



UNIVERSIDAD PANAMERICANA
ESCUELA DE INGENIERIA

Con estudios incorporados a la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

308917

11

zej

SISTEMA FLEXIBLE DE MANUFACTURA:
SIMULADOR DE CONTROL NUMERICO
F1 - CNC

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL

P r e s e n t a :
MAURICIO FENOLL ALGORTA

Revisor: FIS. MARIANO ROMERO VALENZUELA

MEXICO, D. F.

1992



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 está 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.

- I N D I C E -

INTRODUCCION	1
--------------	---

CAPITULO 1

EL LENGUAJE DE LA INDUSTRIA	6
-----------------------------	---

1.1. El lenguaje de la industria.	7
-----------------------------------	---

CAPITULO 2.

PROCESO DE MAQUINADO.	12
-----------------------	----

2.1. Introducción al fresado.	13
-------------------------------	----

2.1.1. Tipos de fresado.	14
--------------------------	----

2.2. Introducción al control numérico.	14
--	----

2.2.1. Secuencia operativa de las máquinas-herramientas.	16
--	----

2.2.1.1. Máquinas-herramientas tradicionales.	16
---	----

2.2.1.2. Máquinas-herramientas con control numérico.	18
--	----

2.3. Clasificación de las máquinas-herramientas de control numérico.	19
--	----

2.3.1. Control numérico punto a punto. (C.N.P.)	20
---	----

2.3.2. Control numérico zig zag o paraaxial.(C.N.Z.)	21
--	----

2.3.3. Control numérico continuo. (C.N.C.)	22
--	----

2.4. La programación de las máquinas-herramientas con control numérico.	25
---	----

2.4.1. Programación.	27
----------------------	----

2.4.2.	Estructura del programa.	28
2.4.3.	Programación de los movimientos de la máquina-herramienta de control numérico.	31
2.4.4.	Programación de velocidades.	31
2.4.5.	Programación de la herramienta.	32
2.4.6.	Programación del modo de funcionamiento de la máquinas-herramientas y del control numérico.	32
2.5.	Avances tecnológicos en las máquinas-herramientas de control numérico. (Intergace RS232C).	36
2.6.	Ventajas y desventajas de las máquinas-herramientas con control numérico.	42

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL TRAZADO Y GEOMETRIA DE LA PIEZA EN

	LA FRESADORA F1-CNC.	44
3.1.	Introducción.	45
3.2.	Proyección ortográfica.	46
3.2.1.	Representación de objetos por medio de vistas.	46
3.2.2.	Proyección ortográfica en el tercer cuadrante.	46
3.3.	Proyección isométrica.	48
3.4.	Diseño y trazado de la pieza.	49
3.5.	Cálculo de coordenadas.	51
3.5.1.	Cálculo de puntos de apoyo.	53

CAPITULO 4.

DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA FRESADORA F1-CNC.	58
4.1. Punto de inicio del programa.	58
4.2. Punto final del programa.	58
4.3. Punto de cambio de la herramienta.	58
4.4. Registro de la guía de la fresa.	58
4.5. Instrucciones G y funciones adicionales o de conexión que utiliza la fresadora F1-CNC.	62
4.5.1. Instrucciones G.	62
4.5.1.1. G90 - Programación en valor absoluto.	62
4.5.1.2. G91 - Programación en valor incremental.	63
4.5.1.3. G92 - Programación del punto cero de la pieza a trabajar.	63
4.5.1.4. G00 - Desplazamiento en marcha rápida.	64
4.5.1.5. G01 - Interpolación lineal.	66
4.5.1.6. G02 - Interpolación circular en sentido de rotación horaria. (giro a la derecha). G03 - Interpolación circular en sentido de rotación antihoraria. (giro a la izquierda).	79
4.5.1.7. G04 - Temporización de espera.	92
4.5.1.8. G21 - Línea vacía.	93
4.5.1.9. G25 - Subprogramas.	93
4.5.1.10. G27 - Instrucción de salto.	97
4.5.1.11. G40 - Supresión de la compensación del radio de la fresa paralelo al eje.	99
4.5.1.12. G45 - Sumar el radio de la fresa.	99
4.5.1.13. G46 - Restar el radio de la fresa.	101

4.5.1.14.	G47 - Sumar dos veces el radio de la fresa.	103
4.5.1.15.	G48 - Restar dos veces el radio de la fresa.	105
4.5.1.16.	G66 - Conectar sin corriente los motores de avance de la fresadora .	106
4.5.1.17.	G66 - Interface RS232C.	106
4.5.1.18.	G72 - Ciclo de freado de cavidades.	107
4.5.1.19.	Taladrar.	111
4.5.1.20.	G81 - Ciclo de taladrado.	111
4.5.1.21.	G82 - Ciclo de taladrado con temporización de espera.	112
4.5.1.22.	G83 - Ciclo de extracción de virutas.	113
4.5.1.23.	G84 - Ciclo de roscado.	117
4.5.1.24.	G85 - Ciclo de escariado.	116
4.5.1.25.	G89 - Ciclo de escariado con temporización de espera.	117
4.5.2.	Funciones adicionales o de conexión M.	118
4.5.2.1.	Funciones M en equiparamiento standar F1-CNC.	118
4.5.2.2.	Funciones M con accesorios interface D.N.C.	120

CAPITULO 5

INSTRUCTIVO DEL SIMULADOR DE CONTROL NUMERICO F1-CNC.	122	
5.1.	Simulador de control numérico F1-CNC.	123
5.1.1.	Crea bloque bruto.	124
5.1.2.	Dibuja herramienta.	125
5.1.3.	Dibuja montea.	125
5.1.4.	Dibuja isométrico.	125
5.1.5.	Ampliar isométrico.	125

5.1.6.	Limpiar pantalla.	126
5.1.7.	Editar programa.	126
5.1.7.1.	Correr programa.	127
5.1.7.2.	Editar programa.	127
5.1.7.3.	Escribir linea.	128
5.1.7.4.	Borrar linea.	131
5.1.7.5.	Cambiar linea.	132
5.1.7.6.	Imprimir linea.	133
5.1.7.7.	Borrar programa.	133
5.1.7.8.	Leer programa.	134
5.1.7.9.	Salvar programa.	134
5.1.7.10.	Menú principal.	134
5.1.8.	Diseñar programa.	134
5.1.9.	Menú principal.	138
5.1.10.	Interface con la máquina-herramienta de control numérico (Interface RS232C).	138

CAPITULO 6

CONCLUSIONES.	140
BIBLIOGRAFIA	143

INTRODUCCION

El objetivo de la presente investigación es que haga conocer a los estudiantes de ingeniería el proceso de diseño de programas para la Fresadora F1-CNC, utilizada para transformar las ideas en productos, para ser usados por el hombre. Las ideas y diseños de los ingenieros tienen escaso valor sino son convertidos en dispositivos útiles, en forma económica. Por esto, el rápido avance de la ciencia no ha eliminado la necesidad de que alguien tome decisiones para determinar los materiales y los procesos a usar. Nadie mejor que el ingeniero que creó el diseño puede tomar estas decisiones, porque él puede tomar en cuenta los requerimientos de los procesos de fabricación, al mismo tiempo que considera requerimientos de materiales y funcionalidad. Si no se procede así, usualmente el resultado es costoso y se adoptan compromisos poco eficientes cuando alguna de las características del diseño no puede obtenerse en forma rápida y económica.

Es pues la Fresadora F1-CNC una máquina-herramienta que está formada por un conjunto de mecanismos accionados por un motor y destinados a modelar una determinada materia, por medio de la aplicación sobre la misma de ciertos instrumentos. La importancia de las máquinas-herramientas es tal, que ocupa sin duda el primer lugar entre todas las categorías de máquinas accionados por medio de motores.

Estas máquinas han hecho posible la fabricación de piezas sueltas de dimensiones tan exactas, que pueden intercambiarse entre sí. La fabricación de tales piezas es un puntal básico

en la producción industrial moderna, ya que permiten los procesos de producción en serie.

La revolución industrial significó una nueva era para las máquinas-herramientas, el perfeccionamiento de las mismas han incrementado su precisión y su productividad. Hoy en día la automatización de las máquinas-herramientas, su inclusión en las cadenas de producción totalmente automatizadas, en las que la electrónica y la informática juegan hoy un papel de primer orden, constituyen la principal característica de la evolución que contempla la actualidad.

La mayoría de las actividades industriales se efectúan, en la actualidad, con la ayuda de máquinas. En efecto, una máquina puede proporcionar fuerza, o bien realizar una acción determinada y controlada. Una máquina-herramienta programada como la fresadora F1-CNC cumple las tres funciones (proporciona fuerza por medio de un motor, realiza una acción determinada y la controla), ya que puede controlar al mismo tiempo que realizar la acción que se le ha encomendado.

El desarrollo del trabajo será el siguiente:

En el Capítulo 1 se ve el lenguaje de la industria como base para comunicar ideas, expresadas por medio de un dibujo, en el que se pueden ver las características de la pieza, como son el tamaño, la forma y las relaciones entre los otros objetos físicos. Estas características son importantes, ya que comunican las ideas del diseñador al operario; por ésta

razón el dibujo se considera como el "lenguaje de la industria".

En el Capitulo 2 se dará una breve introducción al fresado, como proceso para generar superficies maquinadas arrancando progresivamente pequeñas cantidades de metal de la pieza a trabajar, así como los tipos de fresado que existen en la actualidad.

Además de dar una breve introducción al control numérico, como método de control de los componentes de la máquina-herramienta por medio de números, así como los diferentes temas relacionados con el control numérico de las máquinas-herramientas, además de las ventajas y las desventajas de la implantación de un sistema de control numérico en la industrial.

En el Capitulo 3 se ve el desarrollo del trazado y la geometría de la pieza, el dibujo también llamado trazado es desarrollado por el ingeniero en el departamento de dibujo, estos inicialmente son bosquejados a mano alzada para posteriormente ser trazados con instrumentos de precisión.

El trazado de la pieza determinará los puntos de apoyo de la herramienta, para que esta pueda seguir la trayectoria deseada y pueda ser programada en la fresadora correctamente.

En el Capítulo 4 se diseñará el programa que utilizará la fresadora F1-CNC, se verán la partes importante para el diseño del programa, así como las instrucciones y las funciones de la fresadora de control numérico F1-CNC.

INTRODUCCION 5

Los dos capitulos anteriores proporcionan el marco teórico que fundamentara el desarrollo de la investigación efectuada.

El Capitulo 5 será pues el desarrollo del marco teórico, que consiste en describir el funcionamiento del simulador de la fresadora F1-CNC.

En Capitulo 6 contiene las conclusiones basadas en el desarrollo del trabajo así como una breve introducción de la labor del Ingeniero Industrial en los procesos productivos.

CAPITULO 1

**EL LENGUAJE
DE LA
INDUSTRIA**

1.1. EL LENGUAJE DE LA INDUSTRIA.

El ser humano es, ante todo, un inventor. Dicho de otra manera, un ser capaz de imaginar y de realizar un objeto, que le permitirá satisfacer sus necesidades. La madera, cuerno, huesos y piedra suministraron la materia prima que la emergente inteligencia del inventor empezó a conformar, podría decirse, que todo invento no consiste más que en añadir información a un material en estado bruto. Cabe hacer la distinción entre inventar y descubrir, inventar es crear, hacer surgir de la propia imaginación un objeto inexistente, mientras que descubrir, es por el contrario, ser el primero en reconocer y en revelar la existencia de un hecho, de un fenómeno, de un lugar o de las propiedades de una materia existente en la naturaleza.

El ser humano tiene la necesidad de inventar, para dar una respuesta a una necesidad que se deja sentir en él. De tal manera, el puente, la rueda y numerosos inventos son la solución a un problema concreto del ser humano.

El ser humano ha tenido diversas etapas en las que ha inventado innumerables objetos para la sociedad, la cual le da una utilización práctica, es por eso, que muchos de estos inventos han revolucionado la forma de vida de las personas en las diferentes etapas de evolución del ser humano.

En el siglo XX, la innovación organizada se ha impuesto irremediablemente como la mejor fuente de un progreso

tecnológico rápido y continuo. Detectable ya a finales del siglo XX, esta tendencia se vio muy acelerada por los dos grandes conflictos mundiales, que provocaron, sobre todo la segunda guerra mundial, una movilización total de los medios de investigación al servicio de las técnicas militares.

Piensese, por ejemplo, en los progresos de la medicina, de los medios de transporte, de las telecomunicaciones, de la informática, de los aparatos domésticos, etcétera. En algunas décadas, el mundo y la vida se han visto completamente transformadas. Pero esta organización de las investigaciones científicas y técnicas no significa que la invención haya desaparecido. Esta subsiste, en primer lugar, en el seno mismo de los grandes laboratorios : la imaginación creativa del investigador, del ingeniero, del técnico que mejora un proceso o un aparato, o que descubre otros nuevos, no se distingue en lo fundamental de la de los inventos aislado característico de los siglos pasados. Además, los pequeños inventos, que la mayor parte de las veces se efectúan fuera de los marcos instituciones de la ciencia y la técnica, siguen existiendo y desempeñan un gran papel en nuestra existencia. Basta con citar la cremallera, las rasuradoras mecánicas y eléctricas, los semáforos, las computadoras. Son éstos y muchos inventos más que han contribuido de manera decisiva a la evolución del ser humano.

Una de las herramientas mas usada en la actualidad es la computadora . Sin embargo, a pesar de que ha invadido la vida cotidiana de todas las personas, permanece desconocida, quien

ve en la computadora una herramienta propia de científicos e ingenieros a quienes, por consiguiente, se limita su influencia. La computadora, es pues, una máquina que sirve para recopilar, registrar, analizar y distribuir una enorme cantidad de información a partir de un programa que ha sido diseñado con funciones específicas. La computadora hace de sustituto en todos los trabajos repetitivos por tanto, en todos aquellos en que se puede realizar un aprendizaje formal.

Gracias a ella, ciertas profesiones evolucionan con gran rapidez y sin duda harán evolucionar muchas más. Almacenar, comunicar, transformar y manejar los datos son las principales funciones de la computadora. Los datos se codifican y se registran en todo su variedad, para posteriormente ser utilizados por los diferentes programas que el ser humano utiliza, para obtener una solución a una necesidad.

Es así como surge la idea de diseñar un simulador que sea capaz de reproducir las instrucciones y funciones que utiliza la fresadora de control numérico F1-CNC con el objeto de facilitar el uso de aplicaciones en la máquina. Para ellos es necesario familiarizarse con algunos conceptos como son: los procesos de maquinado entre los cuales se encuentra el fresado y las máquinas-herramientas de control numérico, el trazado y geometría de la pieza, la programación y el simulador de control numérico F1-CNC.

El dibujo juega un papel de suma importancia, desde los primeros tiempos, el hombre utilizó dibujos para comunicar ideas a sus compañeros y para registrarlas, de modo que no se

olvidaran, un ejemplo de esto son los jeroglíficos egipcios, y de muchas otras grandes culturas.

Un dibujo es una representación gráfica de algo real. El dibujo, es por tanto, un lenguaje gráfico, ya que usa figuras para comunicar pensamientos e ideas. Debido a que esas figuras las comprenden hombres de naciones diferentes, el dibujo es conocido como un "lenguaje universal".

El hombre desarrolló el dibujo a lo largo de dos ramas distintas, empleando cada forma para un propósito diferente. Al dibujo artístico le concierne en forma primordial la expresión de ideas reales o imaginarias de naturaleza cultural. Por otro lado, el dibujo técnico le concierne la expresión de ideas técnicas o de naturaleza práctica, y es el método utilizado en todas las ramas técnicas de la industria.

Aun los lenguajes hablados, altamente desarrollados, son inadecuados para describir el tamaño, la forma y las relaciones entre los objetos físicos. Para cualquier objeto manufacturado existen dibujos que describen su forma física, en forma completa y exacta, y que comunican las ideas del dibujante al artesano o operario; por esta razón el dibujo se considera como el "Lenguaje de la industria".

Debido a que un dibujo es un conjunto de instrucciones que tiene que seguir el operario, éste deberá de ser claro, correcto, exacto y completo. La habilidad para dibujar, no hace a cualquier persona un dibujante; éste debe tener la capacidad creativa y amplia variedad de conocimientos técnicos y especializados de su propio campo. Los diversos campos

especializados son tan distintos como las ramas de la industria.

Es por eso que antes que una pieza sea maquinada por algún proceso industrial, es necesario fijar sobre ella ciertas características físicas como son las dimensiones, el material en el que se hará la pieza, el proceso en el que se llevará a cabo la pieza y algunas otras características inherentes a la pieza.

17

CAPITULO 2

PROCESO DE MAQUINADO

2.1. Introducción al fresado.

El fresado es un proceso para generar superficies maquinadas arrancando progresivamente pequeñas cantidades de metal de la pieza a trabajar, haciéndola avanzar lentamente hacia una herramienta cortante que gira a una velocidad relativamente alta, existen otras fresadoras especiales como es el caso de la fresadora F1-CNC que además de mover la pieza también puede mover la fresa para que pase por la pieza a trabajar. En casi todos los casos se usa una herramienta de corte múltiple (formada por varios dientes), de tal modo que la remoción de metal es rápida. Con frecuencia se obtiene la superficie que se desea en una sola pasada.

La herramienta cortante es conocida con el nombre de fresa. Consiste usualmente en un cuerpo cilíndrico que gira sobre su eje y tiene dientes periféricos igualmente espaciados. Debido a que con el principio de fresado se obtiene una rápida remoción de metal, y se puede producir una superficie con muy buena terminación, se han desarrollado fresadoras excelentes y versátiles.

Como resultado, el fresado es uno de los procesos de maquinado más importantes. Como consecuencia de la alta productividad, precisión y versatilidad que puede obtenerse, el fresado es particularmente adecuado para la producción masiva.

Un taller que está equipado con una fresadora y un torno mecánico ordinario puede maquinar casi cualquier producto de tamaño adecuado a las posibilidades.

2.1.1. Tipos de fresados.

Las operaciones de fresado pueden clasificarse en dos amplias categorías, cada una de las cuales tiene un cierto número de variantes :

- a) En el fresado periférico la superficie es generada por los dientes colocados en la periferia del cuerpo de la herramienta, y es paralela al eje de rotación de la fresa. Por este método pueden producirse tanto superficies planas como con forma.
- b) En el fresado frontal o frenteado la superficie que se genera forma ángulo recto con el eje de la fresa y es el resultado combinado de la acción de dientes cortantes de la fresa ubicados en la periferia como en la cara de la fresa. La mayor porción del desbastado se hace con los dientes periféricos, mientras que los de la cara hacen la operación de acabado.

Cabe mencionar, que el fresado periférico es realizado usualmente en máquinas de husillo horizontal, mientras que el fresado frontal se hace tanto en máquinas de husillo horizontal como vertical.

2.2. Introducción al control numérico.

La máquina herramienta han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico del mundo. Gracias a la utilización de dichas máquinas se ha podido realizar, de

forma práctica, maquinaria de todo tipo que, aunque concebida y realizada, no podía ser comercializada, ya que no existían medios adecuados para su construcción industrial.

En los sistemas de producción convencionales, usados en la mayor parte de las fábricas del mundo, las máquinas herramienta del mismo tipo están agrupadas, siendo cada máquina manejada independientemente. Las operaciones de maquinado necesarias para la fabricación de una pieza se dividen en un número de operaciones independientes, cada una de las cuales se puede realizar más eficientemente en una máquina en particular. En el maquinado de una pieza en una máquina herramienta de uso común, el operador puede realizar hasta nueve funciones:

1. Planear la secuencia de operación.
2. Seleccionar las herramientas.
3. Colocar y cambiar la herramienta.
4. Seleccionar la alimentación y la velocidad.
5. Establecer la alimentación y la velocidad.
6. Posicionar la pieza con relación a la herramienta.
7. Arrancar y detener las operaciones de la máquina.
8. Controlar el movimiento relativo entre la pieza y la herramienta durante el corte.
9. Hacer que la pieza o la herramienta se desplace desde la posición al final de un corte, a la posición para la iniciación del próximo corte, generalmente esto se hace a gran velocidad.

Si el operador va a realizar todas estas tareas, debe tener un alto grado de habilidad.

Las funciones 1, 2 y 4 de la lista dada, pueden realizarse antes de comenzar la operación por otro operador distinto del de la máquina suavizando, en cierta medida, los requerimientos de habilidad y juicio del operador.

Cuando el número de piezas idénticas es suficiente y los movimientos requeridos relativamente simples, las funciones 3, 5, 6, 7, 8 y 9 pueden realizarse automática o semiautomáticamente. Sin embargo, este procedimiento es antieconómico para una o pocas piezas.

En la función 6, el posicionado de la pieza con respecto a la herramienta, puede facilitarse mediante el uso de guías, pero es un procedimiento costoso y no puede justificarse para la producción de una o pocas piezas.

En la función 8, el control del movimiento relativo entre la pieza y la herramienta, no puede ser realizado por el operador satisfactoriamente si el movimiento es complejo.

2.2.1. SECUENCIA OPERATIVA DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTA.

2.2.1.1. Máquinas herramientas tradicionales:

En las máquinas herramientas tradicionales el hombre debe obtener una pieza a partir de un diseño. El diseño constituye una memoria que contiene la información necesaria, pero en una forma no directamente comprensible para la máquina; por lo tanto se debe, a partir del diseño, recabar la información,

interpretarla, recordarla y comunicarla a la máquina. Bajo este aspecto el hombre representa un convertidor de información.

El operador humano constituye el medio de comunicación informaciones entre el diseño y la máquina herramienta. El flujo de información no puede ser continuo, porque se deben recabar éstas del diseño, antes de comunicarlas a la máquina en la forma adecuada; siendo este flujo menos continuo a medida que aumenta el número de datos y la precisión de los trabajos.

El ciclo de trabajo para la fabricación de cualquier pieza, puede ser descompuesto en fases, cada una de las cuales deberá caracterizarse por diversos parámetros, como son la velocidad de rotación del mandril, tipo de herramienta, velocidad de avance de la herramienta, etcétera. El operador debe tener particular atención para cambiar estos parámetros a la máquina, con exactitud y en el momento preciso, ya que de esto depende la precisión de los trabajos.

Cada operación que un operario realiza en una máquina herramienta tradicional constituye una secuencia de desplazamientos relativos entre la herramienta y la pieza que se trabaja. El operador debe realizar estos desplazamientos leyendo en el diseño, la cota por efectuar, calculando la posición y el desplazamiento de la herramienta, y actuando sobre los controles de la máquina, para llevarla a la eliminación entre la cota deseada y la cota real del carro.

En el figura 2.1. se describe gráficamente la secuencia de operaciones realizadas en las máquinas herramientas tradicionales con control manual.

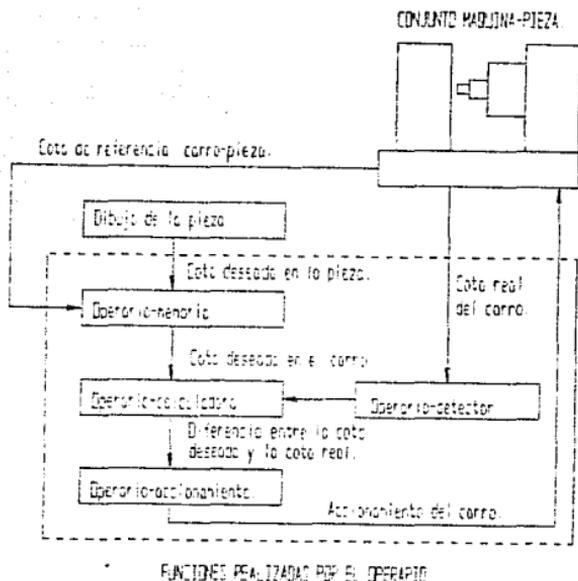


Figura 2.1. Secuencia operacional de las máquinas herramienta tradicionales.

2.2.1.2. Máquinas herramientas con control numérico:

El control numérico es un método de control de los componentes de la máquina por medio de números. En su aplicación más simple se usa para posicionar la pieza con relación a la herramienta (función 6 de la lista anterior).

El control numérico de una máquina herramienta se logra por medio de un dispositivo en el cual se introducen datos relativos a las funciones controladas, bajo forma numérica.

Las funciones controladas son generalmente los desplazamientos de los ejes de la máquinas, agregándoles otras como movimientos de rotación del mandril o su ausencia, la velocidad de rotación, velocidad de avance, etcétera.

La posibilidad de una completa automatización de las máquinas herramientas universales, ha dado lugar al nacimiento de máquinas adecuadas a varios tipos de trabajos simultáneamente, llamadas Centros de Maquinado; en tal forma que puede seguirse en una sola máquina un ciclo completo de trabajo, reduciendo con esto los accesorios de fijación y tiempos muertos. Además el cambio automático de herramienta permite obtener una completa automatización.

En el esquema de la figura 2.2. describimos los posicionamientos relativos entre la herramienta y la pieza a un equipo de control. La combinación de la máquina herramienta y dicho equipo recibe el nombre de máquina herramienta con control numérico.

2.3. Clasificación de las máquinas-herramientas de control numérico.

Con relación al control de los movimientos se distinguen 3 tipos de Control Numérico:

- | | |
|---------------------------------------|----------|
| Control numérico Punto a Punto. | (C.N.P.) |
| Control numérico Zig Zag o Paraaxial. | (C.N.Z.) |
| Control numérico Continuo. | (C.N.C.) |

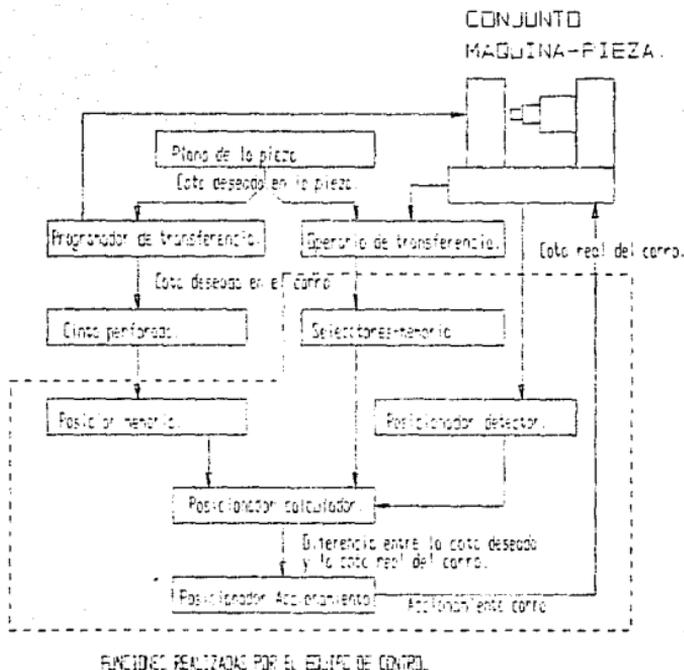


Figura 2.2. Máquina herramienta con control numérico.

2.3.1. Control numérico Punto a Punto. (C.N.P.)

Permite ejercer automáticamente el control de la posición final de la herramienta respecto a la pieza trabajada, prescindiendo de la trayectoria realizada para alcanzar esta posición.

Este tipo de control es el más sencillo; permite realizar trabajos de barrenado, machueleado y fresado solamente en direcciones paralelas a los ejes de la mesa de la máquina o inclinadas a 45° con respecto a éstos.

La información que el sistema de control debe proporcionar a la máquina es muy limitada; se requiere comunicar solamente las coordenadas de la cota final y datos de carácter tecnológico necesarios para realizar el trabajo de la pieza. Los bloques de información contienen datos de carácter geométricos y tecnológicos, relativos a los desplazamientos a lo largo de los tres ejes de la máquina. El alcance de la cota final se logra con tres valores diversos de la velocidad; rápido en el primer trayecto, lento y lentísimo a partir de un punto muy próximo al punto de llegada. La lectura de los diferentes bloques de información hacen que el control numérico punto a punto se ha un ciclo continuo de trabajo.

2.3.2. Control numérico Zig Zag o Paraaxial. (C.N.Z.)

Permite ejercer automáticamente el control continuo de la trayectoria del desplazamiento de la herramienta respecto a la pieza, con segmentos de rectas orientados en el espacio. Se trata de un control contemporáneo de desplazamientos rectilíneos a lo largo de los tres ejes coordenados, haciendo posible seguir cualquier tipo de contorno constituido por segmentos rectos sucesivos y paralelos a los ejes coordenados.

La trayectoria de desplazamiento es encontrada por medio de una interpolación lineal de primer grado, encontrado así las coordenadas intermedias entre los puntos externos del segmento, y las convierte en forma adecuada para alimentar a los transductores que revelan la posición de la herramienta con respecto a la pieza, colocados a lo largo de los ejes de la máquina herramienta.

2.3.3. Control numérico Continuo. (C.N.C.)

Permite ejercer automáticamente el control continuo de la trayectoria del desplazamiento de la herramienta respecto a la pieza. Es posible además realizar automáticamente la ejecución de las funciones tecnológicas auxiliares.

Las operaciones realizadas por la máquina herramienta son controladas por la unidad de control, obteniendo esta todos los datos de una memoria externa, que es una cinta magnética.

El cálculo de las coordenadas es realizado con la ayuda de calculadores electrónicos y de lenguajes de programación, con los cuales es posible escribir los programas de trabajo en forma simbólica.

En el caso de un desplazamiento continuo en el plano, se sincronizaran dos ejes, denominándose entonces: " máquina de dos ejes ". Entre las máquinas más características de dos ejes se encuentran los tornos con C.N.C., ya que las piezas de revolución se ejecutan con la sincronización de los ejes X y Z.

Para un maquinado en el espacio se deberá utilizar una " máquina de tres ejes ", como son :

- a) Máquinas de dos ejes y medio; con esta máquina se puede trabajar en contorneado en el plano. El tercer eje puede ser mandado, pero sin sincronización, con los dos primeros.
- b) Máquinas de dos ejes conmutables; la máquina posee tres ejes de libertad, pero no se pueden sincronizar más que dos a la vez, (X,Y) , (X,Z) o (Y,Z) .

Las trayectorias son calculadas por medio del control de la máquina que comporta un calculador denominado "interpolador", que efectúa el cálculo de las coordenadas y las suministra a la cadena de control. Estos interpoladores son de varios tipos, según las curvas que permiten realizar, entre ellos están:

La interpolación lineal.

La interpolación circular.

La interpolación parabólica.

Todas estas interpolaciones tienen el mismo principio, que consiste en descomponer el segmento en pequeños intervalos, que aseguran el desplazamiento de los ejes de la máquina, obteniendo la trayectoria correcta entre los puntos interpolados.

En la figura 2.3. se muestra el esquema general de un control numérico con computadora. El cual por medio de la computadora calcula la trayectoria que deberá seguir la

herramienta, asegurando el desplazamiento de los ejes de la máquina, de manera individual o combinada.

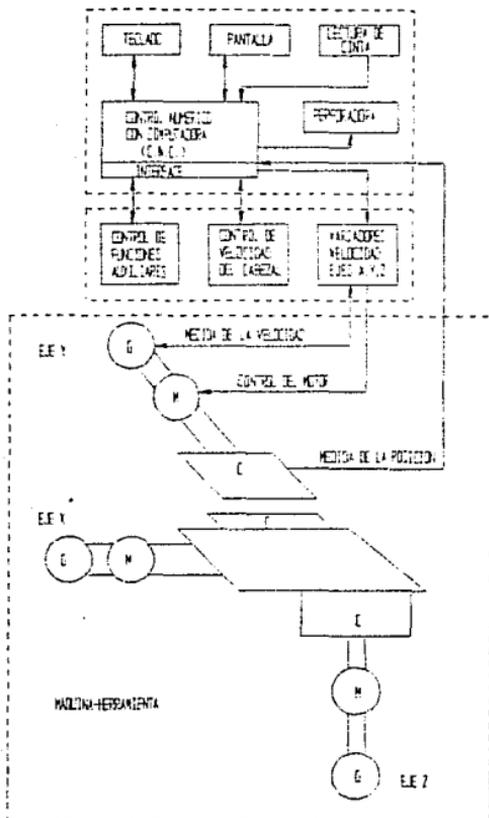


Figura 2.3. Esquema general de un Control Numérico con Computadora.

M: Motor de corriente continua.

G: Generador taquimétrico - captador de velocidad.

C: Captador de posición.

2.4. La programación de las máquinas-herramientas con control numérico.

De todos los factores que concurren para una utilización eficaz y rentable de las máquinas con control numérico, la programación es una de las más importantes.

En efecto, la programación no es más que la codificación de un modo operativo y riguroso en sus detalles. El programador deberá poseer, en primer lugar, conocimientos profundos de la tecnología del maquinado completados por el conocimiento de la codificación, bajo la cual las informaciones deben ser sometidas al equipo de control numérico. La programación comprende, pues, dos fases:

2. El establecimiento de un modo operativo detallado.
2. Su transcripción, ya bajo una forma directamente asimilable por el equipo de control, o ya en un lenguaje que tratara una computadora para hacer la cinta perforada o grabar en cinta magnética; en el primer caso se hablará de programación manual, y en el segundo caso de programación asistida o automática.

Para resolver el problema de la programación se ha inventado un lenguaje alfanumérico constituido por letras, números y signos accesibles al hombre e interpretables por la máquina. Este lenguaje posee su propia sintaxis codificada, y se le llama LENGUAJE DE PROGRAMACION.

A continuación se dan los nombres de algunos de los lenguajes de programación más usados:

ACTION - Lenguaje de programación para el contorneado en dos dimensiones, creado por Numerical Control and Computing Services, USA. Puede ser tratado en la computadora IBM 360/30 con una capacidad de 64 K bytes.

ADAPT - Lenguaje de programación derivado del APT, para el contorneado bidimensional.

APT - Lenguaje de programación de piezas universal que permite la programación en contorneado hasta cinco ejes.

El sistema APT esta basado en la descripción geométrica de la pieza y el cálculo de la posición de la herramienta. No incluye el cálculo de las variables tecnológicas. El lenguaje comprende un vocabulario de unas 300 palabras y requiere para su tratamiento una computadora de 256 K bytes.

AUTOMAP - Lenguaje de programación de piezas en control numerico que permite la programación de contorneado en dos dimensiones. Ha sido creado por IBM, y es un derivado del APT.

AUTOPIT - Lenguaje de programación para tornos con control numérico creado por Pittler e IBM. Existe en dos versiones, el **AUTOPIT 1** para control paraaxial y el **AUTOPIT 2** para contorneado.

AUTOPOL - Lenguaje de programación para tornos creado por IBM en Alemania. Está escrito en Fortran IV.

AUTOSPOT - Lenguaje de programación de piezas para trabajo de punto a punto a paraaxial, creado por IBM. **AUTOSPOT** es muy utilizado para la programación de taladros y fresadoras con control numérico, así como para centros de maquinado. **AUTOSPOT**

no es compatible con APT, pero puede ser utilizado con el ADAPT.

AUTOSIDE - Lenguaje de programación creado por Olivetti CN, diseñado especialmente para facilitar la programación de matrices y moldes.

EXAPT - Sistema de programación de máquinas con CN por computadora desarrollado en Alemania. Resuelve no solo el tratamiento geométrico del maquinado sino también el tratamiento tecnológico. El sistema comprende tres secciones : EXPAT 1 para trabajos punto a punto, EXPAT 2 para trabajos de torneado y EXPAT 3 para trabajos de fresado en dos ejes y medio.

FORTRAN - Lenguaje de programación de computadora orientado a la ciencia y la técnica y fundado en el empleo de fórmulas aritméticas.

2.4.1. Programación.

En general, la información necesaria para la ejecución de una pieza puede ser de los siguientes tipos : geométrica; tecnológica y de movimientos.

La información geométrica contiene los datos referentes a las dimensiones de la pieza, al acabado superficial, a las tolerancias, las dimensiones de la herramienta, etcétera.

La información tecnológica describe los datos referentes a las condiciones de maquinado, los materiales, el modo de

funcionamiento de la máquina. En definitiva, todos aquellos datos que no tienen que ver con la geometría de la pieza.

La información de movimientos indica el orden secuencial de las operaciones y el tipo de función de desplazamiento. Esta información es la que indica como se va a mover la máquina.

A continuación se da un esquema representativo de la información básica necesaria para comandar la máquina con CN dentro de un programa tipo de control numérico.

NUMERO DE BLOQUE. FUNCION PREPARATORIA. DIRECCIONES DE DESPLAZAMIENTO.					
N	G (M)	X (J)(D)	Y (K)(S)	Z	F (L)(T)(H)
00	M06	500	2000	1000	T01
01	G00	2000	0	0	
02	G00	0	0	-3400	
03	G01	6000	0	0	200
04	G01	0	5000	0	200
05	G01	-5000	0	0	200
06	G01	0	-5000	0	200
07	G00	-3000	0	0	
08	G00	0	0	3400	
09	M30				
INFORMACION GEOMETRICA.					INFORMACION TECNOLÓGICA
INFORMACION DE MOVIMIENTOS.					

2.4.2. Estructura del programa.

El programa se divide cronológicamente en una serie de pasos llamados bloques, que contienen la información de una operación elemental, siendo ésta la que queda delimitada por la capacidad de procesamiento del control y de la actuación de la máquina-herramienta.

Como generalmente la ejecución se realiza en forma secuencial, el orden de éste coincide con el de las operaciones de maquinado. En los controles numéricos tipo CNC, existe la posibilidad de romper con este orden según convenga en el programa.

Todas las acciones que la máquina debe realizar y que se definen en cada bloque, se refieren a:

- a) desplazamiento de la herramienta;
- b) velocidad de avance y rotación;
- c) selección de la herramienta;
- d) modo de funcionamiento de la máquina y del control numérico.

Desde el punto de vista de la programación, cada una de las posibles actuaciones, como las que se acaban de indicar, se demuestran instrucciones o funciones y vienen identificadas por medio de una letra, a veces llamada dirección. Cada letra o dirección es acompañada por una cifra que representa el valor numérico de la instrucción o función para la operación que se está considerando. Según las normas ISO (International Standard Organization), los caracteres que se pueden utilizar para la identificación o direccionamiento de una función son:

- A - Coordenada angular alrededor del eje X.
- B - Coordenada angular alrededor del eje Y.
- C - Coordenada angular alrededor del eje Z.
- D - Coordenada angular alrededor del eje especial o tercera velocidad de avance.

- E - Coordenada angular alrededor de un eje especial o segunda velocidad de avance.
- F - Función velocidad de avance.
- G - Función preparatoria o instrucción.
- H - Disponible.
- I - Disponible para utilizar en CN continuos.
- J - Disponible para utilizar en CN continuos.
- K - Disponible para utilizar en CN continuos.
- M - Función auxiliar.
- N - Número de bloque.
- O - No utilizar.
- P - Movimiento terciario paralelo al eje X.
- Q - Movimiento terciario paralelo al eje Y.
- R - Movimiento terciario paralelo al eje Z o desplazamiento rápido según Z.
- S - Función velocidad de rotación.
- T - Función herramienta.
- U - Movimiento secundario paralelo al eje X.
- V - Movimiento secundario paralelo al eje Y.
- W - Movimiento secundario paralelo al eje Z.
- X - Movimiento principal del eje X.
- Y - Movimiento principal del eje Y.
- Z - Movimiento principal del eje Z.

2.4.3. Programación de los movimientos de la máquina-herramienta.

Para describir los movimientos que debe realizar la herramienta, es necesario primeramente definir un sistema de referencia de movimientos, y así se define como tal un sistema de coordenadas, éste podrá ser de dos tipos : absoluto, cuando las cotas de todos los puntos de la pieza, son referidas a un solo punto bien determinado llamado origen de los ejes de referencia, o punto cero, o incremental, cuando las cotas son referidas al punto precedente, es decir, el origen de los ejes de referencia es desplazado cada vez a los puntos que se van tocando.

Este sistema de coordenadas facilita en algunos casos la programación, pero tiene el inconveniente que los errores son acumulativos, es decir, que el error de posicionamiento de cualquier punto, afecta todos los puntos sucesivos.

2.4.4. Programación de velocidades.

La programación de la velocidad de avance y de rotación se efectúa mediante las letras F y S, respectivamente.

El valor de estas funciones se indica de forma directa, generalmente en mm/min, para movimientos de avance independientes de la velocidad de rotación, o en mm/rev, si dependen de ésta, y en rev/min para velocidad de rotación.

2.4.5. Programación de la herramienta.

Las operaciones relacionadas con la herramienta que deben especificarse en el programa son: el cambio de herramienta para máquinas con cambiador automático y el ajuste de sus dimensiones.

La primera de estas operaciones se programa por medio de la letra T y una cifra que indica el número de la herramienta.

La operación de ajuste de las dimensiones de la herramienta en el programa se denomina "corrección o compensación" de la herramienta y con ella se definen las dimensiones de ésta última.

2.4.6. Programación del modo de funcionamiento de la máquina-herramienta y del control numérico.

Además de escribir en el programa todas las funciones hasta aquí comentadas es necesario especificar las condiciones en que se van a realizar. A estas funciones, que son dos, se les denomina: "función preparatoria" y "función auxiliar", direccionándose respectivamente con las letras G y M.

La primera hace referencia en general al modo y forma de realizar las trayectorias, y la segunda al modo de funcionamiento de la máquina herramienta y de control numérico.

La codificación de estas funciones también ha sido objeto de normalización por las normas ISO (International Standard Organization).

A continuación se da una lista de las funciones preparatorias G y de las funciones auxiliares M que han sido normalizadas .

Funciones preparatorias G:

- G00 Posicionado punto a punto.
- G01 Interpolación lineal para dimensiones medias.
- G02 Interpolación circular para dimensiones medias es sentido antitrigonométrico. (giro a la derecha).
- G03 Interpolación circular en sentido trigonométrico. (giro a la izquierda).
- G04 Parada temporizada.
- G05 Parada suspensiva.
- G08 Aceleración.
- G09 Desaceleración.
- G10 Interpolación lineal dimensiones grandes.
- G11 Interpolación lineal dimensiones pequeñas.
- G12 Interpolación en tres dimensiones.
- G13 Elección eje X.
- G14 Elección eje Y.
- G15 Elección eje Z.
- G17 Elección plano XY.
- G18 Elección plano ZX.
- G19 Elección plano YZ.
- G20 Interpolación circular dimensiones grandes sentido antitrigonométrico.
- G21 Interpolación circular dimensiones pequeñas sentido antitrigonométrico.

- G30 Interpolación circular dimensiones grandes sentido trigonométrico.
- G31 Interpolación circular dimensiones pequeñas sentido trigonométrico.
- G33 Fileteado de paso creciente.
- G35 Fileteado de paso decreciente.
- G40 Anulación de la corrección de la herramienta.
- G41 Corrección de la herramienta a la izquierda.
- G42 Corrección de la herramienta a la derecha.
- G43 Corrección de la herramienta positiva.
- G44 Corrección de la herramienta negativa.
- G45 Corrección de la herramienta +/+.
- G46 Corrección de la herramienta +/-.
- G47 Corrección de la herramienta -/-.
- G48 Corrección de la herramienta -/+.
- G60 Posición con precisión 2.
- G61 Posición con precisión 2.
- G63 Ciclo preparatorio para taladrar.
- G64 Cambio de la velocidad de avance.
- G80 Anulación ciclo fijo.
- G81 Ciclo fijo 2.
- G82 Ciclo fijo 2.
- G83 Ciclo fijo 3.
- G84 Ciclo fijo 4.
- G85 Ciclo fijo 5.
- G86 Ciclo fijo 6.
- G87 Ciclo fijo 7.

G88 Ciclo fijo 8.

G89 Ciclo fijo 9.

G90 Programación absoluta.

G91 Programación incremental.

Las funciones auxiliares previstas por las normas son:

M00 Parada programada.

M01 Parada facultativa.

M02 Fin de programa.

M03 Rotación del husillo sentido antitrigonométrico.

M04 Rotación del husillo sentido trigonométrico.

M05 Parada del husillo.

M06 Cambio de herramienta.

M07 Refrigerante 1 en marcha.

M08 Refrigerante 2 en marcha.

M09 Parada de la refrigeración.

M13 Rotación del husillo sentido antitrigonométrico y refrigeración.

M14 Rotación del husillo sentido trigonométrico y refrigeración.

M15 Desplazamiento en sentido positivo.

M16 Desplazamiento en sentido negativo.

M19 Parada del husillo con orientación determinada.

M30 Fin de cinta.

M31 Suspensión de prohibición.

M32 Velocidad de corte constante.

M36 Gama de velocidades de avance 2.

M37 Gama de velocidades de avance 2.

- M38 Gama de velocidades de rotación 2.
- M39 Gama de velocidades de rotación 2.
- M40 Cambio de velocidad.
- M50 Refrigeración 3 en marcha.
- M51 Refrigeración 4 en marcha.
- M55 Desplazamiento del origen de la herramienta 2.
- M56 Desplazamiento del origen de la herramienta 2.
- M60 Cambio de pieza.
- M61 Desplazamiento del origen de la pieza 2.
- M62 Desplazamiento del origen de la pieza 2.
- M66 Cogida de la pieza.
- M69 Suelta de la pieza.
- M71 Desplazamiento angular del origen de la pieza 2.
- M72 Desplazamiento angular del origen de la pieza 2.
- M78 Enclavamiento de la mesa.
- M79 Desplazamiento de la mesa.

Todas las funciones G y M no están presentes en todas las máquinas herramientas de control numérico, sino que cada máquina adapta las funciones necesarias para realizar su trabajo.

2.5. Avances tecnológicos en las máquinas-herramienta de control numérico. (Interface RS232C.)

La finalidad del control numérico es mejorar las técnicas de producción con el consiguiente ahorro en tiempos de fabricación y una mejor y más uniforme calidad de las piezas producidas.

Por consiguiente el papel que juega la interface interna de la máquina que se da por medio del pupitre o panel de control que está provisto de un número impresionante de botones y selectores, es de suma importancia ya que éste administra y controla las diferentes funciones de la máquina-herramienta, decodificando las señales y enviándolas al equipo de control numérico, que las transforma en órdenes eléctricas que envía a los diversos dispositivos de la máquina. En fin, controla al equipo de control numérico autorizándole o prohibiéndole el seguimiento de la ejecución del programa de maquinado.

Como se menciona en el capítulo 1, la computadora, es pues, una máquina que sirve para recopilar, registrar, analizar y distribuir una enorme cantidad de información a partir de un programa que ha sido diseñado con funciones específicas. Estos programas fueron hechos para facilitar el uso de las máquinas-herramienta de control numérico y sus aplicaciones.

El objetivo de hacer estos lenguajes de programación es que la computadora controle el seguimiento del programa de maquinado tal y como lo hace el equipo de control numérico y simule el seguimiento del programa de maquinado de la pieza, para posteriormente mandar a la máquina-herramienta de control numérico por medio de la interface RS232C la secuencia de programación para hacer la pieza.

Es pues la interface RS232C la conexión entre la computadora y la máquina-herramienta, la información que manda la computadora es codificada en bloques, de forma que al mandar la información por medio de la interface, la máquina-herramienta

de control numérico la decodifique y la envía al equipo de control numérico para ser transformada en órdenes eléctricas que enviará a los diversos dispositivos de la máquina.

El principio de comunicación entre la computadora y la máquina-herramienta es muy sencillo, primero se tiene que inicializar el puerto de comunicación serial COM1 de la computadora a 7 bits, una vez inicializado el puerto de comunicación de la computadora se podrá mandar la información bloque por bloque.

Al inicializar el puerto de comunicaciones de la computadora a 7 bits se está mandando la información correspondiente a la velocidad de transmisión que será a 300 baud, la paridad del puerto, la longitud de palabra que será de 7 bits.

La computadora manda la información a través del puerto de comunicación a la máquina-herramienta por medio de una clave que conecta a la computadora con la máquina. Es necesario antes de mandar la información hacer algunos pasos de inicialización para que el equipo de control numérico reciba la información.

Fasos para que el equipo de control numérico reciba la información:

1. Encender la fresadora F1-CNC.
2. Escribir en la hoja de programa G66 instrucción necesaria para cargar el programa por medio de la interface RS232C.
3. Presionar la tecla INP dos veces, apareciendo en la pantalla de la fresadora, " CARGANDO PROGRAMA ".

Una vez hecho estos tres pasos el equipo de control numérico está listo para recibir la información que la computadora mandara. Cuando el equipo de control numérico empiece a recibir la información aparecerá en la pantalla de la fresadora "PROGRAMA SIENDO CARGADO", finalizado la transmisión con la visualización del programa transmitido de la computadora al equipo de control numérico.

A continuación se ve un ejemplo de una pieza para maquinar en el centro de maquinado.

Fresado de una pieza simétrica por medio de subprogramas.

Características de la programación:

- Programación del programama principal : Absoluta.
- Programación de subprogramas : Incremental.
- Punto cero de la pieza tal como se muestra en el dibujo.
- Se utilizan dos herramientas:

La primera herramienta tiene un diámetro de 10 mm. que se utilizará en el fresado de la primera, segunda y tercera parte del proceso de maquinado. La segunda herramienta será para el cuarto proceso de maquinado que tiene un diámetro de 5 mm.

- Secuencia operacional :

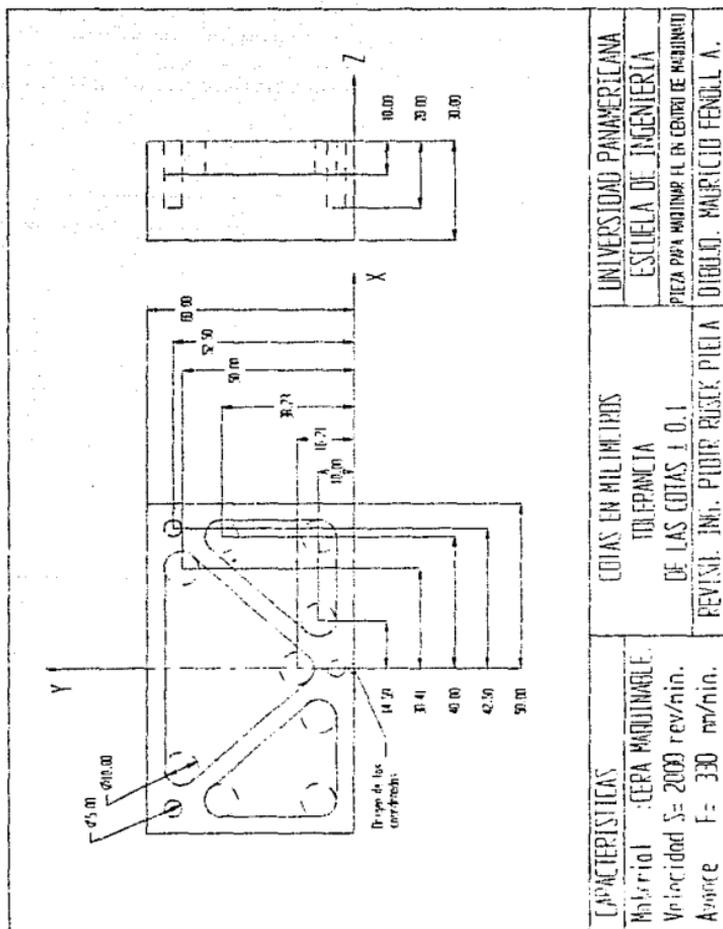
Primer proceso de maquinado : A-B-C-A-D-E-A

Segundo proceso de maquinado: F-G-H-F-I-J-F

Tercer proceso de maquinado : K-L-M-R-N-O-P-N-R-Q-R

Cuarto proceso de maquinado : S-T-U

- Punto final y punto de cambio de herramienta será igual al punto de inicio de programa.



Dibujo 2.4. Plano de la pieza a maquinar.

Programación.

Fin de programa = Posición de arranque.

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J){D}	(K){S}		(L){T}{H}
00	M06	500	2000	1000	01
01	92	-8000	0	3000	
02	00	-4000	0	3000	
03	00	-4000	1000	3000	
04	00	-4000	1000	200	
05	01	-4000	1000	0	330
06	25				24
07	25				24
08	00	0	0	1200	
09	92	-4000	1000	200	
10	00	4000	1000	200	
11	01	4000	1000	0	330
12	25				34
13	25				34
14	00	0	0	1200	
15	92	4000	1000	200	
16	00	0	1000	200	
17	00	0	1621	200	
18	01	0	1621	0	330
19	25				44
20	25				44
21	00	0	0	1200	
22	92	0	1621	200	
23	27				58
24	91				
25	01	0	0	-500	330
26	01	2541	0	0	330
27	01	-2541	2818	0	330
28	01	0	-2818	0	330
29	01	1418	500	0	330
30	01	-918	1020	0	330
31	01	-500	0	0	330
32	01	0	-1520	0	330
33	M17				
34	91				
35	01	0	0	-500	330
36	01	-2541	0	0	330
37	01	2541	2818	0	330
38	01	0	-2818	0	330
39	01	-1418	500	0	330
40	01	918	1020	0	330
41	01	500	0	0	330
42	01	0	-1520	0	330
43	M17				
44	91				
45	01	0	0	-500	330
46	01	3041	3379	0	330
47	01	-6062	0	0	330

48	01	3041	-3379	0	330
49	01	0	1048	0	330
50	01	1644	1709	0	330
51	01	-3288	0	0	330
52	01	1644	-1709	0	330
53	01	470	1209	0	330
54	01	-940	0	0	330
55	01	470	0	0	330
56	01	0	-2257	0	330
57	M17				
58	00	0	1621	3000	
59	00	0	0	3000	
60	00	-8000	0	3000	
61	M06	250	2000	1000	02
62	92	-8000	0	3000	
63	00	0	0	3000	
64	00	0	500	3000	
65	00	0	500	200	
66	81	0	500	-2000	330
67	00	4250	500	200	
68	00	4250	5250	200	
69	81	4250	5250	-2000	330
70	00	-4250	5250	200	
71	81	-4250	5250	-2000	330
72	00	-4250	5250	3000	
73	00	-4250	0	3000	
74	00	-8000	0	3000	
75	M30				

2.6. Ventajas y desventajas de las máquina-herramientas con control numérico.

Las ventajas de las máquinas herramientas de control numérico son:

1. Mayor precisión.
2. Mejoramiento de la calidad del producto.
3. Altas velocidades de producción; para cada operación se usan los óptimos avances y velocidades.
4. Menor costo de herramienta.
5. Menor pérdida de tiempo.
6. Menor tiempo de colocación por pieza.

7. Mejor uso de la máquina. Hay un menor tiempo ocioso de la máquina debido a movimientos más eficiente de la mesa o la herramienta.
8. Inventario reducido.
9. Menor desperdicio. Se reducen los errores del operador.
10. El operador necesita menor habilidad.

Las mayores desventajas son:

1. Alto costo inicial. Se requieren cuidadosos estudios económicos antes de instalar los equipos, se debe asegurar un gran factor de uso para justificarlo.
2. Problemas de mantenimiento. Estas máquinas y sus controles son complicadas y pueden surgir problemas de mantenimientos. Se debe conseguir personal habilitado para el mantenimiento, especialmente en el campo de la electrónica. Sin embargo, la confiabilidad de los equipos es mejorada constantemente y se obtienen confiabilidades del 90 al 95 %.
3. Se recomienda el aire acondicionado, por lo menos del equipo de control, para asegurar su adecuado funcionamiento en uso continuo con tiempo caluroso. Algunas máquinas tienen en su interior sistemas de refrigeración adecuados.

114

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL TRAZADO
Y GEOMETRIA DE LA
PIEZA EN LA
FRESADORA FI-CNC.

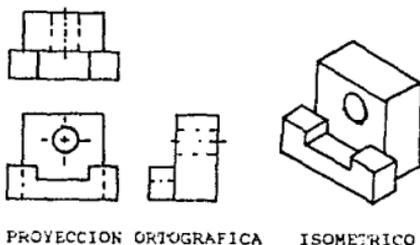
3.1. Introducción.

El departamento de dibujo es el punto de partida para todo trabajo de ingeniería. Las ideas y diseños iniciales son siempre bosquejados a mano alzada por el ingeniero antes de que se hagan dibujos precisos con instrumentos. El ingeniero deberá de ser un experto en dibujar croquis a mano y aprender a usar los instrumentos de dibujo con destreza, exactitud y rapidez.

Existen varios instrumentos de dibujo, esto podríamos dividirlos en dos grupos, los convencionales y los usados en computadoras personales o centros de trabajo. Entre los instrumentos convencionales tenemos la regla paralela, la mesa o restirador, la regla T, las escuadras, los lápices, el compas, el escalímetro, etcétera. Todos estos instrumentos de dibujo son necesarios para el trazado o dibujo de la pieza para posteriormente hacer el diseño del programa que utilizará la fresadora Fi-CNC.

Una vez teniendo la pieza trazada y con el sistema de acotación a utilizar, se le llama "Dibujo de trabajo", que es aquel a partir del cual un operario puede producir una pieza. El dibujo debe ser un conjunto completo de instrucciones, en tal forma que no sea necesario dar más información a la persona o personas que hacen el objeto. En consecuencia, un dibujo de trabajo deberá mostrar con claridad la forma exacta del objeto, las dimensiones exactas, el sistema de acotación a usar,

el programa y las observaciones necesarias para que el operario las entienda y pueda llevar acabo su trabajo.



Dibujo 3.1. Tipos de proyecciones que se usan en dibujo.

3.2. Proyección ortográfica.

3.2.1. Representación de objetos por medio de vistas.

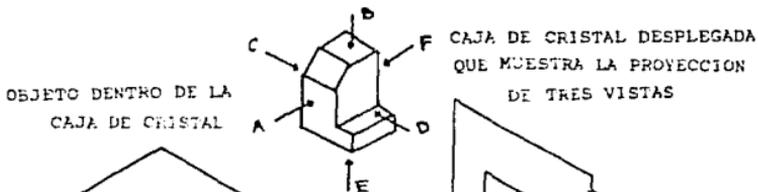
Los objetos se deben representar sobre un papel extendido de manera que pueda comprenderse con facilidad su forma exacta. Esta representación se hace dibujando un número de vistas separadas del objeto como si fuera visto desde distintas posiciones. Este tipo de dibujo se llama proyección ortográfica.

3.2.2. Proyección ortográfica en el tercer cuadrante.

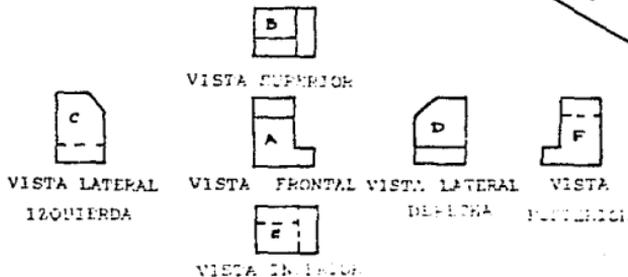
Los principios de la proyección ortográfica pueden aplicarse en cuatro cuadrantes o sistemas diferentes: 1o, 2o, 3o y 4o cuadrante de proyección. La regla de la proyección en el tercer cuadrante es ésta: toda vista es imagen de la

superficie más cercana a una vista adyacente. Por la general tres vista son suficientes para describir la forma del objeto. Las vista más comunes son la frontal, la lateral derecha y la superior.

VISTA PICTORICA DEL OBJETO



DEBIDO ORTOGRAFICO QUE MUESTRA LAS SEIS VISTAS PRINCIPALES

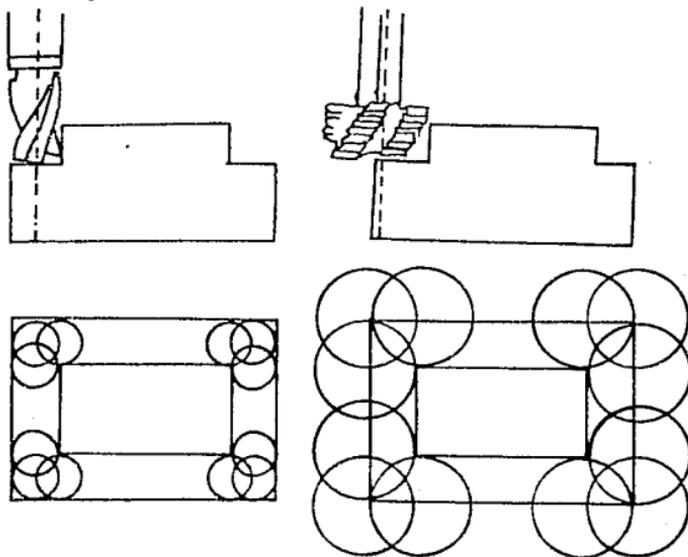


Dibujo 3.2. Proyección ortográfica en el tercer cuadrante.

Los dibujo isométrico se usan con mucha frecuencia en los croquis de los diseños preliminares. Son de gran ayuda para visualizar la forma de un objeto y son también muy útiles para describir las ideas del diseño. Los dibujos isométricos pueden hacerse con rapidez y exactitud debido a que las líneas principales se pueden medir en forma directa.

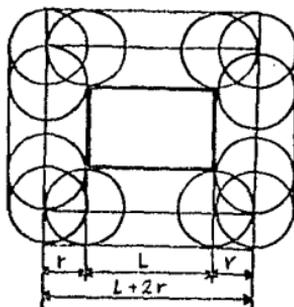
3.4. Diseño y trazado de la pieza.

Para poder diseñar nuestra pieza, es muy importante tener en cuenta la influencia del radio de la fresa, es decir, al fresar contornos, el diámetro de la fresa es determinante para programar la guía de la fresa.



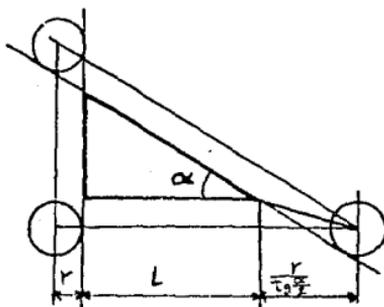
Dibujo 3.4. Descripción de la guía de la fresa.

Al mecanizar contornos paralelos al eje de simetria se tiene que sumar el radio de la fresa con el contorno o restarlo.



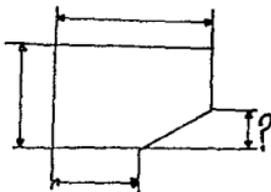
Dibujo 3.5. Mecanizado de contorno paralelos.

Se tienen que calcular los puntos de apoyo en caso de contornos no paralelos al eje de simetria. Para este fin bastan las funciones trigonométricas del triángulo rectángulo.



Dibujo 3.6. Mecanizado de contornos no paralelos.

Con frecuencia se tienen que calcular también coordenadas de puntos de corte por no estar acotadas en los planos técnicos. Las coordenadas que faltan se calculan con funciones trigonométricas.



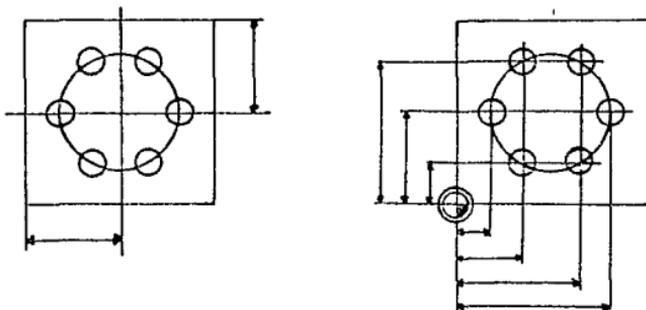
Dibujo 3.7. Mecanizado de contornos paralelos y no paralelos.

3.5. Cálculos de coordenadas.

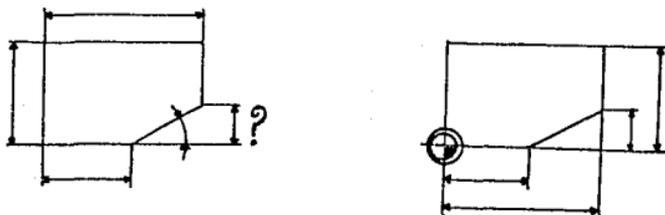
En los dibujos, las cotas se indican por medio de líneas de extensión, líneas de cota, indicadores, puntas de flecha, cifras, notas y símbolos, para definir características geométricas como longitudes, diámetros, ángulos, posiciones. Las líneas que se usan en el acotado son delgadas en contraste con el contorno del objeto. La cota debe ser clara y concisa, y permitir sólo una interpretación. En general, cada superficie, línea o punto se localiza por un sólo conjunto de cotas. En la fresadora F1-CNC existen dos tipos de acotaciones que son: acotación en valor incremental y acotación en valor absoluto. En la acotación en valor incremental el punto objetivo se describe por la posición de partida de la fresa, mientras que en la acotación en valor absoluto

el punto objeto se describe por el punto cero fijado previamente del sistema de coordenadas.

En los planos técnicos se han anotado con frecuencia las cotas de manera que se tienen que calcular las coordenadas para la programación CNC.



Dibujo 3.6. Acotado apto para la CNC.



Dibujo 3.9. Acotado apto para la CNC con indicaciones faltantes.

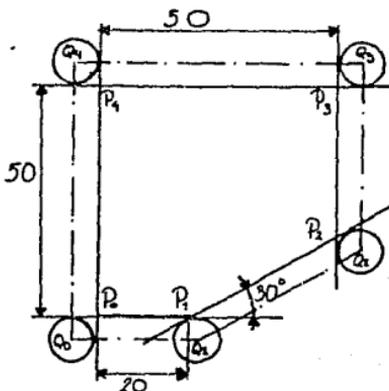
3.5.1. Cálculo de puntos de apoyo.

Para calcular los puntos de apoyo de la pieza se deberán seguir algunos pasos como:

- 1.- Dibujar el contorno de la pieza.
- 2.- Planear la secuencia de operación.
- 3.- Seleccionar la herramientas o herramientas.

Una vez hecho esto se podrá empezar a calcular los puntos de apoyo que deberá seguir la guía del eje de la fresa.

En el ejemplo 1 se ilustra cómo se encuentran los puntos de apoyo. Se ha dibujado el contorno de una pieza con sus acotaciones, se ha seleccionado una herramienta que tiene un diámetro de 10 mm., así como la secuencia de operación que llevaremos a cabo en el ejemplo 1. Se ha seleccionado al punto Q_0 como el punto cero de la pieza a trabajar.



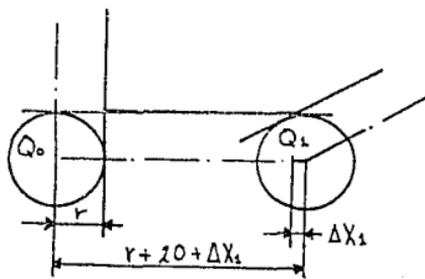
Dibujo 3.10. Ejemplo 1.

Ejemplo 1

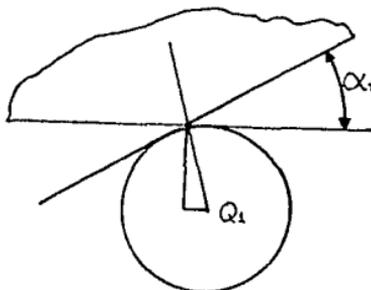
1.- Se deberá calcular la guía del punto Q_0 a Q_1 que se compone de : el radio de la fresa + 20 mm + ΔX_1 .

Donde ΔX_1 es igual al arcotangente del ángulo entre 2 por el radio de la fresa. $\Delta X_1 = \arctan(\text{Ángulo}/2) * r$.

Si se tiene que el ángulo es igual a 30° . Tenemos que ΔX_1 es igual a 1.34 mm. Por lo tanto Q_0 a Q_1 es igual a 26.34 mm. que sale de sumar 5 mm.+20 mm.+1.34 mm.

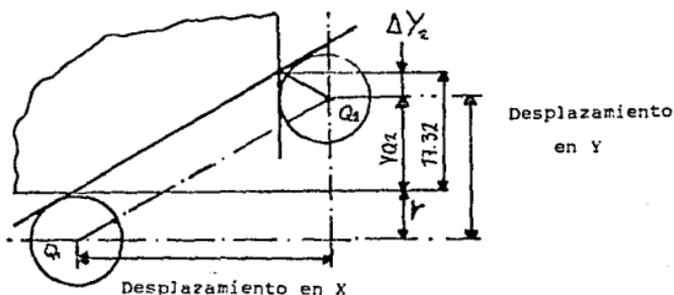


Dibujo 3.11. Cálculo de la guía del punto Q_0 a Q_1 .



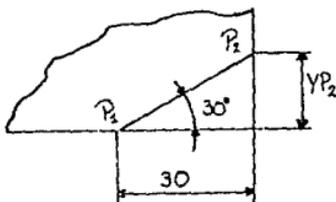
Dibujo 3.12. Amplificación del punto de apoyo Q_1 .

Una vez teniendo las coordenadas del punto Q_1 deberemos calcular el punto de apoyo Q_2 este se hará de la misma manera en la que se calculó el punto Q_1 . La guía de Q_1 a Q_2 está descrita por el desplazamiento en X y en Y de la fresa, es decir, que para llegar al punto Q_2 es necesario desplazarse en dos ejes coordenados formando una diagonal. Esta diagonal está compuesta de por tres partes claramente visibles, que son la hipotenusa, el cateto adyacente y el cateto opuesto. La hipotenusa será la distancia que la fresa tendrá que recorrer del punto Q_1 a Q_2 . El desplazamiento en el eje X estará dado por la distancia del cateto adyacente, más el radio de la fresa, menos ΔX_1 , mientras que el desplazamiento en el eje Y estará dado por el radio de la fresa más la distancia del cateto opuesto, menos ΔY_2 .



Dibujo 3.13. Desplazamiento en el eje X y en el eje Y.

Como se puede ver entre el punto P_1 y P_2 se forma un triángulo rectángulo, se deberá calcular al cateto opuesto YP_2 que es igual a la longitud del cateto adyacente por la tangente del ángulo. Esto es que YP_2 es igual a $30 \text{ mm.} \cdot \tan(30^\circ)$ por lo tanto YP_2 es igual a 17.32 mm.



Dibujo 3.14. Cálculo del cateto opuesto YP_2 .

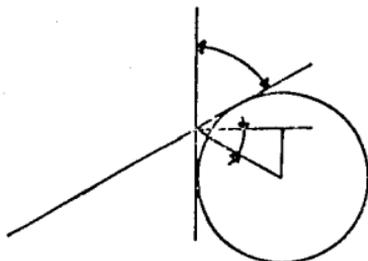
Una vez teniendo ya el cateto opuesto YP_2 calculado se deberá calcular ΔY_2 , que es igual al radio de la fresa por la tangente del ángulo. Por lo que tenemos que ΔY_2 es igual a $5 \cdot \tan(30^\circ)$. Por lo tanto ΔY_2 es igual a 2.87 mm. Teniendo ya el cateto opuesto y ΔY_2 calculados podemos calcular el desplazamiento en el eje X y en el eje Y que hay entre los puntos de apoyo Q_1 y Q_2 .

Desplazamiento en el eje X

$$X = 30.00 + 5.00 - 1.34 = 33.66 \text{ mm.}$$

Desplazamiento en el eje Y

$$Y = 5.00 + 17.32 - 2.87 = 19.45 \text{ mm.}$$



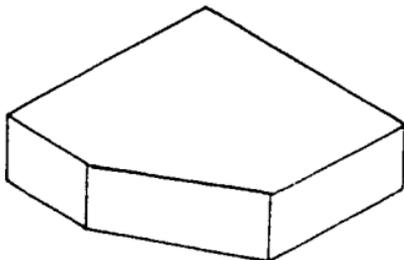
Dibujo 3.15. Amplificación de la posición Q_2 de la fresa. (Mecanizado de contorno no paralelo)

Una vez tenido el punto de apoyo Q_2 se procede a determinar las puntos de apoyo Q_3 y Q_4 así como el retorno a su posición original Q_0 .

Para un mejor control se puede hacer una tabla con los datos de los puntos de apoyo.

TABLA CON LOS PUNTOS DE APOYO CON ACOTACIONES
EN VALOR INCREMENTAL EN VALOR ABSOLUTO

Q_n	X	Y	Q_n	X	Y
Q_0	0	0	Q_0	0	0
Q_1	2634	0	Q_1	2634	0
Q_2	3366	1945	Q_2	6000	1945
Q_3	0	4055	Q_3	6000	6000
Q_4	6000	0	Q_4	6000	0



Dibujo 3.16. Pieza terminada. (ISOMETRICO)

35

CAPITULO 4

DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA FRESADORA F1-CNC.

Una vez hecho el trazado de la pieza y habiendo encontrado ya todos los puntos de apoyo de la fresa podremos pasar a hacer el programa que utilizara la fresadora F1-CNC. Es muy importante tener en cuenta lo siguiente:

- 1.- El punto de inicio del programa.
- 2.- El punto final del programa.
- 3.- El punto de cambio de la herramienta.
- 4.- El registro de la guia de la fresa.
- 5.- Las instrucciones [G] y las funciones adicionales o de conexión [M] que puede utilizar la fresadora F1-CNC.

4.1. Punto de inicio del programa.

El punto de inicio del programa se debera de elegir de tal manera que pueda ejecutarse sin obstáculo alguno.

4.2. Punto final del programa.

El punto de inicio del programa de la herramienta debera ser siempre el punto final del programa.

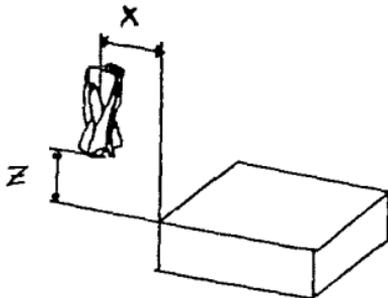
4.3. Punto de cambio de la herramienta.

Por meras razones de sencillez el punto de cambio de la herramienta debera ser el punto de inicio del programa.

4.4. Registro de la guia de la fresa.

Este registro almacena los datos de la herramienta, como es el diámetro.

Para piezas a fresar se tiene que pensar y dibujar tridimensionalmente. Indudablemente, esto requiere de cierto ejercicio. Una representación tridimensional es muy explicativa, pero nada fácil de confeccionar. Además, los cursos no paralelos al eje de simetría aparecen acortados.

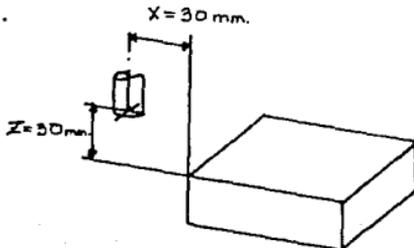


Dibujo 4.1. Dibujo tridimensional.

Un plano auxiliar es un valioso medio también para programar piezas a fresar, así como para revisar y verificar los pasos del programa fácilmente.

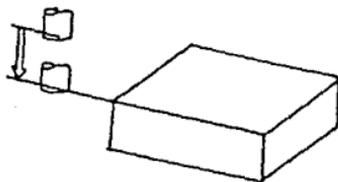
Veamos como es:

1.- Se tiene el dibujo y el punto de inicio del programa de la fresa.



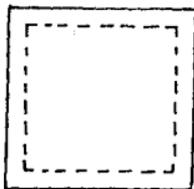
Dibujo 4.2. Dibujo con el punto de inicio del programa.

2.- La pieza a trabajar y la guía de la fresa se pueden trazar si primero nos desplazamos en dirección Z al punto de arranque de viruta.



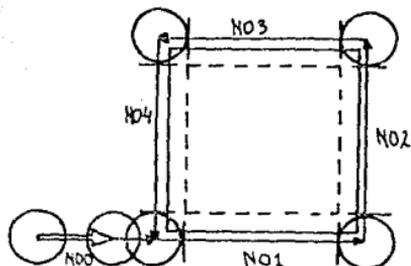
Dibujo 4.3. Desplazamiento en dirección Z al plano de arranque de viruta.

3.- Ahora si podemos dibujar el contorno bruto y el final de la pieza a trabajar.



Dibujo 4.4. Contorno bruto y final de la pieza a trabajar.

4.- Se traza la guía de la fresa, así como los puntos de apoyo y se numeran cada uno de los movimientos que deberá hacer la fresa.



Dibujo 4.5. Pieza con trazado de guía de fresa y numeración de los movimientos.

4.5. Instrucciones G y funciones adicionales o de conexión M que utiliza la fresadora F1-CNC.

Nota : Todas las instrucciones G podran ser programadas con valores incrementales o absolutos.

Debido a que es muy importante fijar el sistema de acotamiento a utilizar así como el punto cero de la pieza a trabajar se verán las instrucciones G90, G91 y G92 a continuación para despues ver las demás instrucciones ordenadas por numeración progresiva de la función G.

4.5.1. Instrucciones G.

4.5.1.1. G90 - Programación en valor absoluto.

La programación se hará en forma absoluta, es decir, que todas las instrucciones G se deberán programar de acuerdo con el punto cero inicial de la pieza.

FORMATO G90
N3 / G90

4.5.1.2. G91 - Programación en valor incremental.

La programación se hará en forma incremental, es decir, que todas la instrucciones G se deberán programar con incrementos en cualquiera de los tres ejes coordenados XYZ, debido a que cada nueva posición que tome la fresa se convierte en el nuevo punto cero de la pieza a trabajar.

```
FORMATO G91
N3 / G91
```

4.5.1.3. G92 - Programación del punto cero de la pieza a trabajar.

Con esta instrucción se da la posición de la herramienta o útil con respecto al punto cero de la pieza a trabajar, el cual será el origen del sistema de coordenadas que se utilizará en la programación en valor absoluto.

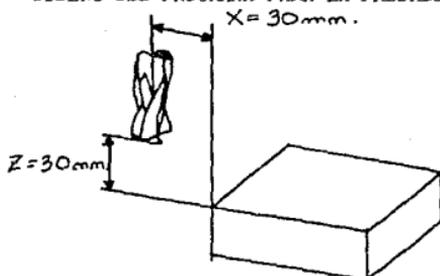
El formato de este comando sera el siguiente:

```
FORMATO G92
N3 / G92 / X+ 5 / Y+ 4 / Z+ 5
```

Ejemplo 1.

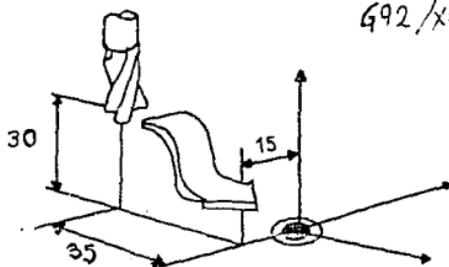
Supongamos que la herramienta se encuentra a una distancia de 30 mm. a la izquierda del punto cero de la pieza sobre el eje X y además de encuentra a 30 mm. sobre el punto cero de la pieza sobre el eje Z, entonces la instrucción G92 será como sigue:

```
N3 / G92 / X=-3000 / Y=0 / Z=3000
```



Dibujo 4.8. Instrucción G92 , punto cero de la pieza.

Este podrá ser nuevamente fijado en la posición más favorable para programar la fresadora.



Dibujo 4.9. Desplazamiento del punto cero de la pieza a trabajar.

4.5.1.4. G00 - Desplazamiento en marcha rápida.

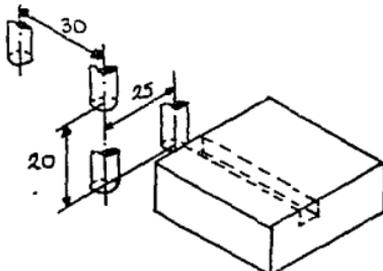
Movimiento rectilíneo de aproximación.

Todos los movimientos se hacen a la mayor velocidad posible. G00 no es un movimiento de trabajo sino un movimiento sin intervención de la fresa, es decir, la fresa no arrancará viruta. El formato de la instrucción será el siguiente :

<p>FORMATO G00 N3 / G00 / X⁺ 5 / Y⁺ 4 / Z⁺ 5</p>
--

No se programa ningún avance debido a que G00 desplaza automáticamente los carros a velocidad de marcha rápida, es por esto que se deberá tener mucho cuidado cuando se programe, debido a que si se programa un movimiento en el que la fresa se intersecta con la pieza, ésta se romperá y la fresadora no marcará ninguna alarma.

En el simulador F1-CNC esto no ocurre debido a que antes de que se ejecute la instrucción, el simulador verifica que se pueda llevar a cabo. Existen dos formas de programación que son en valor incremental y en valor absoluto. En el dibujo 4.10 se muestran las dos formas de programación.

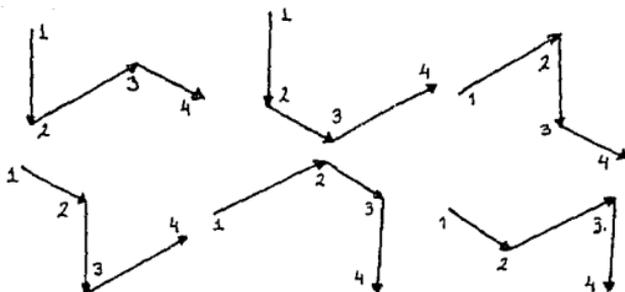


Programación incremental	Programación absoluta
N00/G00/X 3000/Y 0/Z 0	N00/G00/X 0/Y-1500/Z 2000
N01/G00/X 0/Y 0/Z -2000	N01/G00/X 0/Y-1500/Z -500
N02/G00/X 0/Y 2500/Z 0	N02/G00/X 0/Y 1000/Z -500
N03	N03

Dibujo 4.10 Programación en valor incremental y absoluto.

Como se puede ver en el dibujo, si se programa en valor incremental sólo existe un desplazamiento en un eje, es decir, que los otros dos ejes son siempre cero y si se programa en valor absoluto se tiene que dos de los tres ejes deberán de ser iguales, esto es, no deberá existir desplazamiento alguno en

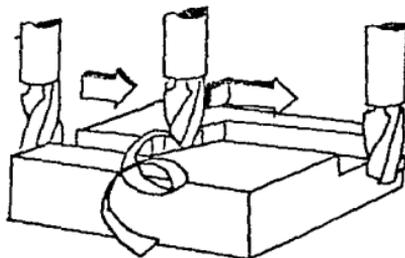
cualquiera de los otros ejes coordenados. Se tienen seis posibles desplazamientos con la instrucción G00, éstos son:



Dibujo 4.11. Posibles desplazamientos en un solo eje.

4.5.1.5. G01 - Interpolación lineal.

Movimiento rectilíneo con arranque de viruta.



Dibujo 4.12. Esquema representativo de la instrucción G01.

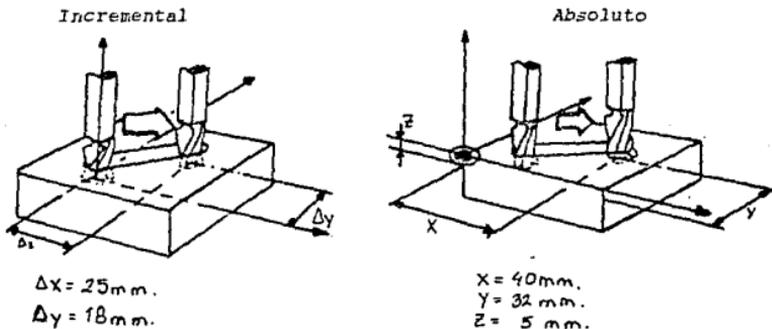
Interpolación lineal quiere decir estimar o hallar valores comprendidos entre otros conocidos, es decir, hallar valores entre dos puntos dados.

El formato de la instrucción G01 es :

FORMATO G01 N3 / G01 / X+ 5 / Y+ 4 / Z+ 5 / F 3
--

En la instrucción G01 se tiene que es un movimiento con arranque de viruta por lo que el movimiento puede ser sólo en los plano XZ, YZ, XY, es decir, el movimiento de la guía de la fresa sólo podrá ser en dos dimensiones. Uno puede hacer cortes paralelos a los ejes coordenados o diagonales en los planos XZ, YZ, XY. En el simulador F1-CNC se podrán hacer movimientos paralelos a los ejes coordenados y movimientos en los tres planos.

Programación en valor



G01/X=2500/Y=1800/Z=0/F... G01/X=4000/Y=3200/Z=-500/F...

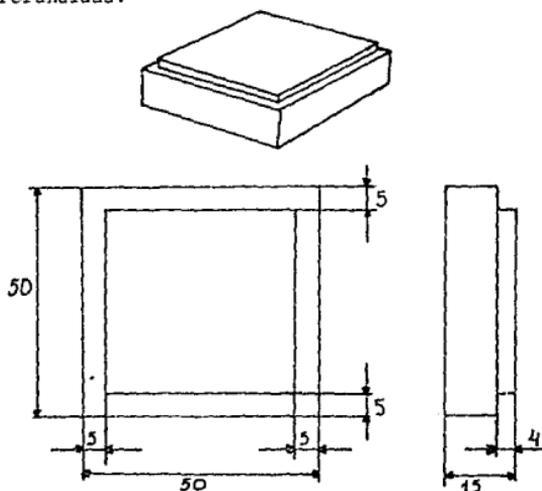
Dibujo 4.13. Programación en valor incremental y en valor absoluto de una diagonal en el plano XY.

A continuación se dan algunos ejemplo de la instrucción G01.

Ejemplo 1. Fresado de un escalón.

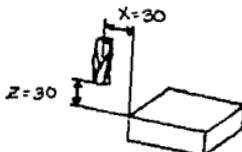
Datos del ejemplo 1.

- La fresa tiene un diámetro de 10 mm.
- Modo de programación: Incremental.
- Fresar un escalón de 5 mm. de anchura y 4 mm. de profundidad.



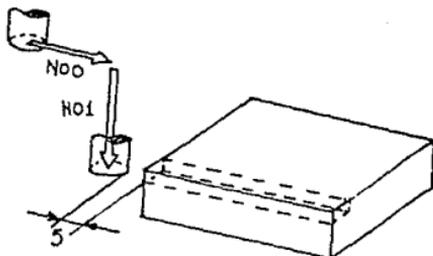
Dibujo 4.14. Ejemplo 1. Fresado de un escalón.

1. Determinar el punto de arranque tal y como está trazado.



Dibujo 4.15. Ejemplo 1. Punto de arranque.

2. Programar con G00 los desplazamientos hasta el punto de comienzo con arranque de viruta. Elegir una distancia de seguridad de 5 mm.



Dibujo 4.16. Ejemplo 1. Punto de comienzo con arranque de viruta con una distancia de seguridad.

Programación.

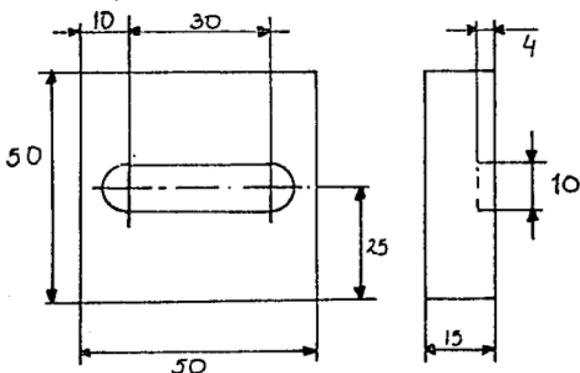
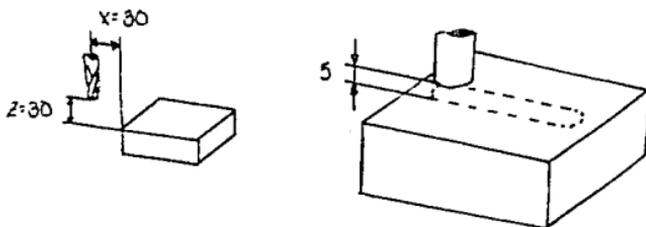
Fin de programa = Posición de arranque.

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
00	M06	500	2000	1000	01
01	00	2000	0	0	
02	00	0	0	-3400	
03	01	6000	0	0	200
04	01	0	5000	0	200
05	01	-5000	0	0	200
06	01	0	-5000	0	200
07	00	-3000	0	0	
08	00	0	0	3400	
09	M30				

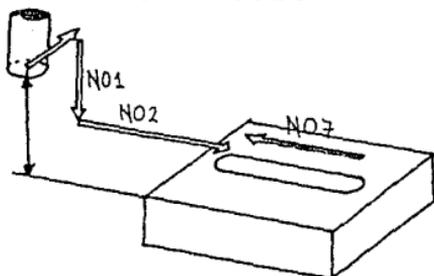
Ejemplo 2. Fresado de una ranura.

Datos del ejemplo 2.

- Modo de programación : Incremental.
- La fresa tiene un diametro de 10 mm.
- Posición de arranque tal como está trazada.
- Profundidad de la ranura de 4 mm.
- Distancia de seguridad de 5 mm.



Dibujo 4.17. Ejemplo 2. Fresado de una ranura.



Dibujo 4.18. Ejemplo 2. Desplazamiento de la fresa, pieza terminada .

Programación.

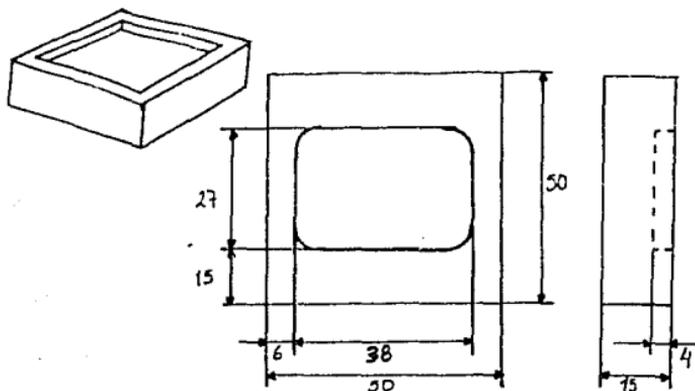
Fin de programa = Posición de arranque.

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
00	M06	500	2000	1000	01
01	00	0	2500	0	
02	00	0	0	-2500	
03	00	4000	0	0	
04	01	0	0	-900	200
05	01	3000	0	0	200
06	01	0	0	900	200
07	00	-7000	0	0	
08	00	0	-2500	0	
09	00	0	0	2500	
10	M30				

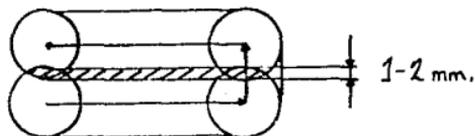
Ejemplo 3. Fresado de una concavidad.

Datos del ejemplo 3.

- La fresa tiene un diámetro de 10 mm.
- Modo de programación: absoluto.
- Posición de arranque tal como se ha trazado.
- Distancia de seguridad 5 mm.
- Se ha elegido un traslapo de 1 a 2 mm. Para acabado industrial se elige 1/10 del radio de la fresa aproximadamente.



Dibujo 4.19. Ejemplo 3. Fresado de una concavidad.

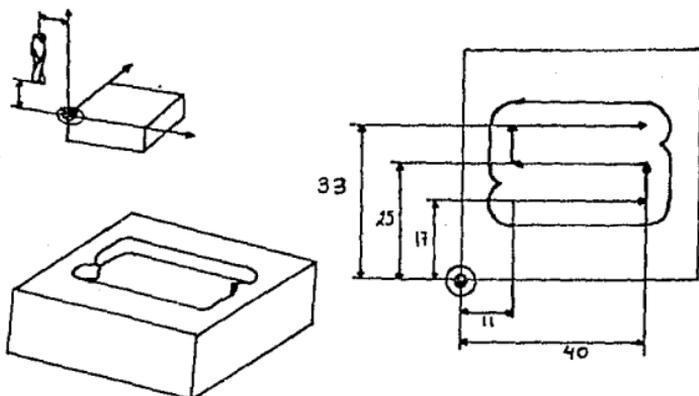


Dibujo 4.20 .Ejemplo 3. Traslapo de la fresa.

Programación.

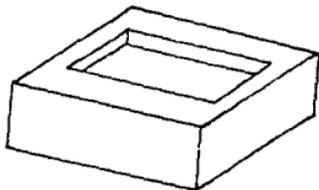
Fin de programa = Posición de arranque.

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
00	M06	500	2000	1000	01
01	92	-3000	0	3000	
02	00	-3000	1700	3000	
03	00	-3000	1700	500	
04	00	1100	1700	500	
05	01	1100	1700	-400	200
06	01	4000	1700	-400	200
07	01	4000	2500	-400	200
08	01	1100	2500	-400	200
09	01	1100	3300	-400	200
10	01	4000	3300	-400	200
11	01	4000	1700	-400	200
12	01	1100	1700	-400	200
13	01	1100	3300	-400	200
14	01	1100	3300	500	200
15	00	-3000	3300	500	
16	00	-3000	0	500	
17	00	-3000	0	3000	
18	M30				



Dibujo 4.21. Ejemplo 3. Programación absoluta, punto cero de la pieza a trabajar y esquinas restantes que dejaría la guía de la fresa.

En el registro 01 se da la posición de la fresa con respecto al punto cero de la pieza. Los registros 11 y 13 sirven para dar el acabado, es decir, quitar las esquinas restantes que dejaría la guía de la fresa.



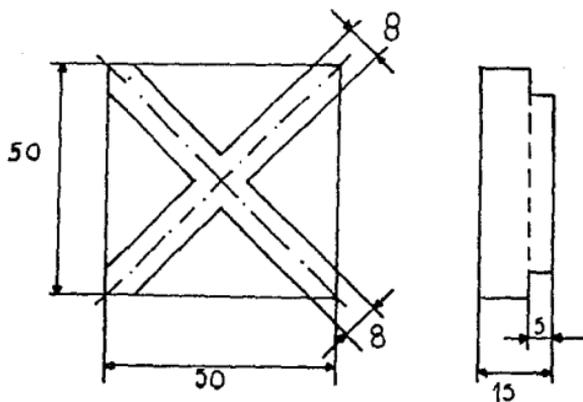
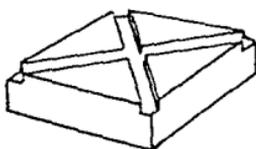
Dibujo 4.22. Ejemplo 3. Pieza terminada.

Ejemplo 4. Fresado de una ranura cruzada de 45°.

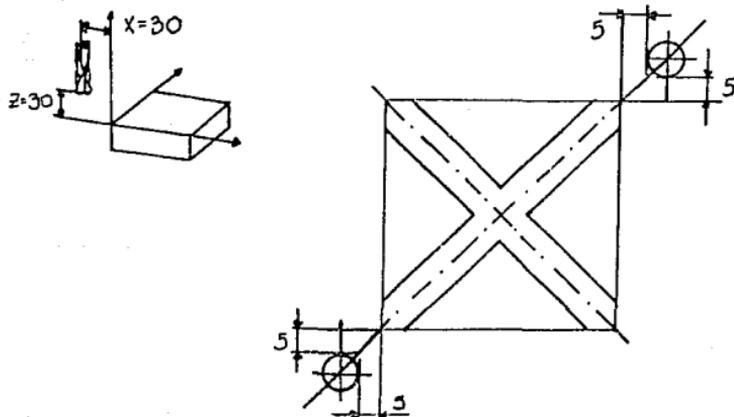
Datos del ejemplo 4.

- La fresa tiene un diámetro de 8 mm.
- Modo de programación: *incremental*.
- Posición de arranque tal como se ha trazado.
- Distancia de seguridad 5 mm. del borde teórico X y 5 mm. del borde teórico Y.

del borde teórico Y.



Dibujo 4.23. Ejemplo 4. Fresado de una ranura cruzada de 45°.



Dibujo 4.24. Ejemplo 5. Posición de inicio de arranque de viruta.

Programación.

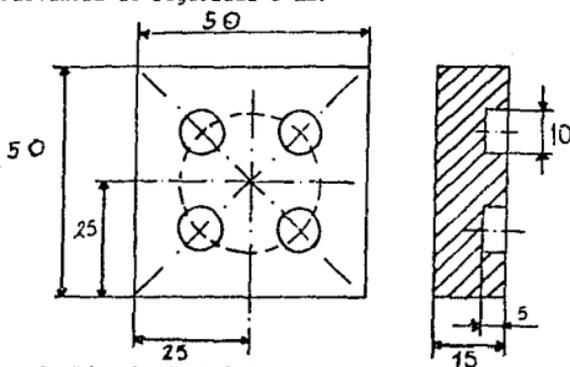
Fin de programa = Posición de arranque.

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
01	M06	400	2000	1000	01
02	00	0	0	-3500	
03	00	-2100	0	0	
04	00	0	-500	0	
05	01	6800	6800	0	200
06	00	-6800	0	0	
07	01	6800	-6800	0	200
08	00	-6800	0	0	
09	00	0	500	0	
10	00	-2100	0	0	
11	00	0	0	3500	
12	M30				

Ejemplo 5. Taladros a 45° .

Datos del ejemplo 5.

- La fresa tiene un diámetro de 10 mm.
- Profundidad de los agujeros 5 mm.
- Distancia de seguridad 5 mm.



Dibujo 4.25. Ejemplo 5. Taladros.

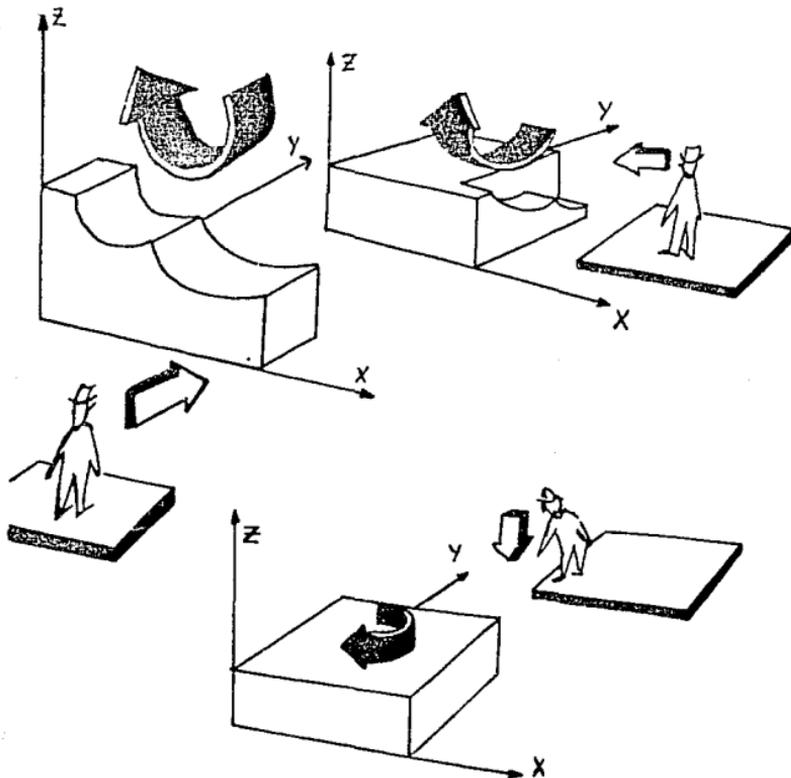
Se conocen las coordenadas del punto central del círculo de agujeros. Se deberán calcular las coordenadas de los taladros por lo tanto se tiene que :

Seno del ángulo = $Y1$ entre el radio del círculo de los agujeros. Despejando $Y1$ tenemos que $Y1$ es igual al radio por el seno del ángulo ($Y1 = 15 * \sin(45^\circ) = 10.6 \text{ mm.}$) del mismo modo se calcula $X1$ ($X1 = 15 * \cos(45^\circ) = 10.6 \text{ mm.}$). Las coordenadas X, Y de los demás taladros se pueden calcular fácilmente a base de sumas y restas, puesto que los taladros se encuentran simétricamente al punto central.

4.5.1.6. G02 - Interpolación circular en sentido de rotación horaria. (giro a la derecha).

G03 - Interpolación circular en sentido de rotación antihoraria. (giro a la izquierda).

Primero se tiene que determinar el sentido de observación para poder decidir qué sentido de rotación le vamos a dar.



Dibujo 4.27. Representación gráfica de la instrucción G02.

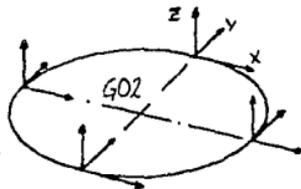
Con las instruccines G02 y G03 se pueden programar cuadrantes de círculo de 90° y arcos circulos con ángulos opcionales, es decir, arcos circulos diferentes de 90° , esto se hará por medio del punto central que se programa con la función adicional o de conexión M99.

El formato de las instrucciones G02 y G03 es:

FORMATO G02
 N3 / G02 / X+ 5 / Y+ 4 / Z+ 5 / F 3

FORMATO G03
 N3 / G03 / X+ 5 / Y+ 4 / Z+ 5 / F 3

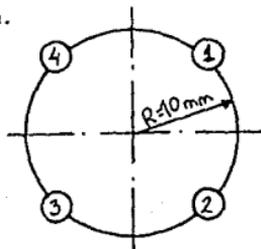
Programación de los cuadrantes de círculo en el plano XY.



Dibujo 4.26. Representación de un círculo en el plano XY.

G02 Programación incremental del un círculo.

- Radio de 10 mm.
- Se programan los valores X,Y , vistos desde el punto de partida.



Dibujo 4.29. Plano XY.

Programación.

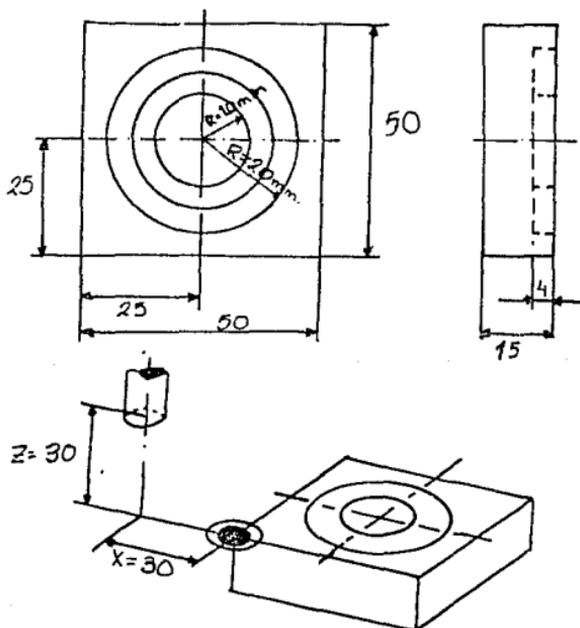
N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
--	G02	1000	-1000	0	
--	G02	-1000	-1000	0	
--	G02	-1000	1000	0	
--	G02	1000	1000	0	

Nota : El valor Z se tiene que programar con cero en el plano XY.

Ejemplo 1. Fresado de un círculo en el plano XY.

Datos del ejemplo 1.

- El diámetro de la fresa de 10 mm.
- Modo de programación: absoluta.
- Punto cero de la pieza a trabajar tal como se ha dibujado.



Dibujo 4.30. Ejemplo 1. Fresado de un círculo en el plano XY.

Nota: Los arcos de círculo sólo se pueden operar en un plano.

Por tal motivo, se tiene que tomar del registro anterior el valor de Z.

Programación.

Fin de programa = Posición de arranque.

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
00	M06	500	2000	1000	01
01	90	-3000	0	3000	
02	00	-3000	4000	3000	
03	00	-3000	4000	500	
04	00	2500	4000	500	
05	02	4000	2500	500	200
06	02	2500	1000	500	200
07	02	1000	2500	500	200
08	02	2500	4000	500	200
09	01	2500	4000	-400	200
10	02	4000	2500	-400	200
11	02	2500	1000	-400	200
12	02	1000	2500	-400	200
13	02	2500	4000	-400	200
14	01	2500	4000	500	200
15	00	-3000	4000	500	
16	00	-3000	4000	3000	
17	00	-3000	0	3000	
18	M30				

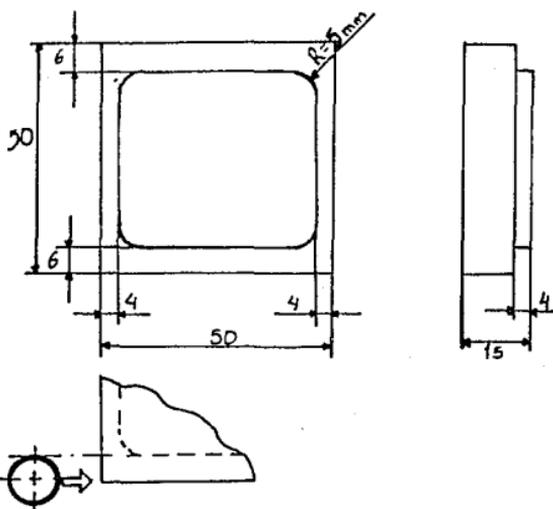
Ejemplo 2. Fresado de un escalón con esquinas redondas.

Datos de ejemplo 2.

- Modo de programación: Incremental.
- La fresa tiene un diámetro de 10 mm.
- Sentido de iniciación de operación tal como está dibujado.



Dibujo 4.31. Ejemplo 2. Fresado de un escalón con esquinas redondas.



Dibujo 4.32. Ejemplo 2. Sentido de iniciación.

Programación.

Fin de programa = Posición de arranque.

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
00	M06	500	2000	1000	01
01	00	0	0	-3400	
02	00	2000	0	0	
03	00	0	1	0	
04	01	5100	0	0	200
05	03	1000	1000	0	200
06	01	0	2800	0	200
07	03	-1000	1000	0	200
08	01	-3200	0	0	200
09	03	-1000	-1000	0	200
10	01	0	-2800	0	200
11	03	1000	-1000	0	200
12	01	-1900	0	0	200
13	00	0	-1	0	
14	00	-2000	0	0	
15	00	0	0	3400	
16	M30				

Algunos ejemplos de la interpolación circular G02 y G03.

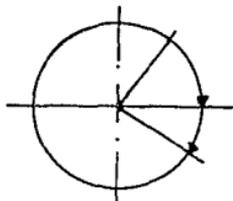
Programación del círculo completo.

Un círculo completo se compone de cuatro cuadrantes. En un bloque sólo se puede programar un arco de círculo de 90° como máximo. Sin embargo, el arco de círculo tiene que estar dentro de un cuadrante.



Dibujo 4.33. Cuadrantes del arco círculo.

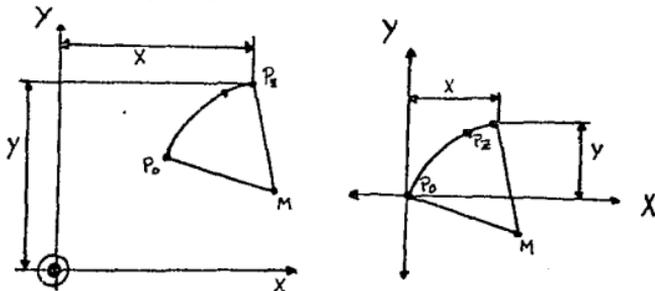
En este ejemplo se necesitan dos bloques porque el arco de círculo es superior a dos cuadrantes.



Dibujo 4.34. Arco de círculo en dos cuadrantes.

Nota : Los arcos de círculos parciales se describen dentro de un cuadrante codificados en dos bloques.

La programación se hace en dos registros. En el primer registro se da el giro que deberá tomar la fresa.

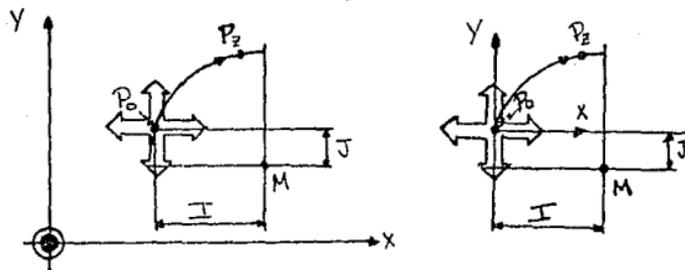


$N100 / G02 / Xpx / Ypz / Zpz / F..$

Dibujo 4.35. Primer registro.

En el segundo registro M99 se programan las coordenadas del punto central del círculo. El punto central del círculo se describe siempre incremental, desde el punto inicial del arco de círculo, con las direcciones I, J, K.

El punto central del círculo debiera ser positivo, es decir, I , J , K tienen signo positivo.



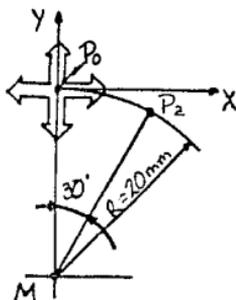
N101 / M99 / I... / J... / K...

Dibujo 4.36. Segundo registro M99. punto central del círculo.

Ejemplo 1. Arco de círculo parcial.

Forma de programación: Incremental.

1. Se deberán calcular los valores X, Y del punto objetivo.



$$\sin(30^\circ) = X_{pz} / 20$$

$$X_{pz} = 20 \cdot \sin(30^\circ) = 10 \text{ mm.}$$

$$Y_{pz} = r - a$$

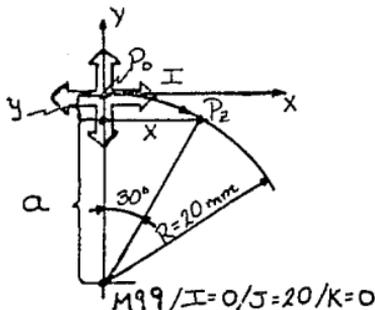
$$\cos(30^\circ) = a / 20$$

$$a = 20 \cdot \cos(30^\circ) = 17.32 \text{ mm.}$$

$$Y_{pz} = 20 - 17.32 = 2.68 \text{ mm.}$$

Dibujo 4.37. Ejemplo 1. Arco de círculo parcial.

2. Dar el segundo registro M99, con el punto central del círculo.



Dibujo 4.38. Ejemplo 1. Punto central del círculo.

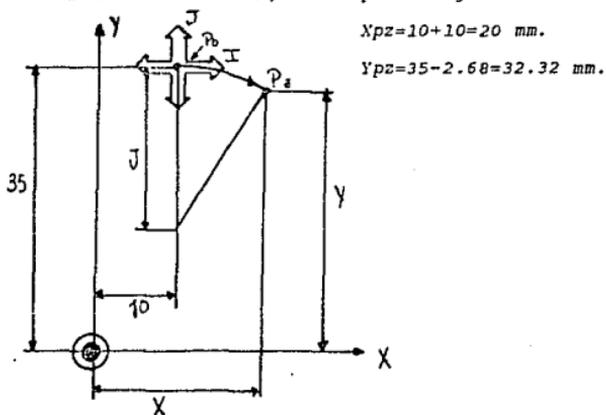
Programación:

N 100 / G02 / X=1000 / Y=-268 / Z=0 / F ...

N 110 / M99 / I=0 / J=20 / K=0

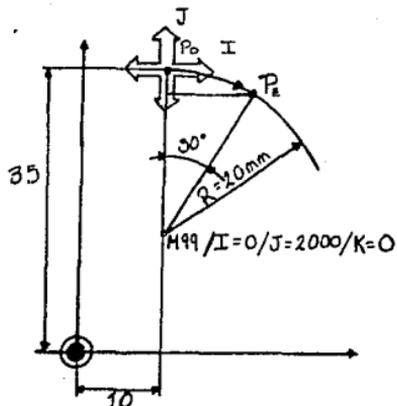
Forma de programación: Absoluta.

1. Se calculan los valores X, Y del punto objetivo.



Dibujo 4.39. Ejemplo 1. Arco de círculo parcial.

2. Dar el segundo registro M99, con el punto central del círculo.



Dibujo 4.40. Ejemplo 1. Punto central del círculo.

Programación:

N 100 / G02 / X=2000 / Y=3232 / Z=0 / F ...

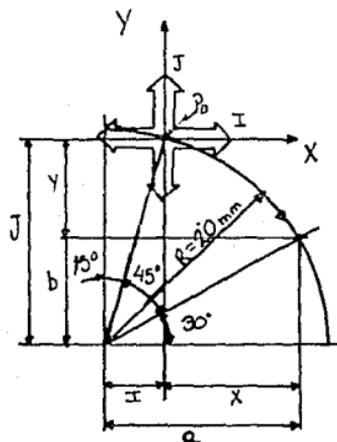
N 110 / M99 / I= 0 / J=2000 / K=0

Nota: Las indicaciones I, J, K están descritas siempre incrementalmente desde el punto de arranque del círculo.

Ejemplo 2. Arco de círculo parcial.

Programación en valor : Incremental.

1. Calcular los valores I, J y los valores Xpz, Ypz.



$$\sin(15^\circ) = I / 20$$

$$I = 20 * \sin(15^\circ) = 5.17 \text{ mm.}$$

$$\cos(15^\circ) = J / 20$$

$$J = 20 * \cos(15^\circ) = 19.31 \text{ mm.}$$

$$X_{pz} = a - I$$

$$\cos(30^\circ) = a / 20$$

$$a = 20 * \cos(30^\circ) = 17.32 \text{ mm.}$$

$$X_{pz} = 17.32 - 5.17 = \underline{12.15 \text{ mm.}}$$

$$Y_{pz} = J - b$$

$$\sin(30^\circ) = b / 20$$

$$b = 20 * \sin(30^\circ) = 10 \text{ mm.}$$

$$Y_{pz} = 19.31 - 10 = \underline{9.31 \text{ mm.}}$$

Dibujo 4.41. Ejemplo 2. Arco de círculo parcial. Programación en valor incremental.

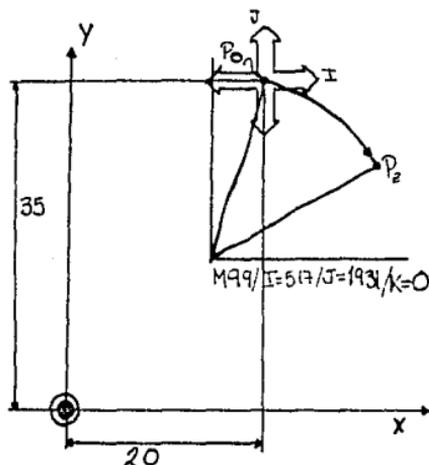
Programación:

N 100 / G02 / X=1215 / Y=-931 / Z=0 / F ...

N 110 / M99 / I= 517 / J=1931 / K=0

Programación en valor : Absoluto.

1. Calcular los valores I, J y los valores Xpz, Ypz.



$$\sin(15^\circ) = I / 20$$

$$I = 20 * \sin(15^\circ) = 5.17 \text{ mm.}$$

$$\cos(15^\circ) = J / 20$$

$$J = 20 * \cos(15^\circ) = 19.31 \text{ mm.}$$

$$X_{pz} = 20 - (a - I)$$

$$\cos(30^\circ) = a / 20$$

$$a = 20 * \cos(30^\circ) = 17.32 \text{ mm.}$$

$$a - I = 17.32 - 5.17 = 12.15 \text{ mm.}$$

$$X_{pz} = 20 + 12.15 = \underline{32.15 \text{ mm.}}$$

$$Y_{pz} = 35 - (J - b)$$

$$\sin(30^\circ) = b / 20$$

$$b = 20 * \sin(30^\circ) = 10.00 \text{ mm.}$$

$$J - b = 19.31 - 10 = 9.31 \text{ mm.}$$

$$Y_{pz} = 35.00 - 9.31 = \underline{25.69 \text{ mm.}}$$

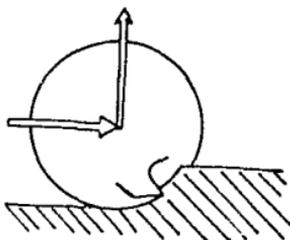
Dibujo 4.42. Ejemplo 2. Arco de círculo parcial. Programación en valor absoluto.

Programación:

N 100 / G02 / X=3215 / Y=2569 / Z=0 / F ...
 N 110 / M99 / I= 517 / J=1931 / K=0

4.5.1.7. G04 - Temporización de espera.

La viruta se rasga si al hacer un taladro y se retira la broca inmediatamente al alcanzar la profundidad de taladrado, es decir, el fondo del taladro quedará escalonado.



Dibujo 4.43. Viruta rasgada. Temporización de espera.

Con frecuencia, esto no tiene importancia alguna en taladros con un cono, sin embargo el desgarre de la viruta es perturbador en caso de taladros escalonados.

Lo mismo pasa también en caso de fresas de grandes diámetros si se les aleja inmediatamente.

Se programa una temporización de espera en todos aquellos casos en los que existen tales posibilidades.

El formato de la instrucción G04 es :

FORMATO G04 N3 / G04

Nota: La herramienta permanece de 4 o 5 segundos en la posición programada del bloque anterior.

4.5.1.8. G21 - Línea vacía.

En el programa se pueden programar cuantas líneas vacías se quieran. Las líneas vacías se saltan en la ejecución del programa. En lugar de las líneas vacías se pueden programar posteriormente otras funciones G o funciones adicionales M.

FORMATO G21 N3 / G21

4.5.1.9. G25 - Subprogramas.

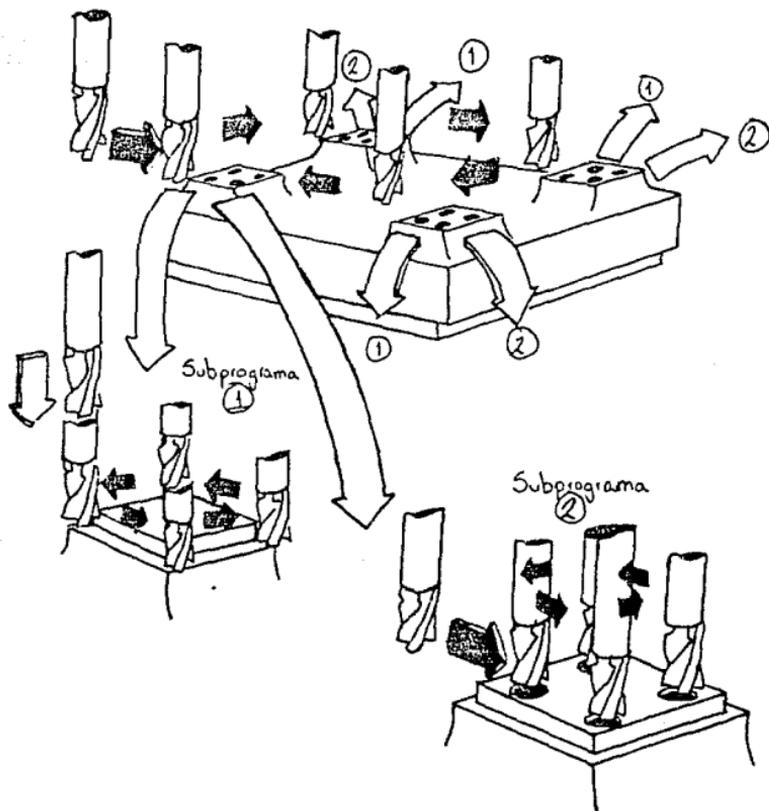
El programa principal dirige los subprogramas. En el programa principal se programan los cursos operativos hasta el punto de comienzo para el subprograma.

El formato es el siguiente :

FORMATO G25 N3 / G25 / L100

Normalmente todos los subprogramas se programan en valor incremental debido a que por lo general son subprogramas repetitivo, es decir, que se llaman más de una vez. Así mismo un subprograma podrá llamar también a subprogramas por la que esta instrucción es muy útil. Consta de una sola variable (L) que almacena el número de línea a la cual tiene que saltar para poder ejecutar el subprograma.

A continuación se da un esquema representativo de la instrucción G25, en el se puede apreciar que se llama repetitivamente a un subprograma, debido a que éste ejecuta una serie de instrucciones para poder llevar a cabo la pieza.



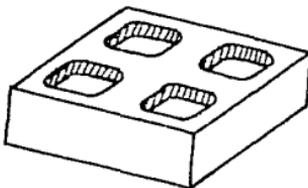
Dibujo 4.44. Esquema representativo de la instrucción G25.

Al final de un subprograma tiene lugar la función de salto de retorno M17, para seguir operando con el programa principal.

Con frecuencia ocurre que en una pieza a trabajar se tienen que hacer varias operaciones de fresado de la misma forma geométrica.

**Ejemplo 1. Fresado de cuatro cavidades
geoméricamente iguales.**

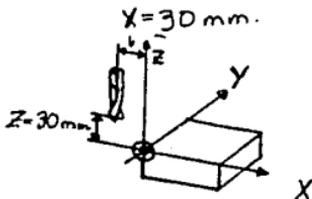
Se tienen que fresar cuatro cavidades geoméricamente iguales. Para acabar, cada fresa se tiene que desplazar a la posición de mecanizado. La programación, o bien la operación de acabado para cada una de las cavidades, es igual. Se programa cuatro veces fresado de cavidades en un programa.



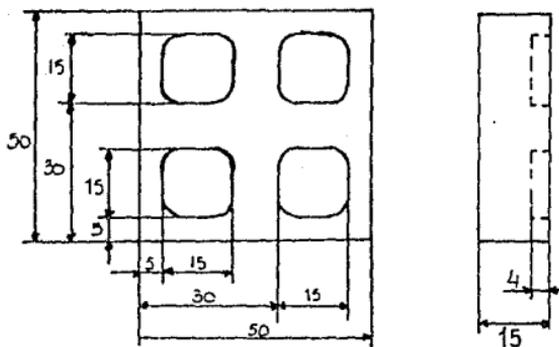
Dibujo 4.45. Ejemplo 1. Fresado de cuatro cavidades geoméricamente iguales.

Datos del ejemplo 1.

- Programación del programa principal : Absoluta.
- Programación del subprograma : Incremental.
- Punto cero de la pieza a trabajar tal como está dibujado.
- La fresa tiene un diámetro de 8 mm.



Dibujo 4.46. Ejemplo 1. Punto cero de la pieza a trabajar.



Dibujo 4.47. Ejemplo 1. Punto cero de la pieza y acotaciones.

Programación.

Fin de programa = Posición de arranque.

N	G (M)	X (J)(D)	Y (K)(S)	Z	F (L)(T)(H)
00	M06	500	2000	1000	01
01	G2	-3000	0	3000	
02	G0	900	0	3000	
03	G0	900	900	3000	
04	G0	900	900	200	
05	G25				L 20
06	G2	900	900	200	
07	G0	3400	900	200	
08	G25				L 20
09	G2	3400	900	200	
10	G0	3400	3400	200	
11	G25				L 20
12	G2	3400	3400	200	
13	G0	900	3400	200	
14	G25				L 20
15	G2	900	3400	200	
16	G0	900	0	200	
17	G0	-3000	0	200	
18	G0	-3000	0	3000	
19	G27				L 28
20	G21				
21	G01	0	0	-600	200
22	G01	700	0	0	200
23	G01	0	700	0	200
24	G01	-700	0	0	200

25	01	0	-700	0	200
26	00	0	0	600	
27	M17				
28	M30				

Descripción del programa.

1. Se desplaza la herramienta al primer punto de iniciación de arranque de viruta.

2. Se llama el subprograma. Se mecaniza por arranque de viruta la primera cavidad.

3. La herramienta se desplaza al segundo punto de iniciación del mecanizado por arranque de viruta.

4. Se llama al subprograma.

5. La herramienta se desplaza al tercer punto de iniciación del mecanizado por arranque de viruta.

6. Se llama al subprograma.

Y así sucesivamente hasta tratar la pieza.

4.5.1.10. G27 - Instrucción de salto.

Con esta instrucción se puede saltar en avance o retorno opcionalmente en el programa.

El formato de la instrucción G27 es como sigue

<p>FORMATO G27 N3 / G27</p>

- Bajo la dirección L (F) se programa hasta el bloque para el que se debe saltar el programa.

Ejemplo

Bloque 17. Instrucción para saltar al bloque 110.

N	G	X	Y	Z	F
--	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
17	G27				L 110
18					
110	xxx	x	x	x	
120	G27				L 16

Bloque 120. Instrucción para saltar en retorno al bloque 18.

Aplicación:

- La superficie de la pieza a trabajar se debe mecanizar o bien dejar sin mecanizar opcionalmente.
- Se describe un programa de acabado, N4 a N12.
- Se programara G21 en el bloque antes de la operación de mecanizado de acabado.
- La pieza a trabajar se mecaniza en acabado con los bloques N4 a N12.

Programación

N	G	X	Y	Z	F
03	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
03	G21				
04	-----				
--	Programa de acabado.				
12	-----				
13					
14					

Instrucción de salto

Si la superficie debe permanecer sin mecanizar (en bruto):

Borrar N3/G21

Programar N3/G27/L13

Se salta por encima de los bloques N4 a N12.

Programación

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
03	G27				
04	-----				
--	Programa de acabado.				
12	-----				
13					
14					

4.5.1.11. G40 - Supresión de la compensación del radio de la fresa paralelo al eje.

La instrucción G40 suprime la compensación del radio de la fresa, esto es, una vez que se ha puesto una instrucción de autorretención como son G45 (sumar el radio de la fresa), G46 (restar el radio de la fresa), G47 (sumar 2 veces el radio de la fresa) y G48 (restar 2 veces el radio de la fresa), es suprimida, es decir, la guía de la fresa sera programada de acuerdo al punto central de la fresa. De la misma manera ocurre con la función adicional M30 (fin de programa).

El formato de la instrucción G40 es como sigue :

FORMATO G40 N3 / G40

4.5.1.12. G45 - Sumar el radio de la fresa.

Como su nombre lo indica suma una vez el radio de fresa al eje de la guía de la fresa, es decir, el valor que uno desee desplazar la herramienta se le sumará una vez, el radio de la fresa.

El formato de esta instrucción sera el siguiente :

FORMATO G45
N3 / G45

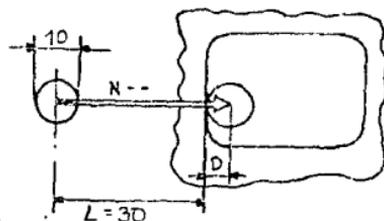
Programación incremental

La fresa debe tocar el lado interior del contorno.

Programación convencional:

N. / G00 / X = L - D / ...

El radio se tiene que adicionar a la longitud L.



Dibujo 4.46. Sumar el radio de la fresa.

PROGRAMACIÓN

N	G	X	Y	Z	F
--	(M)	(J)(D)	(F)(S)		(L)(T)(H)
--	M06	D 500	S 2000	0	T01
--	G45				
--	G00	3000	0	0	
--	G40				

- El computador tiene que saber el radio de la fresa para que pueda calcular el curso operativo ($L-D$).

En uno de los bloques precedentes se tienen que describir los datos de herramienta, de no ser así, alarma A16.

- Llamada G45: Sumar una vez el radio de la fresa.

- Programar el curso operativo. Cota L (X 3000)

El computador busca la información sobre el radio de la fresa, tomándola de la instrucción M06 programada ultimamente.

- Supresión de la compensación del radio de la fresa :

N... / G40.

4.5.1.13. G46 - Restar el radio de la fresa.

Esta instrucción nos permite acercarnos a un borde paralelo o no paralelo al eje de la guía de la fresa, por medio de la resta, de una vez el radio, es decir, el valor que uno desee desplazar la herramienta, se le restará una vez, el radio de la fresa.

El formato sera el siguiente:

FORMATO G46 N3 / G46

Programación: incremental.

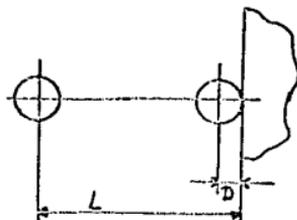
La fresa debe tocar el contorno exterior.

Diametro de la fresa 10 mm.

Programación

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
100	M06	D 500	S 2000	0	T01
101	G46				
102	G00	X = L	Y	0	

La fresa recorre el tramo L - D.



Dibujo 4.49. Instrucción G46 (restar el radio de la fresa).

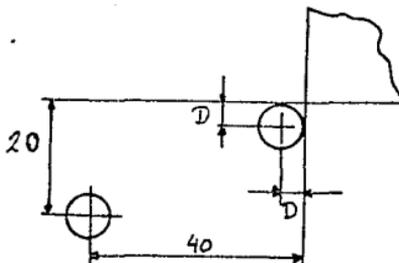
Acercamiento a un borde no paralelo al eje.

Programación: incremental.

Diámetro de la fresa de 16 mm. Cota de referencia Hz = 0.

Programación

N	G	X (M)	Y (J)(D)	Z (K)(S)	F (L)(T)(H)
100	M06	D	800	S	T01
101	G46				
102	G00	4000	0	0	
103	G00	0	2000	0	
104	M30				



Dibujo 4.50. Acercamiento a un borde no paralelo al eje.
programación incremental.

Acercamiento a un borde no paralelo al eje.

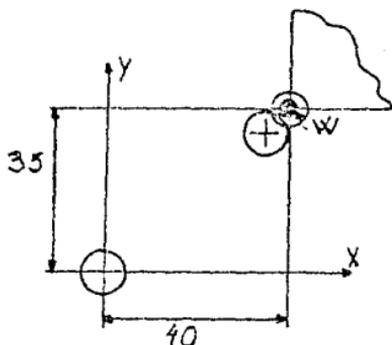
Programación: absoluta.

Diámetro de la fresa de 16 mm.

Punto cero tal como se ha trazado.

Programación

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(K)(S)		(L)(T)(H)
100	M06	D 600	S 2000	0	T01
101	G46				
102	G01	0	0	0	
103	M30				



Dibujó 4.51. Acercamiento a un borde no paralelo al eje.
programación absoluta.

4.5.1.14. G47 - Sumar dos veces el radio de la fresa.

Esta instrucción es similar a la instrucción G45, debido a que en las dos se suma el radio de la fresa. En la instrucción G77 se suma dos veces el radio de la fresa al eje de la guía de la fresa por lo que facilita la programación de las de más instrucciones.

El formato es el siguiente :

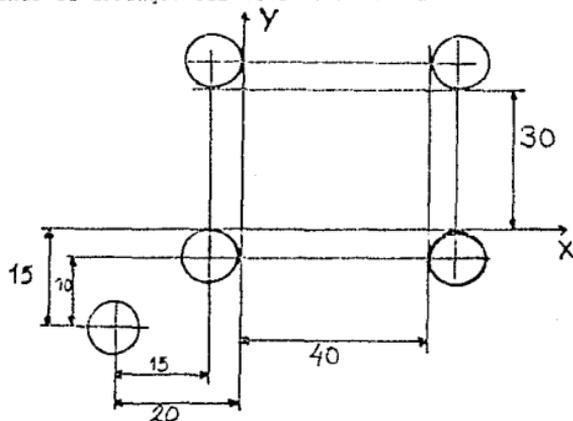
FORMATO G47 N3 / G47

Se debe fresar el contorno exterior.

Programación incremental.

El radio de la fresa es de 6 mm.

Punto de arranque tal como se ha trazado.



Dibujo 4.52. G47 sumar dos veces el radio de la fresa.

Programación

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(E)(S)		(I)(T)(H)
00	M08	D 600	S 2000	0	T01
01	G0				
02	G1	2000	1500	0	200
03	G1				
04	G1	4000	0	0	200
05	G1	0	3000	0	200
06	G1	-4000	0	0	200
07	G1	0	-3000	0	200
08	G0				
09	G0	-2000	0	0	
10	G0	0	-1500	0	
11	M30				

Bloque N04 a N07

Se suma dos veces el radio de la fresa.

Bloque N01, N06

Se resta una vez el radio de la fresa.

4.5.1.15. G48 - Restar dos veces el radio de la fresa.

Con esta instrucción se le restan dos veces el radio de la fresa al eje de la guía de fresa.

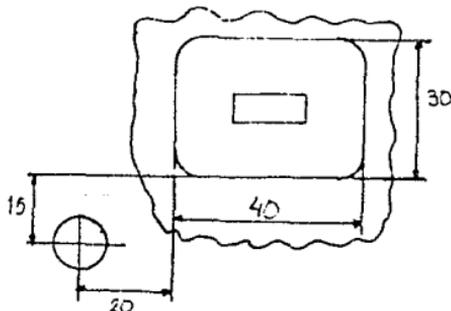
El formato de la instrucción G48 es el siguiente:

FORMATO G48
N3 / G48

Fresar un contorno interior.

Programación incremental.

Radio de la fresa de 6 mm.



Dibujo 4.53. G48 sumar dos veces el radio de la fresa.

Programación

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(F)(S)		(L)(T)(H)
00	M06	D 600	S 2000	0	T01
01	G48				
02	G00	2000	0	0	
03	G00	0	1500	0	
04	G01	0	0	-500	200
05	G48				
06	G01	4000	0	0	200
07	G01	0	3000	0	200
08	G01	-4000	0	0	200
09	G01	0	-3000	0	200
10	G01	0	0	500	200

11	45			
12	00	-2000	0	0
13	00	0	-1500	0
14	M30			

Descripción del programa:

Bloque N00 : Datos de la herramienta.
 Bloque N01 : Suma una vez el radio.
 Bloque N04 : Introducir.
 Bloque N05 : Resta dos veces el radio.
 Bloque N06 a N09 : Contorno interior.
 Bloque N10 : Salida del contorno interior.
 Bloque N11 : Suma una vez el radio.
 Bloque N12 y N13 : Retorno a la posición inicial.

4.5.1.16. G64 - Conectar sin corriente
 los motores de avance.

El formato de la instrucción G64 es como sigue :

FORMATO G64 N3 / G64

4.5.1.17. G66 - Interface RS232C.

Por medio de esta instrucción podemos recibir o transmitir información. La información es grabada en una cinta magnética, que puede ser un cassette o un disco de computadora.

El formato de la instrucción G66 es el siguiente :

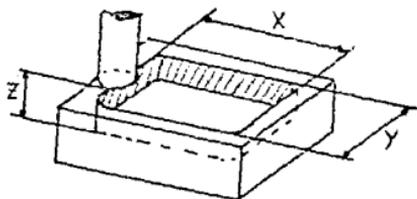
FORMATO G66 N3 / G66

4.5.1.18. G72 - Ciclo de fresado de cavidades.

Las cavidades se presentan con relativa frecuencia en trabajos de fresado. La programación de los muchos bloques se puede agrupar formando un solo bloque. En la memoria se fija una ejecución fija.

Programación de G72

1. G72
2. Valor X, cota interior de la cavidad.
3. Valor Y, cota interior de la cavidad.
4. Valor Z, profundidad de introducción.
5. Valor F, avance en mm/min.



Dibujo 4.54. Instrucción G72. Ciclo de fresado de cavidades.

El formato sera el siguiente:

FORMATO G72

N3 / G72 / X+ 5 / Y+ 4 / Z+ 5 / F3

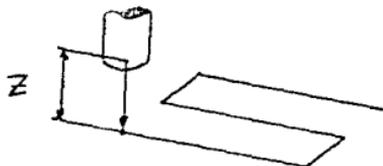
Fases para programar el fresado de cavidades:

1. Bloque N00 / M06 : con los datos de la herramienta.
2. Bloque N01 / G72 : con los datos de la cavidad.

Nota: Si no esta descrita la herramienta, el computador no podrá tomar los datos para calcular los cursos operativos; se emitirá la alarma 18.

La fresa se tiene que posicionar para la introducción en la cavidad.

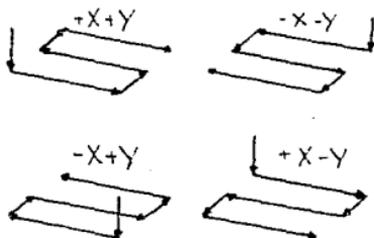
1. La fresa penetra en la cavidad en la magnitud de la cota Z.



Dibujo 4.55. Posicionamiento de la herramienta

2. El fresado de la cavidad puede tener cuatro posibilidades:

- El primer movimiento se hará en el eje X.
- La ejecución del movimiento está determinada por el signo.



Dibujo 4.56. Posibilidades del fresado de cavidades.

El computador calcula el traslape que deberá tener la guía de la fresa, este sera de $1/10$ del radio de la fresa (0.5 mm. en caso de 5 mm. de radio).

La información sobre el radio la busca el computador del bloque M06 ultimamente programado.



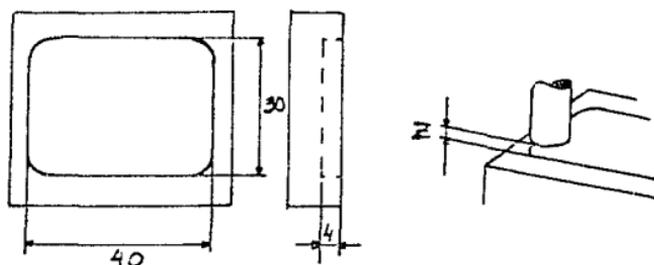
Dibujo 4.57. Traslape de la guía de la fresa.

Ejemplo 1. Fresado de una cavidad.

Datos del ejemplo 1.

- Diámetro de la fresa de 10 mm.
- La cavidad se programa incrementalmente.
- Posición de iniciación para el ciclo tal como se

dibuja.



Dibujo 4.56. Ejemplo 1. Fresado de una cavidad.

Programación

N	G	X	Y	Z	F
	(M)	(J)(D)	(E)(S)		(L)(T)(H)
05	G00				
06	M06	D 500	S 2000	0	T01
07	G01	0	0	-500	
08	G72	4000	3000	0	
09	G00	0	0	500	

Descripción del programa:

- Bloque N05 : Posición inicial de la fresa.
- Bloque N06 : Datos de la herramienta.
- Bloque N07 : La fresa penetra en la cavidad.
- Bloque N08 : Ciclo de fresado de cavidad.
- Bloque N09 : Posición final de la fresa.

4.5.1.19. Taladrar

Se pueden hacer taladros con las instrucciones G00 y G01, esto es:

1. Se desplaza la herramienta al punto de iniciación para el arranque de viruta.
2. Se programa con G01 el avance para la profundidad del taladrado.
3. Se desplaza con marcha rápida al punto de iniciación del mecanizado por arranque de virutas.

La operación es siempre la misma:

- Taladrar con avance G01 la longitud L.
- Marchar hacia atrás en la longitud L con G00.

Por tal motivo, estos dos movimientos se han agrupado formando una instrucción G en un ciclo.

Existen varias instrucciones G para taladrar, pero la operación es siempre la misma, algunas de estas instrucciones presentan algunas variantes.

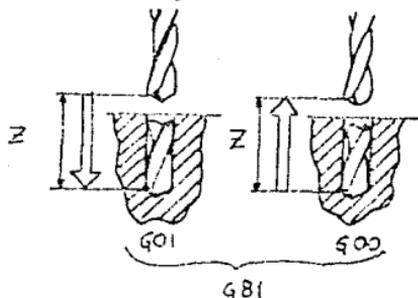
4.5.1.20. G81 - Ciclo de taladrado.

El formato del ciclo de taladrado G81 es como sigue :

FORMATO G81 R3 / G81 / Z+ 5 / F3

La profundidad de taladrado de la instrucción G81 se programa bajo la dirección Z, así como el avance de la fresa. El avance F, estará dado en mm/min.

El retroceso tiene lugar automáticamente con G00.



Dibujo 4.59. Instrucción G81. Descripción del proceso.

Se emplea para taladros pasantes en los que no hay gran profundidad de taladrado.

4.5.1.21. G82 - Ciclo de taladrado con temporización de espera.

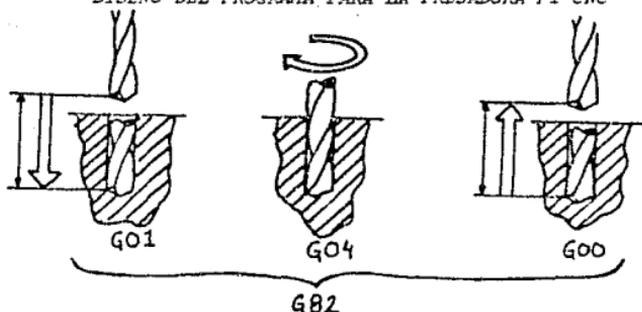
El formato de la instrucción G82 será el siguiente :

<p>FORMATO G82 N3 / G82 / Z+ 5 / F3</p>

El retorno tiene lugar inmediatamente a marcha rápida en caso de G81 una vez que se ha alcanzado la profundidad de taladrar.

Puede ocurrir que se rasque la viruta de taladrar, y la superficie del fondo no quedara limpia como se debe.

Por tal motivo, se hace que la broca permanezca en la posición Z programada un momento.



Dibujo 4.60. Instrucción G82. Descripción del proceso.

Secuencia operacional:

1. Primer movimiento: con avance.
2. La fresa gira durante 0.5 segundos sin movimiento de avance, si se ha alcanzado la profundidad de taladrado.
3. Retorno a marcha rápida.

Se aplica para agujeros ciegos de profundidad media.

4.5.1.22. G83 - Ciclo de extracción de virutas.

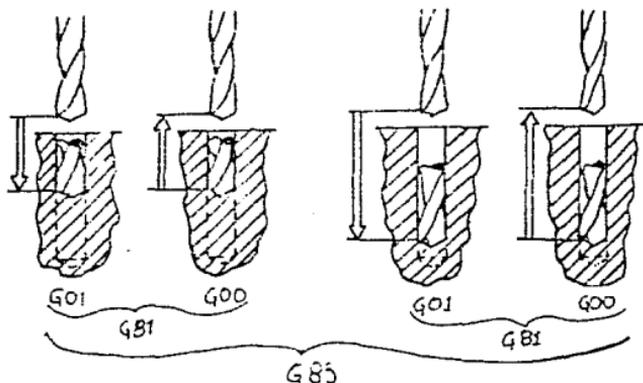
El formato de la instrucción G83 ciclo de extracción de virutas será el siguiente :

<p>FORMATO G83 N3 / G83 / Z+ 5 / F3</p>

En caso de taladros profundos ocurre frecuentemente que las virutas no se van evacuando según los escalones de desahogo de virutas. Por tal motivo, hay que sacar la broca para poder quitar las virutas.

La evacuación de la misma se puede programar con G01/G00/G01/G00, etcétera, o con varios ciclos G01 ó G82.

El plano ilustra el principio que agrupa varios ciclos formando un ciclo.



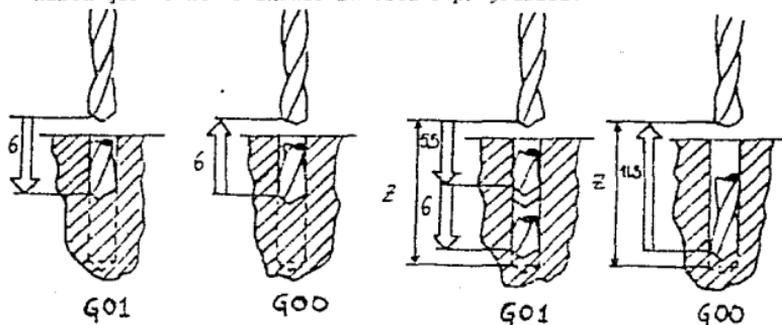
Dibujo 4.61. Instrucción G82. Descripción del proceso.

Ejemplo 1. Taladro profundo.

Avance :

1. Taladrar 6 mm. de profundidad con avance.
2. Retorno de 6 mm con marcha rápida.
3. Con marcha rápida de 5.5 mm y 6 mm con avance.
4. Ir al punto de iniciación con marcha rápida.
5. Con marcha rápida 11 mm. con avance 6 mm. etcetera,

hasta que se ha alcanzado la cota Z programada.



Dibujo 4.62. Ejemplo 1. Taladro profundo.

4.5.1.23. G84 - Ciclo de roscado.

El formato de G84 es como sigue:

FORMATO G84 NS / G85 / F3 / Z+ 5 / F3
--

La instrucción G84 sirve para hacer roscas en la superficie del material, es decir, se puede hacer una rosca dentro de una cavidad circular.

4.5.1.25. G89 - Ciclo de escariado con
temporización de espera.

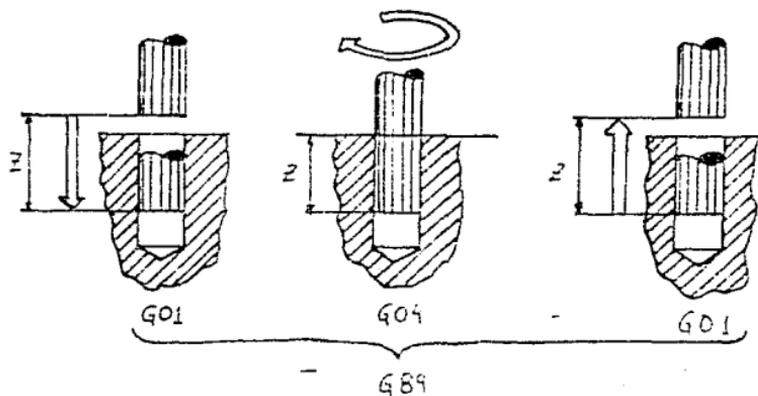
El formato de G89 es el siguiente :

FORMATO G89 N3 / G89 / Z= 5 / F3

La secuencia operacional de la ejecución es igual que en G85. El escariador permanece 0.5 segundos en esta posición si se ha alcanzado la profundidad programada.

Secuencia operacional:

1. Se introduce con avance a longitud Z.
2. Permanece 0.5 segundos en la posición de escariado.
3. Retorne con avance.



Dibujo 4.44. Instrucción G89. Descripción del proceso.

4.5.2. Funciones adicionales o de conexión M.

En las máquinas CNC se pueden programar también operaciones de conexión ampliamente.

Las mismas se programan bajo la dirección M. La palabra para las funciones adicionales contiene un número de código de dos dígitos.

Las funciones adicionales o de conexión están divididas en dos grupos, las funciones M en equipamiento standard F1-CNC. y las funciones M con accesorios interface D.N.C. (Control numérico directo).

4.5.2.1. Funciones M en equipamiento standard F1-CNC.

M00 - Parada programada.

El formato de M00 es como sigue:

<p>FORMATO M00 N3 / M00</p>

Esta instrucción detiene el funcionamiento de la máquina-herramienta hasta que el operador de la orden de reanudación.

M06 - Cálculo de la longitud de la herramienta.

El formato de M06 es el siguiente:

<p>FORMATO M06 N3 / M06 / D-5 / S4 / Z+5 / T3</p>

Esta instrucción indica que se va a realizar el cambio de la herramienta indicada por la función T. Las demás variables de esta función (D,S,T) son las variables de ajuste de las

dimensiones de la herramienta así como velocidad de rotación de la misma.

M17 - Instrucción de salto de retorno.

El formato de M17 es como sigue:

<p>FORMATO M17 N3 / M17</p>

Al final de un subprograma tiene lugar la instrucción de salto de retorno M17, que da como resultado saltar al bloque siguiente con el que se llamó al subprograma.

M30 - Fin de programa con reposición.

El formato de M30 es el siguiente:

<p>FORMATO M30 N3 / M30</p>

Indica que el trabajo ha finalizado o terminado, ésta función es de suma importancia, ya que sin ella el programa no podrá correr marcando la alarma A01: falta la instrucción M30.

M99 - Parámetros de círculo.

El formato de M99 es como sigue:

<p>FORMATO M99 N3 / M99 / I / J / F</p>

En este requisito se programan las coordenadas del punto central del círculo. El punto central del círculo se describe siempre en forma incremental desde el punto inicial del arco

el círculo, con las direcciones I,J,K, respectivamente para cada uno de la ejes coordenados.

4.5.2.2. Funciones M con accesorios interface DNC.

M03 - Husillo en sentido de rotación horaria.

El formato de M03 es el siguiente:

FORMATO M03 N3 / M03

Esta función hace que la rotación del mandril sea en sentido de rotación horario.

M04 - Husillo en sentido de rotación antihoraria.

El formato de M04 es como sigue:

FORMATO M04 N3 / M04

Esta función hace que la rotación del mandril sea en sentido de rotación antihorario.

M05 - Parada del husillo.

El formato de M05 es como sigue:

FORMATO M05 N3 / M05

Esta función anula las dos funciones precedentes a ella. Parando el husillo de girar en cualquiera de los dos sentidos que tiene.

M07 - Refrigerante (lubricante) No.1 Marcha.

FORMATO M07 N3 / M07

M08 - Refrigerante (lubricante) No.2 Marcha.

FORMATO M08
N3 / M08

M09 - Refrigerante (lubricante) Parada.

FORMATO M09
N3 / M09

122

CAPITULO 5

INSTRUCTIVO DEL SIMULADOR DE CONTROL NUMERICO F1-CNC.

El objetivo de desarrollar el simulador de la fresadora de control numerico F1-CNC, es que el simulador sea capaz de reproducir las instrucciones que usa la fresadora F1-CNC, con objeto de facilitar el proceso de aplicaciones.

El simulador cuenta con una pantalla de presentacion en la cual aparecen el nombre del simulador, el autor, el año en que fue realizado. En esta parte se le pregunta al usuario si quiere continuar trabajando con el simulador o desea salirse de él.

Si desea continuar se le presenta una pantalla en la que tendrá que decidir que es lo que quiere hacer, si decide entra al simulador F1-CNC para correr algun programa, entrar a la interface con la fresadora de control numerico para mandar algún programa al equipo de control numerico para posteriormente maquinarlo o decide salirse del simulador.

5.1. Simulador de control numerico F1-CNC.

En esta opcion se presenta un menú de opciones que el usuario podra realizar desde generar un bloque bruto hasta correr su programa preferido de control numerico.

Al entrar al simulador F1-CNC le aparecerá el menú principal del simulador F1-CNC en el cual el puede elegir lo que quiere hacer. El menú consta de las siguientes opciones:

CREA BLOQUE BRUTO
DIBUJA HERRAMIENTA
DIBUJA MONTEA
DIBUJA ISOMETRICO
AMPLIA ISOMETRICO
LIMPIAR PANTALLA
EDITAR PROGRAMA
DISEÑAR PROGRAMA
S A L I D A

NOTA:

El usuario del simulador no podrá entrar a ninguna opción del simulador sin antes haber creado el bloque bruto.

5.1.1. Crea bloque bruto.

En esta opción del menú, se inicializa la matriz que se utilizara en el simulador F1-CNC, además de crear el bloque bruto. La matriz se inicializa para no tener errores a la hora de utilizarla en el simulador. Una vez inicializada la matriz se pasa al procedimiento que crea el bloque bruto que consta de tres variables que son el largo, el alto y el ancho de la pieza, las cuales dan el color a la pieza, es decir, dan la forma volumétrica al bloque bruto para que este pase posteriormente al proceso de diseño y maquinado de la pieza.

5.1.2. Dibuja herramienta.

En esta opción se dibuja la herramienta en los tres planos coordenados, es decir, la herramienta es dibujada en su posición en el espacio con respecto al bloque bruto o a la pieza trabajada.

5.1.3. Dibuja monea.

La monea es dibujada en los tres planos coordenados, con los colores correspondientes a los planos, que dan la forma volumétrica a la pieza.

5.1.4. Dibuja isométrico.

El isométrico es dibujado en la parte derecha de la pantalla, dibuja el bloque o pieza maquinada, dando la forma volumétrica de la pieza.

5.1.5. Ampliar isométrico.

Dibuja una ampliación del isométrico en la pantalla, esta opción es muy útil, debido a que en la ampliación se pueden ver con más claridad la forma de la pieza.

5.1.6. Limpiar pantalla.

Esta opción sirve para limpiar la pantalla, para posteriormente ver con mayor claridad la pieza, ya sea dibujando la montea o el isometrico.

5.1.7. Editar programa.

Editar programa es una las tantas opciones con la que cuenta el simulador F1-CNC. y una de las más importantes, debido a que esta opción simula la hoja del programa completa, es decir, corre paso por paso el programa. El operador al entrar en esta opción podrá:

CORREG PROGRAMA
EDITAR PROGRAMA
ESCRIBIR LINEA
SOPRAR LINEA
CAMBIAR LINEA
IMPRIMIR PROGRAMA
BORRAR PROGRAMA
LEER PROGRAMA
SALIR PROGRAMA
MENU PRINCIPAL

5.1.7.1. Correr programa.

Corre el programa que el operador ha escrito, al correr el programa el operador podrá ver en que línea del programa va, así como la instrucción o función que está ejecutando el programa.

Ejemplo:

HOJA DE PROGRAMA DE LA FRESADORA F1-CNC					
N	G(M)	X(I)(D)	Y(J)(S)	Z(K)	F(L)
00	M06	500	2000	1000	01
01	G92	-3000	0	3000	
02	G00	900	0	3000	
03	G00	900	900	3000	
04	G00	900	900	200	
05	G25				20
06	G92	900	900	200	
07	G00	3400	900	200	
08	G25				20
09					
-					
-					
19	G27				28
20	G91				
21	G01	0	0	-600	
22	G01	700	0	0	
23	G01	0	700	0	
24	G01	-700	0	0	
25	G01	0	-700	0	
26	G00	0	0	600	
27	M17				
28	M30				

5.1.7.2. Editar programa.

El operador podrá ver en pantalla el programa que escribió, esta opción es muy útil debido a que con ellas el

- G02 : Interpolación circular en sentido de rotación horaria. (giro a la derecha)
 N3 / G02 / X+ 5 / Y+ 4 / Z- 5 / F3
- G03 : Interpolación circular en sentido de rotación antihoraria. (giro a la izquierda)
 N3 / G03 / X+ 5 / Y- 4 / Z+ 5 / F3
- G04 : Temporización de espera.
 N3 / G04
- G21 : Línea vacía.
 N3 / G21
- G25 : Llamada de subprograma.
 N3 / G25
- G27 : Instrucción " ir a ".
 N3 / G27
- G40 : Supresión de la compensación del radio de la fresa.
 N3 / G40
- G45 : Sumar el radio de la fresa.
 N3 / G45
- G46 : Restar el radio de la fresa.
 N3 / G46
- G47 : Sumar dos veces el radio de la fresa.
 N3 / G47
- G48 : Restar dos veces el radio de la fresa.
 N3 / G48
- G72 : Ciclo de fresado de cavidades.
 N3 / G72 / X- 5 / Y- 4 / Z- 5 / F3

- G81 : Ciclo de taladrado.
N3 / G81 / Z+ 5 / F3
- G82 : Ciclo de taladrado con temporización de espera.
N3 / G82 / Z+ 5 / F3
- G83 : Ciclo de extracción de virutas.
N3 / G83 / Z+ 5 / F3
- G85 : Ciclo de escariado.
N3 / G85 / Z+ 5 / F3
- G89 : Ciclo de escariado con temporización de espera.
N3 / G89 / Z+ 5 / F3
- G90 : Programación en valor absoluto.
N3 / G90
- G91 : Programación en valor incremental.
N3 / G91
- G92 : Desplazamiento del punto de referencia.
N3 / G92 / X- 5 / Y+ 4 / Z+ 5

Funciones de conexión M.

- M00 : Parada programada.
N3 / M00
- M06 : Cálculo de la longitud de la fresa.
Entrada del radio de la fresa.
N3 / M06 / D 5
- M17 : Instrucción de salto de retorno (en conjunción con G18)
N3 / M17

M30 : Fin de programa.

N3 / M30

M99 : Parámetros del círculo (en conjunción con
G02 y G03)

N3 / M99 / I / J / K

El operador podrá escribir un número de líneas limitado al número de líneas que tiene el simulador, el simulador F1-CNC solo acepta 200 líneas. Si el usuario repite una línea ya escrita ésta se recorrerá una línea abajo por la que las líneas escritas abajo de esta se recorrerán también. Una vez escrita una línea el operador retornará al menú de EDITAR PROGRAMA para posteriormente seleccionar la siguiente opción del menú que desee.

5.1.7.4. Borrar línea.

En esta opción el operador podrá borrar la línea que desee, ésta aparecerá en pantalla para ser borrada o cancelar la instrucción de borrar línea.

Ejemplo:

El operador deberá escribir el número de la línea que desee borrar.

BORRAR LÍNEA DEL PROGRAMA DE LA FRESADORA F1-CNC					
N	G(M)	X(I)(D)	Y(J)(S)	Z(K)	F(L)
01					
BORRAR			CANCELAR		

Aparecerá la línea que desea borrar ,si el operador desea borrar la línea deberá seleccionar borrar y la línea será borrada, pero si el operador no desea borrar la línea deberá de seleccionar cancelar y la instrucción de borrar será eliminada.

BORRAR LINEA DEL PROGRAMA DE LA FRESADORA F1-CNC					
N	G(M)	X(I)(D)	Y(J)(S)	Z(K)	F(L)
01	G92	-3000	0	3000	
				BORRAR	CANCELAR

5.1.7.5. Cambiar línea.

Con esta opción el operador podrán cambiar la línea que desee, esta aparecerá en pantalla para que el operador decida si deba ser cambiada o no. Los pasos son los mismos que en el ejemplo anterior.

El operador deberá escribir el número de la línea que desee cambiar,

CAMBIAR LINEA DEL PROGRAMA DE LA FRESADORA F1-CNC					
N	G(M)	X(I)(D)	Y(J)(S)	Z(K)	F(L)
01					
				CAMBIAR	CANCELAR

aparecerá la línea que desea cambiar ,

CAMBIAR LINEA DEL PROGRAMA DE LA FRESADORA F1-CNC					
N	G(M)	X(I)(D)	Y(J)(S)	Z(K)	F(L)
01	G92	-3000	0	3000	
				CAMBIAR	CANCELAR

si el operador desea cambiar la línea deberá seleccionar cambiar y aparecerá el menú de opciones de instrucciones y funciones del simulador FI-CNC,

INSTRUCCIONES GXX				G00	G01	G02	G03	G04	G21
G25	G27	G40	G45	G46	G47	G48	G72	G74	G81
G82	G83	G84	G85	G89	G90	G91	G92	-----	
				CANCELAR					

FUNCIONES MXX				M00	M06	M17	M30	M99	=====

para posteriormente contestar las variables que cada instrucción o función tenga, pero si el operador no deseara cambiar la línea, deberá de seleccionar cancelar y la instrucción de cambiar será eliminada, para retornar al menú de EDITAR PROGRAMA.

5.1.7.6. Imprimir programa.

El programa es impreso en papel, por medio de la impresora, por lo que antes de mandar a imprimir el programa el usuario deberá de revisar que la impresora esté encendida y esté lista para recibir la información, de lo contrario marcará un error.

5.1.7.7. Borrar programa.

El operador podrá borrar todo el programa si así lo desea. Esta opción sirve para cuando el usuario quiere hacer de nuevo el programa o cuando quiere cargar otro programa.

5.1.7.8. Leer programa.

Con esta opción el usuario podrá leer del disco donde tiene guardados sus programas y ponerlos en la memoria de la computadora para que se han corridos, editados, o haga algún tipo de cambios en el.

5.1.7.9. Salvar programa.

Con esta opción el usuario podrá guardar su programa en el disco, para posteriormente ser leído nuevamente por el simulador o por la interface con la máquina-herramienta de control numérico.

5.1.7.10. MENU PRINCIPAL.

El operador retorna al menú principal donde podrá crear un nuevo bloque bruto o dibujar la montea o dibujar el isométrico, etcétera.

5.1.8. Diseñar programa.

Esta opción sirve para diseñar el proceso de maquinado de la pieza. en ella se pueden usar todas las instrucciones G y funciones M que estén íntimamente ligadas con el proceso de maquinado o arranque de viruta.

Se presenta un menú en el cual el operador del simulador podrá diseñar la hoja de programa que utiliza la fresadora F1-CNC. Este menú cuenta con algunas restricciones como son: no se presentan todas las instrucciones G y funciones adicionales o de conexión M debido a que muchas de ellas no son instrucciones o funciones propias con el proceso de arranque de viruta, es decir, con ellas no se puede arrancar material del bloque bruto.

Las funciones que sí están dentro del menú son:

INSTRUCCIONES G			
G00	G01	G02	G03
G40	G45	G46	G47
G48		G72	G81
G82	G83	G85	G89
G90	G91	G92	
FUNCIONES M		M06	
MENU PRINCIPAL			

Intrucciones G.

- G00 : Desplazamiento en marcha rápida.
 G01 : Interpolación lineal de restas.
 G02 : Interpolación circular en sentido de rotación horaria. (giro a la derecha)
 G03 : Interpolación circular en sentido de rotación antihoraria. (giro a la izquierda)

- G40 : Supresión de la compensación del radio del útil.
- G45 : Sumar el radio de la fresa.
- G46 : Restar el radio de la fresa.
- G47 : Sumar dos veces el radio de la fresa.
- G48 : Restar dos veces el radio de la fresa.
- G72 : Ciclo de fresado de cavidades.
- G81 : Ciclo de taladrado.
- G82 : Ciclo de taladrado con temporización de espera.
- G83 : Ciclo de extracción de virutas.
- G85 : Ciclo de escariado.
- G89 : Ciclo de escariado con temporización de espera.
- G90 : Programación en valor absoluto.
- G91 : Programación en valor incremental.
- G92 : Desplazamiento del punto de referencia.

Funciones de conexión M.

- M06 : Cálculo de la longitud de la fresa.
Entrada del radio de la fresa.
- M99 : Parametros del círculo (en conjunción con G02 y G03)

Ninguna de las instrucciones G o funciones adiciones sirve si antes no se ha capturado el valor del radio de la fresa, es decir, antes de comenzar a diseñar el programa debemos seleccionar la opción M06 y dar el radio de la fresa, una vez hecho esto podremos comenzar a hacer nuestro programa.

Es importante ver donde está el punto de inicio del programa del simulador, éste se encuentra ubicado a -30 mm. en el eje X , a 0 mm. del eje Y y a 30 mm. en el eje Z. A partir de este punto el operador del simulador podrá empezar a hacer su programa. El simulador F1-CNC tiene la característica de que empieza la programación en valor incremental, pero esto no quiere decir que siempre el operador deberá programar en valor incremental él podrá cambiar en cualquier momento la forma de programación. Si el operador del simulador deseara programar en valor absoluto deberá seleccionar la opción G90 (programación en valor absoluto) esta opción toma como punto cero de la pieza el punto en el cual se encuentre la guía de la fresa en ese momento, pero si el operador deseara desplazar el punto cero de la pieza deberá oprimir G92 (desplazamiento del punto cero de la pieza a trabajar). A partir de este momento el operador podrá diseñar el programa de arranque de viruta del bloque bruto y ver como trabaja cada instrucción.

Si el operador deseara cambiar de herramienta, este podrá hacerlo el número de veces que lo desee. El radio de la herramienta podrá variar desde 100 centésimas hasta 3000 centésimas. El punto de cambio de la herramienta se ha elegido que sea igual al punto de inicio del programa, esto es, si el usuario quisiera cambiar la herramienta en cualquier otro lugar que no sea el punto de inicio del programa lo podrá hacer pero la herramienta aparecerá en el punto de inicio del programa.

Todas las instrucciones G podrán ser programadas con valores incrementales o absolutos.

5.1.9. Menú principal.

Con esta opción uno retorna al menú principal del simulador F1-CNC. Para posteriormente decidir si corre nuevamente el simulador F1-CNC, corre la interface con la fresadora F1-CNC o decide salirse del simulador.

5.1.10. Interface con la máquina-herramienta de control numérico. (Interface RS232C).

Con esta opción el usuario podrá mandar sus programas a la máquina-herramienta de control numérico para que el equipo de control codifique las instrucciones para poder maquinar la pieza.

Al entrar a esta opción la computadora pregunta el nombre del programa que desea transmitir, si este existe aparecerá una serie de instrucciones que deberá de realizar que son:

1. Deberá encender la fresadora.
2. Deberá escribir en la hoja de programa de la fresadora la instrucción G66, que activa la interface RS232C.
3. Una vez escrita la instrucción G66 deberá oprimir dos veces la tecla INF , apareciendo en la pantalla de la fresadora "CARGANDO PROGRAMA".

Habiendo realizado estos tres pasos, deberá oprimir la tecla <ENTER> de la computadora y la información será mandada al equipo de control numérico apareciendo en la pantalla de la fresadora "PROGRAMA SIENDO CARGADO".

Finalizando la transmisión de la computadora a la máquina-herramienta se podrá ver el listado del programa transferido en la pantalla de la fresadora, para posteriormente ser corrido en la máquina-herramienta para fabricar la pieza deseada.

Una vez terminada la interfase retornará al menú principal del simulador.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES.

Como se pudo observar, el Ingeniero Industrial constituye el enlace entre la tecnología y la dirección, donde el equilibrio teórico-práctico de la preparación del ingeniero es el medio por el cual alcanza los objetivos esenciales en el aumento de la productividad .

En términos generales podemos decir que el Ingeniero Industrial es aquel que aplica sus conocimientos, habilidades y actitudes orientadas a la creación de obras y dispositivos físicos que satisfacen las necesidades y deseos de la sociedad.

El Ingeniero Industrial esta orientado a la optimización del trabajo humano así como los recursos materiales que intervienen tanto en sistemas productivos como en empresas de servicios. Esta optimización sólo se podrá lograr mediante las técnicas de medición, análisis, mejoramientos de metodos de trabajo, el diseño e implementación de mejores sistemas de producción, etcétera.

A lo largo del trabajo desarrollado se fueron presentando aspectos importantes donde el Ingeniero Industrial puede desarrollar su habilidad para el mejoramiento de procesos industriales por medio de la simulación.

El uso de la simulación ha tenido un gran desarrollo en el área de análisis de manufactura. Esto ha provocado el uso de paquetes de simulacion, los cuales reducen el tiempo de desarrollo del modelo y la disponibilidad de animación gráfica que resulta en una mejor comprensión del modelc.

Esto nos llevó como consecuencia al diseño y construcción de un simulador que fuese capaz de reproducir el funcionamiento de una máquina-herramienta con control numérico.

Es así como el simulado de control numérico F1-CNC cumple con las características de un simulador, que son reducir el tiempo de desarrollo del modelo y la disponibilidad de animación gráfica mediante la reproducción de las instrucciones que utiliza la fresadora de control numérico F1-CNC. La flexibilidad del simulador de control numérico F1-CNC nos permite desarrollar cualquier modelo. Como resultado el simulador de control numérico F1-CNC cumple con todo los requisitos para el desarrollo de modelos.

Como conclusión podemos afirmar que la realización de un simulador de control numérico da como resultado un incremento en un número de desarrollo de aplicaciones incrementando notablemente la capacidad del individuo para la realización de aplicaciones complejas. El utilizar el simulador de control numérico que da la flexibilidad necesaria para el mejoramiento del proceso de aplicaciones, es un resultado exitoso de la Ingeniería Industrial.

Así mismo el simulador de control numérico es una herramienta que permite evaluar de manera precisa los resultados a obtenerse de una aplicación en la fresadora F1-CNC con miras a la fabricación del producto antes de invertir en el mismo, además de ofrecer la posibilidad de evaluar el efecto de cambios en el funcionamiento del programa para aumentar de manera considerable la eficiencia de la máquina.

BIBLIOGRAFIA

- BIBLIOGRAFIA -

Aligue López Jose Ramon .

CONTROL NUMERICO.

Sexta Edición.

Editorial: Boixareu Editores Marcambo.

Barcelona (España), 1961.

Gonzalez Nuñez Juan .

EL CONTROL NUMERICO EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTA.

Segunda Edición.

Editorial: Compañía Editorial Continental S.A. C.E.C.S.A.

México, 1990.

Glenn G Ertell.

CONTROL NUMERICO EN LAS MAQUINAS-HERRAMIENTA.

Editorial: Limusa-Wiley.

México, 1972.

Gálatas y de los Santos Juan Miguel Francisco.

CONTROL NUMERICO DE MAQUINAS-HERRAMIENTAS Y SU APLICACION.

Editorial: UNAM.

México, 1966.

Weck Manfred .

HANDBOOK OF MACHINE TOOLS.

Volumen 3. AUTOMATION AND CONTROLS.

Editorial: JOHN WILEY & SONS.

Alemania, 1980.

De Garmo E. Paul .

MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACION.

Segunda Edición.

Editorial: Reverté S.A.

Barcelona (España), 1975.