3
N114Y-10.791Z-.2
N116Y10.791
N118Y10.795Z0.
N120Y13.97
N122X68.974Y13.982
N124Y10.796
N126Z-.053
N128Y10.793Z-.2
N130Y-10.793
N132Y-10.796Z-.053
N134Z0.
N136Y-13.982
N138X66.511Y-17.463
N140Y-11.703
N142Z-.069
N144Y-11.7Z-.2
N146Y11.7
N148Y11.703Z-.07
N150Z0.
N152Y17.462
N154X64.047
N156Y14.285
N158Z-.13
N160Y14.283Z-.2
N162Y-14.283
N164Y-14.288Z0.
N166Y-17.463
N168X61.584Y-19.654
N170Y-14.64
N172Z-.15
N174Y-14.639Z-.2
N176Y14.64
N178Z0.
N180Y19.654
N182X59.12Y23.533
N184Y17.544
N186Z-.2
N188Y-17.535
N190Z0.
N192Y-23.533
N194X56.657Y-26.652
N196Y-21.564
N198Z-.2
N200Y21.564
N202Z0.
N204Y26.652
N206X54.193Y29.24
N208Y24.689
N210Z-.2
N212Y-24.689
N214Z0.
N216Y-29.24
N218X51.73Y-31.444
N220Y-27.246
N222Z-.2
N224Y27.246
N226Z0.
N228Y31.444
N230X49.267Y33.298
N232Y29.381
N234Z-.2
N236Y-29.371
N238Z0.
N240Y-33.298
N242X46.803Y-34.894
N244Y-31.166
N246Z-.2
N248Y31.166
N250Z0.
N252Y34.894
N254X44.34Y36.26
N256Y32.674
N258Z-.2
N260Y-32.674
N262Z0.
N264Y-36.26
N266X41.876Y-37.197
N268Y-33.929
N270Z-.2
N272Y33.928
N274Z0.
N276Y37.197
N278X39.413Y37.306
N280Y34.117
N282Z-.2
N284Y-34.119
N286Z0.
N288Y-37.306
N290X36.949
N292Y-34.117
N294Z-.2
N296Y34.115
N298Z0.
N300Y37.306
N302X34.486
N304Y34.114
N306Z-.2
N308Y-34.115
N310Z0.
N312Y-37.306
N314X32.023
N316Y-34.113
N318Z-.2
N320Y34.112
N322Z0.
N324Y37.306
N326X29.559
N328Y34.111
N330Z-.2
N332Y-34.111
N334Z0.
N336Y-37.306
N338X27.096Y-36.927
N340Y-33.065
N342Z-.2
N344Y33.064
N346Z0.
N348Y36.927
N350X24.632Y35.166
N352Y31.382
N354Z-.2
N356Y-31.378
N358Z0.
N360Y-35.166
N362X22.169Y-33.702
N364Y-30.273
N366Z-.2
N368Y30.266
N370Z0.
N372Y33.702
N374X19.705Y32.873
N376Y29.625
N378Z-.2
N380Y-29.62
N382Z0.
N384Y-32.873
N386X17.242Y-32.572
N388Y-29.375
N390Z-.2
N392Y29.38
N394Z0.
N396Y32.572
N398X14.778Y32.754
N400Y29.515
N402Z-.2
N404Y-29.516
N406Z0.
N408Y-32.754
N410X12.315Y-33.434
N412Y-30.059
N414Z-.2
N416Y30.059
N418Z0.
N420Y33.434
N422X9.852Y34.709
N424Y31.028
N426Z-.2
N428Y-31.032
N430Z0.
N432Y-34.709
N434X7.388Y-36.133
N436Y-32.522
N438Z-.2
N440Y32.522
N442Z0.
N444Y36.133
N446X4.925Y36.966
N448Y33.694
N450Z-.2
N452Y-33.68
N454Z0.
N456Y-36.966
N458X2.461Y-37.286

N460Y-34.105
N462Z-.2
N464Y34.115
N466Z0.
N468Y37.286
N470X-.002Y37.102
N472Y33.885
N474Z-.2
N476Y-33.877
N478Z0.
N480Y-37.102
N482X-2.466Y-36.421
N484Y-32.939
N486Z-.2
N488Y32.951
N490Z0.
N492Y36.421
N494X-4.929Y35.157
N496Y31.406
N498Z-.2
N500Y-31.411
N502Z0.
N504Y-35.158
N506X-7.392Y-33.732
N508Y-30.29
N510Z-.2
N512Y30.29
N514Z0.
N516Y33.732
N518X-9.856Y32.902
N520Y29.631
N522Z-.2
N524Y-29.633
N526Z0.
N528Y-32.902
N530X-12.319Y-32.592
N532Y-29.381
N534Z-.2
N536Y29.381
N538Z0.
N540Y32.592
N542X-14.783Y32.759
N544Y29.512
N546Z-.2
N548Y-29.515
N550Z0.
N552Y-32.759
N554X-17.246Y-33.423
N556Y-30.043
N558Z-.2
N560Y30.041
N562Z0.
N564Y33.423
N566X-19.71Y34.676
N568Y31.006
N570Z-.2
N572Y-31.006
N574Z0.
N576Y-34.676
N578X-22.173Y-36.107
N580Y-32.479
N582Z-.2
N584Y32.487
N586Z0.
N588Y36.107
N590X-24.637Y36.952
N592Y33.68
N594Z-.2
N596Y-33.684
N598Z0.

N600Y-36.952
N602X-27.1Y-37.283
N604Y-34.102
N606Z-.2
N608Y34.113
N610Z0.
N612Y37.283
N614X-29.563Y37.11
N616Y33.894
N618Z-.2
N620Y-33.891
N622Z0.
N624Y-37.11
N626X-32.027Y-36.441
N628Y-32.968
N630Z-.2
N632Y32.971
N634Z0.
N636Y36.441
N638X-34.49Y35.191
N640Y31.436
N642Z-.2
N644Y-31.436
N646Z0.
N648Y-35.191
N650X-36.954Y-33.754
N652Y-30.303
N654Z-.2
N656Y30.308
N658Z0.
N660Y33.754
N662X-39.417Y32.908
N664Y29.641
N666Z-.2
N668Y-29.641
N670Z0.
N672Y-32.908
N674X-41.881Y-32.585
N676Y-29.38
N678Z-.2
N680Y29.381
N682Z0.
N684Y32.585
N686X-44.344Y32.741
N688Y29.502
N690Z-.2
N692Y-29.507
N694Z0.
N696Y-32.741
N698X-46.807Y-33.395
N700Y-30.018
N702Z-.2
N704Y30.026
N706Z0.
N708Y33.395
N710X-49.271Y34.646
N712Y30.979
N714Z-.2
N716Y-30.979
N718Z0.
N720Y-34.646
N722X-51.734Y-36.537
N724Y-32.467
N726Z-.2
N728Y32.472
N730Z0.
N732Y36.537
N734X-54.198Y37.298
N736Y34.111
N738Z-.2

N740Y-34.111
N742Z0.
N744Y-37.298
N746X-56.661Y-37.306
N748Y-34.113
N750Z-.2
N752Y34.116
N754Z0.
N756Y37.306
N758X-59.125
N760Y34.122
N762Z-.2
N764Y-34.115
N766Z0.
N768Y-37.306
N770X-61.588
N772Y-34.117
N774Z-.2
N776Y34.126
N778Y34.127Z-.149
N780Z0.
N782Y37.306
N784X-64.051Y37.27
N786Y34.102
N788Z-.2
N790Y-34.094
N792Z0.
N794Y-37.27
N796X-66.515Y-36.885
N798Y-33.585
N800Z-.2
N802Y33.589
N804Z0.
N806Y36.885
N808X-68.978Y35.979
N810Y32.292
N812Z-.2
N814Y-32.306
N816Z0.
N818Y-35.979
N820G0X71.438Y-10.791
N822Z-.125
N824G1Z-.2F1.5
N826Y-10.781Z-.621F120.3
N828Y-10.737Z-1.267
N830Y-10.66Z-1.94
N832Y-10.546Z-2.625
N834Y10.546
N836Y10.66Z-1.94
N838Y10.737Z-1.267
N840Y10.781Z-.621
N842Y10.791Z-.2
N844X68.974Y10.793
N846Y10.785Z-.594
N848Y10.745Z-1.213
N850Y10.674Z-1.854
N852Y10.568Z-2.519
N854Y10.546Z-2.625
N856Y-10.546
N858Y-10.568Z-2.519
N860Y-10.674Z-1.854
N862Y-10.745Z-1.213
N864Y-10.785Z-.594
N866Y-10.793Z-.2
N868Z0.
N870X66.511Y-11.7
N872Z-.2
N874Y-11.692Z-.602
N876Y-11.651Z-1.228
N878Y-11.579Z-1.878

N4036Y14.335Z-19.743
N4038Y14.83Z-19.597
N4040X-24.637
N4042Y14.274Z-19.76
N4044Y13.632Z-19.957
N4046Y13.125Z-20.097
N4048Y11.103Z-20.579
N4050Y10.487Z-20.734
N4052Y9.944Z-20.855
N4054Y7.878Z-21.236
N4056Y7.123Z-21.382
N4058Y6.711Z-21.451
N4060Y4.611Z-21.726
N4062Y3.793Z-21.84
N4064Y3.438Z-21.88
N4066Y1.622Z-22.022
N4068Y-1.622
N4070Y-2.266Z-21.972
N4072Y-3.114Z-21.911
N4074Y-3.438Z-21.88
N4076Y-5.544Z-21.604
N4078Y-6.261Z-21.517
N4080Y-6.711Z-21.451
N4082Y-8.786Z-21.068
N4084Y-9.64Z-20.917
N4086Y-9.944Z-20.855
N4088Y-11.977Z-20.371
N4090Y-12.469Z-20.261
N4092Y-13.125Z-20.097
N4094Y-14.83Z-19.597
N4096X-27.1
N4098Y-13.125Z-20.097
N4100Y-12.503Z-20.253
N4102Y-12.038Z-20.356
N4104Y-9.944Z-20.855
N4106Y-9.656Z-20.914
N4108Y-8.847Z-21.057
N4110Y-6.711Z-21.451
N4112Y-6.285Z-21.514
N4114Y-5.606Z-21.596
N4116Y-3.438Z-21.88
N4118Y-3.131Z-21.91
N4120Y-2.328Z-21.967
N4122Y-1.622Z-22.022
N4124Y1.622
N4126Y3.438Z-21.88
N4128Y3.774Z-21.842
N4130Y4.549Z-21.734
N4132Y6.711Z-21.451
N4134Y7.101Z-21.386
N4136Y7.817Z-21.247
N4138Y9.944Z-20.855
N4140Y10.458Z-20.74
N4142Y11.042Z-20.593
N4144Y13.125Z-20.097
N4146Y13.605Z-19.964
N4148Y14.214Z-19.778
N4150Y14.83Z-19.597
N4152X-29.563
N4154Y14.153Z-19.796
N4156Y13.578Z-19.971
N4158Y13.125Z-20.097
N4160Y10.981Z-20.608
N4162Y10.43Z-20.746
N4164Y9.944Z-20.855
N4166Y7.755Z-21.258
N4168Y7.079Z-21.389
N4170Y6.711Z-21.451
N4172Y4.488Z-21.742
N4174Y3.755Z-21.844

N4176Y3.438Z-21.88
N4178Y1.622Z-22.022
N4180Y-1.622
N4182Y-2.389Z-21.962
N4184Y-3.148Z-21.908
N4186Y-3.438Z-21.88
N4188Y-5.667Z-21.588
N4190Y-6.309Z-21.51
N4192Y-6.711Z-21.451
N4194Y-8.908Z-21.046
N4196Y-9.672Z-20.91
N4198Y-9.944Z-20.855
N4200Y-12.098Z-20.342
N4202Y-12.538Z-20.244
N4204Y-13.125Z-20.097
N4206Y-14.83Z-19.597
N4208X-32.027
N4210Y-13.125Z-20.097
N4212Y-12.572Z-20.235
N4214Y-12.159Z-20.328
N4216Y-9.944Z-20.855
N4218Y-9.688Z-20.907
N4220Y-8.969Z-21.035
N4222Y-6.711Z-21.451
N4224Y-6.332Z-21.507
N4226Y-5.728Z-21.58
N4228Y-3.438Z-21.88
N4230Y-3.165Z-21.906
N4232Y-2.451Z-21.957
N4234Y-1.622Z-22.022
N4236Y1.622
N4238Y3.438Z-21.88
N4240Y3.737Z-21.846
N4242Y4.426Z-21.75
N4244Y6.711Z-21.451
N4246Y7.058Z-21.393
N4248Y7.694Z-21.27
N4250Y9.944Z-20.855
N4252Y10.401Z-20.753
N4254Y10.92Z-20.622
N4256Y13.125Z-20.097
N4258Y13.552Z-19.979
N4260Y14.093Z-19.814
N4262Y14.83Z-19.597
N4264X-34.49
N4266Y14.032Z-19.831
N4268Y13.525Z-19.986
N4270Y13.125Z-20.097
N4272Y10.859Z-20.637
N4274Y10.372Z-20.759
N4276Y9.944Z-20.855
N4278Y7.633Z-21.281
N4280Y7.036Z-21.396
N4282Y6.711Z-21.451
N4284Y4.364Z-21.758
N4286Y3.718Z-21.848
N4288Y3.438Z-21.88
N4290Y1.622Z-22.022
N4292Y-1.622
N4294Y-2.513Z-21.952
N4296Y-3.182Z-21.905
N4298Y-3.438Z-21.88
N4300Y-5.79Z-21.571
N4302Y-6.356Z-21.503
N4304Y-6.711Z-21.451
N4306Y-9.03Z-21.024
N4308Y-9.704Z-20.904
N4310Y-9.944Z-20.855
N4312Y-12.219Z-20.313
N4314Y-12.607Z-20.227

N4316Y-13.125Z-20.097
N4318Y-14.83Z-19.597
N4320X-36.954
N4322Y-13.125Z-20.097
N4324Y-12.641Z-20.218
N4326Y-12.279Z-20.299
N4328Y-9.944Z-20.855
N4330Y-9.72Z-20.901
N4332Y-9.091Z-21.012
N4334Y-6.711Z-21.451
N4336Y-6.38Z-21.5
N4338Y-5.851Z-21.563
N4340Y-3.438Z-21.88
N4342Y-3.199Z-21.903
N4344Y-2.575Z-21.947
N4346Y-1.622Z-22.022
N4348Y1.622
N4350Y3.438Z-21.88
N4352Y3.699Z-21.85
N4354Y4.303Z-21.766
N4356Y6.711Z-21.451
N4358Y7.014Z-21.4
N4360Y7.571Z-21.292
N4362Y9.944Z-20.855
N4364Y10.344Z-20.766
N4366Y10.798Z-20.652
N4368Y13.125Z-20.097
N4370Y13.498Z-19.994
N4372Y13.972Z-19.849
N4374Y14.83Z-19.597
N4376X-39.417
N4378Y13.911Z-19.867
N4380Y13.472Z-20.001
N4382Y13.125Z-20.097
N4384Y10.737Z-20.666
N4386Y10.315Z-20.772
N4388Y9.944Z-20.855
N4390Y7.51Z-21.304
N4392Y6.993Z-21.404
N4394Y6.711Z-21.451
N4396Y4.241Z-21.775
N4398Y3.681Z-21.852
N4400Y3.438Z-21.88
N4402Y1.622Z-22.022
N4404Y-1.622
N4406Y-2.636Z-21.943
N4408Y-3.216Z-21.901
N4410Y-3.438Z-21.88
N4412Y-5.913Z-21.555
N4414Y-6.403Z-21.496
N4416Y-6.711Z-21.451
N4418Y-9.152Z-21.001
N4420Y-9.736Z-20.897
N4422Y-9.944Z-20.855
N4424Y-12.34Z-20.284
N4426Y-12.676Z-20.21
N4428Y-13.125Z-20.097
N4430Y-14.83Z-19.597
N4432X-41.881
N4434Y-13.125Z-20.097
N4436Y-12.711Z-20.201
N4438Y-12.4Z-20.27
N4440Y-9.944Z-20.855
N4442Y-9.752Z-20.894
N4444Y-9.213Z-20.99
N4446Y-6.711Z-21.451
N4448Y-6.427Z-21.493
N4450Y-5.974Z-21.547
N4452Y-3.438Z-21.88
N4454Y-3.233Z-21.9

N4456Y-2.698Z-21.938
N4458Y-1.622Z-22.022
N4460Y1.622
N4462Y3.438Z-21.88
N4464Y3.662Z-21.854
N4466Y4.179Z-21.783
N4468Y6.711Z-21.451
N4470Y6.971Z-21.407
N4472Y7.448Z-21.315
N4474Y9.944Z-20.855
N4476Y10.287Z-20.778
N4478Y10.676Z-20.681
N4480Y13.125Z-20.097
N4482Y13.445Z-20.008
N4484Y13.851Z-19.884
N4486Y14.83Z-19.597
N4488X-44.344
N4490Y13.79Z-19.902
N4492Y13.418Z-20.016
N4494Y13.125Z-20.097
N4496Y10.615Z-20.695
N4498Y10.258Z-20.785
N4500Y9.944Z-20.855
N4502Y7.387Z-21.326
N4504Y6.949Z-21.411
N4506Y6.711Z-21.451
N4508Y4.117Z-21.791
N4510Y3.643Z-21.857
N4512Y3.438Z-21.88
N4514Y1.622Z-22.022
N4516Y-1.622
N4518Y-2.76Z-21.933
N4520Y-3.25Z-21.898
N4522Y-3.438Z-21.88
N4524Y-6.036Z-21.539
N4526Y-6.451Z-21.489
N4528Y-6.711Z-21.451
N4530Y-9.274Z-20.979
N4532Y-9.768Z-20.891
N4534Y-9.944Z-20.855
N4536Y-12.461Z-20.256
N4538Y-12.745Z-20.192
N4540Y-13.125Z-20.097
N4542Y-14.83Z-19.597
N4544X-46.807
N4546Y-13.125Z-20.097
N4548Y-12.78Z-20.184
N4550Y-12.521Z-20.241
N4552Y-9.944Z-20.855
N4554Y-9.784Z-20.888
N4556Y-9.335Z-20.967
N4558Y-6.711Z-21.451
N4560Y-6.474Z-21.486
N4562Y-6.097Z-21.531
N4564Y-3.438Z-21.88
N4566Y-3.268Z-21.896
N4568Y-2.821Z-21.928
N4570Y-1.622Z-22.022
N4572Y1.622
N4574Y3.438Z-21.88
N4576Y3.625Z-21.859
N4578Y4.056Z-21.799
N4580Y6.711Z-21.451
N4582Y6.928Z-21.415
N4584Y7.325Z-21.338
N4586Y9.944Z-20.855
N4588Y10.23Z-20.791
N4590Y10.554Z-20.71
N4592Y13.125Z-20.097
N4594Y13.392Z-20.023

N4596Y13.73Z-19.92
N4598Y14.83Z-19.597
N4600X-49.271
N4602Y13.67Z-19.938
N4604Y13.365Z-20.031
N4606Y13.125Z-20.097
N4608Y10.493Z-20.724
N4610Y10.201Z-20.797
N4612Y9.944Z-20.855
N4614Y7.264Z-21.349
N4616Y6.906Z-21.418
N4618Y6.711Z-21.451
N4620Y3.994Z-21.807
N4622Y3.606Z-21.861
N4624Y3.438Z-21.88
N4626Y1.622Z-22.022
N4628Y-1.622
N4630Y-2.883Z-21.923
N4632Y-3.285Z-21.895
N4634Y-3.438Z-21.88
N4636Y-6.158Z-21.523
N4638Y-6.498Z-21.482
N4640Y-6.711Z-21.451
N4642Y-9.396Z-20.956
N4644Y-9.8Z-20.884
N4646Y-9.944Z-20.855
N4648Y-12.582Z-20.227
N4650Y-12.814Z-20.175
N4652Y-13.125Z-20.097
N4654Y-14.83Z-19.597
N4656X-51.734
N4658Y-13.125Z-20.097
N4660Y-12.849Z-20.166
N4662Y-12.642Z-20.212
N4664Y-9.944Z-20.855
N4666Y-9.816Z-20.881
N4668Y-9.457Z-20.945
N4670Y-6.711Z-21.451
N4672Y-6.522Z-21.479
N4674Y-6.22Z-21.515
N4676Y-3.438Z-21.88
N4678Y-3.302Z-21.893
N4680Y-2.945Z-21.918
N4682Y-1.622Z-22.022
N4684Y1.622
N4686Y3.438Z-21.88
N4688Y3.587Z-21.863
N4690Y3.932Z-21.815
N4692Y6.711Z-21.451
N4694Y6.884Z-21.422
N4696Y7.203Z-21.36
N4698Y9.944Z-20.855
N4700Y10.173Z-20.804
N4702Y10.432Z-20.739
N4704Y13.125Z-20.097
N4706Y13.338Z-20.038
N4708Y13.609Z-19.955
N4710Y14.83Z-19.597
N4712X-54.198
N4714Y13.549Z-19.973
N4716Y13.312Z-20.045
N4718Y13.125Z-20.097
N4720Y10.371Z-20.753
N4722Y10.144Z-20.81
N4724Y9.944Z-20.855
N4726Y7.141Z-21.371
N4728Y6.863Z-21.425
N4730Y6.711Z-21.451
N4732Y3.87Z-21.823
N4734Y3.569Z-21.865

N4736Y3.438Z-21.88
N4738Y1.622Z-22.022
N4740Y-1.622
N4742Y-3.006Z-21.914
N4744Y-3.319Z-21.891
N4746Y-3.438Z-21.88
N4748Y-6.281Z-21.507
N4750Y-6.545Z-21.475
N4752Y-6.711Z-21.451
N4754Y-9.518Z-20.934
N4756Y-9.832Z-20.878
N4758Y-9.944Z-20.855
N4760Y-12.702Z-20.198
N4762Y-12.883Z-20.158
N4764Y-13.125Z-20.097
N4766Y-14.83Z-19.597
N4768X-56.661
N4770Y-13.125Z-20.097
N4772Y-12.918Z-20.149
N4774Y-12.763Z-20.184
N4776Y-9.944Z-20.855
N4778Y-9.848Z-20.875
N4780Y-9.579Z-20.922
N4782Y-6.711Z-21.451
N4784Y-6.569Z-21.472
N4786Y-6.343Z-21.499
N4788Y-3.438Z-21.88
N4790Y-3.336Z-21.89
N4792Y-3.068Z-21.909
N4794Y-1.622Z-22.022
N4796Y1.631
N4798Y3.438Z-21.88
N4800Y3.55Z-21.867
N4802Y3.809Z-21.831
N4804Y6.711Z-21.451
N4806Y6.841Z-21.429
N4808Y7.08Z-21.383
N4810Y9.944Z-20.855
N4812Y10.116Z-20.817
N4814Y10.31Z-20.768
N4816Y13.125Z-20.097
N4818Y13.285Z-20.053
N4820Y13.488Z-19.991
N4822Y14.83Z-19.597
N4824X-59.125
N4826Y13.428Z-20.009
N4828Y13.259Z-20.06
N4830Y13.125Z-20.097
N4832Y10.249Z-20.782
N4834Y10.087Z-20.823
N4836Y9.944Z-20.855
N4838Y7.018Z-21.394
N4840Y6.819Z-21.433
N4842Y6.711Z-21.451
N4844Y3.747Z-21.839
N4846Y3.531Z-21.869
N4848Y3.438Z-21.88
N4850Y1.622Z-22.022
N4852Y-1.622
N4854Y-3.13Z-21.904
N4856Y-3.353Z-21.888
N4858Y-3.438Z-21.88
N4860Y-6.404Z-21.491
N4862Y-6.593Z-21.468
N4864Y-6.711Z-21.451
N4866Y-9.64Z-20.911
N4868Y-9.864Z-20.871
N4870Y-9.944Z-20.855
N4872Y-12.823Z-20.169
N4874Y-12.953Z-20.14

N4876Y-13.125Z-20.097
N4878Y-14.83Z-19.597
N4880X-61.588
N4882Y-13.125Z-20.097
N4884Y-12.987Z-20.132
N4886Y-12.884Z-20.155
N4888Y-9.944Z-20.855
N4890Y-6.711Z-21.451
N4892Y-6.617Z-21.465
N4894Y-6.466Z-21.483
N4896Y-3.438Z-21.88
N4898Y-3.37Z-21.886
N4900Y-1.629Z-22.022
N4902Y1.622
N4904Y3.438Z-21.88
N4906Y3.513Z-21.871
N4908Y3.685Z-21.847
N4910Y6.711Z-21.451
N4912Y6.798Z-21.436
N4914Y6.957Z-21.405
N4916Y9.944Z-20.855
N4918Y10.059Z-20.829
N4920Y10.188Z-20.797
N4922Y13.125Z-20.097
N4924Y13.232Z-20.068
N4926Y13.367Z-20.026
N4928Y14.83Z-19.597
N4930X-64.051
N4932Y13.125Z-20.097
N4934Y9.944Z-20.855
N4936Y6.711Z-21.451
N4938Y3.438Z-21.88
N4940Y1.622Z-22.022
N4942Y-1.622
N4944Y-3.438Z-21.88
N4946Y-6.711Z-21.451
N4948Y-9.944Z-20.855
N4950Y-13.125Z-20.097
N4952Y-14.83Z-19.597
N4954X-66.515
N4956Y-13.125Z-20.097
N4958Y-9.912Z-20.861
N4960Y-6.711Z-21.451
N4962Y-3.404Z-21.883
N4964Y-1.625Z-22.022
N4966Y1.622
N4968Y3.438Z-21.88
N4970Y6.711Z-21.451
N4972Y9.944Z-20.855
N4974Y13.125Z-20.097
N4976Y14.83Z-19.597
N4978X-68.978Y14.829
N4980Y13.152Z-20.09
N4982Y9.973Z-20.849
N4984Y6.733Z-21.447
N4986Y3.457Z-21.878
N4988Y1.618Z-22.022
N4990Y-1.616
N4992Y-3.421Z-21.881
N4994Y-6.688Z-21.454
N4996Y-9.928Z-20.858
N4998Y-13.125Z-20.097
N5000Y-14.831Z-19.597
N5002G0Z0.
N5004M5
N5006G91G28Z0.
N5008G28X0.Y0.A0.
N5010M01

**(3. BALL ENDMILL TOOL - 2 DIA.
OFF. - 2 LEN. - 2 DIA. - 3.175)**

N5012T2M6
N5014G0G90G54X71.438Y-
13.97A0.S2406M3
N5016G43H2Z0.
N5018G1Y-13.818Z-.024F192.5
N5020Y-13.694
N5022Y-13.599Z-.059
N5024Y-13.479Z-.078
N5026Y-13.31Z-.164
N5028Y-13.176Z-.213
N5030Y-13.117Z-.262
N5032Y-13.037Z-.303
N5034Y-12.873Z-.467
N5036Y-12.754Z-.567
N5038Y-12.728Z-.612
N5040Y-12.686Z-.654
N5042Y-12.552Z-.917
N5044Y-12.478Z-1.045
N5046Y-12.474Z-1.071
N5048Y-12.46Z-1.097
N5050Y-12.383Z-1.545
N5052Y-12.364Z-2.255
N5054Y-12.306Z-2.958
N5056Y-12.201Z-3.693
N5058Y-12.044Z-4.46
N5060Y-11.826Z-5.254
N5062Y-11.541Z-6.072
N5064Y-11.181Z-6.907
N5066Y-10.738Z-7.751
N5068Y-10.207Z-8.596
N5070Y-9.581Z-9.43
N5072Y-8.857Z-10.239
N5074Y-8.033Z-11.008
N5076Y-7.111Z-11.722
N5078Y-6.095Z-12.364
N5080Y-4.992Z-12.917
N5082Y-3.815Z-13.365
N5084Y-2.578Z-13.696
N5086Y-1.3Z-13.899
N5088Y0.Z-13.968
N5090Y1.3Z-13.899
N5092Y2.578Z-13.696
N5094Y3.815Z-13.365
N5096Y4.992Z-12.917
N5098Y6.095Z-12.364
N5100Y7.111Z-11.722
N5102Y8.033Z-11.008
N5104Y8.857Z-10.239
N5106Y9.581Z-9.43
N5108Y10.207Z-8.596
N5110Y10.738Z-7.751
N5112Y11.181Z-6.907
N5114Y11.541Z-6.072
N5116Y11.826Z-5.254
N5118Y12.044Z-4.46
N5120Y12.201Z-3.693
N5122Y12.306Z-2.958
N5124Y12.364Z-2.255
N5126Y12.383Z-1.545
N5128Y12.46Z-1.097
N5130Y12.474Z-1.071
N5132Y12.478Z-1.045
N5134Y12.552Z-.917

N5136Y12.686Z-.654
N5138Y12.728Z-.612
N5140Y12.754Z-.567
N5142Y12.873Z-.467
N5144Y13.037Z-.303
N5146Y13.117Z-.262
N5148Y13.176Z-.213
N5150Y13.31Z-.164
N5152Y13.479Z-.078
N5154Y13.599Z-.059
N5156Y13.694Z-.024
N5158Y13.818
N5160Y13.97Z0.
N5162X70.938
N5164Z-.001
N5166Y13.861Z-.024
N5168Y13.694
N5170Y13.176Z-.213
N5172Y12.754Z-.567
N5174Y12.478Z-1.045
N5176Y12.383Z-1.588
N5178Y12.364Z-2.256
N5180Y12.306Z-2.959
N5182Y12.202Z-3.695
N5184Y12.044Z-4.461
N5186Y11.827Z-5.256
N5188Y11.541Z-6.073
N5190Y11.181Z-6.908
N5192Y10.738Z-7.753
N5194Y10.207Z-8.598
N5196Y9.581Z-9.432
N5198Y8.857Z-10.241
N5200Y8.034Z-11.01
N5202Y7.111Z-11.724
N5204Y6.095Z-12.366
N5206Y4.992Z-12.919
N5208Y3.815Z-13.368
N5210Y2.578Z-13.699
N5212Y1.3Z-13.902
N5214Y0.Z-13.97
N5216Y-1.3Z-13.902
N5218Y-2.578Z-13.699
N5220Y-3.815Z-13.368
N5222Y-4.992Z-12.919
N5224Y-6.095Z-12.366
N5226Y-7.111Z-11.724
N5228Y-8.034Z-11.01
N5230Y-8.857Z-10.241
N5232Y-9.581Z-9.432
N5234Y-10.207Z-8.598
N5236Y-10.738Z-7.753
N5238Y-11.181Z-6.908
N5240Y-11.541Z-6.073
N5242Y-11.827Z-5.256
N5244Y-12.044Z-4.461
N5246Y-12.202Z-3.695
N5248Y-12.306Z-2.959
N5250Y-12.364Z-2.256
N5252Y-12.383Z-1.588
N5254Y-12.478Z-1.045
N5256Y-12.754Z-.567
N5258Y-13.176Z-.213
N5260Y-13.694Z-.024
N5262Y-13.86
N5264Y-13.97Z-.001
N5266X70.438
N5268Y-13.862Z-.024
N5270Y-13.694
N5272Y-13.176Z-.213
N5274Y-12.754Z-.567

N5276Y-12.478Z-1.045
N5278Y-12.383Z-1.588
N5280Y-12.364Z-2.256
N5282Y-12.306Z-2.959
N5284Y-12.202Z-3.695
N5286Y-12.044Z-4.461
N5288Y-11.827Z-5.256
N5290Y-11.541Z-6.073
N5292Y-11.181Z-6.908
N5294Y-10.738Z-7.753
N5296Y-10.207Z-8.598
N5298Y-9.581Z-9.432
N5300Y-8.857Z-10.241
N5302Y-8.034Z-11.01
N5304Y-7.111Z-11.724
N5306Y-6.095Z-12.366
N5308Y-4.992Z-12.919
N5310Y-3.815Z-13.368
N5312Y-2.578Z-13.699
N5314Y-1.3Z-13.902
N5316Y0.Z-13.97
N5318Y1.3Z-13.902
N5320Y2.578Z-13.699
N5322Y3.815Z-13.368
N5324Y4.992Z-12.919
N5326Y6.095Z-12.366
N5328Y7.111Z-11.724
N5330Y8.034Z-11.01
N5332Y8.857Z-10.241
N5334Y9.581Z-9.432
N5336Y10.207Z-8.598
N5338Y10.738Z-7.753
N5340Y11.181Z-6.908
N5342Y11.541Z-6.073
N5344Y11.827Z-5.256
N5346Y12.044Z-4.461
N5348Y12.202Z-3.695
N5350Y12.306Z-2.959
N5352Y12.364Z-2.256
N5354Y12.383Z-1.588
N5356Y12.478Z-1.045
N5358Y12.754Z-.567
N5360Y13.176Z-.213
N5362Y13.694Z-.024
N5364Y13.866
N5366Y13.97Z-.002
N5368X69.939
N5370Z-.003
N5372Y13.87Z-.024
N5374Y13.694
N5376Y13.176Z-.213
N5378Y12.754Z-.567
N5380Y12.478Z-1.045
N5382Y12.383Z-1.588
N5384Y12.364Z-2.256
N5386Y12.306Z-2.959
N5388Y12.202Z-3.695
N5390Y12.044Z-4.461
N5392Y11.827Z-5.256
N5394Y11.541Z-6.073
N5396Y11.181Z-6.908
N5398Y10.738Z-7.753
N5400Y10.207Z-8.598
N5402Y9.581Z-9.432
N5404Y8.857Z-10.241
N5406Y8.034Z-11.01
N5408Y7.111Z-11.724
N5410Y6.095Z-12.366
N5412Y4.992Z-12.919
N5414Y3.815Z-13.368

N5416Y2.578Z-13.699
N5418Y1.3Z-13.902
N5420Y0.Z-13.97
N5422Y-1.3Z-13.902
N5424Y-2.578Z-13.699
N5426Y-3.815Z-13.368
N5428Y-4.992Z-12.919
N5430Y-6.095Z-12.366
N5432Y-7.111Z-11.724
N5434Y-8.034Z-11.01
N5436Y-8.857Z-10.241
N5438Y-9.581Z-9.432
N5440Y-10.207Z-8.598
N5442Y-10.738Z-7.753
N5444Y-11.181Z-6.908
N5446Y-11.541Z-6.073
N5448Y-11.827Z-5.256
N5450Y-12.044Z-4.461
N5452Y-12.202Z-3.695
N5454Y-12.306Z-2.959
N5456Y-12.364Z-2.256
N5458Y-12.383Z-1.588
N5460Y-12.478Z-1.045
N5462Y-12.754Z-.567
N5464Y-13.176Z-.213
N5466Y-13.694Z-.024
N5468Y-13.866
N5470Y-13.97Z-.002
N5472X69.439
N5474Y-13.868Z-.024
N5476Y-13.694
N5478Y-13.176Z-.213
N5480Y-12.754Z-.567
N5482Y-12.478Z-1.045
N5484Y-12.383Z-1.588
N5486Y-12.364Z-2.256
N5488Y-12.306Z-2.959
N5490Y-12.202Z-3.695
N5492Y-12.044Z-4.461
N5494Y-11.827Z-5.256
N5496Y-11.541Z-6.073
N5498Y-11.181Z-6.908
N5500Y-10.738Z-7.753
N5502Y-10.207Z-8.598
N5504Y-9.581Z-9.432
N5506Y-8.857Z-10.241
N5508Y-8.034Z-11.01
N5510Y-7.111Z-11.724
N5512Y-6.095Z-12.366
N5514Y-4.992Z-12.919
N5516Y-3.815Z-13.368
N5518Y-2.578Z-13.699
N5520Y-1.3Z-13.902
N5522Y0.Z-13.97
N5524Y1.3Z-13.902
N5526Y2.578Z-13.699
N5528Y3.815Z-13.368
N5530Y4.992Z-12.919
N5532Y6.095Z-12.366
N5534Y7.111Z-11.724
N5536Y8.034Z-11.01
N5538Y8.857Z-10.241
N5540Y9.581Z-9.432
N5542Y10.207Z-8.598
N5544Y10.738Z-7.753
N5546Y11.181Z-6.908
N5548Y11.541Z-6.073
N5550Y11.827Z-5.256
N5552Y12.044Z-4.461
N5554Y12.202Z-3.695

N5556Y12.306Z-2.959
N5558Y12.364Z-2.256
N5560Y12.383Z-1.588
N5562Y12.478Z-1.045
N5564Y12.754Z-.567
N5566Y13.176Z-.213
N5568Y13.694Z-.024
N5570Y13.875
N5572Y13.97Z-.004
N5574Z-.001
N5576X68.94Y13.99
N5578Y13.977Z-.003
N5580Y13.97Z-.002
N5582Y13.832Z-.024
N5584Y13.703
N5586Y13.576Z-.065
N5588Y13.48Z-.08
N5590Y13.398Z-.122
N5592Y13.285Z-.158
N5594Y13.038Z-.305
N5596Y12.688Z-.656
N5598Y12.462Z-1.098
N5600Y12.385Z-1.545
N5602Y12.366Z-2.255
N5604Y12.308Z-2.958
N5606Y12.204Z-3.694
N5608Y12.046Z-4.46
N5610Y11.828Z-5.255
N5612Y11.543Z-6.072
N5614Y11.183Z-6.908
N5616Y10.74Z-7.752
N5618Y10.208Z-8.597
N5620Y9.583Z-9.431
N5622Y8.859Z-10.24
N5624Y8.035Z-11.01
N5626Y7.113Z-11.724
N5628Y6.096Z-12.366
N5630Y4.993Z-12.919
N5632Y3.816Z-13.368
N5634Y2.579Z-13.699
N5636Y1.3Z-13.902
N5638Y0.Z-13.97
N5640Y-1.3Z-13.902
N5642Y-2.579Z-13.699
N5644Y-3.816Z-13.368
N5646Y-4.993Z-12.919
N5648Y-6.096Z-12.366
N5650Y-7.113Z-11.724
N5652Y-8.035Z-11.01
N5654Y-8.859Z-10.24
N5656Y-9.583Z-9.431
N5658Y-10.208Z-8.597
N5660Y-10.74Z-7.752
N5662Y-11.183Z-6.908
N5664Y-11.543Z-6.072
N5666Y-11.828Z-5.255
N5668Y-12.046Z-4.46
N5670Y-12.204Z-3.694
N5672Y-12.308Z-2.958
N5674Y-12.366Z-2.255
N5676Y-12.385Z-1.545
N5678Y-12.462Z-1.098
N5680Y-12.688Z-.656
N5682Y-12.756Z-.588
N5684Y-12.767Z-.567
N5686Y-12.822Z-.522
N5688Y-13.038Z-.305
N5690Y-13.182Z-.219
N5692Y-13.19Z-.213
N5694Y-13.198Z-.21

N5696Y-13.285Z-.158
N5698Y-13.398Z-.122
N5700Y-13.48Z-.08
N5702Y-13.576Z-.065
N5704Y-13.703Z-.024
N5706Y-13.832
N5708Y-13.984Z0.
N5710Y-13.99
N5712X68.44Y-14.284
N5714Y-14.256
N5716Y-14.133Z-.002
N5718Y-14.032Z-.013
N5720Y-13.93Z-.017
N5722Y-13.836Z-.034
N5724Y-13.788Z-.039
N5726Y-13.738Z-.052
N5728Y-13.702Z-.058
N5730Y-13.581Z-.091
N5732Y-13.535Z-.107
N5734Y-13.147Z-.303
N5736Y-12.992Z-.422
N5738Y-12.959Z-.457
N5740Y-12.94Z-.472
N5742Y-12.824Z-.604
N5744Y-12.75Z-.684
N5746Y-12.532Z-1.113
N5748Y-12.456Z-1.588
N5750Z-1.646
N5752Y-12.44Z-2.26
N5754Y-12.381Z-2.967
N5756Y-12.276Z-3.708
N5758Y-12.118Z-4.479
N5760Y-11.899Z-5.278
N5762Y-11.612Z-6.101
N5764Y-11.249Z-6.941
N5766Y-10.804Z-7.791
N5768Y-10.269Z-8.641
N5770Y-9.639Z-9.479
N5772Y-8.911Z-10.293
N5774Y-8.082Z-11.068
N5776Y-7.155Z-11.786
N5778Y-6.132Z-12.432
N5780Y-5.023Z-12.988
N5782Y-3.838Z-13.439
N5784Y-2.594Z-13.772
N5786Y-1.308Z-13.977
N5788Y0.Z-14.045
N5790Y1.308Z-13.977
N5792Y2.594Z-13.772
N5794Y3.838Z-13.439
N5796Y5.023Z-12.988
N5798Y6.132Z-12.432
N5800Y7.155Z-11.786
N5802Y8.082Z-11.068
N5804Y8.911Z-10.293
N5806Y9.639Z-9.479
N5808Y10.269Z-8.641
N5810Y10.804Z-7.791
N5812Y11.249Z-6.941
N5814Y11.612Z-6.101
N5816Y11.899Z-5.278
N5818Y12.118Z-4.479
N5820Y12.276Z-3.708
N5822Y12.381Z-2.967
N5824Y12.44Z-2.26
N5826Y12.454Z-1.715
N5828Z-1.588
N5830Y12.53Z-1.112
N5832Y12.748Z-.683
N5834Y12.781Z-.65

N5836Y12.992Z-.422
N5838Y13.067Z-.365
N5840Y13.089Z-.343
N5842Y13.147Z-.302
N5844Y13.535Z-.107
N5846Y13.581Z-.091
N5848Y13.788Z-.039
N5850Y13.963Z-.013
N5852Y14.041Z-.012
N5854Y14.133Z-.002
N5856Y14.284Z0.
N5858G0X67.94Y17.29
N5860Z-.001
N5862G1Y17.159Z-.006
N5864Y16.827Z-.029
N5866Y15.936Z-.033
N5868Y14.732
N5870Y14.503Z-.039
N5872Y14.409Z-.044
N5874Y14.192Z-.066
N5876Y14.042Z-.09
N5878Y13.954Z-.109
N5880Y13.893Z-.127
N5882Y13.78Z-.155
N5884Y13.732Z-.17
N5886Y13.473Z-.282
N5888Y13.436Z-.303
N5890Y13.38Z-.334
N5892Y13.3Z-.4
N5894Y13.128Z-.524
N5896Y13.015Z-.64
N5898Y12.995Z-.657
N5900Y12.989Z-.666
N5902Y12.98Z-.675
N5904Y12.734Z-1.102
N5906Y12.725Z-1.154
N5908Y12.695Z-1.254
N5910Y12.67Z-1.461
N5912Y12.648Z-1.588
N5914Z-1.906
N5916Y12.638Z-2.271
N5918Y12.579Z-2.989
N5920Y12.472Z-3.741
N5922Y12.311Z-4.525
N5924Y12.089Z-5.337
N5926Y11.797Z-6.173
N5928Y11.429Z-7.026
N5930Y10.976Z-7.89
N5932Y10.433Z-8.753
N5934Y9.793Z-9.605
N5936Y9.053Z-10.432
N5938Y8.211Z-11.219
N5940Y7.269Z-11.949
N5942Y6.23Z-12.605
N5944Y5.103Z-13.17
N5946Y3.9Z-13.629
N5948Y2.635Z-13.967
N5950Y1.329Z-14.174
N5952Y0.Z-14.244
N5954Y-1.329Z-14.174
N5956Y-2.635Z-13.967
N5958Y-3.9Z-13.629
N5960Y-5.103Z-13.17
N5962Y-6.23Z-12.605
N5964Y-7.269Z-11.949
N5966Y-8.211Z-11.219
N5968Y-9.053Z-10.432
N5970Y-9.793Z-9.605
N5972Y-10.433Z-8.753
N5974Y-10.976Z-7.89

N5976Y-11.429Z-7.026
N5978Y-11.797Z-6.173
N5980Y-12.089Z-5.337
N5982Y-12.311Z-4.525
N5984Y-12.472Z-3.741
N5986Y-12.579Z-2.989
N5988Y-12.638Z-2.271
N5990Y-12.648Z-1.906
N5992Z-1.588
N5994Y-12.734Z-1.102
N5996Y-12.98Z-.675
N5998Y-12.99Z-.66
N6000Y-13.015Z-.64
N6002Y-13.128Z-.524
N6004Y-13.301Z-.4
N6006Y-13.374Z-.338
N6008Y-13.473Z-.282
N6010Y-13.732Z-.17
N6012Y-13.822Z-.143
N6014Y-14.042Z-.09
N6016Y-14.192Z-.066
N6018Y-14.409Z-.044
N6020Y-14.503Z-.039
N6022Y-14.692Z-.034
N6024Y-15.494Z-.033
N6026Y-16.84Z-.028
N6028Y-16.869Z-.027
N6030Y-16.99Z-.016
N6032Y-17.123Z-.008
N6034Z-.007
N6036Y-17.29Z-.001
N6038Z0.
N6040X67.441Y-17.463
N6042Y-17.441
N6044Y-17.359Z-.018
N6046Y-17.317Z-.024
N6048Y-17.165
N6050Y-17.048Z-.067
N6052Y-16.972Z-.079
N6054Y-16.803Z-.156
N6056Y-16.647Z-.213
N6058Y-16.642Z-.217
N6060Y-15.507Z-.229
N6062Y-14.732
N6064Y-14.667Z-.235
N6066Y-14.63Z-.233
N6068Y-14.441Z-.247
N6070Y-14.332Z-.26
N6072Y-14.21Z-.286
N6074Y-13.994Z-.346
N6076Y-13.912Z-.381
N6078Y-13.88Z-.391
N6080Y-13.665Z-.489
N6082Y-13.605Z-.54
N6084Y-13.402Z-.692
N6086Y-13.278Z-.819
N6088Y-13.07Z-1.179
N6090Y-12.998Z-1.588
N6092Z-2.099
N6094Y-12.993Z-2.29
N6096Y-12.932Z-3.029
N6098Y-12.822Z-3.802
N6100Y-12.656Z-4.607
N6102Y-12.428Z-5.442
N6104Y-12.128Z-6.301
N6106Y-11.749Z-7.179
N6108Y-11.284Z-8.066
N6110Y-10.726Z-8.954
N6112Y-10.068Z-9.83
N6114Y-9.307Z-10.68

N6116Y-8.442Z-11.489
N6118Y-7.473Z-12.239
N6120Y-6.405Z-12.914
N6122Y-5.246Z-13.495
N6124Y-4.009Z-13.966
N6126Y-2.709Z-14.314
N6128Y-1.366Z-14.527
N6130Y0.Z-14.599
N6132Y1.366Z-14.527
N6134Y2.709Z-14.314
N6136Y4.009Z-13.966
N6138Y5.246Z-13.495
N6140Y6.405Z-12.914
N6142Y7.473Z-12.239
N6144Y8.442Z-11.489
N6146Y9.307Z-10.68
N6148Y10.068Z-9.83
N6150Y10.726Z-8.954
N6152Y11.284Z-8.066
N6154Y11.749Z-7.179
N6156Y12.128Z-6.301
N6158Y12.428Z-5.442
N6160Y12.656Z-4.607
N6162Y12.822Z-3.802
N6164Y12.932Z-3.029
N6166Y12.993Z-2.29
N6168Y12.998Z-2.099
N6170Z-1.588
N6172Y13.028Z-1.418
N6174Y13.034Z-1.356
N6176Y13.044Z-1.327
N6178Y13.07Z-1.179
N6180Y13.278Z-.819
N6182Y13.402Z-.692
N6184Y13.474Z-.637
N6186Y13.49Z-.623
N6188Y13.702Z-.469
N6190Y13.96Z-.356
N6192Y14.173Z-.293
N6194Y14.296Z-.265
N6196Y14.441Z-.247
N6198Y14.63Z-.233
N6200Y14.667Z-.235
N6202Y14.732Z-.229
N6204Y15.95
N6206Y16.645Z-.221
N6208Y16.655Z-.213
N6210Y16.77Z-.171
N6212Y16.972Z-.079
N6214Y17.063Z-.064
N6216Y17.174Z-.024
N6218Y17.317
N6220Y17.391Z-.012
N6222Y17.449Z0.
N6224Y17.462
N6226X66.941
N6228Y17.451
N6230Y17.338Z-.024
N6232Y17.175
N6234Y16.944Z-.108
N6236Y16.934Z-.11
N6238Z-.112
N6240Y16.657Z-.213
N6242Y16.235Z-.567
N6244Y16.157Z-.701
N6246Y15.932Z-.707
N6248Y14.732
N6250Y14.592Z-.723
N6252Y14.568
N6254Y14.342Z-.768

N6256Y14.005Z-.93
N6258Y13.963Z-.966
N6260Y13.867Z-1.079
N6262Y13.795Z-1.152
N6264Y13.77Z-1.193
N6266Y13.75Z-1.216
N6268Y13.714Z-1.282
N6270Y13.644Z-1.588
N6272Z-2.373
N6274Y13.584Z-3.101
N6276Y13.469Z-3.913
N6278Y13.295Z-4.76
N6280Y13.054Z-5.636
N6282Y12.739Z-6.539
N6284Y12.342Z-7.461
N6286Y11.853Z-8.393
N6288Y11.266Z-9.326
N6290Y10.576Z-10.246
N6292Y9.777Z-11.139
N6294Y8.867Z-11.988
N6296Y7.85Z-12.777
N6298Y6.728Z-13.485
N6300Y5.511Z-14.095
N6302Y4.211Z-14.59
N6304Y2.846Z-14.956
N6306Y1.435Z-15.18
N6308Y0.Z-15.255
N6310Y-1.435Z-15.18
N6312Y-2.846Z-14.956
N6314Y-4.211Z-14.59
N6316Y-5.511Z-14.095
N6318Y-6.728Z-13.485
N6320Y-7.85Z-12.777
N6322Y-8.867Z-11.988
N6324Y-9.777Z-11.139
N6326Y-10.576Z-10.246
N6328Y-11.266Z-9.326
N6330Y-11.853Z-8.393
N6332Y-12.342Z-7.461
N6334Y-12.739Z-6.539
N6336Y-13.054Z-5.636
N6338Y-13.295Z-4.76
N6340Y-13.469Z-3.913
N6342Y-13.584Z-3.101
N6344Y-13.647Z-2.342
N6346Z-1.588
N6348Y-13.717Z-1.278
N6350Y-13.795Z-1.152
N6352Y-14.002Z-.942
N6354Y-14.019Z-.927
N6356Y-14.376Z-.754
N6358Y-14.461Z-.744
N6360Y-14.568Z-.723
N6362Y-14.592
N6364Y-14.732Z-.707
N6366Y-15.487
N6368Y-16.158Z-.689
N6370Y-16.228Z-.567
N6372Y-16.651Z-.213
N6374Y-16.927Z-.112
N6376Z-.11
N6378Y-16.938Z-.108
N6380Y-17.169Z-.024
N6382Y-17.331
N6384Y-17.444Z0.
N6386Y-17.463
N6388X66.442
N6390Y-17.448
N6392Y-17.335Z-.024
N6394Y-17.172

N6396Y-16.941Z-.108
N6398Y-16.931Z-.11
N6400Z-.112
N6402Y-16.654Z-.213
N6404Y-16.231Z-.567
N6406Y-15.956Z-1.045
N6408Y-15.86Z-1.588
N6410Z-2.199
N6412Y-15.856Z-2.361
N6414Y-15.796Z-3.171
N6416Y-15.688Z-4.015
N6418Y-15.527Z-4.893
N6420Y-15.306Z-5.801
N6422Y-15.017Z-6.736
N6424Y-14.654Z-7.693
N6426Y-14.209Z-8.666
N6428Y-13.677Z-9.647
N6430Y-13.05Z-10.627
N6432Y-12.324Z-11.594
N6434Y-11.496Z-12.536
N6436Y-10.562Z-13.439
N6438Y-9.525Z-14.288
N6440Y-8.387Z-15.066
N6442Y-7.951Z-15.311
N6444Z-15.31
N6446Y-7.177Z-15.75
N6448Y-7.058Z-15.809
N6450Y-6.721Z-15.966
N6452Y-5.949Z-16.335
N6454Y-5.648Z-16.462
N6456Y-5.314Z-16.588
N6458Y-4.845Z-16.752
N6460Y-4.623Z-16.837
N6462Y-3.718Z-17.117
N6464Y-3.258Z-17.233
N6466Y-1.861Z-17.49
N6468Y-.929Z-17.582
N6470Y.004Z-17.613
N6472Y.938Z-17.582
N6474Y1.874Z-17.488
N6476Y2.343Z-17.418
N6478Y2.809Z-17.332
N6480Y3.728Z-17.114
N6482Y4.629Z-16.836
N6484Y4.846Z-16.752
N6486Y5.3Z-16.594
N6488Y5.665Z-16.455
N6490Y5.92Z-16.349
N6492Y6.723Z-15.965
N6494Y7.058Z-15.808
N6496Y7.177Z-15.75
N6498Y7.95Z-15.311
N6500Z-15.312
N6502Y8.387Z-15.066
N6504Y9.525Z-14.288
N6506Y10.562Z-13.439
N6508Y11.496Z-12.536
N6510Y12.324Z-11.594
N6512Y13.05Z-10.627
N6514Y13.677Z-9.647
N6516Y14.209Z-8.666
N6518Y14.654Z-7.693
N6520Y15.017Z-6.736
N6522Y15.306Z-5.801
N6524Y15.527Z-4.893
N6526Y15.688Z-4.015
N6528Y15.796Z-3.171
N6530Y15.856Z-2.361
N6532Y15.865Z-2.004
N6534Z-1.588

N9832Y3.246Z-22.14
N9834Y6.477Z-21.885
N9836Y9.673Z-21.464
N9838Y12.791Z-20.889
N9840Y15.893Z-20.15
N9842Y18.961Z-19.25
N9844Y21.898Z-18.223
N9846Y24.781Z-17.049
N9848Y27.572Z-15.746
N9850Y27.886Z-15.583
N9852Y28.03Z-15.505
N9854Y30.265Z-14.324
N9856Y30.571Z-14.145
N9858Y30.73Z-14.048
N9860Y32.851Z-12.791
N9862Y33.285Z-12.464
N9864Y33.662Z-12.062
N9866Y33.964Z-11.6
N9868Y34.179Z-11.101
N9870Y34.461Z-10.171
N9872Y34.484Z-10.113
N9874Y34.554Z-9.866
N9876Y34.657Z-9.451
N9878Y34.784Z-8.825
N9880Y34.853Z-8.4
N9882Y34.869Z-8.276
N9884Y34.899Z-7.925
N9886Y34.913Z-7.797
N9888Y34.923Z-7.58
N9890Y34.938Z-7.377
N9892Z-7.265
N9894Y34.94Z-7.22
N9896Z-1.588
N9898Y35.024Z-1.097
N9900Y35.264Z-.654
N9902Y35.637Z-.303
N9904Y35.942Z-.157
N9906Z-.145
N9908Y36.063Z-.099
N9910Y36.108Z-.078
N9912Y36.611Z-.003
N9914Z-.002
N9916X-67.943Y36.432
N9918Y35.922Z-.078
N9920Y35.608Z-.226
N9922Z-.213
N9924Y35.496Z-.279
N9926Y35.444Z-.303
N9928Y35.399Z-.345
N9930Y35.368Z-.368
N9932Z-.374
N9934Y35.064Z-.654
N9936Y34.813Z-1.097
N9938Y34.727Z-1.588
N9940Z-8.177
N9942Y34.701Z-8.459
N9944Y34.694Z-8.585
N9946Y34.661Z-8.84
N9948Y34.63Z-9.131
N9950Y34.554Z-9.613
N9952Y34.527Z-9.755
N9954Y34.355Z-10.476
N9956Y34.187Z-11.062
N9958Y34.186Z-11.065
N9960Y34.177Z-11.084
N9962Y34.176Z-11.094
N9964Y34.161Z-11.133
N9966Y33.994Z-11.522
N9968Y33.951Z-11.614
N9970Y33.678Z-12.03

N9972Y33.604Z-12.119
N9974Y33.331Z-12.41
N9976Y33.236Z-12.497
N9978Y32.859Z-12.78
N9980Y32.785Z-12.832
N9982Y32.773Z-12.837
N9984Y30.659Z-14.09
N9986Y30.524Z-14.172
N9988Y30.265Z-14.324
N9990Y27.973Z-15.535
N9992Y27.892Z-15.579
N9994Y27.572Z-15.746
N9996Y24.781Z-17.049
N9998Y21.898Z-18.223
N100Y18.958Z-19.251
N102Y15.893Z-20.15
N104Y12.791Z-20.889
N106Y9.669Z-21.465
N108Y6.474Z-21.885
N110Y3.244Z-22.14
N112Y0.Z-22.225
N114Y-3.231Z-22.141
N116Y-6.424Z-21.891
N118Y-9.606Z-21.475
N120Y-12.769Z-20.894
N122Y-15.893Z-20.15
N124Y-18.932Z-19.259
N126Y-21.898Z-18.223
N128Y-24.753Z-17.061
N130Y-27.544Z-15.76
N132Y-27.774Z-15.642
N134Y-27.923Z-15.562
N136Y-29.622Z-14.678
N138Y-30.329Z-14.287
N140Y-32.147Z-13.225
N142Y-32.78Z-12.834
N144Y-32.787Z-12.831
N146Y-32.856Z-12.782
N148Y-33.263Z-12.476
N150Y-33.489Z-12.241
N152Y-33.638Z-12.083
N154Y-33.863Z-11.748
N156Y-33.942Z-11.628
N158Y-34.148Z-11.165
N160Y-34.163Z-11.13
N162Y-34.178Z-11.08
N164Z-11.065
N166Y-34.2Z-11.016
N168Y-34.359Z-10.474
N170Y-34.45Z-10.102
N172Y-34.527Z-9.755
N174Y-34.637Z-9.129
N176Y-34.697Z-8.584
N178Y-34.731Z-8.137
N180Z-1.588
N182Y-34.816Z-1.097
N184Y-35.064Z-.654
N186Y-35.444Z-.303
N188Y-35.7Z-.181
N190Z-.167
N192Y-35.835Z-.115
N194Y-35.863Z-.101
N196Z-.104
N198Y-35.922Z-.078
N200Y-36.432Z-.003
N202Z-.002
N204X-68.443Y-36.231
N206Y-35.709Z-.078
N208Y-35.67Z-.094
N210Y-35.615Z-.112

N212Z-.121
N214Y-35.222Z-.303
N216Y-34.83Z-.654
N218Y-34.642Z-.983
N220Z-.979
N222Y-34.636Z-.994
N224Y-34.577Z-1.097
N226Y-34.49Z-1.588
N228Z-8.862
N230Y-34.446Z-9.382
N232Y-34.389Z-9.835
N234Y-34.366Z-9.995
N236Y-34.3Z-10.326
N238Y-34.238Z-10.654
N240Y-34.221Z-10.691
N242Y-34.206Z-10.79
N244Y-34.193Z-10.82
N246Y-34.156Z-10.959
N248Y-34.103Z-11.134
N250Y-33.874Z-11.638
N252Y-33.558Z-12.095
N254Y-33.543Z-12.113
N256Y-33.39Z-12.271
N258Z-12.277
N260Y-33.37Z-12.303
N262Y-33.255Z-12.414
N264Y-32.885Z-12.735
N266Y-32.387Z-13.079
N268Y-32.381Z-13.083
N270Y-32.367Z-13.089
N272Y-32.152Z-13.222
N274Y-30.265Z-14.324
N276Y-29.613Z-14.683
N278Y-27.81Z-15.623
N280Y-27.548Z-15.758
N282Y-24.757Z-17.06
N284Y-21.898Z-18.223
N286Y-18.903Z-19.268
N288Y-15.893Z-20.15
N290Y-12.772Z-20.893
N292Y-9.611Z-21.474
N294Y-6.428Z-21.89
N296Y-3.198Z-22.142
N298Y0.Z-22.225
N300Y3.242Z-22.14
N302Y6.47Z-21.886
N304Y9.665Z-21.466
N306Y12.791Z-20.889
N308Y15.924Z-20.142
N310Y18.954Z-19.252
N312Y21.926Z-18.212
N314Y24.781Z-17.049
N316Y27.572Z-15.746
N318Y27.846Z-15.603
N320Y30.265Z-14.324
N322Y30.477Z-14.2
N324Y30.587Z-14.132
N326Y32.318Z-13.107
N328Y32.377Z-13.081
N330Y32.388Z-13.077
N332Y32.881Z-12.737
N334Y33.321Z-12.357
N336Y33.391Z-12.281
N338Y33.406Z-12.268
N340Y33.649Z-11.987
N342Y33.88Z-11.638
N344Y34.064Z-11.257
N346Y34.189Z-10.872
N348Y34.198Z-10.834
N350Y34.199Z-10.823

N352Y34.228Z-10.703
N354Y34.36Z-9.998
N356Y34.449Z-9.382
N358Y34.453Z-9.334
N360Y34.473Z-8.961
N362Y34.484Z-8.85
N364Z-8.589
N366Y34.485Z-8.57
N368Z-1.588
N370Y34.571Z-1.097
N372Y34.822Z-.654
N374Y35.212Z-.303
N376Y35.615Z-.118
N378Z-.112
N380Y35.661Z-.097
N382Y35.704Z-.078
N384Y36.231Z-.003
N386Z-.001
N388X-68.942Y35.996
N390Y35.461Z-.078
N392Y34.969Z-.303
N394Y34.656Z-.582
N396Z-.571
N398Y34.606Z-.627
N400Y34.575Z-.654
N402Y34.534Z-.723
N404Z-.715
N406Y34.5Z-.774
N408Y34.414Z-.904
N410Z-.925
N412Y34.317Z-1.097
N414Y34.31Z-1.135
N416Y34.282Z-1.225
N418Z-1.287
N420Y34.226Z-1.588
N422Z-9.208
N424Y34.208Z-9.602
N426Y34.179Z-9.981
N428Y34.158Z-10.193
N430Y34.111Z-10.55
N432Y34.09Z-10.644
N434Y34.045Z-10.872
N436Y33.911Z-11.263
N438Y33.791Z-11.503
N440Y33.775Z-11.527
N442Y33.703Z-11.663
N444Y33.642Z-11.752
N446Y33.627Z-11.779
N448Y33.355Z-12.151
N450Y33.037Z-12.496
N452Y32.955Z-12.582
N454Y32.478Z-12.985
N456Y32.339Z-13.062
N458Y32.291Z-13.103
N460Y31.932Z-13.348
N462Y31.908Z-13.357
N464Y31.862Z-13.377
N466Y30.516Z-14.175
N468Y30.43Z-14.227
N470Y30.265Z-14.324
N472Y27.8Z-15.627
N474Y27.572Z-15.746
N476Y24.811Z-17.036
N478Y21.922Z-18.214
N480Y18.95Z-19.253
N482Y15.919Z-20.143
N484Y12.82Z-20.883
N486Y9.66Z-21.466
N488Y6.466Z-21.886
N490Y3.24Z-22.14

N492Y0.Z-22.225
N494Y-3.203Z-22.142
N496Y-6.431Z-21.89
N498Y-9.616Z-21.473
N500Y-12.776Z-20.892
N502Y-15.893Z-20.15
N504Y-18.908Z-19.267
N506Y-21.898Z-18.223
N508Y-24.761Z-17.058
N510Y-27.552Z-15.756
N512Y-27.77Z-15.643
N514Y-29.604Z-14.689
N516Y-30.246Z-14.334
N518Y-31.913Z-13.361
N520Y-31.924Z-13.353
N522Y-31.997Z-13.306
N524Y-32.289Z-13.105
N526Y-32.339Z-13.062
N528Y-32.48Z-12.984
N530Y-32.956Z-12.581
N532Y-33.361Z-12.148
N534Y-33.633Z-11.771
N536Y-33.647Z-11.746
N538Y-33.701Z-11.667
N540Y-33.778Z-11.523
N542Y-33.921Z-11.22
N544Y-33.956Z-11.134
N546Y-34.101Z-10.607
N548Y-34.109Z-10.548
N550Y-34.112Z-10.54
N552Y-34.14Z-10.327
N554Y-34.161Z-10.192
N556Y-34.18Z-9.939
N558Y-34.216Z-9.599
N560Y-34.22Z-9.437
N562Z-1.588
N564Y-34.282Z-1.249
N566Z-1.225
N568Y-34.292Z-1.193
N570Y-34.309Z-1.097
N572Y-34.568Z-.654
N574Y-34.969Z-.303
N576Y-35.466Z-.078
N578Y-35.496Z-.073
N580Y-35.525Z-.066
N582Z-.069
N584Y-35.996Z-.003
N586Z-.001
N588X-69.442Y-35.752
N590Y-35.334Z-.055
N592Z-.047
N594Y-35.219Z-.075
N596Y-35.198Z-.078
N598Y-34.685Z-.303
N600Y-34.413Z-.534
N602Z-.524
N604Y-34.35Z-.588
N606Y-34.271Z-.654
N608Y-34.218Z-.743
N610Y-34.206Z-.758
N612Z-.763
N614Y-34.005Z-1.097
N616Y-33.914Z-1.588
N618Z-10.106
N620Y-33.912Z-10.196
N622Y-33.901Z-10.235
N624Y-33.896Z-10.302
N626Y-33.893Z-10.324
N628Z-10.341
N630Y-33.874Z-10.572

N632Y-33.844Z-10.67
N634Y-33.773Z-10.978
N636Y-33.714Z-11.129
N638Y-33.605Z-11.418
N640Y-33.338Z-11.898
N642Y-32.982Z-12.373
N644Y-32.768Z-12.596
N646Y-32.75Z-12.609
N648Y-32.672Z-12.691
N650Y-32.663Z-12.697
N652Y-32.301Z-13.03
N654Y-32.187Z-13.129
N656Y-31.673Z-13.483
N658Y-31.45Z-13.625
N660Y-31.416Z-13.651
N662Y-31.389Z-13.667
N664Y-31.336Z-13.694
N666Y-31.315Z-13.71
N668Y-30.251Z-14.331
N670Y-29.594Z-14.694
N672Y-27.556Z-15.754
N674Y-24.765Z-17.056
N676Y-21.873Z-18.232
N678Y-18.912Z-19.265
N680Y-15.866Z-20.157
N682Y-12.779Z-20.892
N684Y-9.62Z-21.473
N686Y-6.434Z-21.89
N688Y-3.209Z-22.142
N690Y.028Z-22.225
N692Y3.238Z-22.14
N694Y6.463Z-21.887
N696Y9.656Z-21.467
N698Y12.814Z-20.884
N700Y15.914Z-20.145
N702Y18.947Z-19.255
N704Y21.917Z-18.216
N706Y24.805Z-17.039
N708Y27.572Z-15.746
N710Y30.265Z-14.324
N712G /j%
@ Føÿ Føÿ 1v
Å @716Y32.085Z-13.194
Føÿ 1v Å @716
Y32.085Z-13.194
@716Y32.085Z-13.194
N718Y32.17Z-13.141
N720Y32.187Z-13.129
N722Y32.663Z-12.697
N724Y32.672Z-12.691
N726Y32.75Z-12.609
N728Y32.765Z-12.597
N730Y32.976Z-12.376
N732Y33.337Z-11.898
N734Y33.598Z-11.421
N736Y33.784Z-10.944
N738Y33.85Z-10.668
N740Y33.891Z-10.474
N742Y33.902Z-10.361
N744Y33.91Z-10.238
N746Y33.914Z-10.037
N748Z-1.588
N750Y34.005Z-1.097
N752Y34.271Z-.654
N754Y34.685Z-.303
N756Y35.138Z-.108
N758Y35.172Z-.09
N760Y35.182Z-.089
N762Y35.207Z-.078
N764Y35.334Z-.047

N766Z-.052
N768Y35.445Z-.029
N770Z-.026
N772Y35.467Z-.024
N774Y35.494Z-.019
N776Z-.022
N778Y35.752Z-.001
N780X-69.942Y35.456
N782Z-.002
N784Y34.944Z-.071
N786Z-.069
N788Y34.925Z-.074
N790Y34.895Z-.078
N792Y34.848Z-.098
N794Y34.835Z-.1
N796Y34.788Z-.124
N798Y34.596Z-.207
N800Y34.363Z-.303
N802Y34.239Z-.403
N804Z-.398
N806Y34.159Z-.468
N808Y34.069Z-.538
N810Z-.541
N812Y33.929Z-.654
N814Y33.65Z-1.097
N816Y33.554Z-1.588
N818Z-10.411
N820Y33.54Z-10.647
N822Y33.432Z-11.122
N824Y33.227Z-11.62
N826Y32.959Z-12.089
N828Y32.899Z-12.174
N830Y32.39Z-12.802
N832Y32.37Z-12.822
N834Y32.234Z-12.937
N836Y31.719Z-13.406
N838Y31.675Z-13.438
N840Y31.452Z-13.574
N842Y30.976Z-13.898
N844Y30.955Z-13.915
N846Y30.886Z-13.955
N848Y30.85Z-13.973
N850Y30.834Z-13.986
N852Y30.285Z-14.312
N854Y27.572Z-15.746
N856Y24.799Z-17.041
N858Y21.912Z-18.218
N860Y18.943Z-19.256
N862Y15.909Z-20.146
N864Y12.808Z-20.885
N866Y9.652Z-21.468
N868Y6.459Z-21.887
N870Y3.236Z-22.14
N872Y.021Z-22.225
N874Y-3.214Z-22.141
N876Y-6.438Z-21.889
N878Y-9.625Z-21.472
N880Y-12.782Z-20.891
N882Y-15.872Z-20.156
N884Y-18.917Z-19.264
N886Y-21.879Z-18.23
N888Y-24.769Z-17.054
N890Y-27.56Z-15.752
N892Y-29.585Z-14.699
N894Y-30.256Z-14.328
N896Y-30.807Z-14.007
N898Y-30.85Z-13.973
N900Y-30.931Z-13.933
N902Y-30.976Z-13.898
N904Y-31.35Z-13.66

N906Y-31.719Z-13.406
N908Y-31.75Z-13.382
N910Y-32.015Z-13.146
N912Y-32.39Z-12.802
N914Y-32.425Z-12.765
N916Y-32.899Z-12.175
N918Y-32.962Z-12.085
N920Y-33.233Z-11.617
N922Y-33.433Z-11.122
N924Y-33.544Z-10.646
N926Y-33.568Z-10.353
N928Z-1.588
N930Y-33.665Z-1.097
N932Y-33.76Z-.948
N934Y-33.942Z-.654
N936Y-34.069Z-.547
N938Z-.538
N940Y-34.153Z-.473
N942Y-34.239Z-.398
N944Z-.407
N946Y-34.367Z-.303
N948Y-34.579Z-.214
N950Y-34.895Z-.078
N952Y-34.92Z-.074
N954Y-35.089Z-.039
N956Z-.037
N958Y-35.106Z-.035
N960Y-35.141Z-.028
N962Z-.032
N964Y-35.456Z-.002
N966Z0.
N968X-70.441Y-35.158
N970Y-34.905Z-.017
N972Z-.015
N974Y-34.869Z-.019
N976Z-.022
N978Y-34.561Z-.078
N980Y-34.31Z-.181
N982Z-.177
N984Y-34.263Z-.201
N986Y-34.011Z-.303
N988Y-33.961Z-.344
N990Y-33.891Z-.388
N992Y-33.78Z-.488
N994Y-33.572Z-.654
N996Y-33.538Z-.708
N998Y-33.515Z-.729
N1000Y-33.411Z-.907
N1002Y-33.29Z-1.097
N1004Y-33.285Z-1.125
N1006Y-33.276Z-1.14
N1008Y-33.269Z-1.179
N1010Z-1.165
N1012Y-33.193Z-1.588
N1014Z-10.353
N1016Y-33.178Z-10.647
N1018Y-33.173Z-10.694
N1020Y-33.155Z-10.829
N1022Y-33.142Z-10.898
N1024Y-33.108Z-11.048
N1026Y-33.043Z-11.28
N1028Y-33.016Z-11.36
N1030Y-32.999Z-11.4
N1032Z-11.387
N1034Y-32.97Z-11.473
N1036Y-32.894Z-11.676
N1038Y-32.781Z-11.878
N1040Y-32.577Z-12.26
N1042Y-32.487Z-12.397
N1044Y-32.009Z-12.995

N1046Y-31.928Z-13.08
N1048Y-31.73Z-13.262
N1050Y-31.3Z-13.644
N1052Y-31.251Z-13.682
N1054Y-31.026Z-13.837
N1056Y-30.502Z-14.171
N1058Y-30.454Z-14.208
N1060Y-30.364Z-14.253
N1062Y-30.299Z-14.304
N1064Y-29.576Z-14.704
N1066Y-27.55Z-15.757
N1068Y-24.758Z-17.059
N1070Y-21.875Z-18.231
N1072Y-18.908Z-19.266
N1074Y-15.869Z-20.156
N1076Y-12.785Z-20.89
N1078Y-9.63Z-21.471
N1080Y-6.441Z-21.889
N1082Y-3.22Z-22.141
N1084Y.014Z-22.225
N1086Y3.234Z-22.14
N1088Y6.455Z-21.887
N1090Y9.648Z-21.469
N1092Y12.803Z-20.887
N1094Y15.903Z-20.147
N1096Y18.939Z-19.257
N1098Y21.907Z-18.219
N1100Y24.793Z-17.044
N1102Y27.572Z-15.746
N1104Y30.289Z-14.31
N1106Y30.301Z-14.302
N1108Y30.364Z-14.253
N1110Y30.46Z-14.205
N1112Y30.502Z-14.171
N1114Y30.819Z-13.955
N1116Y31.179Z-13.734
N1118Y31.251Z-13.682
N1120Y31.564Z-13.397
N1122Y31.881Z-13.128
N1124Y31.928Z-13.08
N1126Y32.23Z-12.707
N1128Y32.427Z-12.481
N1130Y32.487Z-12.397
N1132Y32.798Z-11.845
N1134Y32.848Z-11.77
N1136Y32.894Z-11.676
N1138Y32.97Z-11.473
N1140Y32.999Z-11.387
N1142Z-11.4
N1144Y33.017Z-11.357
N1146Y33.036Z-11.302
N1148Y33.155Z-10.828
N1150Y33.159Z-10.798
N1152Y33.192Z-10.351
N1154Z-1.588
N1156Y33.218Z-1.456
N1158Y33.269Z-1.165
N1160Z-1.194
N1162Y33.288Z-1.097
N1164Y33.566Z-.654
N1166Y34.Z-.303
N1168Y34.547Z-.078
N1170Y34.605Z-.07
N1172Y34.869Z-.022
N1174Z-.019
N1176Y34.905Z-.015
N1178Z-.017
N1180Y35.153Z0.
N1182Y35.158
N1184X-70.941Y34.793

N1186Y34.791
N1188Y34.185Z-.078
N1190Y33.768Z-.233
N1192Y33.746Z-.244
N1194Y33.544Z-.368
N1196Y33.211Z-.701
N1198Y32.996Z-1.122
N1200Y32.923Z-1.588
N1202Z-10.306
N1204Y32.889Z-10.77
N1206Y32.789Z-11.197
N1208Y32.588Z-11.732
N1210Y32.422Z-12.066
N1212Y32.1Z-12.587
N1214Y32.Z-12.727
N1216Y31.419Z-13.406
N1218Y31.392Z-13.433
N1220Y30.895Z-13.857
N1222Y30.782Z-13.959
N1224Y30.683Z-14.031
N1226Y30.187Z-14.336
N1228Y30.028Z-14.443
N1230Y29.99Z-14.474
N1232Y29.374Z-14.794
N1234Y27.572Z-15.746
N1236Y24.792Z-17.044
N1238Y21.909Z-18.218
N1240Y18.944Z-19.255
N1242Y15.905Z-20.147
N1244Y12.803Z-20.886
N1246Y9.651Z-21.468
N1248Y6.46Z-21.887
N1250Y3.243Z-22.14
N1252Y.012Z-22.225
N1254Y-3.218Z-22.141
N1256Y-6.436Z-21.889
N1258Y-9.627Z-21.472
N1260Y-12.779Z-20.891
N1262Y-15.881Z-20.153
N1264Y-18.92Z-19.263
N1266Y-21.886Z-18.227
N1268Y-24.769Z-17.054
N1270Y-27.561Z-15.752
N1272Y-29.566Z-14.709
N1274Y-29.859Z-14.548
N1276Y-29.878Z-14.533
N1278Y-29.977Z-14.482
N1280Y-30.028Z-14.443
N1282Y-30.702Z-14.014
N1284Y-30.782Z-13.959
N1286Y-30.851Z-13.907
N1288Y-31.466Z-13.359
N1290Y-31.561Z-13.259
N1292Y-32.131Z-12.541
N1294Y-32.276Z-12.318
N1296Y-32.595Z-11.714
N1298Y-32.796Z-11.179
N1300Y-32.856Z-10.949
N1302Y-32.883Z-10.808
N1304Y-32.906Z-10.637
N1306Y-32.923Z-10.321
N1308Z-1.588
N1310Y-32.996Z-1.122
N1312Y-33.211Z-.701
N1314Y-33.544Z-.368
N1316Y-33.768Z-.233
N1318Y-33.783Z-.227
N1320Y-33.797Z-.219
N1322Y-33.982Z-.143
N1324Y-34.06Z-.125

N1326Y-34.19Z-.078
N1328Y-34.36Z-.056
N1330Y-34.533Z-.016
N1332Y-34.674Z-.005
N1334Y-34.793Z-.001
N1336G0Z0.
N1338M5
N1340G91G28Z0.
N1342G28X0.Y0.A0.
N1344M30