

## **CONTROL NUMERICO (I)**

- 1.1 Introducción al control numérico.
- 1.2 Definición de control numérico.
- 1.3 Clasificación de los controles numéricos.
  - a) Según el sistema de referencia
  - b) Según el control de trayectorias
  - c) Según el tipo de accionamiento
  - d) Según el bucle de control
  - e) Según la tecnología de control
- 1.4 Ventajas y desventajas del uso del control numérico.
  - a) Ventajas
  - b) Desventajas
- 1.5 Características de las máquinas-herramienta de control numérico.
  - a) Mecanismos de posicionamiento
  - b) Sistemas de medida
  - c) Diseño de las MHCN
  - d) Sistemas de cambio de herramientas y de piezas
- 1.6 Sistema de control.
  - a) Unidad de entrada-salida de datos
  - b) Unidades de memoria fija (ROM) y volátil (RAM)
  - c) Microprocesadores
  - d) Visualizadores de datos
  - e) Unidad de enlace con la máquina



## 1.1 Introducción al control numérico

El control numérico es un ejemplo de automatización programable. Se diseñó para adaptar las variaciones en la configuración de los productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción bajos y medios. Uno de los ejemplos más importantes de automatización programable es el control numérico en la fabricación de partes metálicas.

El control numérico (CN) es una forma de automatización programable en la cual el equipo de procesamiento se controla a través de números, letras y otros símbolos. Estos números, letras y símbolos están codificados en un formato apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta. Cuando la tarea en cuestión cambia, se cambia el programa de instrucciones. La capacidad de cambiar el programa hace que el CN sea apropiado para volúmenes de producción bajos o medios, dado que es más fácil escribir nuevos programas que realizar cambios en los equipos de procesamiento.

El primer desarrollo en el área del control numérico se le atribuye a John Parsons. El concepto de control numérico implicaba el uso de datos en un sistema de referencia para definir las superficies de contorno de las hélices de un helicóptero.

La aplicación del control numérico abarca gran variedad de procesos. Aquí se dividen las aplicaciones en dos categorías: (1) aplicaciones con máquina herramienta, tales como el taladrado, laminado, torneado, etc., y (2) aplicaciones sin máquina herramienta, tales como el ensamblaje, trazado e inspección. El principio de operación común de todas las aplicaciones del control numérico es el control de la posición relativa de una herramienta o elemento de procesamiento con respecto al objeto a procesar.

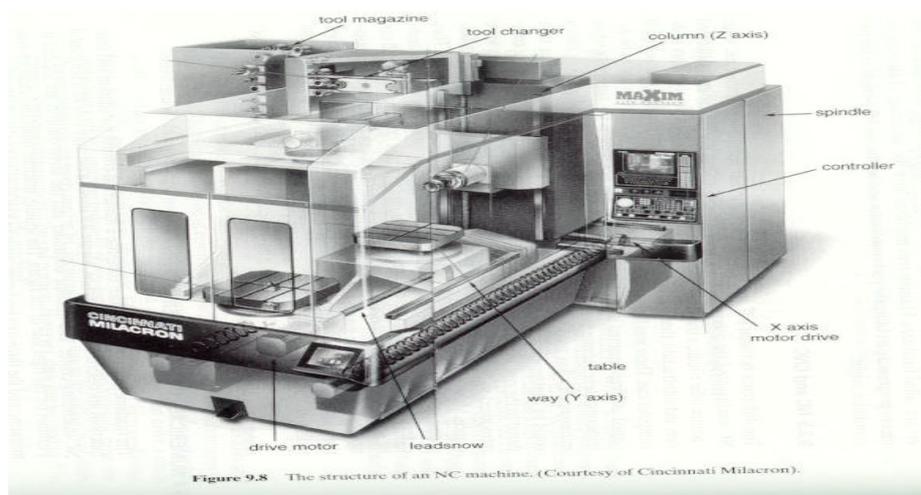


Figure 9.8 The structure of an NC machine. (Courtesy of Cincinnati Milacron).

**Fig. 1.1** Estructura de sistema control numérico.



## **1.2 Definición de control numérico**

Existen diversas definiciones de lo que es un control numérico (CN) entre las que se pueden citar las siguientes:

- Es todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas a partir de las instrucciones codificadas en un programa.
- Es todo dispositivo que realiza un mando mediante números, haciendo que las máquinas desarrollen su trabajo automáticamente mediante la introducción en su memoria de un programa en el que se definen las operaciones a realizar por medio de combinaciones de letras y números.
- Son sistemas que, en base a una serie de instrucciones codificadas (programa), gobierna todas las acciones de una máquina o mecanismo al que le ha sido aplicado haciendo que éste desarrolle una secuencia de operaciones y movimientos en el orden previamente establecido por el programador.

Quizá la definición más clara en lo que se refiere al CN aplicado a las máquinas-herramienta sea la siguiente:

"Sistema que aplicado a una máquina-herramienta automatiza y controla todas las acciones de la misma, entre las que se encuentran:

- los movimientos de los carros y del cabezal,
- el valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte,
- los cambios de herramientas y de piezas a mecanizar,
- las condiciones de funcionamiento de la máquina (bloqueos, refrigerantes, lubricación, etc.),
- el estado de funcionamiento de la máquina (averías, funcionamiento defectuoso, etc.),
- la coordinación y el control de las propias acciones del CN (flujos de información, sintaxis de programación, diagnóstico de su funcionamiento, comunicación con otros dispositivos, etc.)."

De todo ello se deduce que los elementos básicos de un sistema de control numérico son, con carácter general (ver figura 1.2):

- El programa, que contiene la información precisa para que se desarrollen esas tareas. El programa se escribe en un lenguaje especial (código) compuesto por letras y números y se graba en un soporte físico (cinta magnética, disquete, etc.) o se envía directamente al control vía RS-232.
- El control numérico (CN), que debe interpretar las instrucciones contenidas en el programa, convertirlas en señales que accionen los dispositivos de las máquinas y comprobar su resultado.



- El equipo de procesado es el componente que realiza el trabajo útil, y lo forman la mesa de trabajo, las máquinas herramienta así como los motores y controles para moverlas.

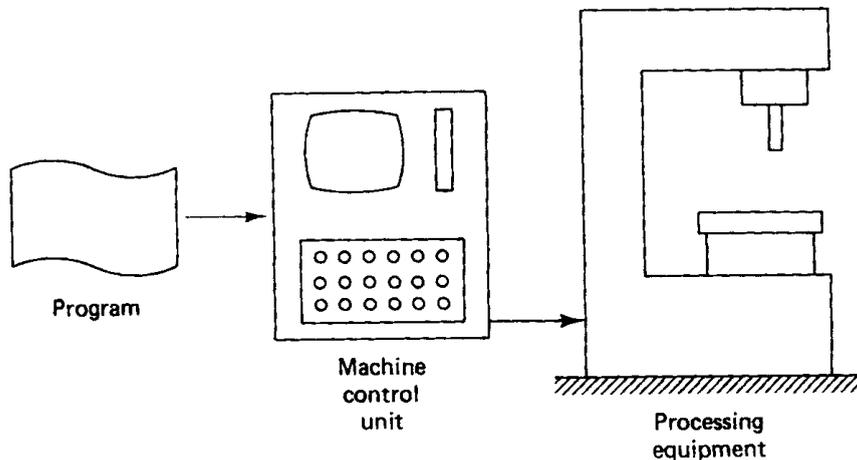


Fig. 1.2 Elementos básicos de un sistema de control numérico.

El control numérico puede aplicarse a una gran variedad de máquinas, entre las que podemos citar:

- tornos,
- fresadoras,
- centros de mecanizado,
- taladradoras,
- punteadoras,
- mandrinadoras,
- rectificadoras,
- punzonadoras,
- dobladoras,
- plegadoras,
- prensas,
- cizallas,
- máquinas de electroerosión,
- máquinas de soldar,
- máquinas de oxicorte,
- máquinas de corte por láser, plasma, chorro de agua, etc.,
- "plotters" o trazadores,
- máquinas de bobinar,
- máquinas de medir por coordenadas,
- robots y manipuladores,



- etc.

En el ámbito de las máquinas-herramienta, la incorporación de un sistema de control numérico ha supuesto una gran evolución hasta llegar a los centros de mecanizado y centros de torneado como los que se muestran en la figura 1.1, que incorporan sistemas de cambio automático de piezas y herramientas.

### **1.3 Clasificación de los controles numéricos**

Debido a las diferencias que existen entre las máquinas que son susceptibles de ser gobernadas por un CN, a las dificultades técnicas en el diseño de los controladores y a condicionantes de tipo económico, han aparecido diversos tipos de CN que pueden clasificarse de varias maneras:

- a) Según el sistema de referencia
- b) Según el control de las trayectorias
- c) Según el tipo de accionamiento
- d) Según el bucle de control
- e) Según la tecnología de control

#### **a) Clasificación según el sistema de referencia**

Para programar los sistemas de CN es necesario establecer un sistema de referencia estándar en el que puedan ser especificadas las diferentes posiciones relativas de la máquina herramienta con respecto al trabajo a realizar.

Para facilitar las cosas de cara al programador la pieza a ser maquinada se fija a una mesa de trabajo mientras que la máquina herramienta se mueve en torno a ella. De este modo el sistema de referencia se fija con respecto a la mesa de trabajo.

#### *Sistemas de referencia fijos frente a sistemas de referencia flotantes*

El propósito de los sistemas de referencia es localizar la herramienta en relación con la pieza a ser maquinada. Dependiendo del tipo de máquina de CN el programador puede tener varias opciones para especificar esta localización.

En el caso de sistemas de referencia fijos, el origen siempre se localiza en la misma posición con respecto a la mesa de trabajo. Normalmente, esta posición es la esquina inferior de la izquierda de la mesa de trabajo y todas las posiciones se localizan a lo largo de los ejes XY positivos y relativos a ese punto fijo de referencia.

En el caso de sistema de referencia flotantes, más comunes en las modernas máquinas de CN, permiten que el operador fije el origen del sistema en cualquier posición de la mesa de trabajo. A esta característica se le llama origen flotante. El programador es el que decide donde debe estar situado el origen. Esta decisión corresponde a la conveniencia de la parte de



programación. Por ejemplo, la pieza a trabajar puede tener una simetría y convendría situar el origen en el centro de esa simetría. La localización de esta referencia se realiza al principio de la tarea, el operador mueve la herramienta mediante control manual al punto que se desea como origen del sistema de referencia y presiona un botón indicándole a la máquina que en ese punto se encuentra el origen.

## **b) Clasificación según el control de las trayectorias**

Si atendemos al primer tipo de clasificación nos encontramos con dos tipos de CN distintos:

- CN punto a punto
- CN paraxial
- CN continuo o de contorneado
  
- Control numérico punto a punto:

El CN punto a punto controla únicamente el posicionado de la herramienta en los puntos donde debe ser realizada una operación de mecanizado realizando los desplazamientos en vacío según trayectorias paralelas a los ejes o a 45 grados sin ninguna coordinación entre los sistemas de mando de cada uno. Se utiliza fundamentalmente en máquinas taladradoras, punzonadoras, punteadoras y en algunas mandrinadoras.

La coordinación entre ejes no es necesaria porque lo importante es alcanzar un punto dado en el mínimo tiempo y con la máxima precisión posible. El mecanizado no comienza hasta que se han alcanzado todas las cotas en los diversos ejes para dicho punto. El camino seguido para ir de un punto a otro no importa con tal de que no existan colisiones.

El método a es quizás el más lento, pero más sencillo. El método b es sin duda el más rápido aunque implica el uso de equipos sofisticados para mover los ejes coordinadamente (interpolación lineal). El método c es el más común, en él los dos ejes comienzan a moverse simultáneamente a máxima velocidad (formando 45 grados) hasta alcanzar la cota límite en alguno de los ejes, momento en el cual, para ese eje y continúan los demás.

- Control numérico paraxial:

El CN paraxial permite controlar la posición y trayectoria durante el mecanizado del elemento desplazable, siempre que esta última sea paralela a los ejes de la máquina y, en algunos casos, a 45 grados). En principio es aplicable a cualquier tipo de máquina-herramienta si bien su uso en la práctica se reduce al gobierno de taladradoras y fresadoras.

- Control numérico de contorneado:

El CN de contorneado o continuo fue el primero en aparecer para después quedar en un segundo plano frente a los sistemas punto a punto y paraxiales y, posteriormente, con los



avances en la tecnología electrónica e informática, desplazar a los otros dos sistemas siendo el más utilizado en la mayor parte de las máquinas-herramienta.

Los sistemas CN de contorneado controlan no sólo la posición final de la herramienta sino el movimiento en cada instante de los ejes y coordinan su movimiento usando técnicas de interpolación lineal, circular y parabólica. La denominación de continuo viene dada por su capacidad de un control continuo de la trayectoria de la herramienta durante el mecanizado, y de contorneado por la posibilidad de realizar trayectorias definidas matemáticamente de formas cualesquiera obtenidas por aproximación.

Este tipo de control de contorneado se aplica a tornos, fresadoras, centros de mecanizado y, en general, a cualquier tipo de máquina que deba realizar mecanizados según una trayectoria más o menos compleja.

### **c) Según el tipo de accionamiento**

Según el tipo de accionamiento pueden ser: hidráulicos, eléctricos o neumáticos.

### **d) Según el bucle de control**

El control del sistema se puede realizar de dos formas: en bucle cerrado, donde a través de sensores se mide el valor a la salida, y se compara en todo instante con un valor de referencia proporcionando una adecuada señal de control; o en bucle abierto donde no existe tal realimentación.

### **e) Clasificación según la tecnología de control**

Si atendemos a la clasificación según la forma física de realizar el control encontramos los siguientes tipos de CN:

- Control Numérico (CN)
- Control Numérico Computerizado (CNC)
- Control Numérico Adaptativo (CNA)
  
- Control Numérico (CN):

La denominación de Control Numérico (CN) se utiliza para designar aquellos controles donde cada una de las funciones que realiza el control son implementadas por un circuito electrónico específico únicamente destinado a este fin, realizándose la interconexión entre ellos con lógica cableada.

Sus características principales son las de trabajar sin memoria, con una cinta perforada como medio de introducción del programa que se ejecuta de forma secuencial. Los armarios de control son de gran volumen y difícil mantenimiento.



- Control Numérico computerizado (CNC):

El tipo de controles basados en circuitos específicos y lógica cableada (CN) ha caído en desuso con la aparición de los Controles Numéricos Computerizados (CNC), basados en el uso de uno o varios microprocesadores que sustituyen a los circuitos de lógica cableada de los sistemas CN, poco fiables y de gran tamaño.

Los CNC incluyen una memoria interna de semiconductores que permite el almacenamiento del programa pieza, de los datos de la máquina y de las compensaciones de las herramientas. Por otra parte, incorporan un teclado que facilita la comunicación y el grado de interactividad con el operario y permiten la ruptura de la secuencia de los programas, la incorporación de subrutinas, los saltos condicionales y la programación paramétrica. De esta forma, se facilita una programación más estructurada y fácil de aprender. Por otra parte, se trata de equipos compactos con circuitos integrados, lo que aumenta el grado de fiabilidad del control y permite su instalación en espacios reducidos y con un nivel de ruido elevado.

Actualmente, todos los controles que se fabrican son del tipo CNC, quedando reservado el término CN para una referencia genérica sobre la tecnología, de tal forma que se utiliza la denominación CN (Control Numérico) para hacer referencia a todas las máquinas de control numérico, tengan o no computador.

- Control Numérico Adaptativo (CNA):

El Control Numérico Adaptativo (CNA) es la tendencia actual de los controles. En ellos el controlador detecta las características del mecanizado que está realizando y en función de ellas optimiza las velocidades de corte y los avances; en otras palabras, adapta las condiciones teóricas o programadas del mecanizado a las características reales del mismo. Para ello, hace uso de sistemas sensoriales de fuerza y deformación en la herramienta, par, temperatura de corte, vibraciones, potencia, etc.

Las razones de la introducción del CNA residen en la variación de las condiciones de corte durante el mecanizado por varios motivos:

- \* Geometría variable de la sección de corte (profundidad y anchura) por la complejidad de la superficie a mecanizar, típico de las operaciones de contorno.
- \* Variaciones en la dureza y en la maquinabilidad de los materiales.
- \* Desgaste de las herramientas, incrementándose el esfuerzo de corte.



## **1.4 Ventajas y desventajas del uso del control numérico**

El uso de la tecnología del CN aplicada a las máquinas-herramienta presenta una serie de ventajas y desventajas que se pueden resumir como sigue:

### **a) Ventajas**

Entre las ventajas podemos enumerar las siguientes:

- Reducción de los tiempos de fabricación, pues:
  - \* Los tiempos muertos se reducen al encadenarse de forma automática los movimientos, por la rapidez de los movimientos en vacío y por el control automático de las velocidades del cabezal.
  - \* Los tiempos de reglaje se ven reducidos al disminuir el número de reglajes de máquina y de pre-reglajes de herramienta hechos fuera de máquina.
  - \* Los tiempos de control y medida disminuyen debido a la elevada precisión de los mecanizados y a la reproducción fiel de las cotas a partir de la primera pieza.
  - \* Los tiempos de cambio de pieza también se reducen.
  - \* Los tiempos de espera entre máquinas bajan, al poder realizar sobre una misma máquina mayor número de operaciones que con las convencionales; ésto se relaciona con la disminución de la superficie ocupada de taller.
  - \* Se reduce el número de verificaciones entre operaciones.
- Reducción del tamaño del lote económico y, por lo tanto, del nivel de almacenes.
- Aumento de la flexibilidad de producción expresada en términos de fácil adaptabilidad a la realización de distintos tipos de fabricados, respondiendo ágilmente a las necesidades del mercado.
- Disminución de rechazos de piezas, como consecuencia de la precisión de las máquinas.
- Mayor duración de las herramientas, debido a su mejor aprovechamiento.
- Supresión de ciertas herramientas y disminución del número de herramientas de forma (ahorro de herramientas y utillaje); se utilizan herramientas más universales.
- Supresión del trazado de piezas antes del mecanizado.
- Ahorro de utillaje, al realizar en una misma máquina mayor número de operaciones.



- Posibilidad de realizar de manera económica piezas de geometría complicada.
- Mejora de la gestión de la fabricación (tiempos más uniformes).
- Mejora de la seguridad al reducirse el grado de interactividad máquina-operario durante los procesos de mecanizado.
- Menor número de operarios y de menor cualificación, para manejo de las máquinas.
- Atracción y motivación del personal hacia las nuevas tecnologías.

### **b) Desventajas**

Entre las desventajas podemos citar:

- Coste horario elevado por la importante inversión de adquisición de una MHCN, debido no sólo al precio de la MHCN sino también al de los elementos auxiliares. Ello obliga a asegurar un alto nivel de ocupación de la máquina y la puesta a varios turnos del equipo para conseguir una amortización razonable.
- Necesidad de un personal más cualificado en programación y mantenimiento, lo que se traduce en mayores costes en formación y en salarios.
- Alto coste del servicio postventa y de mantenimiento de los equipos en razón de su mayor complejidad. Se estima que el coste de mantenimiento de una MHCN es un 50% más elevado que en las convencionales.
- Necesidad de un tiempo de adaptación y de un cambio en la estructura organizativa y de gestión de la fabricación. No es fácil adaptar a los empleados a las nuevas técnicas exigidas por el CN.
- Alto coste de inversión, adquisición, mantenimiento y reposición de herramientas.

### **1.5 Características de las Máquinas-herramienta de Control Numérico (MHCN)**

Las condiciones de funcionamiento de las máquinas de CN y sus requerimientos de precisión y fiabilidad obligan a una tecnología de fabricación distinta a la empleada para las máquinas convencionales. Los puntos más importantes en los que hay que fijar la atención son los siguientes:

- Mecanismos de posicionamiento.
- Sistemas de medida.



- Diseño de máquinas.
- Sistemas de cambio de herramientas y piezas.
- Arquitectura del CN (que se tratará en el apartado 1.6).

A continuación se hace un breve desarrollo de cada uno de esos puntos.

### **a) Mecanismos de posicionamiento**

Los mecanismos de posicionamiento tienen como objeto conducir los dispositivos móviles (carros, husillos, etc.) automáticamente a una posición determinada según una trayectoria especificada con unas condiciones adecuadas de precisión, velocidad y aceleración.

Los componentes básicos de los mecanismos de posicionamiento son los accionadores y el propio sistema de control de posicionamiento.

Por accionadores se entienden aquellos dispositivos que permiten realizar algún movimiento (motores, válvulas, etc.), incluyendo todos los dispositivos asociados de regulación y amplificación de la señal de mando.

El control de posicionamiento de una máquina-herramienta de CN puede realizarse mediante el uso de dos sistemas de servomecanismos de posicionado:

- Sistema de bucle cerrado
- Sistema de bucle abierto
- Sistema de bucle cerrado: En este tipo de servomecanismos, las órdenes suministradas a los motores proceden de las informaciones enviadas por la unidad de cálculo del CN y de los datos suministrados por el sistema de medida de la posición real (captador de posición) y de la velocidad real (captador de velocidad) montado sobre la máquina.

El principio de los servomecanismos de posición en bucle cerrado consiste en comparar en todo momento la posición del móvil con la orden dada. La señal enviada al accionador es función de la relación entre la posición y la orden.

Usualmente se utilizan dos bucles de retorno de información, uno para el control de posición y otro para el control de la velocidad de desplazamiento del móvil, debido a que antes de llegar a la cota deseada se disminuye la velocidad para alcanzar el posicionado correcto

Para la mayoría de los accionamientos de las MHCN con control de posicionamiento en bucle cerrado se utilizan motores de corriente continua de imán permanente y de baja inercia debido a su funcionamiento flexible, con aceleraciones rápidas y regulaciones de velocidad proporcionales a la tensión. La tendencia actual, sin embargo, es hacia la incorporación de motores de corriente alterna a los sistemas de accionamiento por sus mejores prestaciones y menor mantenimiento.



- Sistema de bucle abierto: En este tipo de sistemas se elimina el retorno de la información de posición y velocidad del móvil (ver figura 1.14). Se utilizan forzosamente motores paso a paso para el movimiento de los ejes, debido a que un motor de este tipo tiene un rotor que efectúa una rotación de un ángulo determinado cada vez que recibe un impulso eléctrico.

El motor paso a paso permite el control de desplazamientos y velocidades de manera muy simple. Se alimenta con trenes de impulsos eléctricos cuyo número tiene relación con la posición que se desea alcanzar, y su cadencia (número de impulsos por unidad de tiempo) establece la velocidad de giro.

Este tipo de sistemas se utiliza en general para aquellas máquinas en las que no es necesario controlar en todo momento la velocidad de avance y la posición de la herramienta como es el caso de punteadoras, taladradoras, plegadoras, etc.

Los inconvenientes principales que presentan este tipo de motores son:

- \* La posible pérdida de pasos en el desplazamiento por un esfuerzo elevado en el eje del motor, lo que conduce a un error de posición.
- \* Limitaciones de potencia y par intrínsecas a las características del motor.
- \* Debido a su avance por impulsos producen un peor acabado de las piezas a mecanizar.

La ventaja principal que tienen es su bajo coste.

## **b) Sistemas de medida**

Los sistemas de medida de posición y velocidad son la base para los CN que utilizan un sistema de posicionamiento en bucle cerrado. También existen máquinas que incorporan sistemas de medida de herramientas y piezas.

Para la medida de los desplazamientos y velocidades se utilizan los captadores.

Un captador de posición mide una magnitud geométrica, transformándola en una señal eléctrica capaz de ser analizada por el equipo de control.

Existen diversas maneras de clasificar los captadores de posición en función de los siguientes conceptos:

- Naturaleza de la información proporcionada: analógicos o digitales.
- Relación entre las magnitudes mecánica y eléctrica: absolutos o incrementales.



- Emplazamiento del captador sobre la cadena cinemática: directos o indirectos.
- Forma física del captador: lineal o rotativo.

Los analógicos proporcionan información de la medida con magnitudes continuas como tensiones o fases eléctricas. En cambio los digitales facilitan un número finito de valores de posición de forma digital.

Los captadores absolutos dan una señal ligada unívocamente al valor medido, para lo cual a lo largo del desplazamiento se identifican una serie de posiciones mediante un código correspondiente a cada posición que representa la medida de la misma respecto a un origen fijo. Los incrementales o relativos emiten una señal o impulso para cada desplazamiento elemental, calculando el sistema de control el desplazamiento en función del número de impulsos recibidos.

Los captadores directos miden la posición sobre el mismo desplazamiento que se desea medir, sin ningún elemento mecánico intermedio. Los indirectos miden el desplazamiento del móvil a través del de algún elemento intermedio de la cadena cinemática de accionamiento del mismo.

Los captadores lineales basan su principio de funcionamiento en el desplazamiento lineal relativo de dos elementos. Los rotativos miden desplazamientos de rotación.

Las clasificaciones anteriores se han hecho en base a la forma de medir, pero también pueden clasificarse los captadores atendiendo a la técnica que utilizan para la medición, es decir, según el fenómeno físico en el que se basan:

- Inducción
- Fotoeléctricos
- Optoelectrónicos

Aunque existe una amplia variedad de captadores, los más utilizados en MHCN en la práctica son los tipo "resolver" (captador analógico, absoluto, rotativo, normalmente indirecto y basado en la inducción electromagnética) y el "Inductosyn" (captador analógico, absoluto, lineal, directo y también basado en la inducción electromagnética).

Las características principales de un captador de posición se pueden resumir en las siguientes:

- Campo de medida.
- Poder de resolución.
- Precisión.
- Precisión de repetición.
- Sensibilidad.
- Ruido.
- Velocidad máxima de detección.



En cuanto a la captación de la velocidad el dispositivo más utilizado es la dinamo taquimétrica o tacodinamo montada sobre el mismo eje motor que genera, al girar, una tensión eléctrica proporcional a su velocidad.

Los sistemas de medida de herramientas y piezas se apoyan normalmente en los sistemas de medida de desplazamientos, permitiendo realizar algunas funciones de medición e inspección de piezas y herramientas, actualizar los valores de los correctores de las herramientas (parámetros que identifican geoméricamente a cada útil), y efectuar parte de las labores del control de calidad sobre la propia máquina.

Básicamente, los sistemas de medida se basan en sensores situados en el portaherramientas o en sistemas independientes de tipo neumático, inductivo u óptico, pudiendo realizar las comprobaciones de cotas de mecanizado sin descargar la pieza o herramienta de la máquina.

### **c) Diseño de las MHCN**

En principio un Control Numérico se puede adaptar a cualquier tipo de máquina-herramienta convencional, tanto de arranque de viruta como de trazado y deformación. Sin embargo, las características de precisión y de fiabilidad exigidas en estas máquinas en condiciones duras de utilización hacen que sea necesario modificar las características de diseño de las mismas.

Estructuralmente, las Máquinas-Herramienta de Control Numérico (MHCN) son máquinas más rígidas y con menos vibraciones que las convencionales, gracias al uso de bastidores de chapa soldada y de hormigón (sustituyendo a la clásica fundición) y de construcción modular.

En el diseño de su cadena cinemática se busca disminuir los juegos, rozamientos, vibraciones e inercias de las masas móviles para mejorar las características de precisión y repetibilidad del posicionado de la herramienta, aumentando la rigidez de las guías y utilizando materiales con bajo coeficiente de fricción o sistemas hidrostáticos de rodadura, husillos a bolas, etc.

Asimismo, se han mejorado la estabilidad y la uniformidad térmica de las máquinas mediante sistemas de refrigeración de herramienta, pieza y máquina, además de incluir sistemas de evacuación de virutas.

### **d) Sistemas de cambio de herramientas y de piezas**

En la línea de proporcionar a la máquina el mayor grado de automatismo, se hace necesario incluir algún sistema que permita reducir al mínimo los tiempos en los que no está mecanizando. Entre los sistemas utilizados se encuentran los de cambio automático de herramientas y de piezas.



- Cambio de herramientas:

Los cambiadores automáticos de herramientas permiten reducir al mínimo los tiempos de cambio de útiles, evitando el proceso de reglaje en el cambio y permitiendo realizar distintos tipos de piezas con una preparación mínima de la máquina.

Básicamente, hay dos tipos de sistemas de cambio de herramientas:

- \* Torreta giratoria.
- \* Almacén de herramientas.

El primero es utilizado normalmente en tornos y taladros, pudiendo contener hasta 12 herramientas entre las que se pueden encontrar útiles motorizados para realizar taladros y operaciones de fresado, convirtiendo al torno en un Centro de Torneado.

Girando la torreta se sitúa la herramienta en posición de trabajo, siendo el tiempo de cambio de herramienta del orden de un segundo. La identificación de la herramienta se hace en base a la posición que ocupa dentro de la torreta, por lo que ésta debe ser tenida en cuenta cuando se carga la torreta y cuando se realiza el programa.

El almacén de herramientas se utiliza para aquellas máquinas que precisan un elevado número de útiles para realizar un trabajo (caso típico de los Centros de Mecanizado). Físicamente se trata de almacenes de tambor o de cadena con un manipulador asociado que se encarga de trasladar la herramienta desde el almacén hasta el husillo de trabajo. En este caso, se suelen utilizar sistemas de identificación que consisten en disponer de un código sobre la herramienta y un procedimiento de lectura de ese código. Algunos códigos utilizados son los de anillos montados en el mango del útil que presionan una fila de interruptores reproduciendo un código binario o el basado en cápsulas magnéticas incorporadas sobre la propia herramienta.

- Cambio de piezas:

El cambio automático de piezas es otro sistema que han incorporado algunas MHCN para reducir los tiempos de carga y descarga de la pieza.

Existe una amplia variedad de sistemas entre los que se pueden citar:

- \* Robots y manipuladores.
- \* Alimentadores automáticos.
- \* Sistemas de cambio de pallets.

En los tornos se utilizan normalmente robots o manipuladores que pueden desde realizar únicamente la carga y descarga de pieza, hasta identificarlas, realizar un control sobre las mismas, clasificarlas y situarlas sobre un pallet (para lo cual se ayudan con sistemas sensoriales de visión).



En los Centros de Mecanizado se suele utilizar el sistema de cambio automático de pallets sobre los que van fijados los útiles de sujeción de la pieza. De este modo, la carga y descarga se realiza fuera de máquina mientras se está mecanizando otra pieza. Existen sistemas de carrusel o de línea que permiten el funcionamiento en modo automático de un Centro de Mecanizado durante varias horas, lo que permite su puesta a tres turnos con una mínima atención disponiendo el trabajo sobre los palets previamente.

## **1.6 Sistema de control**

La arquitectura del sistema de control de un Control Numérico comprende los siguientes elementos:

- Unidad de entrada-salida de datos.
- Unidades de memoria fija (ROM) y volátil (RAM).
- Uno o varios microprocesadores.
- Visualizador de datos.
- Unidad de enlace con la máquina.

### **a) Unidad de entrada-salida de datos**

La entrada y salida de datos en los equipos de CN se puede realizar de varias formas:

- Por cinta perforada (ya obsoleto).
  - Por panel de control.
  - Por cintas magnéticas (tipo cassette), ya en desuso y sustituidas por disquetes informáticos.
  - Por comunicación con un ordenador externo.
- Panel de control:

La aparición del CNC ha hecho posible la introducción de datos de una manera más cómoda mediante el uso de otros periféricos conectados al CN. Uno de ellos es el panel de control que han incorporado la mayor parte de los CN modernos.

Este panel de control lleva incorporado un teclado y una serie de selectores y pulsadores que abarcan todas las informaciones codificadas necesarias para la programación.

Este panel se emplea para realizar modificaciones sobre los programas introducidos previamente en memoria, para programar a pie de máquina y para controlar y verificar el funcionamiento de la máquina-herramienta.



Básicamente, en la programación a pie de máquina se trata de introducir el programa a través de un teclado funcional incorporado en el equipo o conectado al mismo de modo que su uso pueda ser compartido por varios CN.

El inconveniente que presenta la programación a pie de máquina es que se consume tiempo-máquina en el tecleo (entre 20 y 30 minutos normalmente) y que se suelen producir errores. Tales inconvenientes han quedado solucionados en parte por la posibilidad de que disfrutaran los CN modernos de introducción de programas mientras la máquina está trabajando (modo "background") y la de detección automática de errores de sintaxis y geométricos en los datos.

La interacción que permite el uso del teclado del panel de control permite la fácil corrección de programas, la introducción de correctores de herramientas, su uso en trabajos normalmente reservados a máquinas convencionales con alto grado de interactividad hombre-máquina (matricería) y el control total de la máquina desde un puesto centralizado.

Como inconvenientes principales de la programación a pie de máquina se encuentran el que todavía debe disponerse de documentos en papel con el programa, en un ambiente de taller poco propicio para su manejo y la limitación de memoria de los CN, que requiere la carga y descarga de programas en producción de series cortas, por saturación de su capacidad de almacenamiento.

- Cintas magnéticas:

La solución a una parte de los inconvenientes que presenta la introducción de datos vía teclado o por cinta perforada viene de la mano del uso de periféricos de cinta magnética (tipo cassette), con una alta capacidad de almacenamiento de programas en un volumen reducido y con alta transportabilidad.

El lector-grabador de cinta magnética se conecta al CN mediante un cable (usualmente RS-232C V24), pudiendo cargar y descargar los programas en ellos almacenados o que piensan ser usados. Con ello se evita la repetición de una tarea engorrosa y poco fiable, como es la del tecleo sobre el propio CN, y la saturación de la memoria con programas de mecanizado de piezas que no son lo suficientemente repetitivas como para tenerlos permanentemente.

- Comunicación con ordenador externo:

Básicamente, consiste en la transmisión y recepción de programas entre un ordenador externo y el Control Numérico de una o varias máquinas-herramienta. La comunicación se realiza a través de un cable de conexión usando, normalmente, la norma RS-232C, de modo que el desarrollo y almacenamiento de los programas se efectúa utilizando los recursos del ordenador más aptos que los del CN.

Este tipo de técnica conocida con el nombre de Control Numérico Directo (CND, o DNC en inglés) permite no sólo la carga y descarga de programas de una manera mucho más rápida y fiable que los métodos anteriores, sino que, además, permite la gestión de las MHCN desde



un puesto no situado en taller, para realizar labores de control y gestión de datos de producción de varias máquinas, la edición y corrección de programas en un teclado más ergonómico que el del CN y la conexión de sistemas de diseño y generación automática de programas de mecanizado (CAD/CAM).

El impacto que provoca el uso de ordenadores externos a la propia máquina ha sido un paso fundamental hacia la fábrica del futuro, con el objetivo de conseguir una planificación de la fabricación automatizada.

El coste de un sistema DNC dependerá del tipo de ordenador externo utilizado y del número de máquinas que deseen conectarse. La configuración típica necesita: un ordenador personal tipo PC compatible, una impresora, el programa de comunicaciones y el cable de conexión.

### **b) Unidades de memoria fija (ROM) y volátil (RAM)**

La unidad de memoria fija o ROM (Read Only Memory, memoria de sólo lectura) incluida en los CN, tiene como función almacenar las instrucciones, funciones y subprogramas registrados por el fabricante y que no deben ser modificados para el uso de la máquina. Como su nombre indica, es una memoria de datos que sólo puede leerse y no modificarse por el usuario o por la máquina.

La tecnología usada es la de transistores MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) y permite conservar los datos durante un tiempo muy superior al de la vida de la máquina.

La memoria volátil o RAM (Random Acces Memory, memoria de acceso aleatorio) se puede leer y escribir y, por tanto, posee la capacidad de ser modificada por el usuario. En ella se registran los programas de usuario y es utilizada internamente por el control.

La tecnología usada para su fabricación también es la MOS con dos modalidades: dinámicas y estáticas. Las dinámicas precisan de un circuito externo que refresque la información consumiendo menos energía y siendo más baratas que las estáticas que no lo requieren. De cualquier modo, las más empleadas son las estáticas en las que (al igual que ocurre con las dinámicas) la información permanece siempre y cuando se mantenga la alimentación de la unidad de memoria mediante una batería auxiliar de Ni-Cd normalmente disponible en los CN.

La capacidad de las memorias RAM o de almacenamiento de programas es muy variable dependiendo del fabricante, existiendo desde memorias de 8 Kb (8000 caracteres) hasta memorias de varios miles de Kb e incluso más.

Lo normal es una memoria de 32 Kb, puesto que, aunque la mayor parte de los CN permiten su ampliación, la capacidad de trabajar en DNC en modo infinito (el ordenador envía el programa por bloques manejables por la memoria del CN) de muchos controladores evita el problema de las limitaciones de capacidad de memoria.



### **c) Microprocesadores**

El microprocesador o Unidad Central de Proceso (CPU) es el encargado del control de los elementos que componen la máquina en función del programa que ejecuta. Básicamente, accede a las instrucciones del programa, las decodifica y ejecuta las acciones especificadas.

Existen microprocesadores de 8, 16 y hasta 32 bits, en función del grado de complejidad y de la rapidez requeridas. Una instrucción completa puede codificarse mediante 1, 2 ó 3 bytes.

Entre sus funciones están también las de calcular todas las operaciones aritmético-lógicas que precise, de lo cual se encarga la Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Existen CN que disponen de varios microprocesadores, cada uno de los cuales se encarga de una función específica y que trabajan de una forma coordinada.

### **d) Visualizadores de datos**

Son monitores que permiten que el operador controle la marcha de la programación o del proceso de mecanizado, además de conocer el estado de la máquina a través de los mensajes que aparecen en el mismo.

Actualmente, casi todos los visualizadores de datos son monitores de vídeo TRC (Tubo de Rayos Catódicos) o pantallas de cristal líquido LCD similares a las de numerosos ordenadores, permitiendo incluso la posibilidad de generar imágenes en color y gráficos.

### **e) Unidad de enlace con la máquina**

El CN está enlazado con la máquina-herramienta a través de los órganos de mando y control sobre los motores que accionan los órganos móviles (husillos de los carros y mesas) para que su movimiento se ajuste a lo programado.

Otro tipo de enlaces son los que se establecen con el armario eléctrico de la máquina-herramienta para controlar la velocidad del husillo, el cambio de herramientas y otras funciones como la marcha-parada, la conexión del refrigerante, etc.