

La Máquina Herramienta

Una máquina-herramienta puede considerarse constituida por el conjunto de dispositivos que permiten el desplazamiento relativo entre una pieza y la herramienta y la eliminación del material sobrante de la preforma.

Para las operaciones de mecanizado que se efectúan sobre las piezas, las herramientas tienen que recorrer de forma precisa las trayectorias correspondientes a cada tipo de operación. Las trayectorias posibles de estas herramientas dependen de cada tipo de máquina y de la capacidad de los sistemas de control. Para una máquina CNC las herramientas pueden realizar ciertos movimientos según el tipo de máquina. En un torno, estos movimientos se componen de desplazamientos longitudinales y transversales.

El Torno

El torno emplea una herramienta con un solo filo y un movimiento de rotación de la pieza para la eliminación del material. Permite el mecanizado de superficies de revolución con unos grados de acabado superficial suficientemente buenos si la elección de las condiciones de corte se realiza adecuadamente. También sirve para la obtención de superficies planas perpendiculares al eje de rotación de la pieza y otra serie de trabajos que serán descritos más adelante.

Torneado

Con el nombre genérico de torneado se conoce al conjunto de operaciones de mecanizado que pueden efectuarse en la máquina herramienta denominada torno. El torno fundamentalmente permite obtener piezas de revolución, aunque también es posible la obtención de superficies planas mediante ciertas operaciones. El movimiento principal en el torneado es de rotación y lo lleva la pieza, mientras que los movimientos de avance y penetración son generalmente rectilíneos y los lleva la herramienta. El eje de rotación de la pieza se designa como eje Z. El eje X se define paralelo a la bancada y perpendicular al eje Z. En algunas máquinas las operaciones y el movimiento de avance pueden no seguir una trayectoria rectilínea. Este es el caso de operaciones efectuadas en tornos de control numérico que permite el control simultáneo de los ejes Z y X.

Las operaciones más frecuentes a realizar en un torno, son las siguientes:

Cilindrado: Permite la obtención de una geometría cilíndrica de revolución. Puede aplicarse tanto a exteriores como a interiores. Tanto en su variante de exteriores como en la de interiores, la situación más frecuente en la operación de cilindrado es la de modificar el diámetro (reducir en exteriores e incrementar en interiores) de una pieza. El movimiento de avance de la herramienta es paralelo al eje Z.

Refrentado: Esta operación permite la obtención de una superficie plana perpendicular al eje de rotación de la pieza. El movimiento de avance es, por tanto, transversal, es decir, perpendicular al eje Z y paralelo al eje X.

Roscado: Permite la obtención de roscas, tornillos en el caso de roscado exterior y tuercas en el caso de roscado interior. La operación de roscado, tanto en interiores como exteriores, no es más que un caso particular de la operación de cilindrado en lo referente a su cinemática, variando respecto a aquélla las condiciones de corte y la geometría de la herramienta.

Ranurado: Permite la obtención de cajas o ranuras de revolución. El ranurado puede considerarse como una variante del refrentado, aunque se realiza con una herramienta especial, unas condiciones de corte diferentes y en una posición de la generatriz que no está situada en el extremo de la pieza tal y como sucede en el refrentado. La geometría más habitual del refrentado suele ser rectangular, aunque mediante el empleo de herramientas con otras geometrías pueden obtenerse cajas de diferentes formas.

Tronzado: Permite cortar o tronzar la pieza perpendicularmente al eje de rotación de la pieza.

Taladrado: Aunque no se trata de una operación específica del torno, y de hecho existen máquinas herramientas específicas para taladrar, el torno permite la realización de taladros coaxiales al eje de rotación de la pieza. Para ello se sitúa una broca en la torreta portaherramientas y se desplaza ésta con el movimiento de avance hasta conseguir el taladro, siendo su trabajo como la de cualquier otra herramienta de interiores. Una operación muy habitual en el torno, caso particular del taladrado, es la denominada operación de punteado. Consiste en dar un pequeño taladro cónico en el extremo de la pieza más alejado del plato con garras y permite utilizar este taladro como elemento de centraje en la sujeción entre puntos. Existen tornos, normalmente de control numérico, en los que la torreta dispone de un cabezal motorizado que permite la realización de taladros paralelos al eje del cabezal.

Moleteado: Permite el marcado de la superficie cilíndrica de la pieza a fin de facilitar la rotación manual de la misma. El moleteado no es una operación de mecanizado propiamente dicha, puesto que no elimina material de la preforma. Se utiliza para marcar con una geometría estriada alguna de las superficies de revolución de la pieza, a fin de facilitar su amarre manual, impidiendo que ésta resbale en el contacto con la mano por efecto del sudor o la grasa depositada sobre la superficie.

A continuación se describen los distintos pasos que conforman las operaciones de mecanizado utilizando máquinas a Control Numérico, considerando el lenguaje de programación.

La máquina CNC requiere principalmente, información tecnológica y geométrica para el mecanizado automático de una pieza.

****La información geométrica consiste en:

Datos dimensionales de la pieza.

Descripción de los movimientos de la herramienta y posicionamiento en el área de trabajo del cero.

Puntos de referencia necesarios.

****La información tecnológica consiste en:

Datos necesarios sobre la herramienta a usar.

Datos de corte (velocidad, avance, etc.).

Funciones de la máquina a ser controladas (refrigeración, etc.).

Sistema de coordenadas

Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que permiten definir únicamente la posición de cualquier punto en un espacio geométrico respecto a un punto denominado origen. El conjunto de ejes, puntos o planos que confluyen en el origen y a partir de los cuales se calculan las coordenadas de cualquier punto constituyen lo que se denomina un sistema de referencia.

Definición de puntos de una pieza en un plano

Para definir puntos de una pieza sobre un plano, necesitamos sólo de los ejes X y Z. Ambos ejes forman un sistema de coordenadas en dos dimensiones. Al punto de intersección se le denomina punto cero. La flecha indica el sentido de movimiento positivo (+X o +Z). Si a estos ejes se le aplica una regla graduada, entonces se puede definir cada punto por indicación de sus valores X y Z.

Todas las cifras en el sentido de la flecha a partir del punto cero tienen un signo positivo; las cifras en sentido contrario tienen un signo negativo

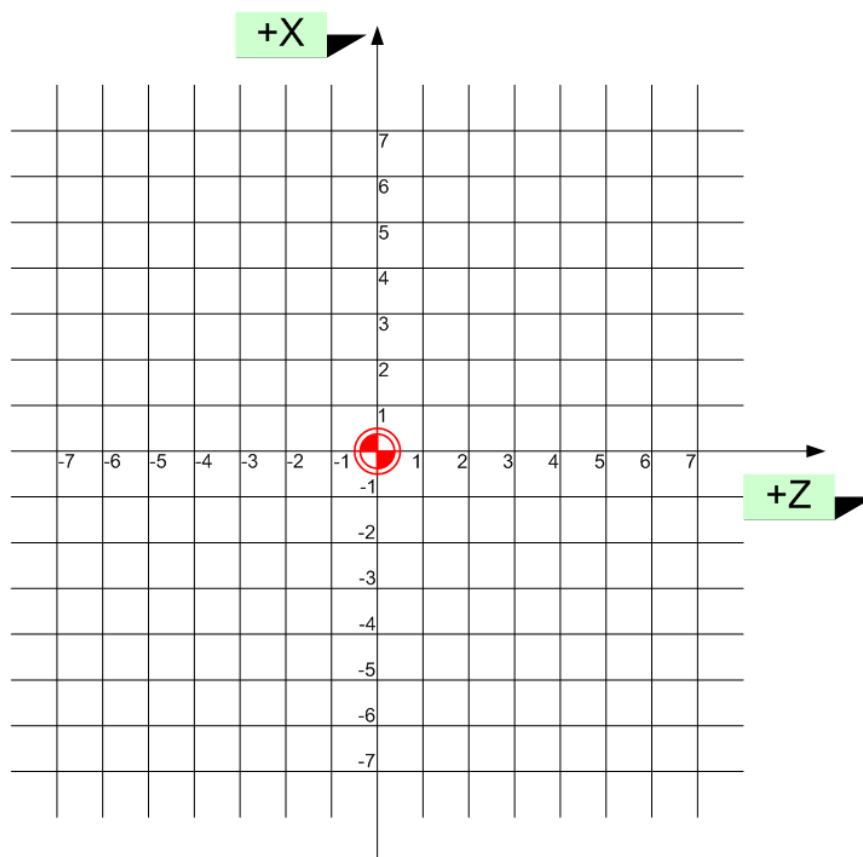


Figura 1

Elección de un punto cero

Si se quieren definir los puntos de una pieza de esta manera, primero se debe situar un sistema de coordenadas sobre la pieza, es decir, situar el punto cero. El punto cero puede colocarse en cualquier lugar de la pieza y se le denomina punto cero de la pieza.

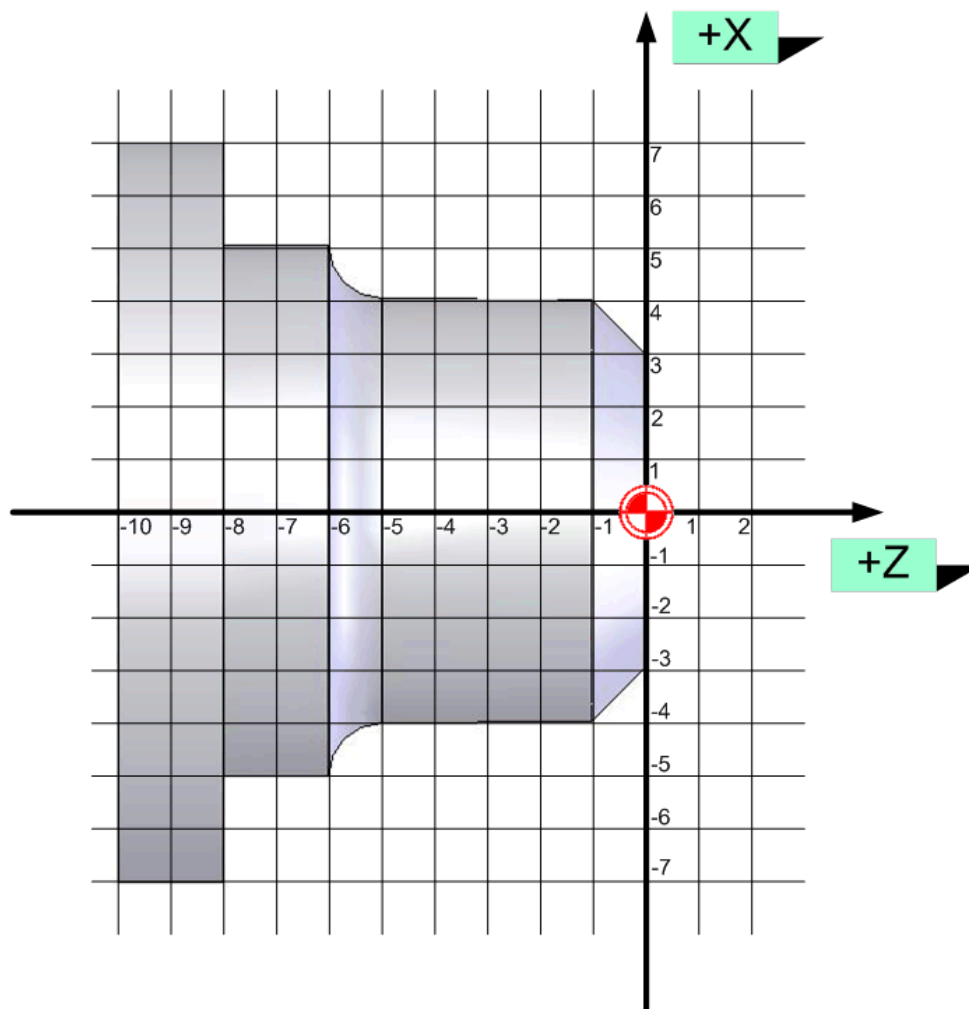


Figura 2

Determinación de un punto en el plano

Tomemos un sistema de coordenadas de 2 ejes, y determinemos los valores de algunos puntos.

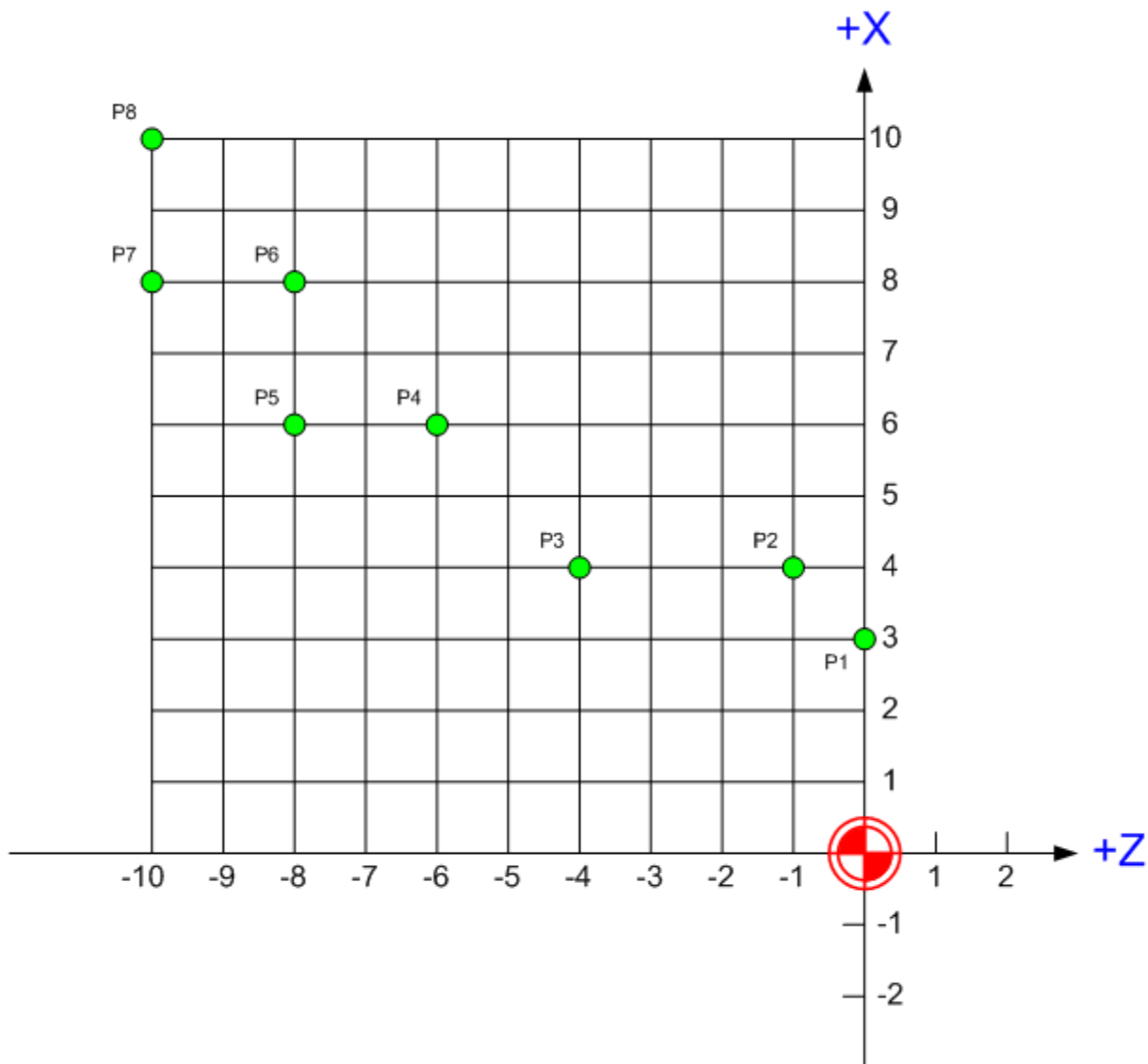


Figura 3

Los valores de los puntos son los siguientes:

P1 (3,0) P2 (4,-1) P3 (4,-4) P4 (6,-6) P5 (6,-8) P6 (8,-8)

P7 (8,-10) P8 (10,-10)

Sistema de coordenadas de máquina

El torno fundamentalmente permite obtener piezas por revolución, aunque también es posible la obtención de superficies planas mediante ciertas operaciones. El movimiento principal en el torneado es de rotación y lo lleva la pieza, mientras que los movimientos de avance y penetración son generalmente rectilíneos y los lleva la herramienta. El eje de rotación de la pieza se designa como eje Z. El eje X se define paralelo a la bancada y perpendicular al eje Z. En algunas máquinas las operaciones y el movimiento de avance pueden no seguir una trayectoria rectilínea. Este es el caso de las operaciones efectuadas en tornos a control numérico que permiten los cuales permiten el control simultáneo de los ejes Z y X.

Ahora tenemos que indicarle al control en que lugar se encuentra el punto cero de la pieza.

Todas las máquinas CNC tienen un punto cero fijo cuya posición es conocida por el control: El punto de referencia. Este punto se determina cuando todos los ejes pasan sobre sus marcas de referencia y fijan el sistema de coordenadas de máquina.

Acotado de posiciones

Para definir la trayectoria que debe llevar de cada herramienta, con el fin de dar forma a una pieza, se deben entonces conocer las posiciones nominales de la pieza. Existen dos formas de dar estas posiciones nominales: Una con medidas absolutas y otra con medidas incrementales.

1. Medida Absoluta

Se dan valores X y Z de la posición nominal de cada punto y están referidos a un punto cero de programa. Los datos son totalmente independientes de donde este precisamente la herramienta. Por eso se dice, **adonde** debe desplazarse la herramienta.

2. Medida Incremental

También se puede indicar a qué distancia y en que sentido se debe desplazar la herramienta. Estos datos se refieren siempre a la última posición de la herramienta. Por eso se dice, **cuánto** se debe desplazar la herramienta.

Ejemplo: Clase de acotado

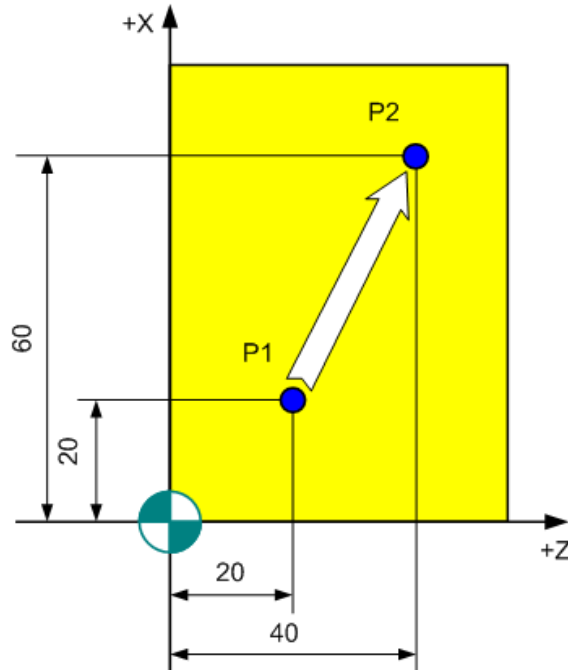


Figura 5

La herramienta está en el punto P1, el cual representa el punto de inicio del próximo desplazamiento y tiene como coordenadas X20. Z20.

Queremos desplazarnos desde el punto P1 hasta el punto P2. Al punto P2 se le considera el punto final u objetivo del desplazamiento. Por lo tanto los datos en medidas absolutas son:

X40. Z60.

Para alcanzar el punto P2 desde el punto P1 con medida incremental el resultado sería:

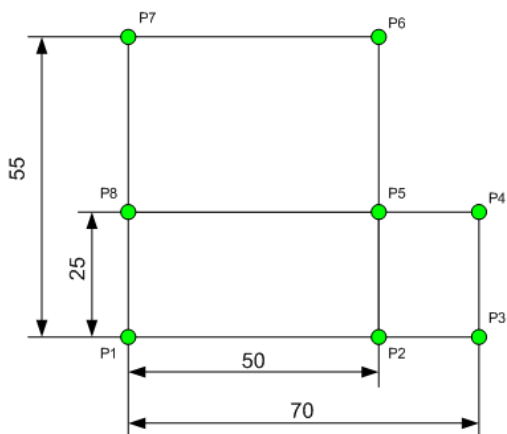
U40. W20.

Significado de los signos

Los signos tienen una función diferente en medidas absolutas y en medidas incrementales. En las medidas absolutas se indica en que lado del punto cero del programa está el punto objetivo.

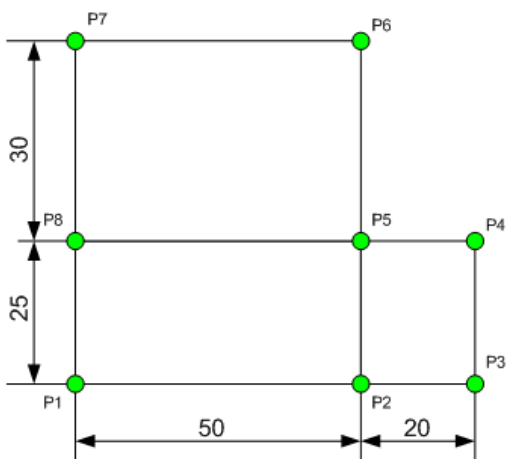
En las medidas en cadena o incrementales se indica el sentido de desplazamiento.

Ejemplos:



En este ejemplo es mejor programar en medidas absolutas, ya que todos los datos están referidos al punto P1.

P1 → P2 Z50.
 P2 → P3 Z70.
 P3 → P4 X25. Z70.
 P4 → P5 X25. Z50.
 P5 → P6 X55. Z50
 P6 → P7 X55.
 P7 → P8 X25.



Ahora es mejor programar en medidas incrementales, pues cada dimensión está referida al punto final de la dimensión precedente.

P1 → P2 W50.
 P2 → P3 W20.
 P3 → P4 U25.
 P4 → P5 W-20.
 P5 → P6 U30.
 P6 → P7 W-50.
 P7 → P8 U-30.

Si unimos los puntos con elementos geométricos tales como líneas y arcos, obtendremos la forma de una pieza. El valor de X representa el diámetro de la pieza y el valor de Z representa su longitud.

Todos los comandos de movimiento de la herramienta son referidos a un punto cero de pieza (X0, Z0). El punto X0 representa el centro de rotación del husillo, y el punto Z0 representa la cara terminada de la pieza.

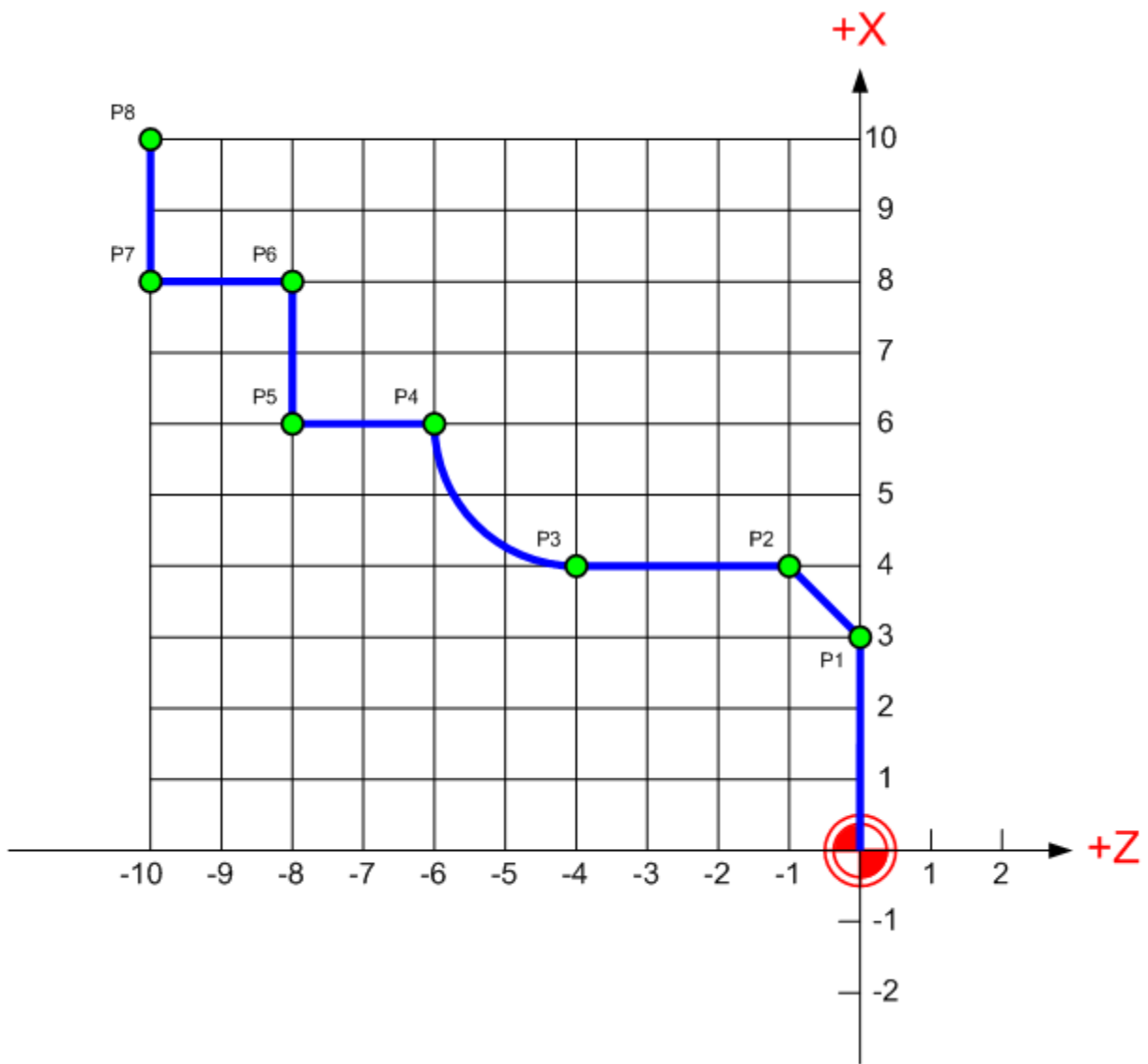


Figura 4

Principios de programación

Lenguaje de programación

Para que una pieza se pueda fabricar de manera automática, se debe describir exactamente la totalidad del proceso de mecanizado. Estos procesos quedan bien definidos dentro de un programa el cual se guarda dentro del CNC.

Términos de programación

Número de programa

En los controles Fanuc se utiliza para definir el número de programa a la dirección O seguida de un número de cuatro dígitos. En la memoria se pueden almacenar diferentes programas. Las funciones de número de programa sirve como símbolo de direccionamiento para acceder a un programa, se encuentra siempre a la cabeza de cada programa, y el mismo número del programa no puede guardarse simultáneamente.

Ejemplo: Para una pieza de trabajo que será mecanizada en dos partes

El número del primer programa de proceso es: **O0001**

El número del segundo programa de proceso es: **O0002**

Número de secuencia

Después de que una dirección N ha sido especificada le sigue un número de al menos un dígito. El número de secuencia es usado para buscar dentro del programa un bloque requerido durante las siguientes operaciones:

1. Verificar un programa nuevo
2. Operación normal
3. Edición de programas

Generalmente se insertan en lugares importantes dentro del programa, como al comienzo de cada llamada de herramienta.

Parte del programa

Cada parte del programa contiene toda la información requerida para realizar los procesos de mecanizado con una herramienta.

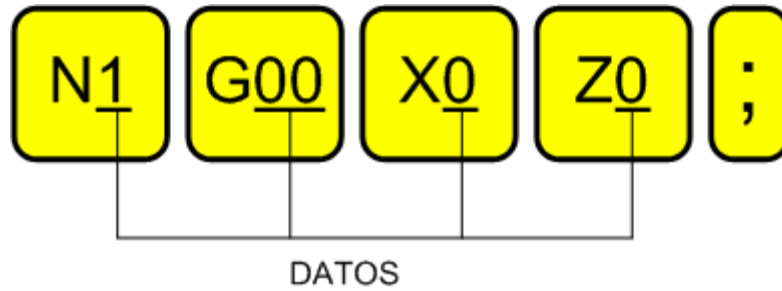
Direcciones:

A cada uno de los caracteres alfabéticos se le denomina “**dirección**”

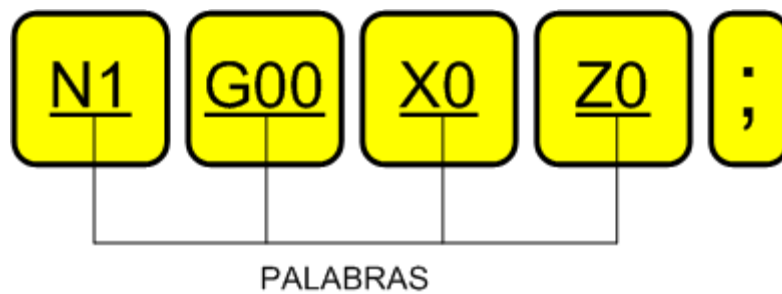


Datos:

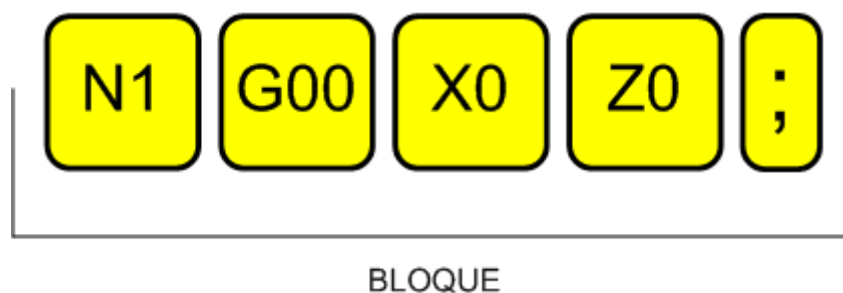
A cada número (incluyendo el signo y el punto decimal) que sigue a una dirección se le denomina “**dato**”

**Palabra:**

La palabra es la mínima unidad que constituye un bloque, esto incluye una dirección y un dato.

**Bloque:**

Un bloque es una línea de comando en el programa. Con uno o mas bloques se pueden construir otros bloques y varios bloques un proceso.

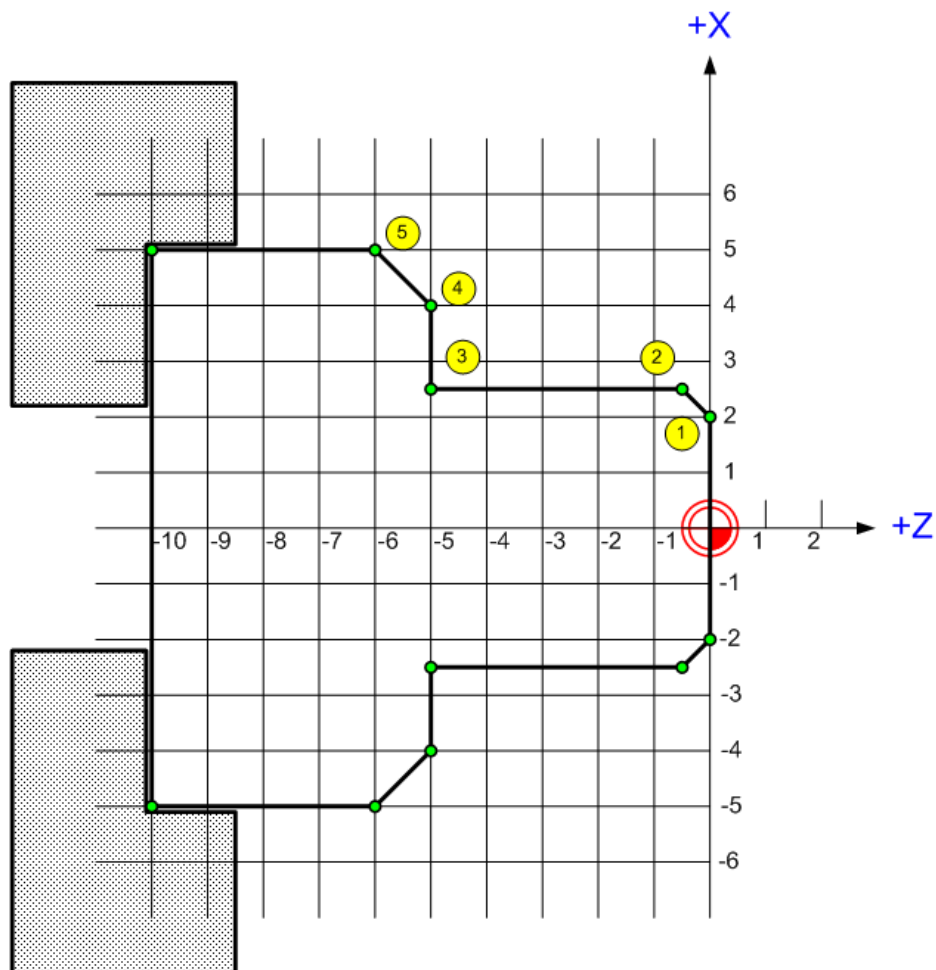


Comando por coordenadas

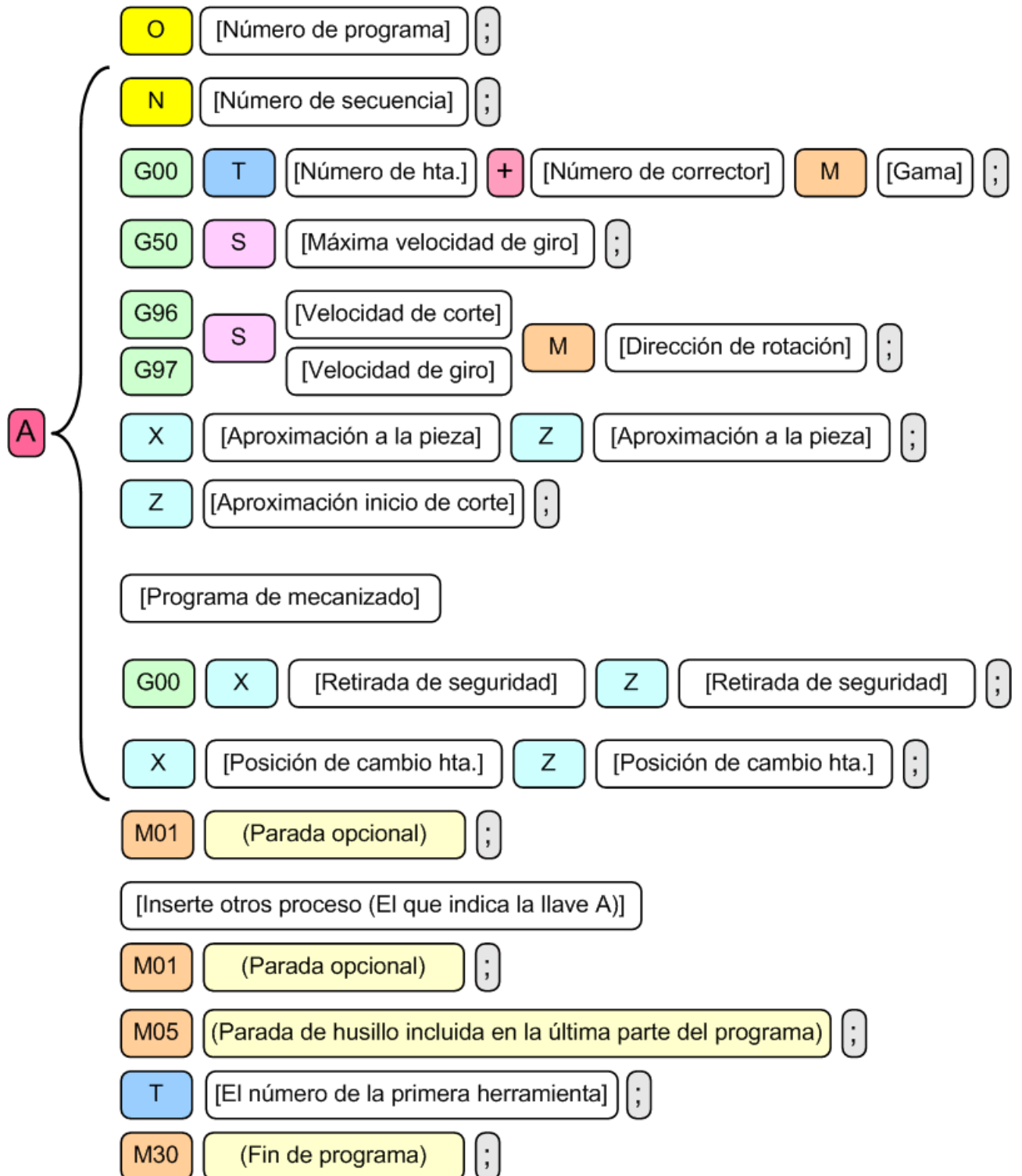
Cuando una herramienta viaja desde un punto a otro, dos métodos pueden ser seleccionados para este desplazamiento.

Comando Absoluto:

El punto de objetivo es especificado por las coordenadas X y Z tomando como referencia el punto cero de pieza (X0, Z0)



Modelo básico de programa



Ejemplo de programa

```

O0001 (NOMBRE DEL PROGRAMA) ;
N1 (NUMERO DE SECUENCIA) ;
G00 T0202 M41 ;
G50 S1000 ;
G96 S100 M03 ;
X54.0 Z1.0 M08 ;
Z0.0 ;
G01 X26.0 F0.25 ;
G00 X45.0 Z1.0 ;
G01 X50.0 Z-1.5 F0.2 ;
Z-25.0 F0.25 ;
G00 U10.0 Z10.0 ;
X100.0 Z100.0 ;
M01 ;
N2 (NUMERO DE SECUENCIA) ;
G00 T0303 M42 ;
G97 S1200 M03 ;
Z1.0 ;
G01 X25.0 Z-1.25 F0.15 ;
Z-41.0 F0.2 ;
G00 U-1.0 Z10.0 M09 ;
X100.0 Z100.0 ;
T0200 ;
M30 ;

```

Código G			Grupo	Función
A	B	C		
G00	G00	G00	01	Posicionamiento (Avance rápido)
G01	G01	G01		Interpolación lineal (Avance para mecanizado)
G02	G02	G02		Interpolación circular horaria
G03	G03	G03		Interpolación circular antihoraria
G04	G04	G04	00	Temporización
G20	G20	G70	06	Unidades de trabajo en pulgadas
G21	G21	G71		Unidades de trabajo en milímetros
G22	G22	G22	09	Función comprobación límite de recorrido memorizado, activar
G23	G23	G23		Función comprobación límite de recorrido memorizado, desactivar
G27	G27	G27	00	Comprobación de vuelta al punto de referencia
G28	G28	G28		Vuelta al punto de referencia
G30	G30	G30		Vuelta al los puntos de referencia segundo, tercero y cuarto
G31	G31	G31		Función de salto
G32	G33	G33	01	Tallado de rosca con paso variable
G34	G34	G34		Tallado de rosca con paso variable
G36	G36	G36	00	Compensación automática de herramienta según X
G37	G37	G37		Compensación automática de herramienta según Z
G40	G40	G40	07	Anular la compensación del radio de la herramienta
G41	G41	G41		Compensación del radio de la herramienta a la izquierda
G42	G42	G42		Compensación del radio de la herramienta a la derecha
G50	G92	G92	00	Selección del sistema de coordenadas o máxima velocidad de giro del husillo
G52	G52	G52		Definición del sistema local de coordenadas
G53	G53	G53		Definición del sistema de coordenadas de máquina
G54	G54	G54	14	Selección del sistema 1 de coordenadas de pieza
G55	G55	G55		Selección del sistema 2 de coordenadas de pieza
G56	G56	G56		Selección del sistema 3 de coordenadas de pieza
G57	G57	G57		Selección del sistema 4 de coordenadas de pieza
G58	G58	G58		Selección del sistema 5 de coordenadas de pieza
G59	G59	G59		Selección del sistema 6 de coordenadas de pieza
G70	G70	G72	00	Ciclo de acabado
G71	G71	G73		Ciclo de desbaste torneado
G72	G72	G74		Ciclo de desbaste refrentado
G73	G73	G75		Repetición patrón
G74	G74	G76		Ciclo de taladrado profundo
G75	G75	G77		Taladrado de diámetro exterior/diámetro interior
G76	G76	G78		Ciclo de rosca múltiple
G90	G77	G20		Ciclo de mecanizado de diámetro exterior/diámetro interior
G92	G78	G21	01	Ciclo de roscado
G94	G79	G24		Ciclo de torneado en cara final
G96	G96	G96	02	Activa el control de velocidad de corte constante
G97	G97	G97		Desactiva el control de velocidad de corte constante
G98	G94	G94	05	Avance por minuto
G99	G95	G95		Avance por revolución
—	G90	G90	03	Programación absoluta
—	G91	G91		Programación incremental
—	G98	G98	11	Retorno a nivel inicial
—	G99	G98		Retorno a nivel punto R

Significado de la dirección

Función	Dirección	Significado de la dirección
Número de programa	O(EIA)/(ISO)	Número de programa
Número de secuencia de bloque	N	Número de secuencia
Función preparatoria	G	Especifica un tipo de movimiento (Lineal, arco, etc.)
Palabra de dimensión	X, Z	Comando de posición de movimiento (tipo absoluto) de cada eje.
	U, W	Instrucción de la distancia y la dirección de movimiento (tipo incremental)
	I, K	Ingrediente de cada eje y volumen de achaflanamiento del centro circular
	R	Radio del círculo, esquina R, borde R
Función de avance	F, E	Designación de la velocidad de avance y de la rosca
Función auxiliar	M	Comando de conexión/desconexión (ON/OFF) para las partes de funcionamiento de la máquina
Función de la velocidad del husillo	S	Designación de la velocidad del husillo principal o tiempo de rotación del husillo principal.
Función (Herramienta)	T	Designación del número de herramientas y el número de compensación de herramienta
Parada	P, U, X	Designación del temporizado
Designación del número de programa	P	Designación del número de llamada del programa auxiliar o subprograma
Designación del número de secuencia	P, Q	Llamada del ciclo de repetición compuesto, número final
Número de repeticiones	L	Tiempo de repetición del programa auxiliar
Parámetros	A, D, I, K	Parámetro en ciclo fijo

Pero definitivamente los más importantes son los designados para comandar acciones y movimientos en la máquina. Para esto se asignaron las Funciones Misceláneas M y las instrucciones Geométricas G, por ello las describiremos con mas detalle.

FUNCIONES MISCELANEAS “M”

Las funciones Misceláneas, o códigos M, son instrucciones que tienen como objetivo llevar a cabo una acción sobre algún mecanismo de la máquina. A continuación mencionamos los mas importantes, para el caso de torneado :

- M00 : Parada Programada**
- M01 : Para Opcional – Válida con la tecla “OPT STOP” activada**
- M02 : Fin de programa. (Sin retorno al principio)**
- M03 : Encendido de Husillo en sentido horario**
- M04 : Encendido de Husillo en sentido anti-horario.**
- M05 : Apagado de Husillo.**
- M08 : Encender Bomba de Refrigerante**
- M09 : Apagar Bomba de Refrigerante.**
- M10 : Extender Bandeja recogedora de piezas**
- M11 : Retraer Bandeja recogedora de piezas**
- M17 : Bloqueo de maquina activo**
- M18 : Bloqueo de maquina desactivo**
- M19 : Orientación del Husillo Principal**
- M24 : Funcionamiento del Extractor de Virutas**
- M25 : Parada del Extractor de Virutas**
- M30 : Fin de programa (Con retorno a inicio)**
- M33 : Encendido de husillo sentido horario herramienta motorizada**
- M34 : Encendido de husillo sentido antihorario herramienta motorizada**
- M35 : Parada de husillo herramienta motorizada**
- M46 : Soltar agarre de contrapunta y extender barra de arrastre contrapunta**
- M47 : Sujetar agarre de contrapunta y retraer barra de arrastre contrapunta**

M78 : Avance de caña de contrapunta
M79 : Retracion de caña de contrapunta
M98 : Llamada de Subprograma
M99 : Fin de Subprograma

INSTRUCCIONES GEOMETRICAS “G”

Son generalmente comandos de tipo Geométrico y en su mayoría involucran un movimiento de máquina. A continuación explicaremos los más importantes.

G00 (Posicionamiento)

Una herramienta se desplaza desde el último punto hasta el punto definido en el comando y con velocidad rápida. Esta instrucción permite llevar los ejes de la máquina a una posición de un punto objetivo. Si el G00 es especificado una vez, este se mantiene activo hasta que un G01, G02 o un G03 se especifiquen. Esto quiere decir que es un comando modal.

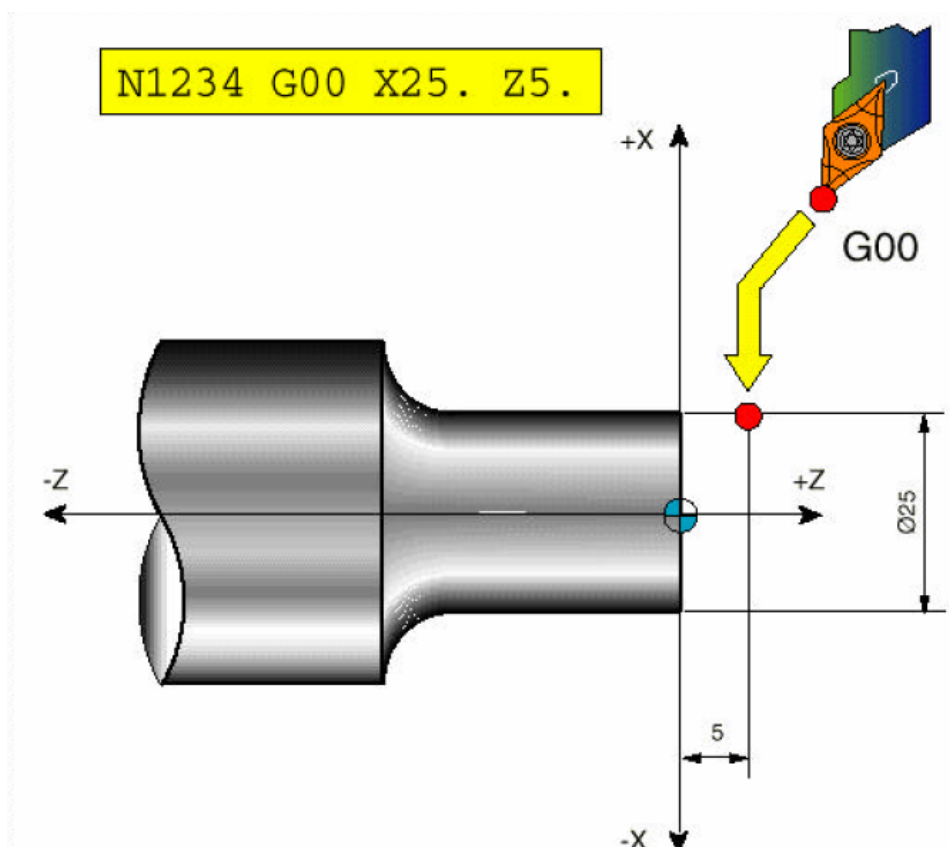
Formato 1 **G00 X(U)_____;**

Formato 2 **G00 Z(W)_____;**

Formato 3 **G00 X(U)___ Z(W)_____;**

El movimiento se lleva a cabo en línea recta desde el punto donde este ubicada la herramienta hasta el punto final definido por la coordenada destino, a la velocidad máxima de la máquina.

Ejemplo de bloque de programación con G00



Este tipo de movimiento se utiliza para acercar la herramienta a la pieza o también para alejarse de la pieza con el fin de seleccionar la siguiente herramienta de trabajo.

Si sólo se programa una de las dos coordenadas, el movimiento se llevará a cabo en un solo sentido.

Esta instrucción es de tipo modal, es decir, si se va a seguir usando en el próximo bloque, no es necesario volverla a escribir.

G01 : Movimiento Lineal

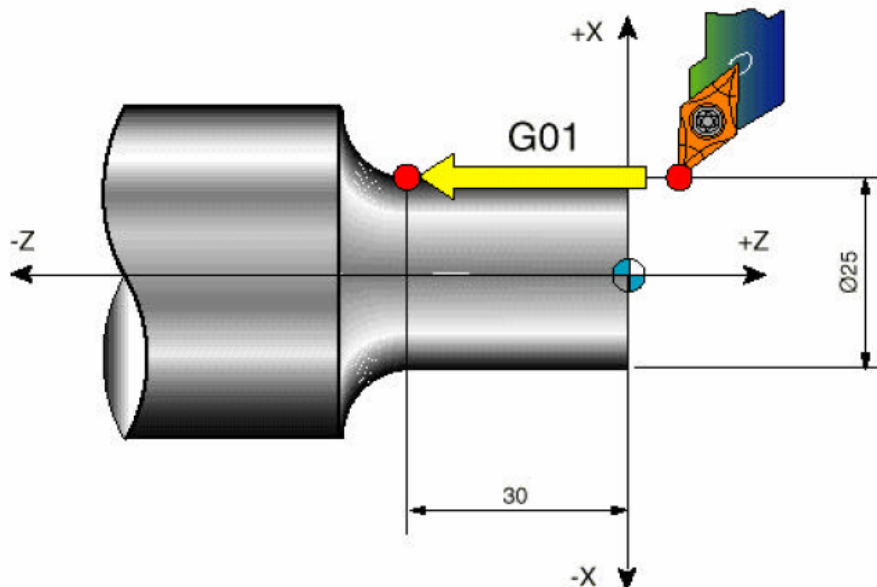
Usando este código de programación, se lleva a cabo el mecanizado de rectas. Como punto inicial, se tiene el punto en el que se encuentre la herramienta, el punto final debe ser dado a continuación de la instrucción G01.

Se programa de la siguiente manera:

G01 X[Pos] Z[Pos] F[Avance]

El movimiento se lleva a cabo a la velocidad de avance definida bajo la letra F.
Ejemplo de Boque usando G01 :

```
N1234 G01 X25. Z-30. F0.2
```



La instrucción G01 también es una instrucción modal.

G02 : Arco de círculo en sentido horario

G03 : Arco de Círculo en sentido antihorario

Con estas 2 instrucciones se lleva a cabo el mecanizado de arcos de círculo, en sentido horario (G02) o antihorario (G03), cuyo punto de partida es el punto en que se encuentre la herramienta en el momento de leer la instrucción y el punto final es el designado en la instrucción.

Se programa de la siguiente manera :

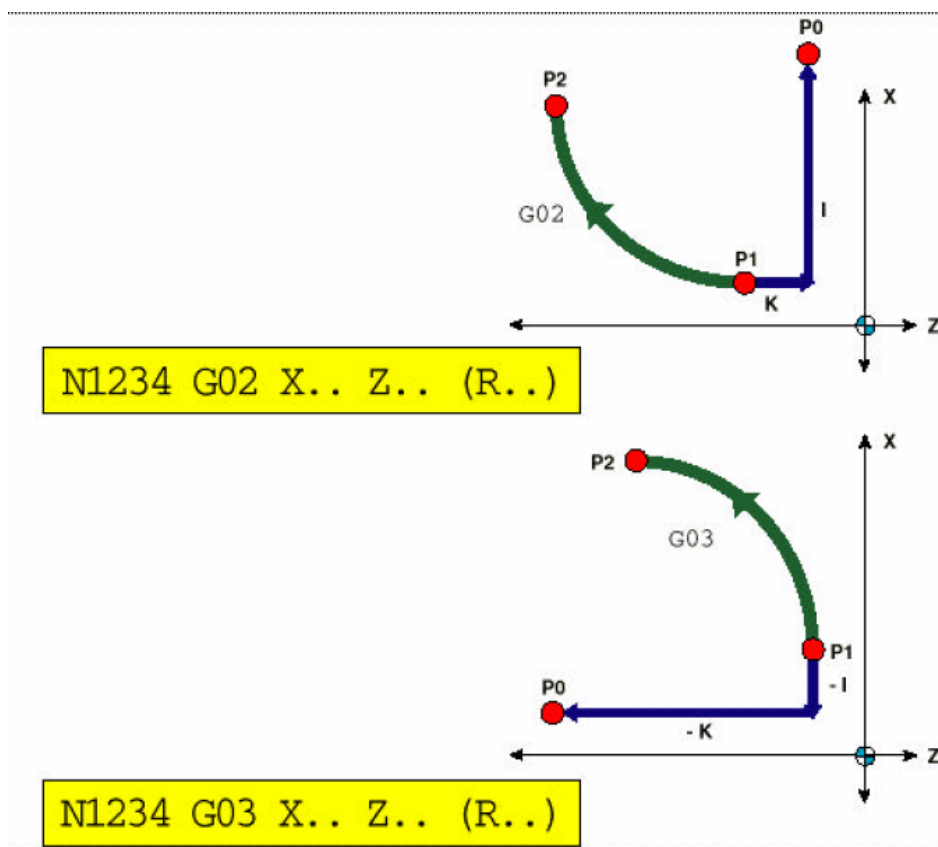
G02 X[Pos] Z[Pos] R[Radio] F[Avance]
G03 X[Pos] Z[Pos] I[Pos] K[Pos]

Donde R es el radio del arco generado y X,Z el punto final del mismo.

Alternativamente, se puede programar dando el centro del círculo correspondiente a ese arco bajo las letras I-K, en coordenadas relativas respecto al punto inicial.

También se puede modificar el avance de trabajo adicionando el F correspondiente.

Los arcos de círculo se programarían de la siguiente manera :



G04 : Tiempo de Espera

Con esta instrucción se programa un tiempo de espera, que debe transcurrir desde que la maquina ejecuta esta instrucción, hasta que lea la siguiente.

El siguiente es el formato de programación :

G04 X[Tiempo]

Bajo la letra X se programa un tiempo en segundos, con su punto decimal. Alternativamente se puede usar P, pero no permite el uso de punto, por lo tanto denota el tiempo en milésimas de segundo.

G20 : Medidas en Pulgadas

Con este código se establece como unidades de programación las pulgadas.

G21 : Medidas en Milímetros

Define las unidades de trabajo en Milímetros. Al igual que el código anterior (G20) es una instrucción de encabezado de programa y se cancelan entre si.

G28 : Retorno a Punto de Referencia pasando por punto intermedio

Con el uso de esta instrucción se envían los ejes al punto de referencia, programando de la siguiente manera :

G28 U0
G28 W0

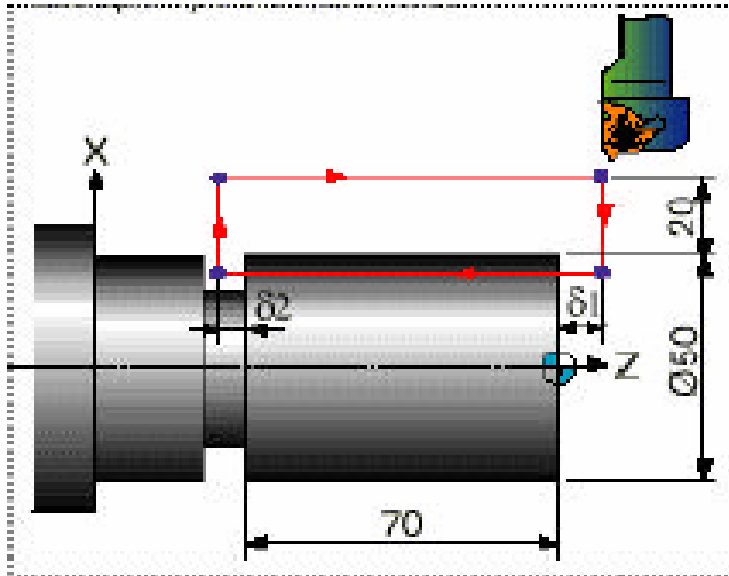
Esto quiere decir que los ejes van a referencia secuencialmente, tomando como punto intermedio U0 W0 que es el mismo punto, es decir se va a referencia directamente.

G32 : Roscado en un pasada

Con esta instrucción se programa una pasada de rosca. Se programa bajo el siguiente esquema :

G32 X[Pos] Z[Pos] F[Paso]

La maquina lleva a cabo un movimiento para generar la rosca con el paso especificado bajo la letra F, si se da sólo la coordenada en Z, se generará una rosca recta, si es cónica se deberá incluir un valor también en X. Los movimientos de acercamiento y alejamiento deben ser programados con G0.



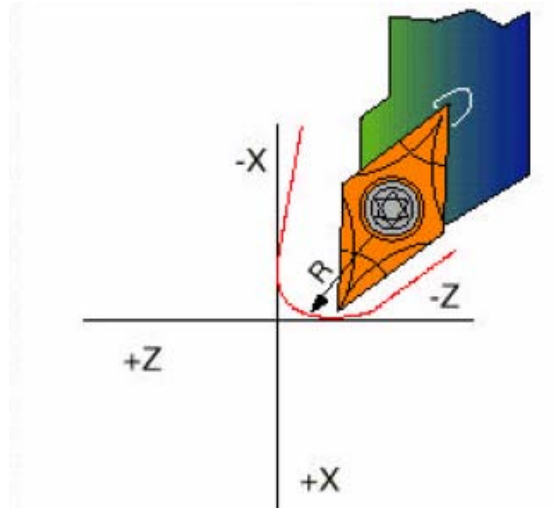
G40 : Cancelación de compensación de radio de herramienta

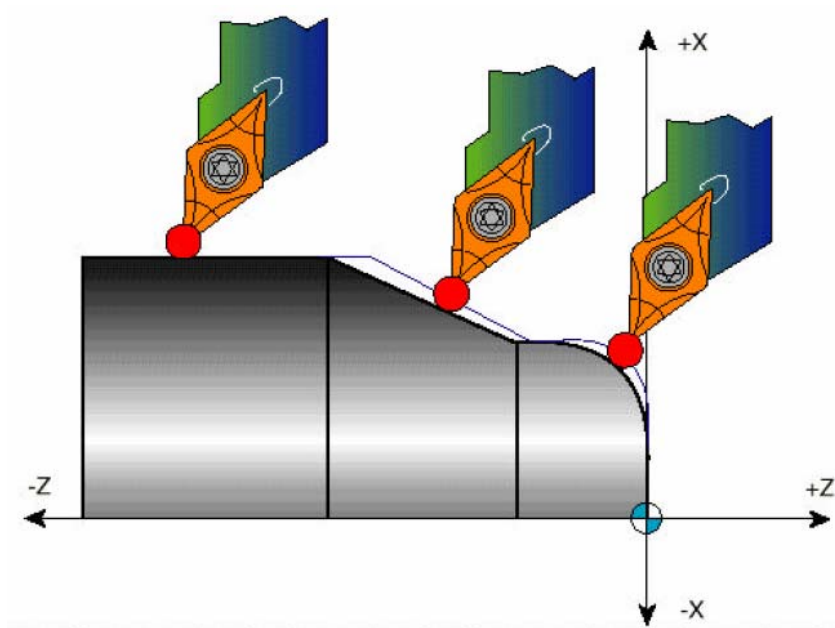
Este código cancela el uso de compensación de radio de herramienta (G41/G42). Se usa también como instrucción de encabezado por si se interrumpe la ejecución de un programa mientras se esté usando compensación de radio.

G41 : Compensación de Radio de Hta a la izquierda del contorno

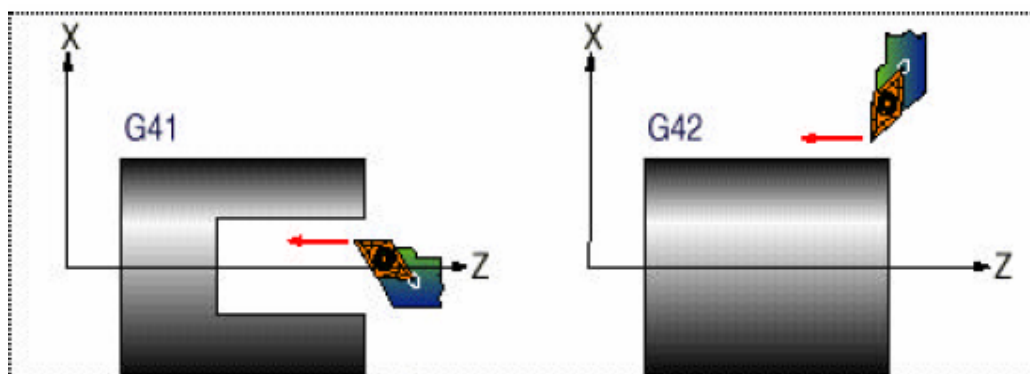
G42 : Compensación de Radio de Hta a la derecha del contorno

Estas 2 instrucciones se usan para que la máquina tenga en cuenta el radio de la herramienta usada y que origina que los chaflanes, conos y arcos no tengan las dimensiones programadas.

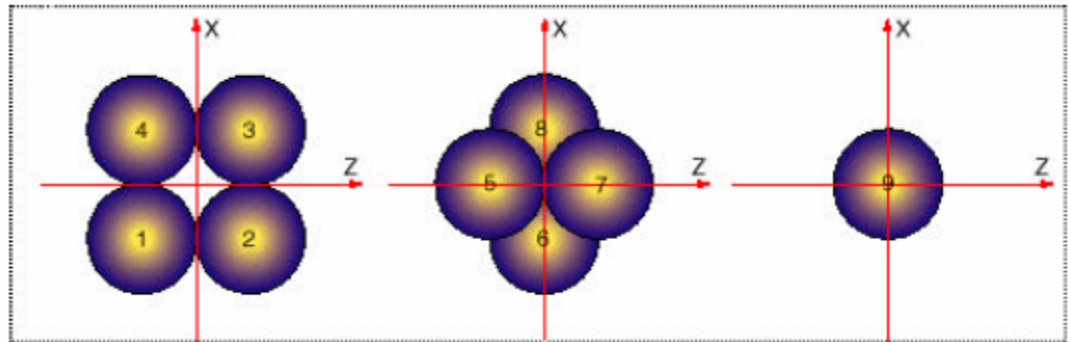
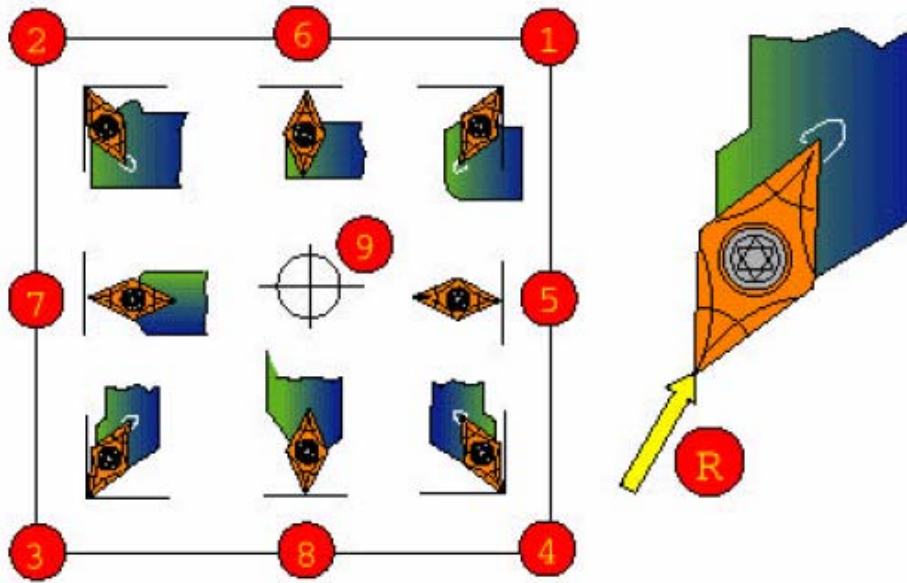




Es importante que se tenga en cuenta el sentido de la trayectoria y definir que en el sentido del avance, la herramienta vaya por la izquierda o por la derecha del contorno programado.



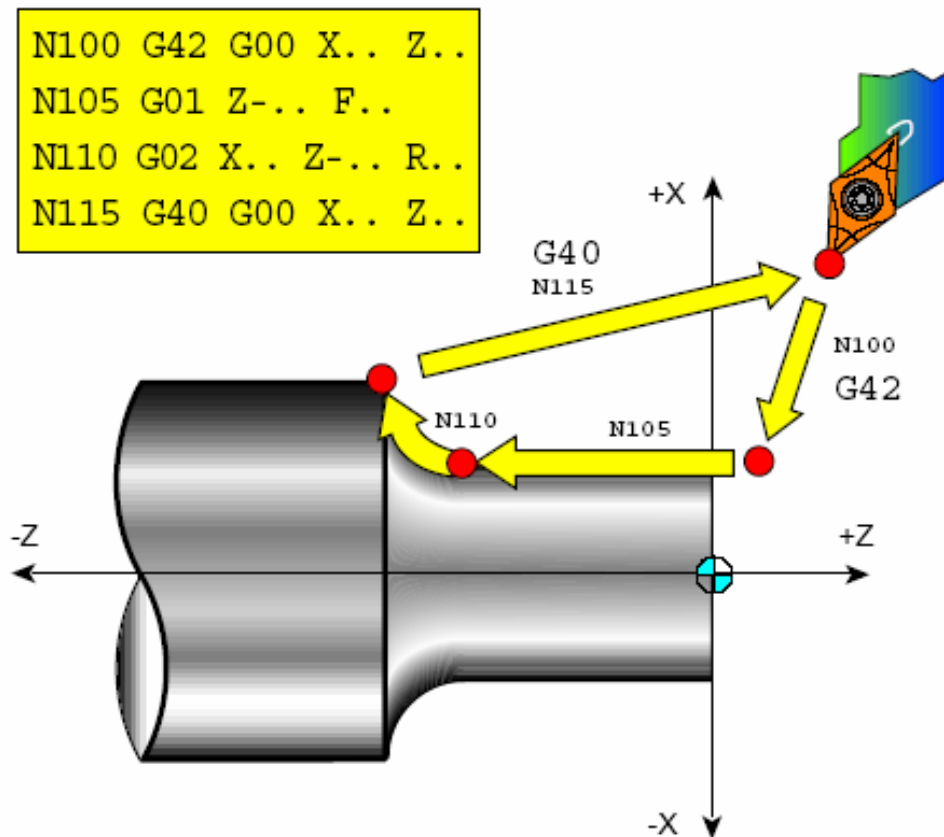
En ambos casos, se debe haber medido en la tabla de compensación de herramientas los valores del radio de la herramienta y de la orientación de la misma, según sea el caso :



En la tabla de compensaciones se mete este valor en la columna de T :

OFFSETNO.	X	Z		TOOL DIRECTION
01	0.75	-0.93	0.4	3
0.2	-1.234	10.987	0.8	2
.
.
16

La secuencia de programación es como sigue :



G50 : Limitación de RPM's máximas del husillo.

Con esta instrucción se especifica en la máquina a que velocidad máxima puede girar el husillo. Esto debido a que no todas los montajes son iguales y algunos requieren limitación en la velocidad máxima a la que puede girar la pieza, ya sea por peso, longitud o tipo de material.

Se programa de la siguiente manera :

G50 S2500

G54 : Cero de Pieza 1

G55 : Cero de Pieza 2

G56 : Cero de Pieza 3

G57 : Cero de Pieza 4

G58 : Cero de Pieza 5

G59 : Cero de Pieza 6

Estas 6 instrucciones se usan para hacer el traslado del cero de máquina al borde de la pieza. Cada una anula las otras.

Cuando se activan, el traslado se hace tomando en cuenta los valores que se tienen en la tabla de ceros de pieza.

G96 : Velocidad de Corte Constante (CSS)

G97 : Velocidad en Rpm's constantes

Con estos códigos se activa o desactiva el modo de trabajo en el que las rpm's del husillo son variadas a medida que nos desplazamos en diámetro, con el fin de tener una velocidad tangencial constante sobre la superficie.

Esta relación se rige con la siguiente ecuación:

$$V_{cc} = (\pi * D * N) / 1000$$

Donde V_{cc} es la velocidad constante superficial en mts/min , D es el diámetro actual y N es el número de rpm's a que gira el husillo.

El uso de velocidad de corte constante es de las figuras representativas de un torno CNC y conlleva ventajas en lo que respecta a la los cortes óptimos y los acabados uniformes. Los valores típicos programados están en el rango de S120-S150-S180.

Por ejemplo para un desbaste se programa un giro a 120 mts/min de la siguiente manera

G96 S120 M03

G97 es la forma opuesta a G96, esto es, velocidad en rpm's constantes que implica que la velocidad tangencial sea variable sobre cada punto de la pieza en diferentes diámetros. Se programa con la velocidad de giro requerida, por ejemplo para un perforado se programaría :

G97 S600 M03

Esta instrucción hace que el plato gire a 600 revoluciones por minuto.

Este par de instrucciones G96/G97 se cancelan entre si.

G98 : Avance en milímetros por minuto

G99 : Avance en milímetros por revolución

Estos códigos establecen las unidades del avance F en milímetros por minuto (G98) es decir constante con el tiempo, o en milímetros por revolución (G99). Usando G98 se tienen valores típicos de F100, F150, F200.

Para G99 se programan valores del rango de F0.15, F0.2, F0.25.

Estas instrucciones se cancelan entre sí y se pueden incluir en el encabezado del programa.

Esquema general de un programa

La siguiente es la forma típica que tiene un programa de torneado :

O0100 ;	← <i>Número de programa</i>
G21 G40 M21 G99 ;	← <i>Instrucciones de encabezado</i>
G50 S3000	← <i>Limitación de Revoluciones</i>
G28 U0 ;	← <i>Enviar eje X a referencia</i>
G28 W0 ;	← <i>Enviar eje Z a referencia</i>
G55 ;	← <i>Cero de pieza</i>
G00 X200. Z200. ;	← <i>Ir a punto de cambio de herramienta</i>
T0101 ;	← <i>Selección de herramienta</i>
G96 S120 M03 ;	← <i>Encendido de Plato a 120 mts/min</i>
G00 X25. Z2. ;	← <i>Acercamiento a la pieza para primer proceso</i>
G01 X_ Z_ ;	← <i>Mecanizado con Hta 1</i>
. . .	
. . .	
. . .	
G00 X200. Z200. ;	← <i>Alejamiento de la pieza, punto de cambio</i>
T0202 ;	← <i>Selección de Hta 2</i>
G96 S180 M03 ;	← <i>Encendido de Plato a 180 mts/min</i>
G00 X15. Z1. ;	← <i>Acercamiento a la pieza para segundo proceso</i>
G01 Z_ ;	← <i>Mecanizado con Hta 2</i>
. . .	
. . .	
. . .	
G00 X200. Z200. ;	← <i>Alejamiento de la pieza, punto de cambio</i>
T0303 ;	← <i>Selección de Hta 3</i>
G97 S500 M03 ;	← <i>Encendido de Plato a 500 rev/min</i>
G00 X15. Z1. ;	← <i>Acercamiento a la pieza para tercer proceso</i>
G01 Z_ ;	← <i>Mecanizado con Hta 3</i>
. . .	
. . .	
. . .	
G00 X200. Z200. ;	← <i>Alejamiento de la pieza, punto de cambio</i>
M05 ;	← <i>Apagar Husillo</i>
M30 ;	← <i>Fin de programa</i>

Los bloques se hacen repetitivos cada vez que se inicia un proceso, ligado a una herramienta.

CICLOS DE PROGRAMACION G70-G76

Son instrucciones que se usan para simplificar la programación, ya que usando estas códigos y colocando ciertos datos del mecanizado, se llevan a cabo sucesivos movimientos que con la programación ya vista llevaría muchísimos bloques.

Para los ciclos de desbaste se tiene en cuenta un contorno que va definido por un bloque de inicio (P) y un bloque final (Q).

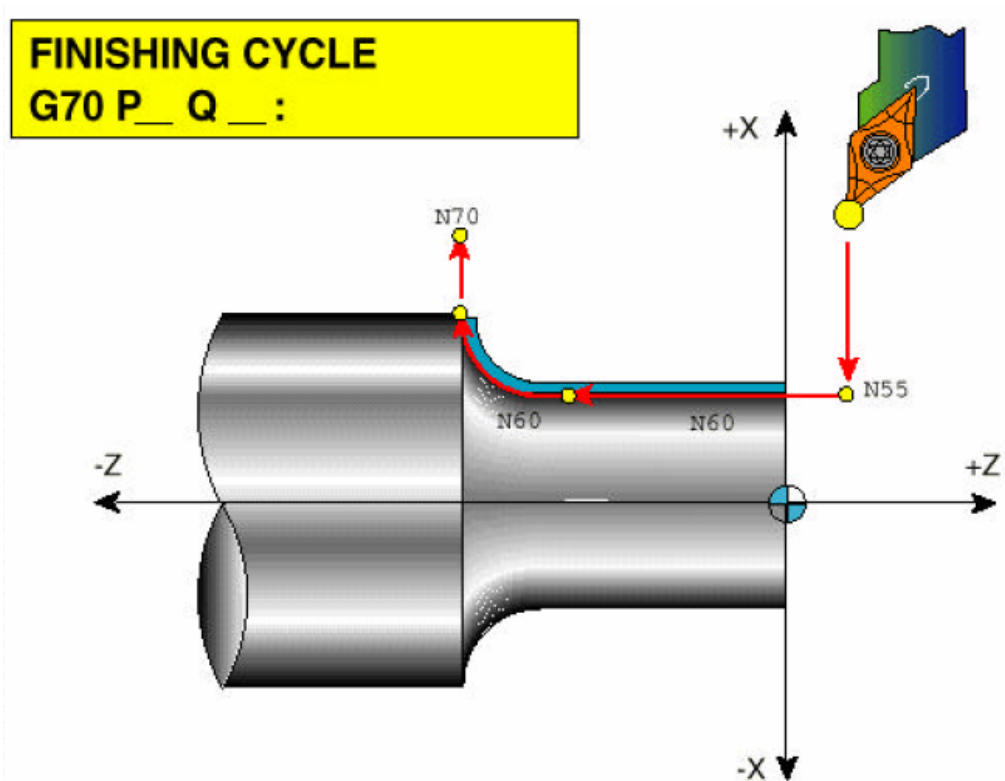
G70 : Ciclo de Acabado

Se usa para quitar la sobremedida dejada por los ciclos de desbaste.

Se programa de la siguiente manera:

G70 P[Ninic] Q[Nfinal]

Donde P es el bloque de inicio del contorno y Q es el bloque de final del contorno.



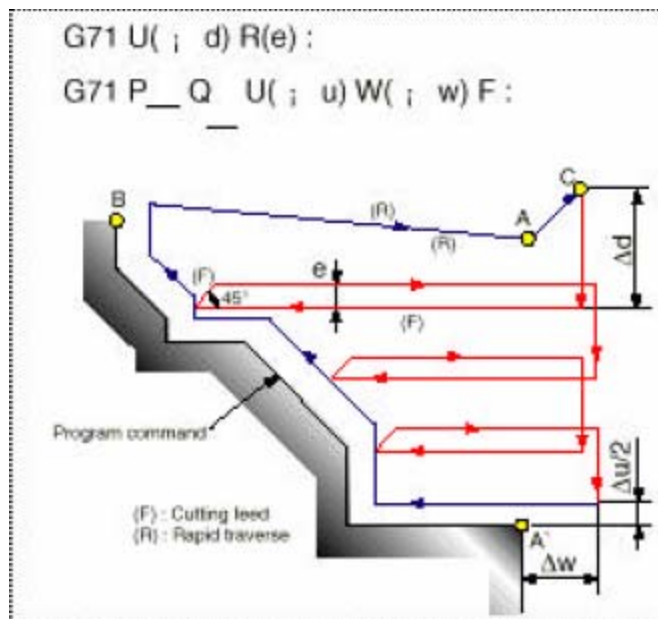
G71 : Ciclo de Torneado – Cortes Longitudinales

Con este código se llevan a cabo pasadas de cilindrado sucesivas, respetando el contorno programado entre los bloques P y Q.

Se programa bajo el siguiente esquema :

**G71 U(Δd) R (e)
G71 P__ Q__ U(Δu) W(Δw) F__**

U(Δd) : Profundidad de corte (Designar el radio)
R (e) : Distancia de escape (Siempre 45°)
P : N° de secuencia inicial
Q : N° de secuencia final
U (Δu): Tolerancia de acabado en eje X
W(Δw): Tolerancia de acabado en eje Z
F : Velocidad de avance de corte



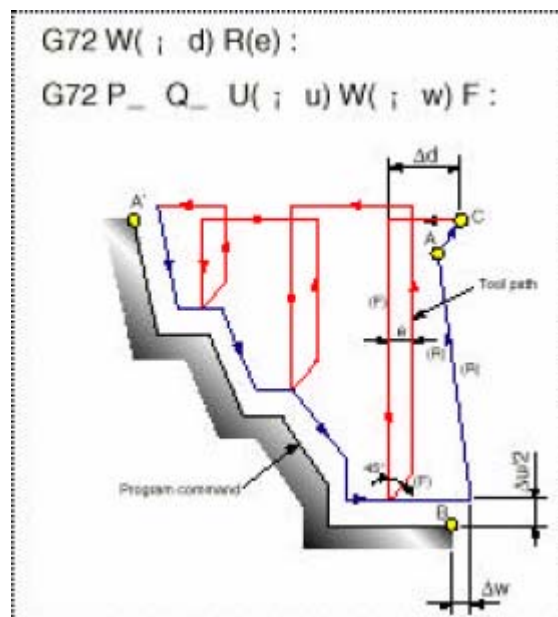
G72 : Ciclo de Refrentado – Cortes Transversales

Con este código se llevan a cabo pasadas de refrentado sucesivas, mas apropiado para piezas mas cortas respecto al diámetro, como puede ser un disco de frenos.

Se programa bajo el siguiente esquema :

**G72 W(Δd) R (e)
G72 P__ Q__ U(Δu) W(Δw) F__**

W(Δd):	Profundidad de corte
R (e) :	Distancia de escape (Siempre 45)
P :	Nº de secuencia inicial
Q :	Nº de secuencia final
U (Δu):	Tolerancia de acabado en eje X
W(Δw):	Tolerancia de acabado en eje Z
F :	Velocidad de avance de corte



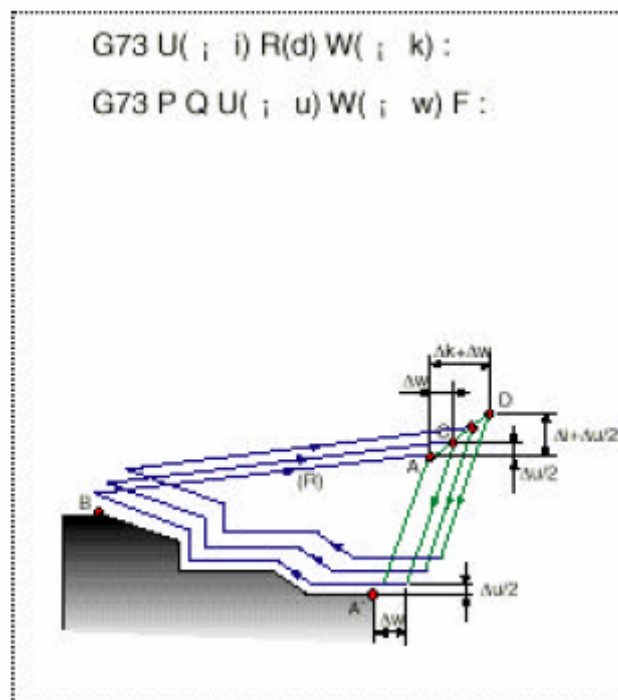
G73 : Ciclo de Repetición – Cortes paralelos al contorno

Este ciclo nos permite llevar a cabo cortes de desbaste paralelos al contorno y es ideal para piezas preformadas, como son las piezas de fundición.

Se programa de la siguiente manera :

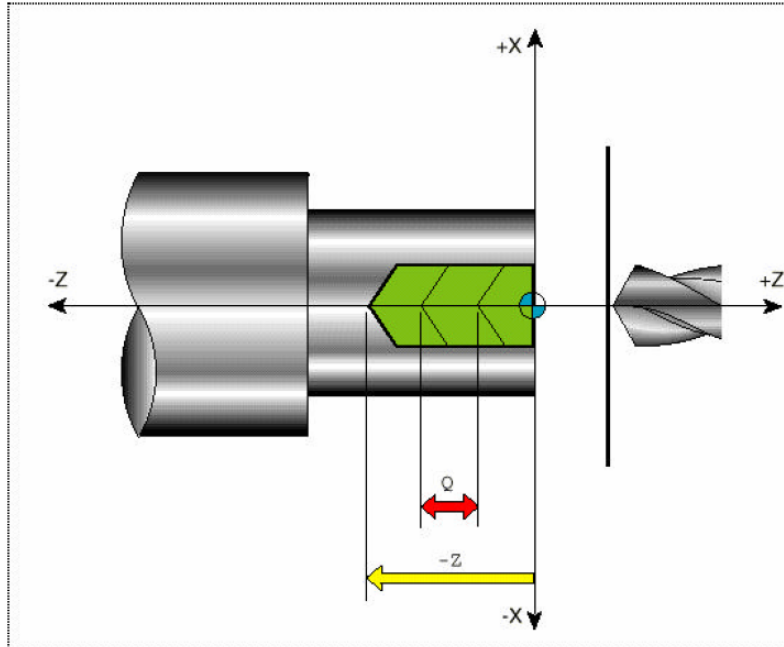
**G73 U(Δi) W(Δk) R (d)
G73 P__ Q__ U(Δu) W(Δw) F__**

U (Δi) : Material excedente en X (En radio)
 W(Δk) : Material excedente en Z
 R (d) : Número de pasadas
 P : N° de secuencia inicial
 Q : N° de secuencia final
 U (Δu) : Tolerancia de acabado en eje X
 W(Δw) : Tolerancia de acabado en eje Z
 F : Velocidad de avance de corte



G74 : Ciclo de Taladrado con picoteo

Este es un ciclo de penetración para llevar a cabo agujeros profundos que requieran de entrada y salida de la herramienta para romper la viruta.

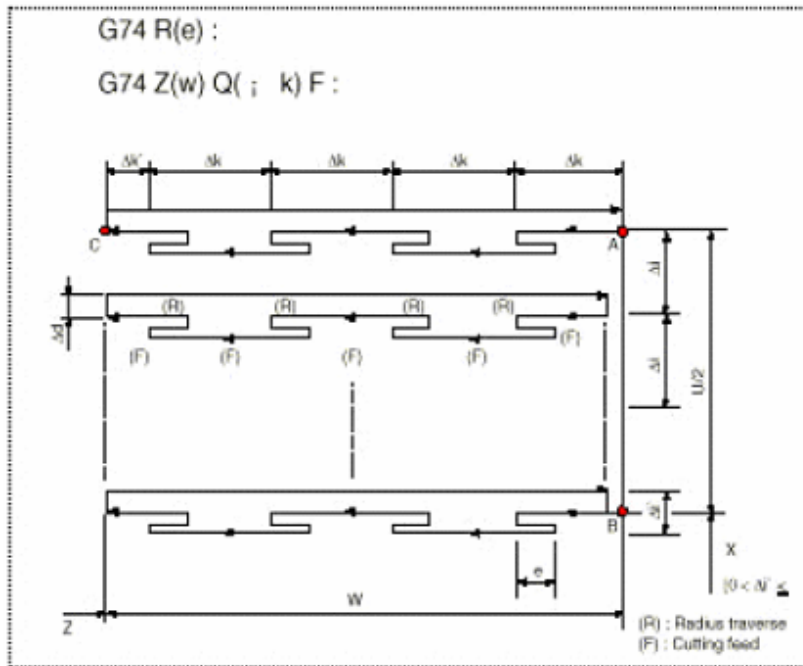


La programación de este ciclo tiene el siguiente formato:

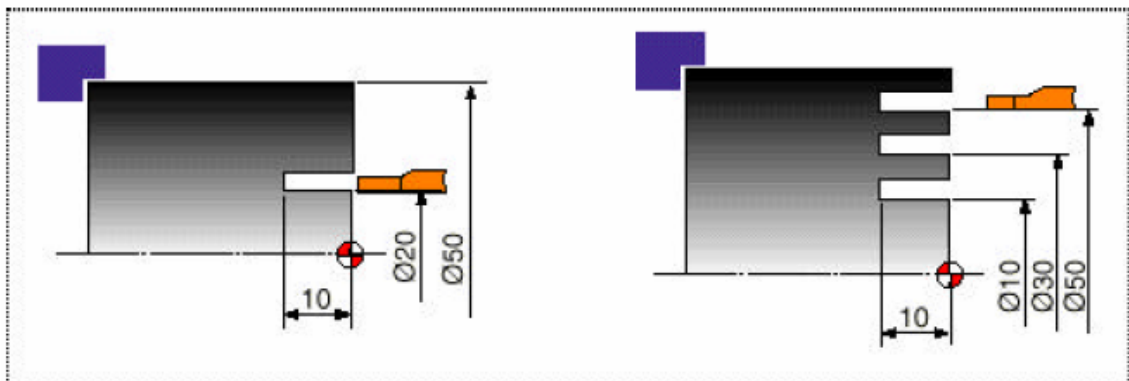
G74 R(e)
G74 Z(w) Q(Δ k) F__

Los parámetros a programar son los siguientes:

R(e)	:	Cantidad de retroceso
Z(w)	:	Profundidad de corte final
Q(Δ k)	:	Profundidad de corte por pasada (Q1000 = 1mm)
F	:	Velocidad de avance de corte



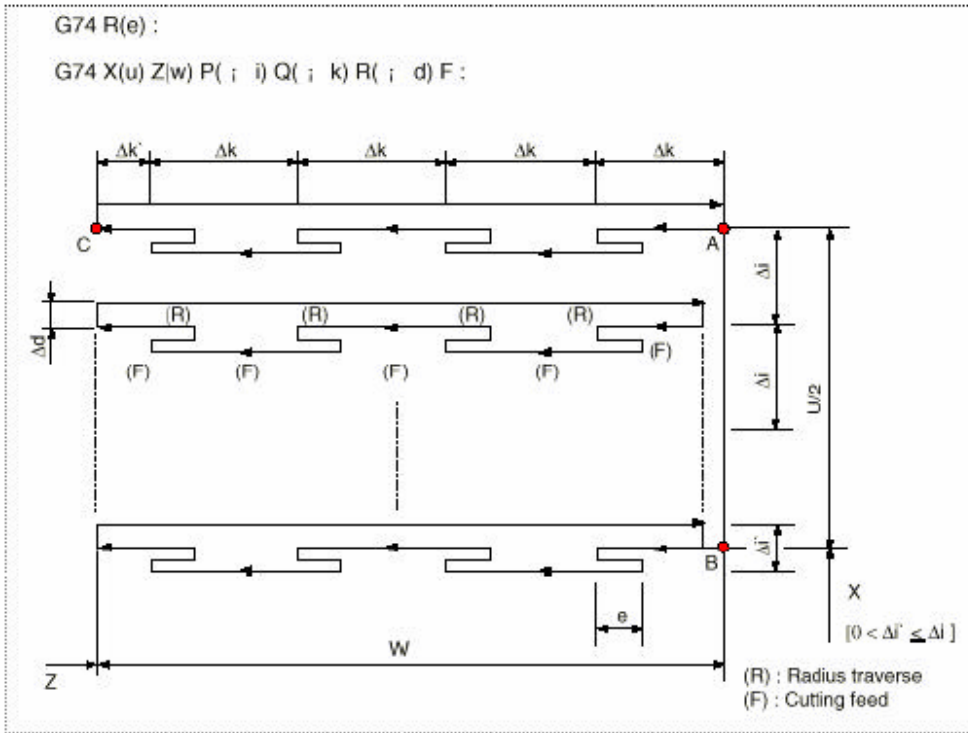
Este ciclo también puede ser programado para hacer ranuras frontales, de la siguiente manera:



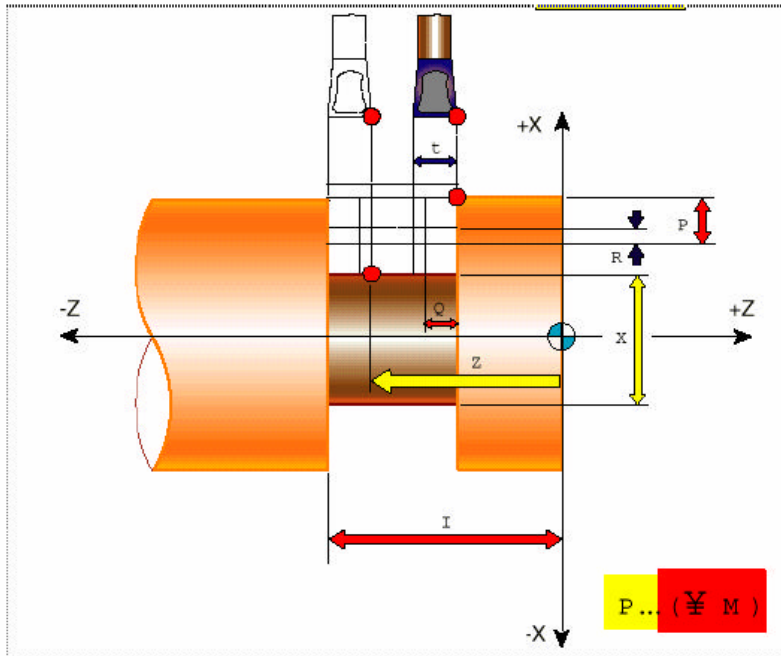
Formato: **G74 R(e)**
G74 X(u) Z(w) P(Δk) Q(Δk) R(Δd) F__

En este caso, se deben programar algunos parámetros adicionales:

R(e) :	Cantidad de retroceso
X(u) :	Punto final en el eje X
Z(w) :	Profundidad de corte final
P(Δi) :	Corrimiento en el eje X
Q(Δk) :	Volumen de corte en el eje Z (Q5000= 5mm)
R(Δd) :	Cantidad de alejamiento en el punto final del eje Z
F :	Velocidad de avance de corte



G75 : Ciclo de Ranurado transversal

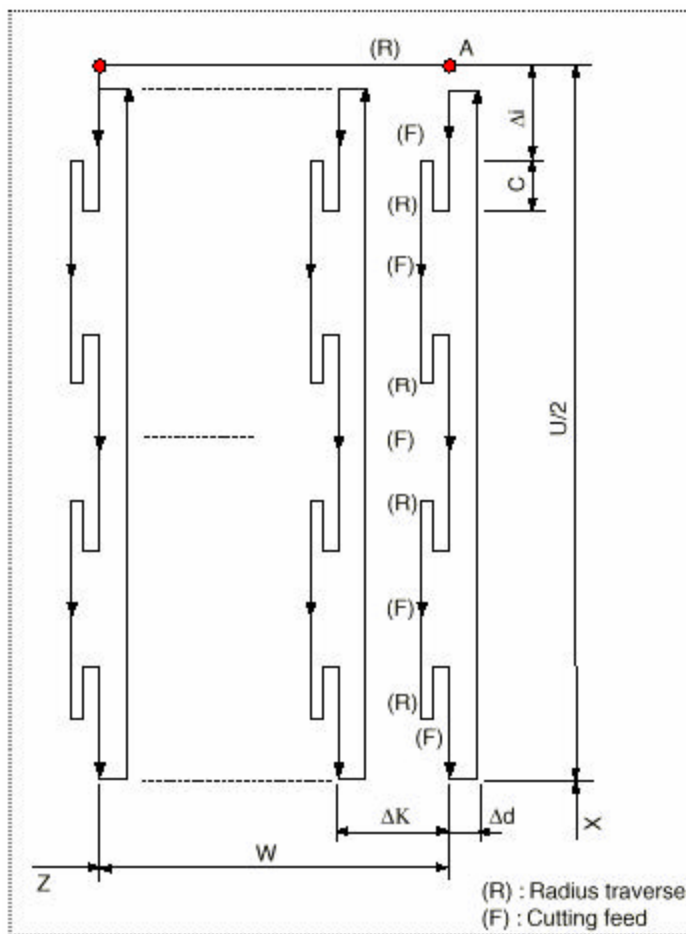


Se programa con el siguiente formato:

**G75 R(e)
G75 X(u) Z(w) P(Δk) Q(Δk) R(Δd) F__**

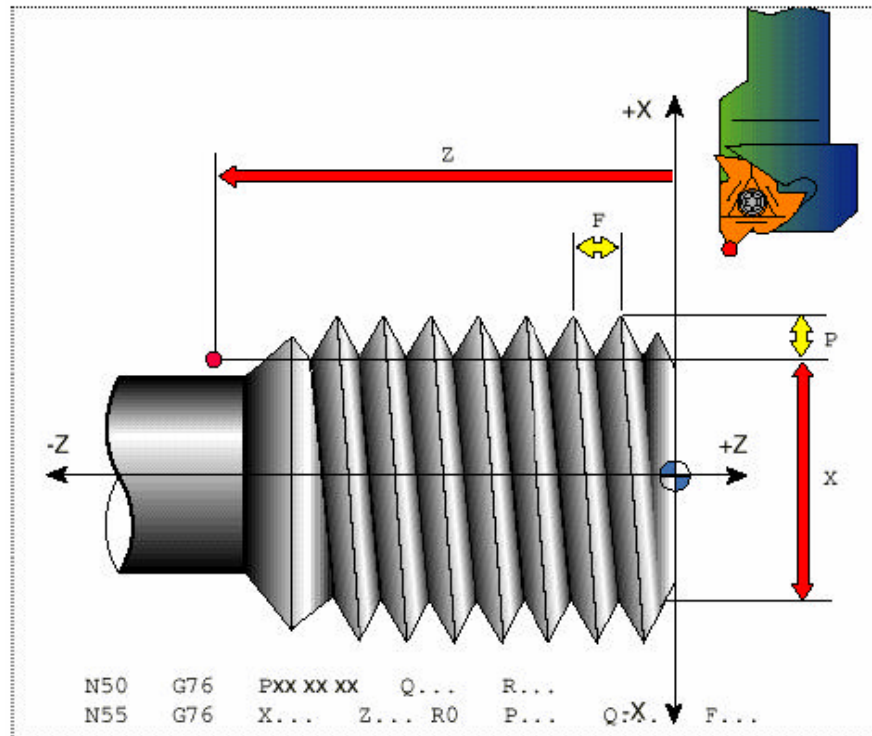
El significado de los parámetros a programar es como se describe:

- R(e) : Cantidad de retroceso
- X(u) : Punto final en el eje X
- Z(w) : Profundidad de corte final
- Q(Δk) : Corrimiento en el eje Z
- P(Δi) : Profundidad de corte en X (Designar el radio)
- R(Δd) : Cantidad de alejamiento en el punto final de X.
- F : Velocidad de avance de corte



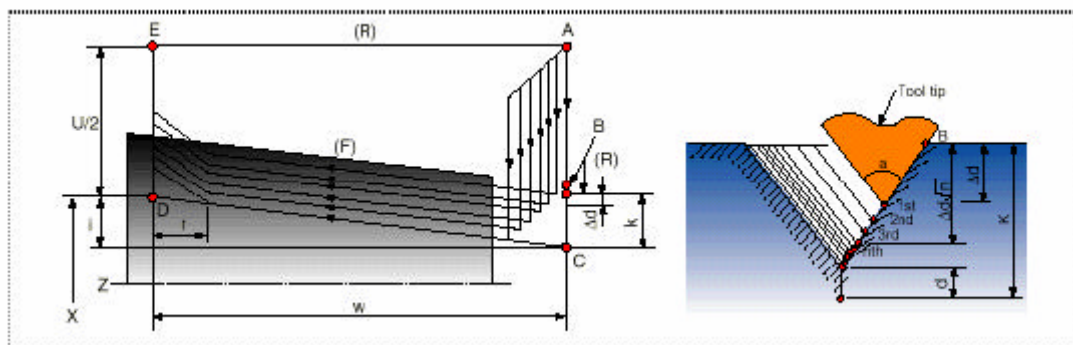
G76 : Ciclo de Roscado en Múltiples pasadas

Con este ciclo se lleva cabo un proceso de roscado en múltiples pasadas. En la gráfica se visualizan los parámetros a programar.



El formato de programación es el siguiente:

G76 P(m)(r)(a) Q(Δd_{min}) R(d)
G76 X(u) Z(w) R(i) P(k) Q(Δd) F__



- P(m)(r)(a)** : Parámetro compuesto, consta de 6 dígitos.
 m : Número de pasadas de acabado
 r : Chaflán de salida en múltiplo de 10 veces el paso
 a : Angulo de la herramienta (60° o 55°)
- Q(Δd_{min})** : Mínima profundidad de corte. Cuando los cortes decrecientes calculados llegan a este límite, los restantes se hacen con este valor.(En milésimas, sin punto)
- R(d)** : Sobremedida de acabado para la ultima pasada.

X(u) Z(w)	:	Punto final de la rosca en su diámetro menor.
R(i)	:	Diferencia radial de rosca, para rosca inclinada
P(k)	:	Altura del filete. (En milésimas, sin punto)
Q(Δd)	:	Profundidad del primer corte.(Medida radial en milésimas)
F	:	Paso de la rosca en milímetros

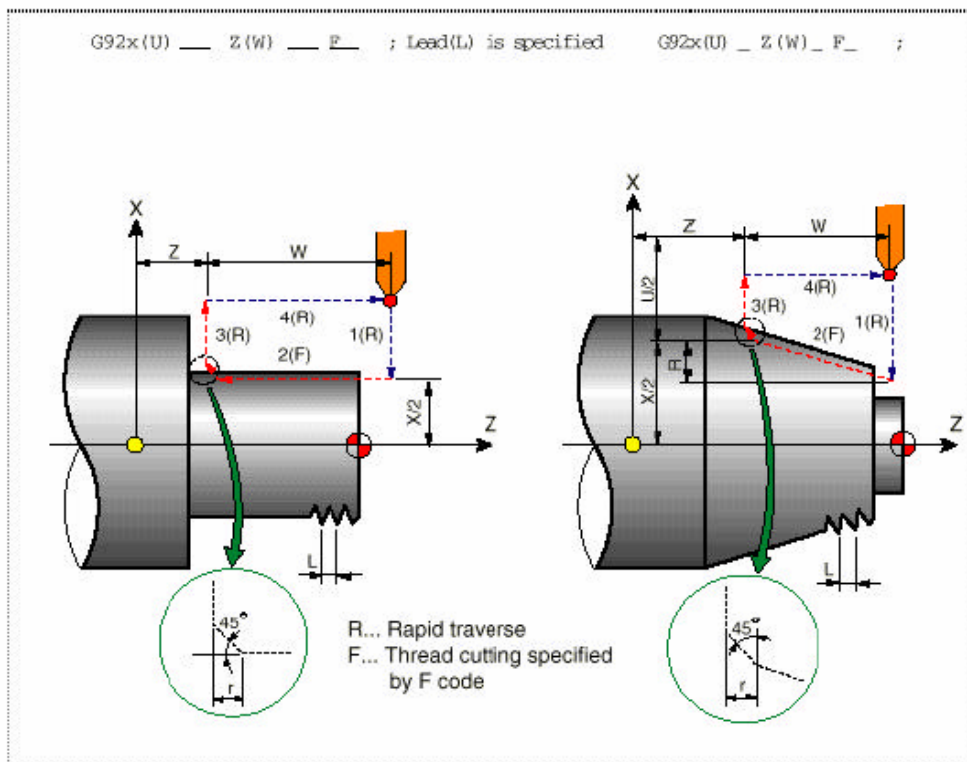
La máquina calcula el número de pasadas basado en estos parámetros, disminuyendo cada vez la profundidad de los cortes y haciendo los cálculos para tener una cantidad constante de material removido.

OTROS CICLOS DE TORNEADO

Los siguientes son 3 ciclos que actúan en 4 movimientos (acercamiento-mecanizado-salida-retroceso) para llevar a cabo procesos de torneado, refrentado o roscado.

G92 : Ciclo de Roscado en una pasada

Trabaja de manera similar al anterior.



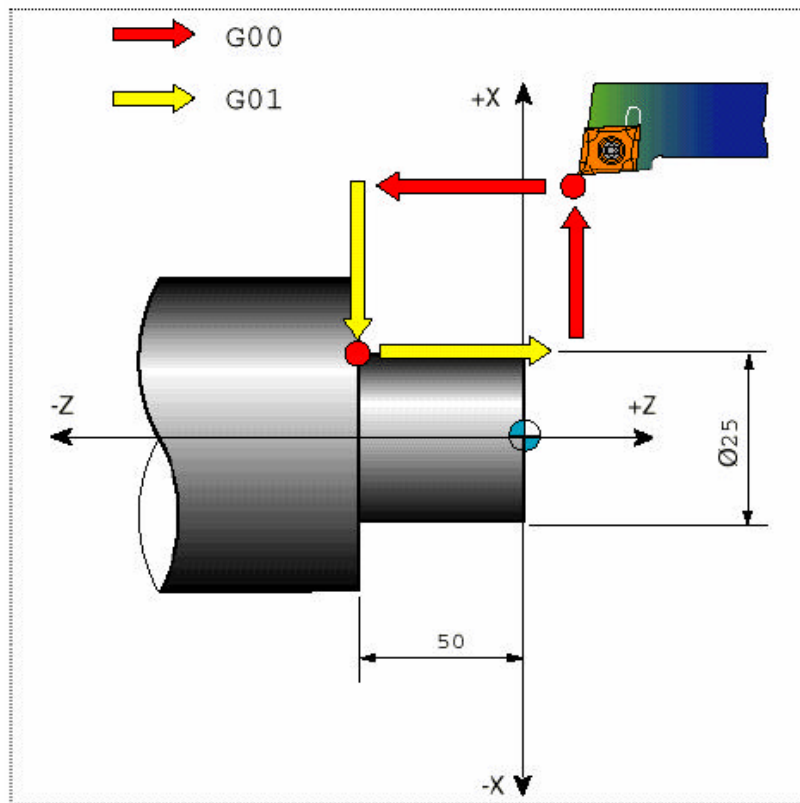
El formato de programación es el siguiente:

G92 X(u) Z(w) R(Δ i) F__

- X(u) : Punto final en X
 Z(w) : Punto final en Z
 R(Δ i) : Inclinación del roscado, si no se coloca es rosca recta.
 R-: Cuando se corta desde el punto inicial hacia la dirección X+
 R+: Cuando se corta desde el punto inicial hacia la dirección X-
 F : Paso de rosca

G94 : Ciclo de refrentado

Trabaja de la siguiente forma :

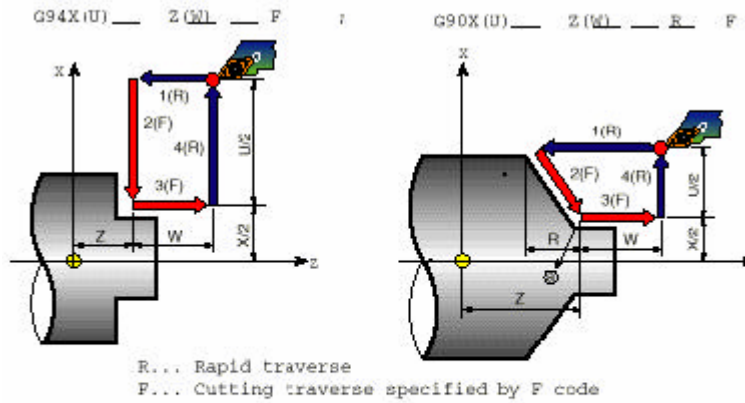


Y se programa bajo el siguiente formato :

G94 X(u) Z(w) R(Δ i) F__

- X(u) : Punto final en X
 Z(w) : Punto final en Z
 R(Δ i) : Inclinación del cilindrado, si no se coloca es recto.
 F : Avance

El valor de inclinación R, define la inclinación, tal como se aprecia en el gráfico:



<p>1. $U < 0, W < 0, R < 0$</p>	<p>2. $U > 0, W < 0, R < 0$</p>
<p>3. $U < 0, W < 0, R > 0$ at $R \leq W$</p>	<p>4. $U > 0, W < 0, R < 0$ at $R \leq W$</p>

LLAMADA DE SUBPROGRAMAS

Un subprograma se diferencia de un programa en que termina con M99 en vez de M30.

Para llamar un subprograma se usa el código M98 seguido de la letra P, bajo la cual se especifica el número de repeticiones y el número del subprograma a llamar.

M98 P(a)(b)

a	:	Número de repeticiones de 00 a 99
b	:	Número del subprograma, de 4 dígitos

Si el número del programa es de 2 dígitos se rellena con ceros a la izquierda.

Por ejemplo la instrucción P20010 quiere decir que se va a ejecutar 2 veces el subprograma 10.

Si no se especifica el número de veces, se sobreentiende que se llama una sola vez, por ejemplo P10.

La instrucción M99 también se usa para ejecutar un programa repetitivamente, con en el caso de que se tenga un alimentador de barras.