

CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO

ESCUELA TÉCNICA NUESTRA SEÑORA DE LA GUARDIA N° 8199

URIBURU 1670 – ROSARIO – TEL/FAX: 041–632084

INTRODUCCIÓN

Una máquina a control numérico, tanto torno como fresa, es una máquina convencional con algunos elementos más sofisticados, como por ejemplo una computadora que la comanda.

Esencialmente funciona de esta manera: en base a un plano de una pieza determinada, se elabora un programa de pieza. Este programa está compuesto de una serie de *códigos*, los que son leídos por la computadora y le transmiten a la máquina las órdenes para que trabaje. De esta manera se consigue una pieza en forma prácticamente automatizada.

Otra manera, es por un sistema de trabajo que se llama CAD – CAM.

Primero se dibuja en la computadora la pieza en un programa que se llama CAD (**Diseño Asistido por Computadora**)

El dibujo es transformado en forma automática en un *programa* CNC por un software denominado CAM (**Mecanizado Asistido por Computadora**). Este programa sería similar al conseguido en forma manual por el método anterior, y posteriormente se transmite a la máquina CNC propiamente dicha.

La historia de las máquinas con control numérico es reciente, pero sin embargo el impulso que las mismas provocaron en la industria, es tan importante que actualmente no se concibe un futuro tecnológico sin ellas.

La calidad de las piezas elaboradas por estas máquinas, así como la velocidad de sus componentes, es tan relevante, que a primera vista asombra a quienes no tienen conocimiento de mecánica como a quienes lo poseen.

Básicamente podemos definirlas como *máquinas herramientas manejadas por computadoras*, pero le quitaríamos mérito, ya que la completitud de las mismas nos muestran un mecanismo dotado de partes mecánicas, electrónicas, neumáticas y hidráulicas que conforman un todo automatizado de última generación.

Estos tornos y fresas, en lugar de desmerecer la función del hombre en el proceso productivo, genera una necesidad de especialización que lo perfecciona y enaltece.

Con esta visión de futuro, es que el técnico se debe preparar en este terreno para encarar decididamente el mañana.

Las máquinas herramientas comandadas por control numérico computarizado, constan de un cerebro, llamado *Unidad de Gobierno*, que es el ordenador.

La función del mismo es servir de nexo entre el operador y la máquina en sí, comunicando a los dispositivos necesarios, los impulsos eléctricos que se transformarán en un desplazamiento o en un giro de un eje.

Para conseguir esto, el ordenador comunicará a los *servomotores* paso a paso, de corriente continua o hidráulicos, las instrucciones para conseguir que un carro o mesa se mueva, o que un husillo rote.

El operario provoca esto introduciendo mediante un teclado, una serie de letras y números que conforman un *código* de CNC, que hilvanados formarán un *programa* de pieza.

Una vez conseguido esto, unos elementos denominados transductores, se encargarán de chequear o medir los correctos valores de maquinado, es decir los desplazamientos y las rotaciones efectuadas en el maquinado.

1^a parte

1. Máquinas herramientas con control numérico computarizado. Antecedentes y componentes.

1.1. Antecedentes.

1.2. Ventajas de la aplicación de una máquina herramienta con CNC.

1.3. Componentes.

a) La Unidad de Gobierno.

b) Los servomecanismos.

c) Los transductores.

d) Dispositivos para el cambio de herramienta.

e) Husillos y ejes de trabajo y avances.

2. Programación.

2.1. Ejes principales de referencia.

2.2. Puntos cero de referencia.

2.3. Fundamentos de elaboración de una programación CNC.

Códigos de programa según ISO 66025.

Funciones preparatorias "G".

Funciones de maniobra y complementarias "M", "S", "T".

1.MAQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO.

ANTECEDENTES Y COMPONENTES

1.1. ANTECEDENTES.

Para poder analizar y definir en qué consiste una máquina herramienta con CNC, primeramente vamos a considerar como se comportaría una máquina convencional ante un proceso de producción.

En este caso, el plano de la pieza a fabricar, constituye el soporte principal de los datos de mecanizado.

Para poder efectuar el maquinado, el operario lee e interpreta el plano, y posteriormente realiza sobre la máquina las maniobras adecuadas para poder obtener el producto final. Estos son: los desplazamientos de la herramienta, la elección de los datos del corte, la puesta a punto de la pieza, elección de herramientas, etc.

Es decir, que es un vínculo directo: plano – operario – máquina herramienta.

En un maquinado con un CNC, el hombre leerá el plano, y construirá una sucesión ordenada de datos alfanuméricos, que conformarán el programa de la pieza, el cual será introducido en la Unidad de Gobierno (ordenador), que será el encargado de transmitir a los órganos de la máquina, las instrucciones correspondientes para poder elaborar la pieza.

Como podemos observar, se ha agregado un elemento en la cadena de relaciones:

plano – operario – unidad de gobierno – máquina herramienta.

1.2. VENTAJAS DE LA APLICACIÓN DE UNA MAQUINA HERRAMIENTA CON CNC.

Para la producción de piezas en serie, nos encontramos con varios sistemas para permitir la repetibilidad de pasos y operaciones en las máquinas convencionales: en los tornos automáticos y semi automáticos, esto se consigue mediante sistemas de levas, pero este sistema es poco flexible, ya que para piezas diferentes, requiere una nueva puesta a punto, con una considerable pérdida de tiempo, que de por sí es muy importante.

Tampoco es factible el sistema de fabricación que requiera de máscaras, moldes o modelos, por su elevado costo de fabricación y su poca probabilidad de transformarlos para piezas distintas.

Constituyen, de esta manera, una memoria rígida e inflexible.

En cambio, una máquina con CNC, automatiza los movimientos y acciones como ser: desplazamientos de los carros o mesas, giro de el o los cabezales, las distintas gamas de avances y de velocidades de corte, los cambios de herramientas y piezas, etc., simplemente cambiando la programación de la máquina.

De esta manera, podemos afirmar que ganamos en:

- Reducción en los tiempos de producción, por una importante disminución en los tiempos muertos.
- Mayor fiabilidad en la producción de las piezas, dado que existe menor posibilidad de piezas defectuosas.
- Reducción de los tiempos de control de la calidad.
- Reducción de los tiempos de control de proceso por medio de planos y hojas de ruta o de procesos.
- Ahorro de herramientas y dispositivos de corte, al optimizarse la utilización de las herramientas.

Evidentemente, esto redunda en un muy considerable ahorro económico que superará a mediano plazo el gasto inicial de compra de una máquina CNC.

1.3. COMPONENTES.

Al analizar una máquina con CNC, observamos que básicamente mantiene su principio de funcionamiento comparada con una convencional, con excepción de la innovación que le confiere su ordenador o unidad de gobierno.

Este componente es quien más a evolucionado con el correr de muy poco tiempo, aunque los demás elementos que conforman tradicionalmente una máquina herramienta, han debido adecuarse a las altas velocidades de maquinado, y a la extrema precisión en los posicionamientos tanto de las herramientas como de las piezas.

Por ejemplo, se recubrieron las superficies de deslizamiento con materiales plásticos muy resistentes al desgaste, los desplazamientos de los carros son mediante sistemas de transmisión por tornillos de bolas recirculantes, los restantes movimientos son mediante circuitos hidráulicos o neumáticos.



Los desplazamientos de las herramientas y el giro del husillo, son provocados por motores de corriente continua.

Y muy particularmente, en el campo de las herramientas de corte, se han debido adecuar a las altas exigencias de terminación y de esfuerzos de corte.

Podríamos decir, que los elementos componentes de una máquina con CNC, son:

a.– La unidad de gobierno.

b.– Los servomecanismos.

c.– Los transductores.

d.– Dispositivos para el cambio de herramientas.

e.– Husillos y ejes de trabajo y avances.

a.– La unidad de gobierno.

Es el elemento que contiene la información necesaria para todas las operaciones de desplazamientos de las herramientas, giro de los husillos, etc.

Está conformada por el ordenador o procesador, que es donde se encuentra la memoria de almacenamiento de los datos de maquinado, que serán transformados en impulsos eléctricos y transmitidos a los distintos motores de la máquina; y por el tablero o panel de servicio, elemento físico por donde se ingresan los datos requeridos por el control.

Esto se realiza mediante un teclado alfanumérico similar al teclado de una computadora, una zona de paneles de mando directo de la máquina, y un monitor (display o pantalla).

b.– Los servomecanismos.

Estos se encargan principalmente de los movimientos de los carros o mesas de la máquina.

Son servomotores con motores paso a paso, a corriente continua, hidráulicos, etc.

Reciben los impulsos eléctricos del control, y le transmiten un determinado número de rotaciones o inclusive una fracción de rotación a los tornillos que trasladarán las mesas o los carros.

Los servomotores con motores paso a paso, constan de un generador de impulsos que regulan la velocidad de giro del motor variando la cantidad y frecuencia de los impulsos emitidos. Estos motores giran un ángulo (paso) de aproximadamente 1° a 10° por impulso.

La cantidad de impulsos puede variar hasta 16.000 por segundo, dando como resultado una gran gama de velocidades.

En los servomotores con motores de corriente continua, cuando varía la tensión, varía proporcionalmente la velocidad de giro del motor.

El servomotor hidráulico, posee una servoválvula reguladora del caudal que ingresa al motor, dosificando de

esta manera la velocidad de rotación del mismo.

C.– Los transductores

La función de los mismos consiste en informar por medio de señales eléctricas la posición real de la herramienta al control, de manera que este pueda compararla con la posición programada de la misma, y efectuar los desplazamientos correspondientes para que la posición real sea igual a la teórica.

Los dispositivos de medición pueden ser directos o indirectos.

En los de medición directa, encontramos una regla graduada unida al carro.

En cambio, en los de medición indirecta, un cuenta vueltas reconoce la cantidad de giros que efectúa el tornillo de filete esférico del carro.

También podemos clasificarlos de acuerdo a sus características de funcionamiento, pudiendo ser absolutos, incrementales o absolutos–cíclicos.

Los absolutos, informan de las posiciones de los carros punto por punto con respecto a un punto de origen fijo previamente determinado.

Los incrementales, emiten un impulso eléctrico a intervalos de desplazamiento determinados, los que son acumulados por un contador de impulsos, quienes informarán al control de la suma de estos impulsos.

Los últimos, pueden decirse los más difundidos, y funcionan de la siguiente manera:

- *Pueden medir directamente movimientos angulares o giratorios, lo que se utiliza para determinar la coordinación exacta de los carros con el giro del husillo en los casos de roscado, por ejemplo.*
- *Otros miden la posición del carro o la mesa utilizando una escala metálica con un circuito impreso en forma de grilla, que se encuentra fijo sobre la carrera a dimensionar. Sobre esta, se mueven con los carros, un par de lectores (cursores) eléctricos, que informarán sobre la mensura efectuada al control.*

d.– Dispositivos para el cambio de herramientas.

El cambio de las herramientas de trabajo en una máquina con CNC, se efectúa de manera totalmente automática, para lo cual se utilizan dispositivos de torreta tipo revólver, con un número importante de posiciones o estaciones, o sistemas de cambio denominados magazines, que consta de una cinta o cadena, que con el auxilio de agarraderas, selecciona la herramienta a emplear de un almacén y la sitúa en posición de trabajo.

e.– Husillos y ejes de trabajo y avances.

Los husillos de trabajo en las máquinas con CNC son movidos con motores de corriente continua, generalmente, ya que los mismos permiten incrementar o decrecer el número de R.P.M. sin escalonamientos.

Cuando hablamos de ejes de trabajo o de rotación, nos referimos a las máquinas en las cuales la mesa de trabajo o el cabezal del husillo son orientables pudiendo adoptar distintas posiciones angulares, tal es el caso de los centros de maquinado o las fresas, o algunos tornos verticales con varios montantes.

Conocemos como ejes de avances a las direcciones en las cuales se mueven los carros, el husillo o la mesa de

trabajo.

De esta manera, en un torno tendremos un eje **X** determinado por un avance en el sentido perpendicular al husillo, y un eje **Z** que será colineal al eje del torno.

En una fresa, generalmente los ejes **X** e **Y** son coplanares y generados ambos por el movimiento de la mesa, y el eje **Z**, coincidirá con el movimiento vertical del husillo.

2. PROGRAMACIÓN

2.1. EJES PRINCIPALES DE REFERENCIA.

Tendremos fundamentalmente tres ejes de referencias: los ejes X, Y, Z.

El eje X, es paralelo al carro transversal, y en el caso del torno, sus medidas se toman a partir del eje de la pieza, pero con valores de diámetros.

El eje Y, que es perpendicular al anterior, y solo lo encontramos en las fresas.

El eje Z, que es coincidente con el eje de la máquina.

2.2. PUNTOS CERO DE REFERENCIA.

Vamos a diferenciar algunos puntos de referencia:

Punto cero de la máquina

Este origen de coordenadas está dado por el fabricante, y es un punto interior de la máquina.

Punto cero de la pieza

Este punto es arbitrario y determinado por el programador, con referencia al cero de la máquina.

Los datos de trayectoria de las herramientas y de distancias en avances y penetraciones están referidos a este punto en particular. Es decir, los datos de un programa de pieza, son tomados en base a este.

Punto cero del carro

Está referido con respecto al cero de la máquina. Se tiene en cuenta para la determinación de los datos de magnitudes de herramientas.

2.3. FUNDAMENTOS DE ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA CNC.

Las operaciones que un CNC debe efectuar para obtener una pieza determinada, están elaboradas en un estudio previo, que llamaremos programación manual, del plano de la pieza, y la confección de una hoja de procesos para mecanizar.

Tendremos entonces en cuenta los siguientes factores:

DETERMINACIÓN DEL CICLO DE TRABAJO; en el cual, mediante una hoja de procesos, previamente determinamos cuales son las operaciones a efectuar en la máquina.

DETERMINACIÓN DE LA HERRAMIENTA; es decir, del tipo de herramienta, calidad, forma, perfil y dimensiones de la misma de acuerdo a las distintas operaciones.

DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE CORTE; como la velocidad de corte, avances, profundidad de pasada, tiempo de operación.

DETERMINACIÓN DEL RECORRIDO DE LA HERRAMIENTA; en el cual debemos tener en cuenta la optimización del mismo para disminuir al máximo el tiempo de maquinado.

Este estudio previo a la programación propiamente dicha, es necesario ya que de esta manera vamos a determinar, de las muchas formas de programar una misma pieza, cual es la más acertada y la que nos proporcionará un aprovechamiento óptimo de la máquina y de la herramienta.

Para que un CNC pueda interpretar los datos que vamos a incorporarle teniendo en cuenta lo antes citado, la información se la suministraremos por medio de un código o lenguaje propio de la máquina, o sea elaborando un programa de pieza, para lo que tomaremos como referente el código de programación ISO 1050 o DIN 66025

CÓDIGOS DE PROGRAMA SEGÚN DIN 66025

%	<i>Identificación automática de códigos (comienzo de programa).</i>
:	<i>Secuencia principal</i>
LF	<i>Final de secuencia.</i>
A	<i>Ángulo en coordenadas polares / ángulo para sucesiones de contorno.</i>
B	<i>Radio en interpolación circular /chaflán o radio en sucesión de contorno.</i>
C	<i>Anchura de pasada.</i>
D	<i>Distancia del plano de referencia a la superficie de la pieza./Selección de corrección de herramienta.</i>
F	<i>Velocidad de avance..</i>
G	<i>Función preparatoria.</i>
H	<i>Funciones auxiliares.</i>
I	<i>Parámetro de interpolación circular relativo al eje X./ Paso en un roscado</i>
J	<i>Parámetro de interpolación circular relativo al eje Y.</i>
K	<i>Parámetro de interpolación circular relativo al eje Z./ Paso en un roscado</i>
L	<i>Número de subprograma.</i>
M	<i>Función auxiliar.</i>
N	<i>Número de bloque o secuencia.</i>
P	<i>Número de pasadas en un subprograma.</i>
R	<i>Parámetros de un ciclo.</i>
S	<i>Velocidad de corte./ Velocidad de giro en RPM./Parada precisa del cabezal en grados.</i>
T	<i>Identificación de herramienta.</i>
X	<i>Movimiento principal del eje X.</i>
Y	<i>Movimiento principal del eje Y.</i>
Z	<i>Movimiento principal del eje Z.</i>

FUNCIONES PREPARATORIAS G

Estas funciones determinan las condiciones de desplazamiento, es decir, como se deben mover los carros o la mesa, el tipo de interpolación, el tipo de acotado. En otras palabras, el modo y la forma de realizar los desplazamientos.

G00	*	Posicionamiento en rápido.
G01	*	Interpolación lineal.
G02	*	Interpolación circular en sentido horario
G03	*	Interpolación circular en sentido antihorario
G04		Tiempo de parada bajo X (secuencia propia)
G05	*	Trabajo en arista matada
G07	*	Trabajo en arista viva
G09		Deceleración. Parada precisa I
G20		Llamada a subrutina standar
G21		Llamada a subrutina paramétrica
G22		Definición de subrutinas standar
G23		Definición de subrutinas paramétricas
G24		Final de subrutina
G25		Salto incondicional
G26 a 29		Salto condicional
G33	*	Roscado con paso constante
G34	*	Roscado con paso creciente
G35	*	Roscado con paso decreciente
G36		Redondeado controlado de aristas
G37		Entrada tangencial
G38		Salida tangencial
G39		Achaflanado
G40	*	Sin compensación de radio de corte
G41	*	Compensación de radio de corte a la izquierda
G42	*	Compensación de radio de corte a la derecha
G50		Carga de dimensiones de herramienta
G51		Corrección de dimensiones de herramienta
G53	*	Supresión de decalaje de origen
G54 a 59	*	Traslados de origen
G63		Roscado con macho. Corrección del avance al 100%
G64		Servicio de contorneado
G70	*	Entrada en pulgadas
G71	*	Entrada en milímetros
G72	*	Factor de escala
G74		Búsqueda automática del punto de referencia
G90	*	Acotación en absoluto
G91	*	Acotación en incremental
G92	*	Limitación valor prescrito velocidad de giro del cabezal bajo S en R.P.M.
G94	*	Avance bajo F en mm/min. o pulg/min.
G95	*	Avance bajo F en mm/vuelta o pulg/vuelta

G96	*	Avance bajo <i>F</i> en mm/vuelta y velocidad de corte bajo <i>S</i> en m/min.
G97	*	borrado de G96. Memoriza último valor de G92

Los símbolos acompañados por (*), son funciones que tienen una contradictria, por lo que se debe poner especial cuidado de no colocar dos opuestas en una misma secuencia.

Las funciones preparatorias anteriores, son de utilización tanto en tornos como en fresas, mientras que un CNC de una fresa puede contener además las siguientes funciones:

G10	*	Anulación de la imagen espejo
G11	*	Imagen espejo en el eje X
G12	*	Imagen espejo en el eje Y
G13	*	Imagen espejo en el eje Z
G17	*	Selección del plano de trabajo XY
G18	*	Selección del plano de trabajo XZ
G19	*	Selección del plano de trabajo YZ
G43	*	Compensación de longitud de herramienta
G44	*	Anulación de G43
G73	*	Giro de sistemas de coordenadas
G80	*	Anulación de ciclos fijos
G81 a 89	*	Ciclos fijos
G98	*	Vuelta de la herramienta al plano de partida después de terminar un ciclo fijo
G99	*	Vuelta de la herramienta al plano de referencia (de acercamiento) al terminar un ciclo fijo

FUNCIONES DE MANIOBRAS Y COMPLEMENTARIAS

Estas funciones pueden figurar en una misma secuencia como máximo tres **M**, una **S** y una **T**, en el siguiente orden: **M – S – T**

M00	*	Parada programada incondicional
M01	*	Parada programada condicional
M02		Fin de programa
M03	*	Giro del cabezal en sentido horario
M04	*	Giro del cabezal en sentido antihorario
M05	*	Parada del cabezal sin orientación
M06		Cambio automático de torreta.
M08	*	Apertura del líquido refrigerante
M09	*	Cierre del líquido refrigerante
M17		Final de subprograma
M19	*	Parada del cabezal orientado un ángulo bajo <i>S</i> (horario)
M30		Fin de programa
S		Velocidad de giro del cabezal codificada
		Velocidad de giro del cabezal en R.P.M.
		Velocidad de corte en m/minuto

	<i>Parada del cabezal en grados</i>
T	<i>Orden de herramienta</i>

PUESTA A PUNTO DEL TORNO CNC LIGHT MACHINES

Como primer paso, una vez encendido equipo y abierto el programa de torno, en el menú principal (**MAIN MENU**), hago lo siguiente:

Abro **INITIALIZE (I)**

○ Selecciono la velocidad del cabezal **SET SPINDLE SPEED/RANGE (S)**

○ Tipeo un valor de RPM de acuerdo al material a trabajar, por ejemplo 2000, y (**OK**)

○ Escapo con **EXIT TO MAIN MENU (ESC)**

Abro **MANUAL CONTROL (M)**

○ Pongo a girar el cabezal con (**F1**)

○ Acerco la herramienta – Jog –, verificando que el movimiento sea continuo con **CONTINUOUS (C)**.

○ Con los cursores (), acerco el carro en Z y lo detengo cerca del frente del material

○ Cambio el movimiento a **INCREMENTAL (C)**, y hago tangencia en Z

○ Retiro en X con el cursor () más allá del diámetro

○ Detengo el giro del cabezal (**F2**)

○ Salgo con **EXIT (ESC)**

Desde el menú principal abro **INITIALIZE (I)**

○ Abro **POSITION ENTRY (P)**

○ En **Z POSITION**, coloco el valor de la longitud de la pieza, según el plano, más 0.1 mm de tolerancia y (**OK**)

○ Escapo (**ESC**)

Nuevamente abro **MANUAL CONTROL (M)**

○ Pongo a girar el plato (**F1**)

○ Acerco con **CONTINUOUS (C)** la herramienta sobre la pieza con ()

○ Coloco **INCREMENTAL (C)** y hago tangencia sobre la pieza en el diámetro con ()

○ Efectuo una pasada de desbaste en Z con () hasta salir de la pieza

○ Detengo el cabezal (**F2**)

ΔMido el diámetro de lo desbastado y divido por dos ese valor, obteniendo X

ΔEscapo (**ESC**)

Abro **INITIALIZE (I)**

ΔAbro **POSITION ENTRY (P)**

ΔColoco en **X POSITION** el valor de X recién calculado y (**OK**)

ΔEscapo (**ESC**)

Cargo el programa con **LOAD/DELETE (L)**

Retiro el material del plato y verifico el programa en vacío con **RUN (R)**

Cuando determino que no hubo ningún inconveniente, coloco la pieza y efectuo el maquinado con **RUN (R)**

PUESTA A PUNTO DE VARIAS HERRAMIENTAS

Cargo la herramienta **T01** con **INITIALIZE (I)** y **TOOL DEFINITION (T)**.

Salgo con **OK**, y **ESC** al **MAIN MENU**.

Abro **MANUAL CONTROL (M)**, y con los cursores hago Jog con la herramienta **T01**, hasta hacer tangencia en un punto de referencia, por ejemplo una arista, de la pieza.

Procedo de la siguiente manera :

Cuando hago tangencia en el frente del material, abro **SET POSITION (P)** y coloco cero en **Z**, y confirmo con **OK**.

Hago lo mismo sobre el diámetro, y abriendo **SET POSITION (P)**, coloco cero en **X** y **OK.. Alejo la herramienta hasta una posición donde pueda girar la torreta.**

Con **ALT + T**, abro la selección de herramientas, elijo **T02, MOVE TURRET**, y **OK**.

Con los cursores, llevo la herramienta **T02** hasta el mismo punto de referencia que **T01** de esta manera : Primero, hago tangencia en el frente del material anotando el valor que leo de **Z**.

Despues, hago tangencia en el diámetro. Entonces, abro **GO TO** y coloco el valor de **Z** anotado y **GO**.

Con **ALT + T**, selecciono **T02** y clickleo **SET TO – CURRENT POSITION** y **OK**.

Con este procedimiento repetido para cada nueva herramienta (**T03, T04, etc.**), consigo referenciar todas las herramientas con la primera **T01**, restando únicamente poner **T01** a punto con los pasos explicados en el apartado anterior (**PUESTA A PUNTO DEL TORNO.....**)

SECUENCIA LÓGICA DE CÓDIGOS

% . / . N . G . X . Y . Z . Y . I . J . K . R . Q . L . F . S . T . M .

CÓDIGOS USUALES EN CNC (*LIGHT MACHINES*)

G00	RÁPIDO
G01	INTERPOLACIÓN LINEAL
G02	INTERPOLACIÓN CIRCULAR (HORARIA)
G03	INTERPOLACIÓN CIRCULAR (ANTIHORARIA)
G04	PAUSA (USO DEL ROBOT) / TIEMPO EN (F) SEGUNDOS
G05	PAUSA (CAMBIO MANUAL DE HERRAMIENTA)
G32	LLAMADA A CICLO DE ROSCADO
G70	UNIDADES EN PULGADAS
G71	UNIDADES EN MILÍMETROS
G72	LLAMADA A CICLO DE INTERPOLACIÓN CIRCULAR HORARIA
G73	LLAMADA A CICLO DE INTERPOLACIÓN CIRCULAR ANTIHORARIA
G77	LLAMADA A CICLO DE DESBASTE
G79	LLAMADA A CICLO DE FRENTEADO
G80	CANCELACIÓN DE CICLO
G81	LLAMADA A CICLO DE PERFORADO
G83	LLAMADA A CICLO DE PERFORADO CON CORTE DE VIRUTA
G90	ACOTACIÓN EN ABSOLUTO
G91	ACOTACIÓN EN INCREMENTAL
G101	INTERPOLACIÓN DE SPLINE

M00	PAUSA (SIMILAR A G05)
M02	FIN DE PROGRAMA
M03	ENCENDIDO DE GIRO DEL CABEZAL
M05	PARADA DE GIRO DEL CABEZAL
M06	GIRO AUTOMÁTICO DE TORRETA
M08	ENCENDIDO DE ACCESORIO
M09	APAGADO DE ACCESORIO
M10	APERTURA NEUMÁTICA DEL PLATO
M11	CIERRE NEUMÁTICO DEL PLATO
M98	LLAMADA A SUBPROGRAMA
M99	RETORNO DEL SUBPROGRAMA
Q	PROFUNDIDAD DE PASADA EN UN CICLO
R	RADIO DE ARCO EN UNA INTERPOLACIÓN CIRCULAR / DIFERENCIA DE RADIOS EN UN TORNEADO CÓNICO
L	ÁNGULO EN UNA INTERPOLACIÓN CIRCULAR
F	PASO EN UN CICLO DE ROSCADO / AVANCE EN MM / MINUTO
S	NÚMERO DE RPM DEL CABEZAL O HUSILLO
I	RADIO EN EL EJE X

J	<i>RADIO EN EL EJE Y</i>
K	<i>RADIO EN EL EJE Z</i>
N	<i>ORDEN DE SECUENCIA</i>
O	<i>COMIENZO DE SUBPROGRAMA</i>
T	<i>LLAMADA DE HERRAMIENTA</i>

Este apunte fué elaborado por Julio Alberto Correa, docente de la Escuela Técnica Nuestra Señora de la Guardia, en el mes de marzo de 1997.

Bibliografía: Manual de Códigos para Programación de CNC de Siemens.

Manual de Programación Fanuc.

Manual de uso de Tornos Light Machine.

Manual de Programación Fagor.

Folletos varios.

Sistemas de bolas recirculantes

