



## Introducción a la tecnología CNC

En numerosos artículos anteriores de **De Máquinas y Herramientas** hemos mencionado y descrito diversas máquinas basadas en la tecnología que emplea el **control numérico computarizado** o **CNC**, desde [centros de mecanizado](#) hasta [mesas de corte por plasma](#), por sólo citar algunos ejemplos.

En la actualidad, encontramos **máquinas CNC** en casi todas partes, que ya no solo abarcan los grandes establecimientos industriales, sino también talleres de todo tipo, tanto de pequeña como mediana envergadura. Prácticamente no existe ámbito alguno de un proceso de fabricación que no dependa de estas poderosas y versátiles máquinas.

Sin embargo, a pesar de su amplia aplicación, pocos fuera del entorno industrial están familiarizados con el fundamento de la **tecnología CNC** y desconocen su funcionamiento y utilidad. Por lo tanto, en este artículo vamos a desarrollar una breve exposición para informar y brindar algunos conceptos útiles.

## Antes y después del control numérico (CNC)

La explosiva expansión industrial desde comienzos del siglo XX y el empleo masivo de maquinaria impulsada por energía motriz demandó una búsqueda constante de procesos cada vez más eficientes. Hasta hace unos 60-65 años, la mano de obra requerida en las tareas industriales era densa, lo cual no sólo exigía enormes dotaciones de obreros, sino que además afectaba la calidad, precisión y repetibilidad, encarecía los costos y disminuía la producción.

¿En qué medida? Podemos verlo con un ejemplo simple. Muchos de los que trabajan en un taller mecánico, por ejemplo, conocen una de las operaciones más sencillas de manufactura, es decir, perforar orificios en una chapa metálica con un [taladro manual de columna](#). Para ello, el operario debe realizar una multiplicidad de tareas: ubicar la chapa en la mesa del taladro, colocar una [broca](#) en el mandril y asegurarla al husillo, seleccionar la velocidad de rotación mediante un cambio de poleas, activar el husillo y accionar la palanca, o el volante de avance, para dirigir la broca hacia la chapa a mecanizar.

[www.rayman.com.uy](http://www.rayman.com.uy) 099333874 [derly@rayman.com.uy](mailto:derly@rayman.com.uy)

098895595 [marcelo@rayman.com.uy](mailto:marcelo@rayman.com.uy)



Ahora imaginemos la viabilidad de un proceso como este en un entorno industrial donde deben realizarse cientos de orificios en cientos de chapas, en el menor tiempo posible, al menor costo y con la máxima calidad de producción. Ese fue precisamente el desafío que enfrentaron las industrias durante la primera mitad del siglo XX y, por lo tanto, los avances tecnológicos cobraron impulso hacia la **automatización** de los procesos de manufactura, es decir, hacia el diseño de **máquinas capaces de programarse** para realizar automáticamente todas las tareas manuales de un operario.

Es así como ya entrada la década del '50 se introdujo en Estados Unidos el concepto de **control numérico (CN)** en una **fresadora**, que usaba tecnología de válvulas de vacío y la carga de datos se realizaba mediante tarjetas perforadas. Ya en los años '60 la válvulas de vacío eran reemplazadas por transistores, hasta que la introducción de las computadoras en la década del '70 sentó las bases definitivas de lo que hoy conocemos como tecnología del **control numérico computarizado (CNC)**.

Los microprocesadores revolucionaron el mundo del control numérico, permitiendo integrar prestaciones tales como, entre otras, ayudas avanzadas de la programación, presentación gráfica de la trayectoria de la herramienta, subprogramas y ciclos fijos, y comunicaciones e integración en redes. A comienzos de los '90 se introdujo la tecnología de **control numérico abierto**, que posibilita su personalización y la incorporación de conocimientos propios, programación gráfica interactiva, comunicación digital con los accionamientos y otro nutrido etcétera que nos ofrece las notables ventajas actuales de la maquinaria CNC.

## ¿Qué es el CNC y cómo está compuesta una máquina CNC?

En pocas palabras, el **control numérico computarizado** es el **uso de una computadora para controlar y monitorear los movimientos de una máquina herramienta**. Entre esas máquinas herramienta, tanto estáticas como portátiles, podemos mencionar: **fresadora**, **torno**, **rectificadora**, máquina de **corte por láser**, por **chorro de agua** o por **electroerosión**, estampadora, **prensa**, **brazo robotizado**, etc. Las máquinas de gran porte cuentan con una computadora dedicada que forma parte del equipo, y la mayoría dispone de un sofisticado sistema de realimentación que monitorea y ajusta constantemente la velocidad y posición de la herramienta de corte. Las máquinas menos exigentes usadas en talleres admiten el uso de una computadora personal externa. El controlador CNC trabaja en conjunto con una serie de **motores** (servomotores y/o motores paso a paso), así como **componentes de accionamiento** para desplazar los ejes de la máquina de manera controlada y ejecutar los movimientos programados.

Una máquina CNC, por lo tanto, consiste en seis elementos principales:

- Dispositivo de entrada
- Unidad de control o controlador
- Máquina herramienta
- Sistema de accionamiento
- Dispositivos de realimentación (sólo en sistemas con servomotores)
- Monitor

La siguiente figura muestra un diagrama de bloques de una máquina CNC típica, provista de servomotores.

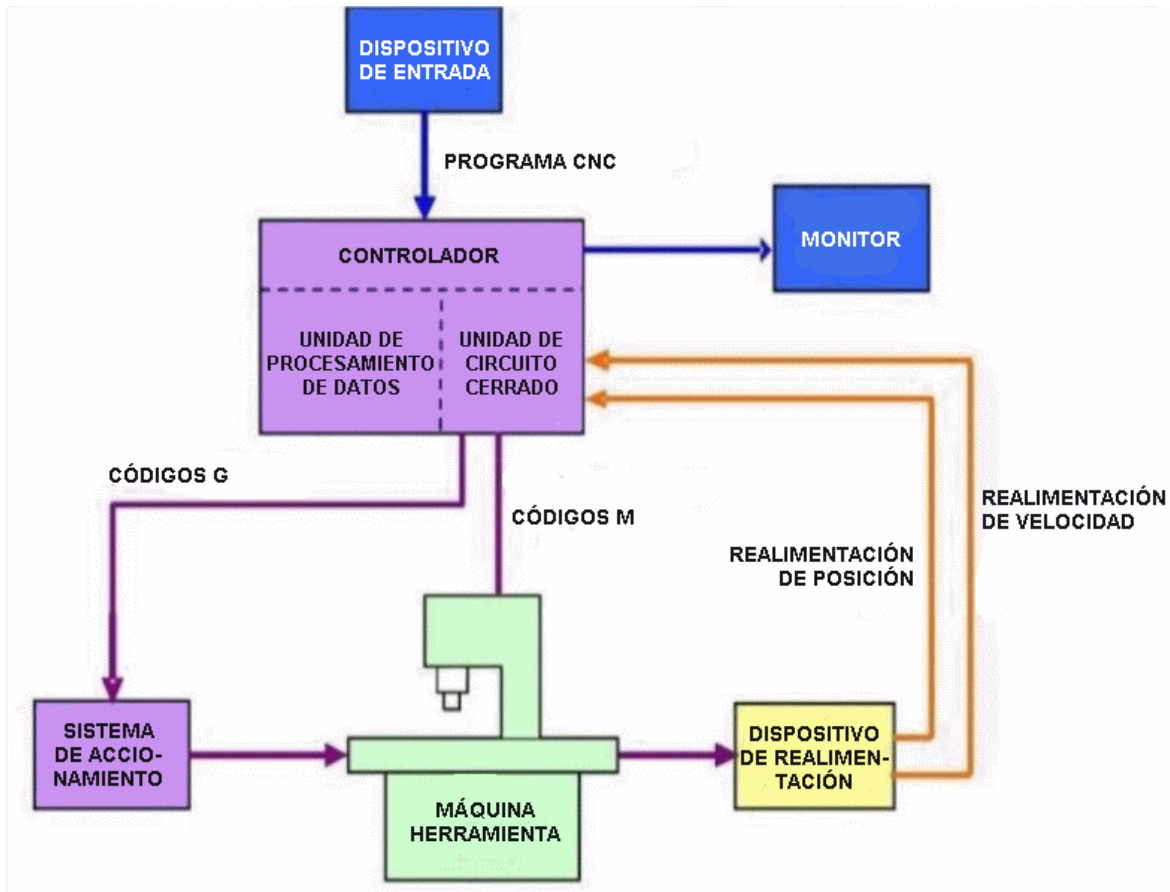


Diagrama de bloques de una máquina CNC – Figura 1

## ¿Cómo funciona una máquina CNC?

Como observamos en la figura anterior, básicamente, el controlador de las máquinas CNC recibe instrucciones de la computadora (en forma de códigos G y códigos M) y mediante su propio software convierte esas instrucciones en señales eléctricas destinadas a activar los motores que, a su vez, pondrán en marcha el sistema de accionamiento.

Para comprender en términos generales cómo funciona una máquina CNC vamos ahora a examinar algunas de las funciones específicas que pueden programarse.

### a) Control de movimiento

Todas las máquinas CNC comparten una característica en común: tienen dos o más direcciones programables de movimiento llamadas **ejes**. Un **eje de movimiento** puede ser lineal (en línea recta) o rotatorio (en una trayectoria circular). Una de las primeras especificaciones que implica la complejidad de una máquina CNC es la cantidad de ejes que tiene. En términos generales, a mayor cantidad de ejes, mayor complejidad.

Los ejes de una **máquina CNC** son un requisito para generar los movimientos necesarios para el proceso de fabricación. Si seguimos con el ejemplo de un taladro industrial, los ejes ubicarían la herramienta sobre el orificio a mecanizar (en dos ejes) y efectuarían la operación (con el tercer eje). Los ejes se denominan con letras. Los nombres más comunes de los ejes lineales son X, Y y Z, mientras que los más comunes de los ejes giratorios son A, B y C.





El control de movimiento puede realizarse mediante dos sistemas, que pueden funcionar individualmente o combinados entre sí:

- **Valores absolutos** (código G90), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto de origen de coordenadas. Se usan las variables X (medida del diámetro final) y Z (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).
- **Valores incrementales** (código G91), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto actual. Se usan las variables U (distancia radial) y W (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).

## b) Accesorios programables

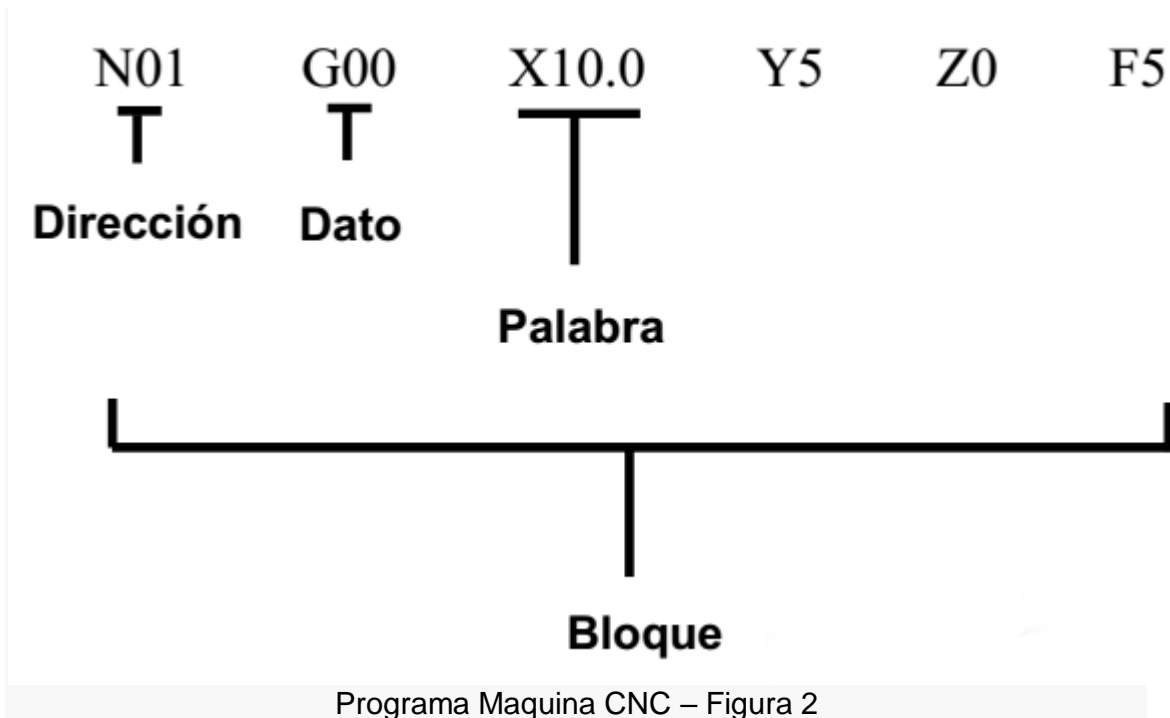
Una **máquina CNC** no sería útil si solo contara con un control de movimiento. Casi todas las máquinas son programables de varias otras maneras. El tipo específico de máquina está directamente relacionado con sus accesorios programables apropiados, por lo que puede programarse cualquier función requerida en una máquina CNC. Así, por ejemplo, un **centro de mecanizado** contará al menos con las siguientes funciones específicas programables:

- **Cambiador automático de herramienta:** la mayoría de los centros de mecanizado puede tener muchas herramientas diferentes ubicadas en un portaherramientas. Cuando se requiera, la herramienta necesaria puede colocarse automáticamente en el husillo para efectuar el mecanizado correspondiente.
- **Velocidad y activación del husillo:** la velocidad del husillo (en rpm) se puede especificar fácilmente y el husillo puede girar no sólo en un sentido horario o antihorario, sino que además, puede detenerse.
- **Refrigerante:** muchas operaciones de mecanizado requieren de refrigerante para lubricar y enfriar. El refrigerante puede activarse y desactivarse durante el ciclo de trabajo de la máquina.

## c) Programa CNC

Este es un listado secuencial de instrucciones que ejecutará la máquina. Esas instrucciones se conocen como **programa CNC**, el cual debe contener toda la información requerida para el mecanizado de la pieza.

El programa CNC está escrito en un lenguaje de bajo nivel denominado G y M, estandarizado por las normas 6983 de ISO (Organización Internacional de Normalización) y RS274 de EIA (Alianza de Industrias Electrónicas) y compuesto por instrucciones **G**enerales (**código G**) y **M**isceláneas (**código M**). El programa presenta un formato de frases conformadas por bloques, encabezados por la letra N, tal como vemos en la figura de abajo, donde cada movimiento o acción se realiza secuencialmente y donde cada bloque está numerado y generalmente contiene un solo comando.



El código G describe las funciones de movimiento de la máquina (por ejemplo, movimientos rápidos, avances, avances radiales, pausas, ciclos), mientras que el código M describe las funciones misceláneas que se requieren para el mecanizado de la pieza, pero que no corresponden a los movimientos de la máquina (por ejemplo, arranque y detención del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, detención del programa).

A su vez, cada código contiene variables (direcciones), identificadas con otras letras y definidas por el programador para cada función específica. Por ejemplo, F define la velocidad de avance, S la velocidad del husillo, T la herramienta seleccionada, X, Y y Z el movimiento de los ejes, I, J y K la localización del centro de un arco, etc.

Debemos tener en cuenta que, dado que todas son diferentes, cada máquina tendrá su propio programa CNC, ya que, por ejemplo, una [plegadora de chapas](#) no tiene husillo ni requiere de refrigerante. A tal efecto, la tabla ilustrativa que sigue muestra los códigos G y M más usados para un torno CNC.



CÓDIGOS G	CÓDIGOS M
G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)	M00: Parada opcional
G01: Interpolación lineal (maquinando)	M01: Parada opcional
G02: Interpolación circular (horaria)	M02: Reinicio del programa
G03: Interpolación circular (antihoraria)	M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
G04: Compás de espera	M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
G10: Ajuste del valor de offset del programa	M05: Frenar el husillo
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)	M06: Cambiar de herramienta
G21: Comienzo de uso de unidades métricas	M07: Abrir el paso del refrigerante B
G28: Volver al home de la máquina	M08: Abrir el paso del refrigerante A
G32: Maquinar una rosca en una pasada	M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
G36: Compensación automática de herramienta en X	M10: Abrir mordazas
G37: Compensación automática de herramienta en Z	M11: Cerrar mordazas
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta	M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda	M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha	M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
G70: Ciclo de acabado	M31: Incrementar el contador de partes
G71: Ciclo de maquinado en torneado	M37: Frenar el husillo y abrir la guarda
G72: Ciclo de maquinado en frentado	M38: Abrir la guarda
G73: Repetición de patrón	M39: Cerrar la guarda
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas	M40: Extender el alimentador de piezas
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas	M41: Retraer el alimentador de piezas
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante	M43: Avisar a la cinta transportadora que avance
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante	M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)	M45: Avisar a la cinta transportadora que frene
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)	M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas)
	M49: Cancelar M48
	M62: Activar salida auxiliar 1
	M63: Activar salida auxiliar 2
	M64: Desactivar salida auxiliar 1
	M65: Desactivar salida auxiliar 2
	M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
	M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
	M70: Activar espejo en X
	M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
	M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
	M80: Desactivar el espejo en X
	M98: Llamada a subprograma
	M99: Retorno de subprograma

### Códigos G y M para torno CNC

Conforme a la tabla anterior, y a modo de ejemplo, un bloque como este:

**N0040 G01 X25.000 Z32.000 F500**

Indicaría lo siguiente:

- Número del registro: 0040
- Procedimiento a realizar: G01, es decir, trasladarse al punto (X=25 mm, Z=32 mm) a través de una línea recta.
- Avance: 500 (mm/rev o mm/min, según se haya especificado previamente).

### d) Controlador CNC

Este componente clave interpreta un programa CNC y acciona la serie de comandos en orden secuencial. A medida que lee el programa, el controlador activa las funciones apropiadas de la máquina, impulsa el movimiento de los ejes, y en general, sigue las instrucciones dadas en el programa.



Rayman \* Herramientas de Corte y Máquinas \* Industriales Forestales, Carpinterías y Aserraderos

Además de interpretar el programa CNC, el controlador tiene varios otros propósitos, por ejemplo:

- Modificar (editar) los programas si se detectan errores.
- Realizar funciones de verificación especial (como el funcionamiento en vacío) para confirmar la exactitud del programa CNC.
- Especificar ciertas entradas importantes del operador, tales como los valores de longitud de las herramientas.
- 

## e) Programa CAM

En este artículo mencionamos la importancia de un **programa CAM** (fabricación asistida por computadora) cuando se dificulta la escritura del **programa CNC**, ya sea por desconocimiento del operario o ante aplicaciones complicadas. En muchos casos, el programa CAM funciona conjuntamente con el diseño asistido por computadora (CAD). Esto elimina la necesidad de redefinir la configuración de la pieza de trabajo para el programa CAM. El programador CNC simplemente especifica las operaciones de mecanizado a realizar y el programa CAM crea automáticamente el programa CNC.

## f) Sistema DNC

Una vez que se desarrolla el programa CNC (ya sea manualmente o con un programa CAM), debe cargarse en el controlador y para ello se usa un sistema de distribución de control numérico (DNC).

Un **sistema DNC** es una computadora conectada en red con una o más máquinas CNC. Tradicionalmente la transferencia de los programas se efectuaba mediante un protocolo rudimentario de comunicaciones seriales (RS-232C). Sin embargo, la tecnología ha avanzado para dotar a los controladores actuales con mayores capacidades de comunicación, de manera que puedan conectarse en red de maneras más convencionales, por ejemplo, mediante Ethernet.

## Oportunidades laborales que ofrece la tecnología CNC

Con la expansión de las máquinas CNC resulta sorprendente la gran escasez de personal capacitado para operar dichas máquinas. Por lo tanto esta es un área prometedora en la que se puede acceder a buenos salarios y desarrollar una carrera gratificante. Los que siguen son algunos de los puestos de trabajo de mayor oferta para todos aquellos que buscan oportunidades dentro del campo de las máquinas CNC.