

TALLER DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

PROGRAMACION DE CONTROL NUMERICO
ISO STANDARD (CODIGO G)

ESTRUCTURA DE UN
PROGRAMA CNC

Todos los programas deben tener un nombre o un número identificatorio. Algunos controles numéricos solo aceptan números. Los programas CNC están compuestos por bloques sucesivos. Cada uno de éstos es una instrucción para el control. Los bloques pueden estar numerados ó no. De no estarlos el control los ejecutará en el orden en que los vaya encontrando. La numeración de los bloques puede no ser de uno en uno. Puede ser de cinco en cinco, de diez en diez, etc. Esto es conveniente para introducir luego bloques intermedios sin alterar toda la numeración. La numeración debe ser siempre creciente. Si existiera un bloque cuyo número sea menor al anterior, el control detiene la ejecución del programa.

ESTRUCTURA DE UN
BLOQUE DE
PROGRAMACION CNC

N G X Y Z F S T M

Funciones Auxiliares

Nro. de Herramienta (Tool)

Velocidad del husillo (Speed)

Velocidad de avance (Feed)

Cota según eje Z

Cota según eje Y

Cota según eje X

Instrucción de movimiento (Go)

Número del bloque

Dentro de cada bloque debe mantenerse este orden. Sin embargo, no es necesario que estén presentes todas los items. Se puede programar en sistema métrico (mm) o en pulgadas.

N4 G71 G2 X, Y, Z +/- 4.3 F5.5 S4 T2.2 M2 (métrica)

N4 G70 G2 X, Y, Z +/- 3.4 F5.5 S4 T2.2 M2 (en pulgadas)

El número que acompaña cada ítem significa el número de dígitos admisible. Así por ejemplo:

N4 significa que el número de bloques no deberá ser mayor que 9999. Esto varía según la marca de control numérico.

Z +/- 4.3 significa que las cotas pueden tener valores positivos o negativos de no más de 4 dígitos enteros y 3 decimales. Normalmente el signo (+) no se programa.

BLOQUES CONDICIONALES

Los bloques condicionales son ejecutados ó no en función de la presencia de una señal externa al programa. Sirven por ejemplo para programar paradas para inspecciones del trabajo, cambios de herramienta, etc. Se determina la condicionalidad de un bloque agregando un punto luego del número del bloque. La señal externa normalmente es un switch en el control. Si este switch está activado, la ejecución del programa se detendrá al encontrar un bloque condicional. Si no lo está, el programa seguirá ejecutándose normalmente.

INSTRUCCIONES DE MOVIMIENTOS O PREPARATORIAS (FUNCIONES G)

G00	*	**	Posicionamiento rápido
G01		**	Interpolación Lineal
G02		**	Interpolación Circular en sentido horario
G03		**	Interpolación Circular en sentido antihorario
G04			Temporización
G05	*	**	Arista matada
G06			Interpolación Circular con centro en absolutas
G07	*	**	Arista viva
G08			Arco tangente a la trayectoria anterior
G09			Interpolación Circular definida por tres puntos
G10	*	**	Anulación imagen espejo
G11		**	Imagen espejo en eje X
G12		**	Imagen espejo en eje Y
G13		**	Imagen espejo en eje Z
G17	*	**	Plano XY
G18		**	Plano XZ
G19		**	Plano YZ
G20			Llamada a sub-rutina standard
G21			Llamada a sub-rutina paramétrica
G22			Definición de sub-rutina standard
G23			Definición de sub-rutina paramétrica
G24			Final de definición de sub-rutina
G25			Llamada incondicional
G26			Llamada condicional si igual a 0
G27			Llamada condicional si distinto de 0
G28			Llamada condicional si menor
G29			Llamada condicional si mayor o igual
G30			Visualizar error definido por K
G31			Guardar origen de coordenadas
G32			Recuperar origen de coordenadas
G33		**	Roscado electrónico
G36			Redondeo controlado de aristas
G37			Entrada tangencial
G38			Salida tangencial
G39			Achaflanado
G40	*	**	Anulación de compensación de radio
G41		**	Compensación de radio a la izquierda
G42		**	Compensación de radio a la derecha
G43		**	Compensación de longitud
G44		**	Anulación de compensación de longitud
G47		**	Bloque único
G48	*	**	Anulación de bloque único
G49		**	Feed programable
G50		**	Carga de longitudes de herramienta
G53		**	Traslado de origen
G54		**	Traslado de origen
G55		**	Traslado de origen

G56	**	Traslado de origen
G57	**	Traslado de origen
G58	**	Traslado de origen
G59	**	Traslado de origen
G70	**	Programación en pulgadas
G71	**	Programación en milímetros
G72	**	Escalado definido por K
G73	**	Giro de sistema de coordenadas
G74		Búsqueda de cero máquina
G75		Trabajo con palpador
G75 N2		Ciclos fijos de palpador
G76		Creación de bloques
G79	**	Ciclo fijo definido por el usuario
G80	* **	Anulación de ciclos fijos
G81	**	Ciclo fijo de taladrado
G82	**	Ciclo fijo de taladrado con temporización
G83	**	Ciclo fijo de taladrado profundo
G84	**	Ciclo fijo de roscado con macho
G85	**	Ciclo fijo de escarificado
G86	**	Ciclo fijo de alesado con retroceso en G00
G87	**	Ciclo fijo de cajera rectangular
G88	**	Ciclo fijo de cajera circular
G89	**	Ciclo fijo de alesado con retroceso en G01
G90	* **	Programación en absolutas
G91	**	Programación en incrementales
G92		Preselección de cotas
G93		Coordenadas polares
G94	* **	F en mm/min
G95	**	F en mm/rev
G96	**	F constante
G97	* **	F del tip constante
G98	* **	Vuelta al plano de seguridad
G99	* **	Vuelta al plano de referencia

(*) Son las instrucciones que, por defecto, asume el control numérico cuando se lo inicia, o después de **M02, M30, RESET** o **EMERGENCIA**.

(**) **MODAL** Significa que una vez que aparece la instrucción, ésta permanece activa hasta que sea reemplazada por otra instrucción o por **M02, M30, RESET** o **EMERGENCIA**

En un mismo bloque se pueden programar todas las funciones **G** que se quiera y en cualquier orden salvo **G20, G21, G22, G23, G24, G25, G26, G27, G28, G29, G30, G31, G32, G50, G52, G53/59, G72, G73, G74, G92**. Estas funciones deben ser programadas en bloques por separado. Si en el mismo bloque se programan funciones incompatibles se detiene la ejecución del programa.

Ejemplo:

N50 G01 X20 Y10 Z30 F200 S1000
N60 X100
N70 G00 Z50

Bloque **N50**, ordena a la herramienta que vaya desde las coordenadas en que se encuentre (en las que quedó luego de la ejecución del bloque anterior), en **G01** (trayectoria recta) a las coordenadas **X20 Y10 Z30**, a una velocidad de avance (**F**) de 200 milímetros por minuto, con el husillo girando a (**S**) 1000 revoluciones por minuto

Bloque **N60**, el nuevo movimiento es en **G01**, no está especificado en el bloque por ser modal. Ordena ir a **X100**, esto significa que el movimiento no tendrá nuevas cotas en **Y** o **Z**, o sea que el nuevo destino es **X100 Y10 Z30**. Al no haber nuevas cotas, no es necesario incluirlas en el bloque, también son modales. Al no haber especificación de **F** ni de **S**, el movimiento se hará con los mismos valores del bloque anterior. **F** y **S** también son modales.

Bloque **N70**, movimiento rápido **G00** desde la cota anterior a **Z50**, asume **F** a la velocidad máxima de la máquina. **S** según último bloque.

Puede programarse en forma absoluta (todos los valores están dados respecto del 0,0,0) o incremental (los valores son relativos a la cota previa). Por defecto los CNC asumen programación en absolutas (**G90**). En caso de querer trabajar en incrementales deberá programarse un **G91** en la línea inicial.

FUNCIONES M (AUXILIARES)

Las funciones auxiliares **M** producen distintas acciones en la máquina. Ejemplo: arrancar o detener el husillo, arrancar o detener el suministro de líquido refrigerante. Hay otras que están relacionadas con la ejecución del programa CNC: finalizarlo, resetear valores, etc. No pueden ser programadas junto con otras funciones, deben ir en bloques exclusivos y pueden incluirse hasta siete en un mismo bloque

Estas son las funciones auxiliares **M** más utilizadas:

M00	Parada de programa
M01	Parada condicional del programa
M02	Final del programa
M03	Arranque del husillo en sentido horario
M04	Arranque del husillo en sentido anti-horario
M05	Parada del husillo
M06	Cambio de herramienta
M30	Final del programa con reseteo de variables

ANALISIS DE ALGUNAS DE LAS FUNCIONES G

G00 POSICIONAMIENTO RAPIDO

Son los desplazamientos según el plano de seguridad (Clearance Height) a la máxima velocidad de la máquina. Este plano es el definido por una cota en **Z** que asegura que la herramienta podrá desplazarse sin chocar con algún obstáculo. No se pueden programar movimientos **G00** interpolados en 2 o más planos. Normalmente se programa primero la salida en **Z** (por ej. al plano de seguridad) y luego, en otro bloque, el reposicionamiento en **XY**. Para este bloque, la máquina buscará primero la cota **X** y luego la **Y**. Es decir, no interpolará. Si bien esta modalidad es la más común, puede variar según las diferentes marcas de control numérico.

La función **G00** es modal e incompatible con **G01**, **G02**, **G03**, y **G33**. En algunos controles **G00** no anula la última **F** programada, en otros sí, por lo que hay que volver a programarla luego de la ejecución de un **G00**.

G01 INTERPOLACION LINEAL

Pueden ser movimientos con variación simultánea en los 3 ejes. Esto significa que pueden ser trayectorias espaciales no paralelas a ninguno de los ejes. El CNC calculará las velocidades relativas según cada uno de los ejes, de manera que el resultado de la combinación sea una trayectoria rectilínea. El **G01** se ejecuta a la **F** programada, aunque ésta puede ser luego variada durante la ejecución del programa. Normalmente **F** es modal. **G01** no puede ser incluida en un mismo bloque con **G00**, **G02**, **G03** y **G33**.

G02 Y G03 INTERPOLACIONES CIRCULARES

Son trayectorias según arcos de circunferencia. Sólo pueden ejecutarse en un plano determinado: **XY**, **XZ** o **YZ**. En este caso el CNC deberá no sólo calcular las velocidades relativas de cada eje sino también la aceleración y desaceleración de los movimientos para obtener una trayectoria circular. La manera de programarla es la siguiente (para plano **XY**):

N G02(G03) X+/-4.3 Y+/-4.3 I+/-4.3 J+/-4.3 F

I y **J** definen el centro del arco según los ejes **X** e **Y**, respectivamente. Normalmente los valores de **I** y **J** son incrementales respecto del punto de inicio de la trayectoria circular (o sea el par de cotas **X** e **Y** del bloque anterior). Sin embargo esto puede variar según la marca del CNC. En algunos CNC los valores de **I** y **J** deben ser programadas en absolutas. En los CNC que definen centro en incrementales, puede programarse un **G02/G03** incluyendo un **G06** en el bloque. Los valores **I** **J** deben incluirse siempre aunque sean iguales a 0. Normalmente el **F** es modal para estas funciones. También puede programarse un **G02/G03** de la siguiente forma:

N G02(G03) X+/-4.3 Y+/-4.3 R+/-4.3 F

En este caso no hay definición de **I** y **J** sino de **R**, el radio del arco de circunferencia. Este modo tiene las siguientes limitaciones: no se pueden programar circunferencias completas; si el arco es menor de 180° **R** llevara signo (+) y si es mayor llevará signo (-).

**G05
ARISTA MATADA**

Cuando se incluye un **G05** en un bloque, el CNC comienza la ejecución del bloque siguiente durante el período de desaceleración del bloque anterior. El resultado es un empalme de trayectorias que producen un redondeado de las inflexiones de la trayectoria. El radio de estos redondeos es proporcional al **F**. Esta función es modal.

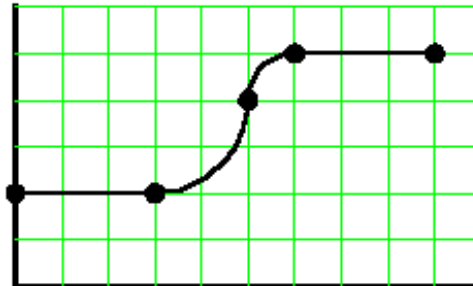
**G07
ARISTA VIVA**

Esta función determina que un bloque no sea iniciado hasta que las cotas del bloque anterior no hayan sido alcanzadas. En este caso se producen inflexiones vivas. Esta función es modal.

**G08
TRAYECTORIA
CIRCULAR TANGENTE
A LA ANTERIOR**

Permite programar un arco tangente a una trayectoria anterior sin aplicar **G02/G03**. No es modal. No permite círculos completos.

```
N10 G01 X30 Y20  
N20 G08 X50 Y40  
N30 G08 X60 Y50  
N40 G01 X90
```



**G09
TRAYECTORIA
CIRCULAR DEFINIDA
POR 3 PUNTOS**

Permite programar un arco definiendo el punto final y un punto intermedio. El punto inicial es el definido por el bloque anterior. No es modal. No permite círculos completos.

```
N10 G01 X10 Y10  
N20 G09 X90 Y30 I40 J40
```



El punto intermedio se programa usando **I** y **J**.

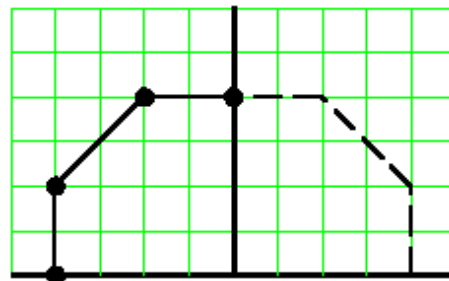
G10, G11, G12 Y G13 IMAGENES ESPEJO

G10 Anulación de imagen espejo.
G11 Espejo según eje X.
G12 Espejo según eje Y.
G13 Espejo según eje Z.

Este tipo de funciones son ayudas que simplifican la programación CNC. En este caso permiten obtener simetrías sin tener que programar todos los movimientos.

Las funciones Imagen Espejo deben ser entendidas como la ejecución de un bloque anterior con el signo de la cota correspondiente al eje seleccionado, cambiada.

```
N10 G01 X-40 Y20  
N20 X-20 Y40  
N30 X0  
N40 G11  
N50 G25 N10.30  
N60 G10
```



Los primeros tres bloques definen una poligonal. **N40** llama a ejecutar una Imagen Espejo cambiando las coordenadas en **X**. **N50** indica que se espejarán los bloques desde el **N10** al **N30** inclusive, **G25** es una llamada específica para este tipo de instrucción. En **N60**, **G10** anula la imagen espejo.

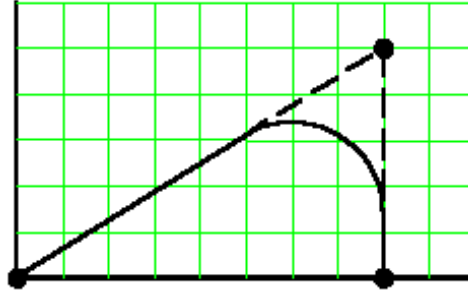
G31 Y G32 GUARDAR Y RECUPERAR ORIGEN DE COORDENADAS

G31 permite guardar el origen de coordenadas que se esté utilizando para establecer un nuevo origen con **G53/G59**. En caso de ser necesario volver al origen inicial, se programará un **G32**. Esta función recupera los datos guardados con un **G31**.

**G36
REDONDEO
CONTROLADO DE
ARISTAS**

Permite redondear inflexiones de la trayectoria en forma controlada sin necesidad de programar interpolaciones circulares. Debe programarse en el bloque de la trayectoria cuyo final se quiere redondear. El radio del redondeo debe ser positivo.

**N10 G36 R20 G01 X80 Y50
N20 Y0**



G36 no es modal.

**G37
ENTRADA
TANGENCIAL**

Esta función permite empalmar tangencialmente la trayectoria definida en el bloque siguiente. Se utiliza para evitar que la herramienta deje marcas indeseables en la pieza. Es el caso típico de mecanizado de superficies convexas (ej. machos) en los que la herramienta ataca lateralmente al material.

**N10 G37 R10 G01 X40 Y20
N20 G02 X100 Y20 I30 J0**

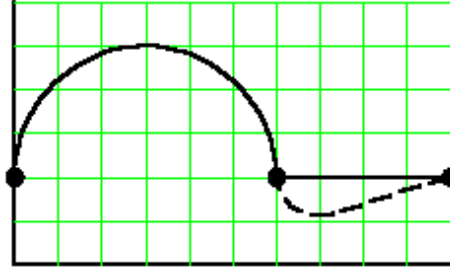


La trayectoria resultante es la de la línea punteada. Sólo se puede programar **G37** en un **G01** o en un **G00**. $R=2r$ de la fresa o mayor.

G38
SALIDA TANGENCIAL

Permite salir tangencialmente de una trayectoria. Se utiliza para evitar que la herramienta deje marcas indeseables en el mecanizado de piezas convexas.

N10 G38 R10 G02 X60 Y20 I30 J0
N20 G01 X100

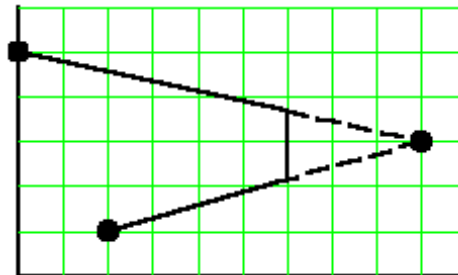


La trayectoria resultante es la de la línea punteada. **G38** debe programarse en el bloque del que se sale.

G39
ACHAFLANADO

Esta función permite empalmar dos trayectorias rectas mediante una tercera, también recta, sin necesidad de calcular los puntos de intersección.

N10 G39 R30 G01 X90 Y30
N20 X20 Y10



R especifica la distancia entre el comienzo y el final del chaflán y la intersección de las dos trayectorias.

**G40, G41 Y G42
COMPENSACION DE
RADIOS DE
HERRAMIENTA**

G40 Anulación de Compensación de Radio de herramienta.
G41 Compensación de Radio a la derecha de la trayectoria.
G42 Compensación de Radio a la izquierda de la trayectoria.

Supongamos que se quiere mecanizar un cubo de 100 mm. de lado con una fresa de Ø20. Como las trayectorias de CNC están definidas por el "Tip" de la herramienta (su punto central más bajo), habría que recalcular la trayectoria 10 mm. por fuera del cubo. De no hacerlo así, y de programar por las líneas que definen el cubo, se obtendría una forma de 90 mm. de lado. Recalcular las trayectorias para obtener un cubo puede no resultar difícil. Pero hacerlo para una forma compleja puede ser muy complicado. Aplicando las funciones de Compensación de Radio, no es necesario este recálculo. Para ello la herramienta debe estar especificada en el inicio del programa con el formato Txx.pp. **xx** es el número de dos dígitos con el que determinada herramienta está archivada (en el momento en el que se configura el CNC puede crearse una tabla de herramientas disponibles). **yy** es un valor de corrección del Ø nominal de la herramienta. Estas correcciones son normalmente necesarias por cuestiones de desgaste. Estos valores de corrección también están archivados en la memoria permanente del CNC. Programados un **G41/G42** podrán programarse las trayectorias según las dimensiones finales de la pieza. Deben ser incluidos en el bloque anterior a aquel que se quiera ejecutar con compensación. Estas funciones son anuladas por un **G40**. Esta anulación debe ser incluida en el bloque que define la última trayectoria compensada. Sólo se puede incluir un **G40** en una trayectoria rectilínea.

**G53 A G59
TRASLADOS DE
ORIGEN**

En ciertos trabajos de mecanizado puede resultar útil trasladar el origen de coordenadas a otro punto de la pieza. Por ejemplo, cuando se quiere repetir una forma en otro(s) lugar(es). Normalmente en un único programa se pueden introducir hasta 7 cambios de origen. El formato de aplicación es el siguiente:

N10 G53 X... Y... Z... (se crea un nuevo origen)

N10 G53 (se aplica el nuevo origen creado en el bloque anterior)

Estas funciones se usan normalmente en combinación con **G31/G32** (ya analizadas).

**G72
FACTOR DE
ESCALADO**

Esta función permite agrandar o achicar las dimensiones de una pieza sin cambiar el programa. Se puede aplicar de dos maneras

N10 G72 K+/-2.4

K es el factor por el que se multiplicaran todas las cotas. Este modo escala la pieza según los tres ejes.

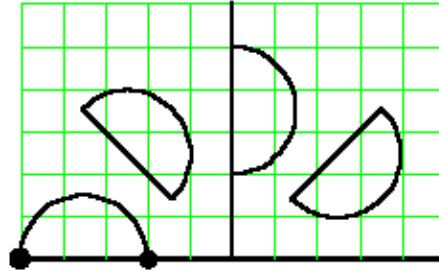
N10 G72 X+/-2.4 (por ejemplo)

Este modo escalará la pieza según el factor **K** sólo en el eje **X**. De la misma manera pueden escalarse **Y** o **Z**. Normalmente esta función no debe aplicarse en programas que apliquen compensaciones de herramienta.

G73 ROTACION DEL SISTEMA DE COORDENADAS

Esta función es una ayuda de programación similar a las de espejado. En este caso permiten reproducir un mecanizado ya programado rotándolo respecto del origen de coordenadas.

(del bloque anterior) **X-20 Y0**
N10 G03 X-50 I-15 J0
N20 G01 X-20
N30 G73 A-45
N40 G25 N10.20.3



A es el ángulo de rotación. En el ejemplo tiene el signo (-) porque la programación CNC toma por defecto como positivo el sentido antihorario, y como negativo el sentido horario. La función **G25** llama a repetirse a los bloques definidos por **N**, o sea los bloques del 10 al 20. El tercer dígito (3) indica la cantidad de veces que se repetirá la rotación. Nótese que el valor de **A** es incremental.

CICLOS FIJOS

Los ciclos fijos permiten, en un único bloque, definir una serie de operaciones cíclicas propias de un mecanizado determinado. Los ciclos fijos más comunes son los de taladrado y los de cajera.

G81 TALADRADO

Los bloques de ciclo fijo de taladrado tienen la siguiente conformación:

N4 G81 G98/99 X/Y/Z+/-4.3 I+/-4.3 K2.2 N2

G?: Código del ciclo fijo.

G98: Retroceso al plano de referencia (normalmente ubicado cerca de la superficie de la pieza).

G99: Retroceso al plano de seguridad (ya explicado).

X/Y/Z: Si se trabaja en el plano **XY** (**G17**), **X** e **Y** definen el punto donde se hará la primera perforación. **Z** define el plano de referencia antes mencionado. Si se trabaja en absolutas, **Z** define la distancia desde el cero pieza. Si se trabaja en incrementales, **Z** define la distancia desde el plano de seguridad.

I: Define la profundidad de la perforación. Si se trabaja en absolutas **I** define la distancia desde el cero pieza. Si se trabaja en incrementales **I** define la distancia desde el plano de referencia.

K: Define el tiempo de espera en el fondo de la perforación antes de iniciarse el retroceso. Valores en segundos.

N: Define el número de veces que se repetirá el Ciclo Fijo. Si no se programa **N**, el ciclo se ejecuta **N1**. Repeticiones mayores a 1 sólo tiene sentido si se trabaja en incrementales.

**G83
TALADRADO
PROFUNDO**

Este tipo de ciclo fijo se aplica cuando, por la profundidad de la perforación, es necesario levantar cíclicamente la broca para que se descargue la viruta.

Los bloques de ciclo fijo de taladrado profundo tienen dos conformaciones posibles.

La primera es:

N4 G83 G98/99 X/Y/Z+/-4.3 I+/-4.3 J2 N2

La diferencia con **G81** está en que **I** define cada cota de penetración en incrementales. **J** define la cantidad de penetraciones según el incremento **I**.

La segunda es:

N4 G83 G98/99 X/Y/Z+/-4.3 I+/-4.3 B4.3 C4.3 D4.3 H4.3 J2 K2.2

I: Profundidad total del mecanizado. En absolutas, respecto del cero pieza. En incrementales, respecto del plano de referencia.

B: Profundización incremental para cada paso (valor positivo).

C: Distancia de la profundización anterior para bajar en **G00**.

D: Distancia entre el plano de referencia y la sup. de la pieza.

H: Distancia de retroceso en **G00**. Si no figura retrocede hasta PR.

J: Cada cuantas penetraciones hay retroceso hasta PR.

K: Tiempo en segundos antes de iniciarse un retroceso.

**CICLOS FIJOS DE
CAJERAS**

Se denomina Cajeras (Pockets) a las operaciones de vaciado de formas cerradas. Pueden ser Cajeras Rectangulares o Cajeras Circulares. En estas operaciones la herramienta no sólo recorre el contorno de la figura sino que además realiza todos los movimientos necesarios para retirar el material comprendido dentro de la figura.

**G87
CAJERA
RECTANGULAR**

El formato del bloque de esta función es el siguiente:

N4 G87 X/Y/Z+/-4.3 I+/-4.3 J+/-4.3 K+/-4.3 B4.3 C4.3 D4.3 N2

X/Y/Z: Cotas del centro de la cajera.

I: Profundidad total de la cajera. En absolutas, respecto del cero pieza. En incrementales, respecto del plano de referencia.

J: Distancia en X desde el centro al borde de la cajera.

K: Distancia en Y desde el centro al borde de la cajera.

B: Profundización incremental por pasada.

C: Incremento lateral (Step-over).

D: Distancia entre el PR y la superficie de la pieza.

N: Número de veces que se repetirá el ciclo. Sólo en **G91**.

**G88
CAJERA CIRCULAR**

Tiene el mismo formato de la Cajera Rectangular. Se diferencia en que **J** define el radio de la Cajera y no se incluye el valor **K**.

D: Distancia entre el PR y la superficie de la pieza.

N: Número de veces que se repetirá el ciclo. Sólo en **G91**.

OTRAS FUNCIONES

Como se habrá observado en la lista completa de las funciones de programación CNC, existen muchas otras que no han sido explicadas en este apunte. Las mismas corresponden a operaciones de ejecución circunstancial y rara vez son aplicadas. Las funciones explicadas son las de utilización más frecuente.

FUNCIONES UTILIZADAS POR LOS SISTEMAS CAM

Los sistemas CAM aplican solamente 4 funciones, **G00**, **G01**, **G02** y **G03**. Eventualmente pueden generar Ciclos Fijos de Taladrado, Roscado, etc., y generar programas con Compensaciones de Herramienta. De hecho un CAM es un programador elemental pero sumamente veloz. Mucho más veloz que la programación manual. Si se analizan las 100 funciones de la lista, se puede concluir que la gran mayoría tienen la función de aliviar la tarea de la programación manual. El CAM no aplica estas ayudas.

Si bien este curso concluye con el aprendizaje de la operatoria de sistemas CAM, se considera que, para alcanzar los objetivos propuestos, el alumno debe contar con una base mínima de conocimientos de programación manual.