

INTRODUCCIÓN

La evolución del control numérico ha producido la introducción del mismo en grandes, medianas, pequeñas y empresas familiares, lo que ha generado la necesidad de trabajadores especializados con grandes conocimientos de la técnica del CNC.

ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS

Factores que favorecen la implantación del CNC

Los problemas y exigencias de la industria actual comportan una problemática que favorece la utilización de los sistemas CNC. Entre los más importantes podemos citar los siguientes:

- Mayor exigencia en la exactitud de los mecanizados.
- Los diseños son cada vez más evolucionados y complejos.
- Diversidad de productos que ocasiona la necesidad de estructuras de producción más flexibles y dinámicas.
- Necesidad de reducir errores en la producción para no encarecer el producto.
- Plazos de entrega cada vez más exigentes, lo que exige mantener los niveles de producción lo más altos posibles.
- El abaratamiento de los sistemas CNC, lo que favorece la adquisición de los mismos.

Ventajas de la utilización de sistemas CNC

Los sistemas CNC poseen entre ventajas tales como:

- Mejora de la exactitud, así como un aumento en la calidad de los productos.
- Una mejor uniformidad en la producción.
- Posibilidad de utilización de varias máquinas simultáneamente por un sólo operario.
- Mecanización de productos de geometría complicada.
- Fácil intercambio de la producción en intervalos cortos.
- Posibilidad de servir pedidos urgentes.
- Reducción de la fatiga del operario.
- Aumento de los niveles de seguridad en el puesto de trabajo.
- Disminución de tiempos por máquina parada.
- Posibilidad de simulación de los procesos de corte antes de la mecanización definitiva lo que ahorra en piezas defectuosas.

Desventajas de la utilización de sistemas CNC

Se pueden citar las siguientes desventajas:

- Elevado costo de los accesorios y maquinaria.
- Necesidad de cálculos, programación y preparación de forma correcta para un eficiente funcionamiento.
- Costos de mantenimiento más elevados, ya que el sistema de control y mantenimiento de los mismos es más complicado, esto genera la necesidad de personal de servicio y mantenimiento con altos niveles de preparación.
- Necesidad de mantener grandes volúmenes de pedidos para una mejor amortización del sistema.

Conocimientos y habilidades necesarios para operar los sistemas CNC

Los operarios de sistemas CNC necesitan disponer de los siguientes conocimientos y habilidades:

- Conocimientos en geometría, álgebra y trigonometría.
- Conocimientos de elección y diseño de las diferentes herramienta de Corte.
- Conocimientos de los diferentes sistemas de sujeción de las herramientas de corte.
- Uso de aparatos de medida y conocimientos de metrología.
- Interpretación de Planos.
- Conocimientos de la estructura de la máquina CNC.
- Conocimientos de los diferentes procesos de mecanización.
- Conocimientos de la programación CNC.
- Conocimientos del Mantenimiento y operación CNC.
- Conocimientos generales de ordenadores.
- Conocimientos de parámetros y condiciones de corte.

Comparación de utilización entre máquinas convencionales y sistemas CNC

En la siguiente tabla se hace una comparación entre los dos sistemas de mecanizado.

Máquina herramienta Convencional	Máquina herramienta CNC
Un operario, sólo puede manejar una sola máquina	Una operario puede operar varias máquinas
Es necesario consultar constantemente el plano	No es necesario consultar apenas el plano.
Se necesita una amplia experiencia	No es necesario una amplia experiencia
El operador tiene el control de profundidad, avance, etc.	El programa tiene todo el control de los parámetros de corte
Mecanizados imposibles de realizar.	Posibilidad de realizar prácticamente cualquier mecanizado.

Componentes y estructuras de las máquinas CNC

Los mecanismos y dispositivos que controlan los diferentes movimientos y acciones que realizan las máquinas CNC para llevar a cabo el conjunto de instrucciones asociadas a un programa CNC, que realizará la pieza propuesta, las herramientas usadas en estas máquinas, las funciones programables con CNC y los componentes del sistema.

Un operario experto en MHCN debe conocer las prestaciones y los límites en los que opera la máquina. Para conseguir los mejores resultados en la programación CN, se debe estudiar y planificar todo el proceso de manera anticipada.

Los dispositivos y sistemas de las MHCN, son:

- Ejes de movimiento.
- Sistemas de transmisión.
- Sistemas de control de posición y desplazamientos.
- Cabezal.
- Sistemas de sujeción de las diferentes piezas.
- Cambiadores automáticos de herramientas.
- Ejes complementarios.

EJES PRINCIPALES

En las MHCN se aplica el concepto de "eje", a las direcciones de los diferentes desplazamientos de las partes móviles de la máquina, como la mesa porta piezas, carro transversal, carro longitudinal, etc.

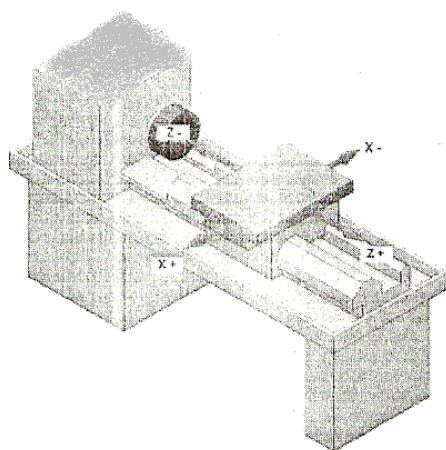


Fig. 1 Desplazamiento de ejes en un torno.

Torno fig. 1

Eje Z: El eje "z" es el que realiza el movimiento longitudinal en sentido del eje principal de la máquina.

Eje X: El eje "X" es el que realiza el movimiento transversal perpendicular al eje principal de la máquina.
(Basado en un torno con la herramienta trabajando desde el lado del operario)

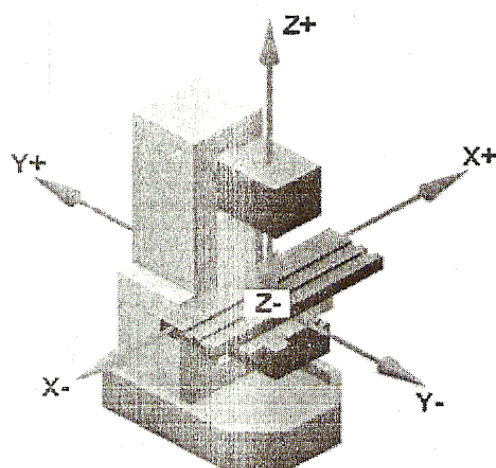


Fig. 2 Desplazamiento de ejes en una fresadora.

Fresadora, fig. 2

Eje Z: El eje "z" es el que realiza el movimiento perpendicular de la herramienta hacia el suelo.

Eje Y: El eje "Y" es el que realiza el movimiento transversal de la herramienta.

Eje X: El eje "X" es el que realiza el movimiento longitudinal de la herramienta

Referencia

Las siglas MHCN corresponden a: Máquina Herramienta de Control Numérico
Las siglas CN corresponden a: Control Numérico
Aunque en las máquinas convencionales se pueden mover indistintamente los carros o la herramienta (según su estructura), en programación de CN se considerará que es siempre la herramienta la que se mueve, aunque esto no sea realmente cierto.

Diagrama ejes

Las MHCN disponen de diferentes órganos de movimiento lineal (generalmente ejes), para poder programar el movimiento de dichos elementos, se les asigna una letra (ver figura 1 y 2), que será la que después se utilizará en la programación. Esta asignación de letras está normalizada, no pudiendo ser cambiada en ningún caso. Los signos "+" y "-" no tienen un sentido matemático sino de dirección.

Los tornos disponen de un mínimo de dos ejes, mientras que las fresadoras están dotadas de un mínimo de tres.

En los tornos los ejes X y Z se asocian al desplazamiento del carro transversal y carro principal respectivamente, que se deslizan ortogonalmente entre ellos, no siendo necesario el carro orientable. Mediante la combinación de movimientos simultáneos de ambos se pueden describir trayectorias oblicuas o curvas (Interpolaciones).

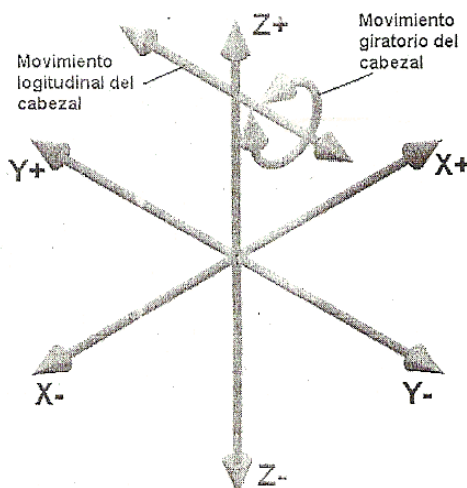


Fig.3 ejemplo fresadora con 5 ejes.

Las fresadoras disponen de un mínimo de tres ejes X, Y y Z. Dos de ellos X e Y se asocian al movimiento en el plano horizontal (longitudinal y transversal) de la mesa de trabajo, mientras que el tercero es el desplazamiento vertical del cabezal de la máquina.

En trabajos de mecanizado de formas complejas se requieren MHCN dotadas de más ejes de desplazamiento. En la figura 3 se muestra un ejemplo de funcionamiento de una máquina de 5 ejes. Existen diferentes constituciones, el dibujo de la figura 3 es sólo una de ellas.

Disposición y estructura de los ejes en la MHCN

La disposición de los carros móviles en las MHCN puede ser muy sofisticada, dando origen a una gran variedad de diseños y modelos tanto en fresadoras como tornos.

Los fabricantes de MHCN construyen diferentes composiciones para poder cubrir las necesidades de cada caso, siendo estas determinadas por el tipo de mecanizado a realizar. Esta disposición viene condicionada por:

- El perfil y orografía de las piezas a construir.
- El tamaño de las piezas a mecanizar.
- La precisión necesaria en el mecanizado.
- Los diferentes tipos de materiales a mecanizar.
- Las exigencias de apriete o sellado.
- Etc.

La denominación de la MHCN según su capacidad de interpolación, se refleja en la siguiente tabla.

Ejes reales	Ejes interpolados	Denominación CNC
2	2	2 ejes
3	2	2 ejes y ½
3	3	3 ejes
4	3	3 ejes y ½
4	4	4 ejes
5	4	4 ejes y ½
5	5	5 ejes

Referencia

Interpolación: Movimiento simultaneo de dos o más ejes de forma controlada, realizando trayectorias perfectamente definidas tanto lineales como curvas.

Ejes complementarios

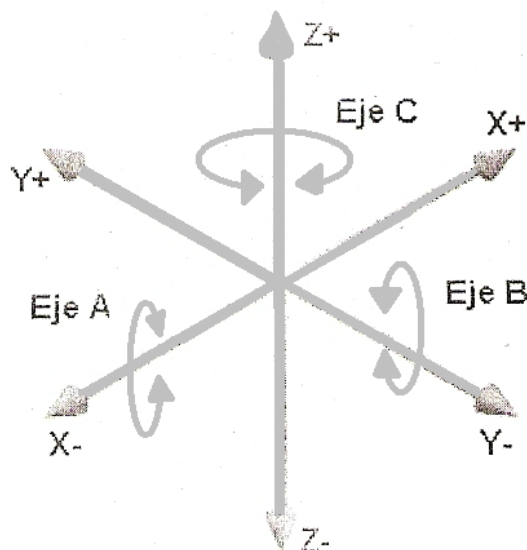


Fig. 4. Ejes rotativos asociados.

Algunas MHCN disponen de mesas giratorias y/o cabezales orientables. En ellas la pieza puede ser mecanizada por diferentes planos y ángulos de aproximación. Los ejes sobre los que giran estas mesas y cabezales se controlan de forma independiente y se conocen con el nombre de ejes complementarios de rotación. Su velocidad y posición se regula también de forma autónoma.

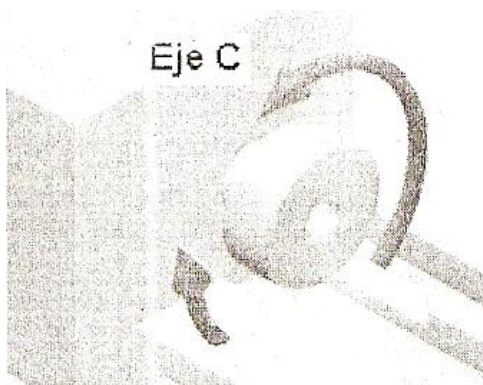
Los ejes complementarios de rotación se designan en la programación CN como A, B, C, estos ejes se asocian con los lineales tal como indica la fig.4.

Debido a las exigencias impuestas por la complejidad de ciertas piezas, otras MHCN están dotadas de más de tres ejes de desplazamiento principal.

Los centros de mecanizado, presentan usualmente además de los tres principales, un cuarto y quinto eje para la orientación de la herramienta, un giro de la mesa y aproximación de la herramienta.

La trayectoria de la herramienta se define mediante la composición de los desplazamientos en X, Y y Z y los posibles ejes de orientación de la herramienta.

Existe una composición típica de 5 ejes en las fresadoras, que actualmente está generando un sistema de mecanizado propio, llamado así, mecanizado con 5 ejes.



Los tornos con tres ejes disponen de un eje rotativo (angular) con la capacidad de mover el plato de forma controlada, además del giro normal para el corte, este eje se suele denominar con la letra "C" y su utilización es parecida a la de un cabezal divisor de fresadora controlado por sistema CNC, necesitando de herramientas motorizadas para poder fresar sobre las distintas superficies de la pieza.

Fig.5 Eje de giro controlado C.

Referencia

Eje rotativo angular: Son ejes que realizan su movimiento en forma circular y la medida que se utiliza para indicar su movimiento, está expresada en grados.

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Los recorridos de la herramienta se originan por la acción única o combinada de los desplazamientos de cada uno de sus ejes.

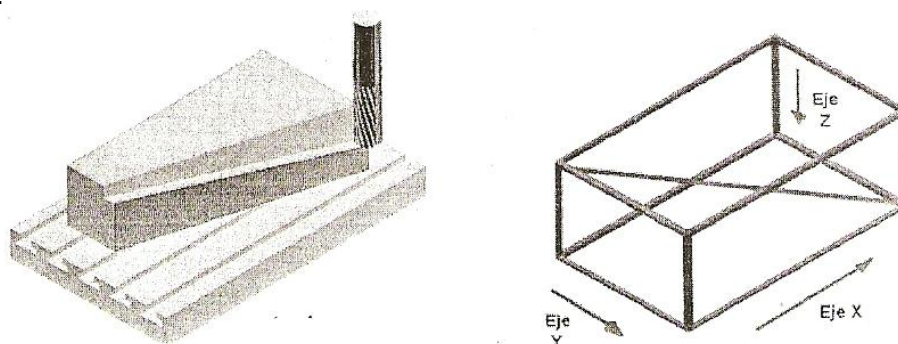


Fig. 6. Generación de una trayectoria de herramienta.

En la figura 6 se puede observar como la herramienta para realizar el mecanizado de la pieza, tiene que desplazarse simultáneamente o interpoladamente en los ejes X, Y Y Z.

Los sistemas de transmisión son los encargados de realizar los movimientos en los ejes a partir del giro básico generado por el grupo del motor-reductor.

Husillos de bolas

El movimiento a los ejes a partir de los motores lo realizan husillos de bolas que funcionan por el principio de recirculación de bolas. Consiste en un vi sinfín acanalado y un acoplamiento a los que se fija el conjunto mecánico a desplazar. Cuando el grupo motor gira, su rotación se transmite al vi sinfín y el cuerpo del acoplamiento se traslada longitudinalmente a través de este, arrastrando consigo a la mesa de trabajo en el sentido oportuno, tal como se puede ver en la figura7.

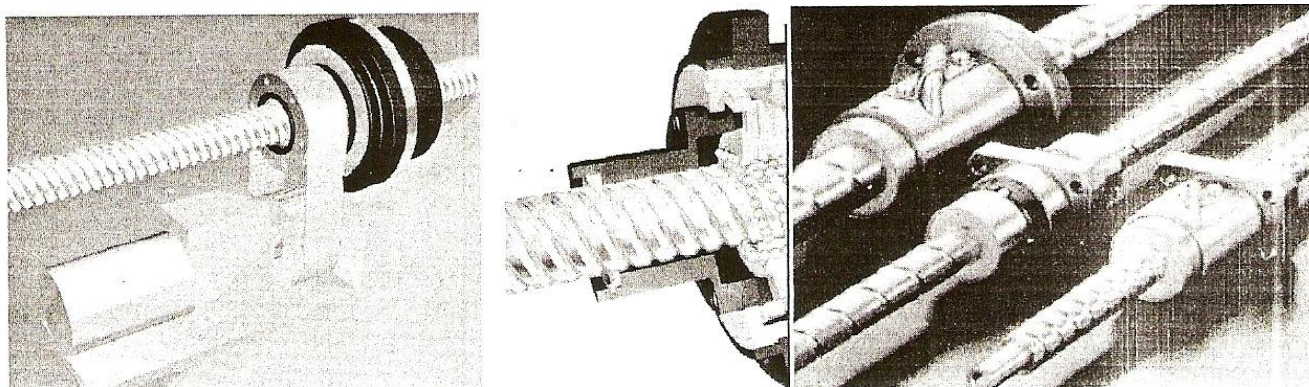


Fig. 7. Husillo de bolas.

El accionamiento contiene un conjunto de bolas en recirculación que garantizan la transmisión de esfuerzos del sinfín a la mesa con unas pérdidas por fricción mínimas. Las dos partes de su cuerpo están ajustadas con una precarga para reducir al mínimo el juego transversal entre ellas con lo que se mejora la exactitud y repetibilidad de los desplazamientos. Es decir un movimiento sin apenas resistencia y una exactitud del desplazamiento total (sin el juego que necesariamente tienen que tener los sistemas tradicionales)

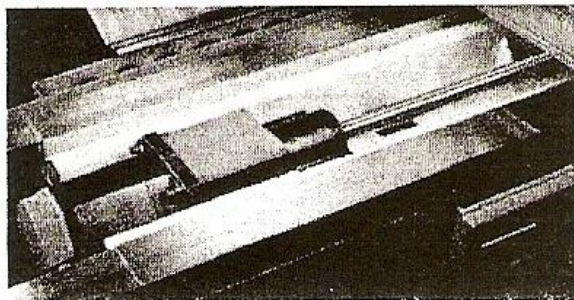


Fig. 8. Husillo de bolas instalado en una maquina de CNC.

Para disminuir los daños del mecanismo de transmisión frente a colisiones transversales o sobrecargas, el grupo motriz incorpora un embrague en su conexión con el vi sinfín. Este dispositivo desacopla la transmisión cuando el conjunto de la mesa choca contra algún obstáculo.

Motores de transmisión

Para realizar los movimientos de los diferentes ejes se utilizan habitualmente motores eléctricos de corriente continua controlados mediante señales electrónicas de salida y entrada. Estos actuadores pueden girar y acelerarse controladamente en ambos sentidos.

Los movimientos de estos mecanismos tienen que ser de gran rigidez y resistir los esfuerzos generados por las fuerzas de corte o por los desplazamientos a alta velocidad que generan los diferentes mecanismos en su movimiento en vacío (grandes inercias).

Las transmisiones deben producir movimientos regulares, estables y ser capaces de reaccionar rápidamente en las aceleraciones y deceleraciones.

Los factores que más afectan al control de estos movimientos son:

- Uso de herramienta inadecuada.
- Restricciones anómalas en el movimiento.
- Velocidades de avance en la operación de trabajo inapropiadas.
- Fuerzas de inercia excesivas durante el frenado o aceleración.

Uno de los factores a determinar en la aplicación de motores es el par motor que puede dar en toda la gama de velocidades.

Referencia

Par motor: Capacidad que tiene un motor para producir trabajo. Cuanto mayor sea esa capacidad, más capacidad de trabajo tiene.

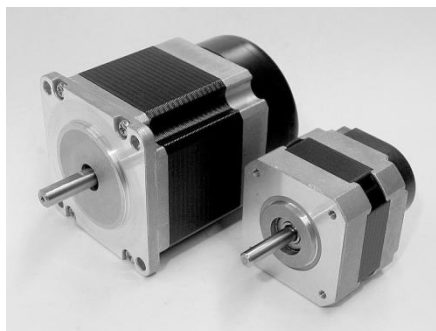
Los tipos de motores más usuales actualmente son:

- Motores pasó a paso.
- Servomotores o motores encoder
- Motores lineales

Motores paso a paso

Son motores con gran precisión pero con pares de potencia relativamente bajos, por lo que se suelen utilizar en máquinas de poca capacidad de trabajo.

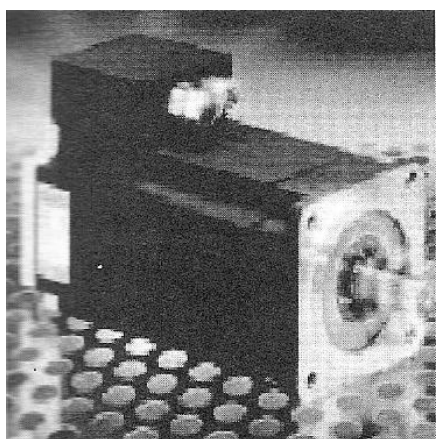
La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso por cada pulso que el microprocesador le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan sólo $1/8^\circ$, es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso ($1,8^\circ$), para completar un giro completo de 360° .



Estos motores pueden quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Sin una o mas de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado y por lo contrario quedara libre si no se encuentra energizado en ninguna de sus bobinas.

Fig. 9. Motor paso a paso.

Servomotores o encoder



Estos motores acostumbran a ser los más utilizados dada su alta potencia y alto par conseguido a bajas vueltas, lo que permite trabajar a pocas revoluciones con grandes cargas de trabajo. El funcionamiento del motor es prácticamente el mismo que un motor de CA convencional, pero con un encoder conectado al mismo. El encoder controla las revoluciones exactas que da el motor traspasando los datos al control para que tenga el registro exacto del mismo. El mismo encoder es el encargado de frenar en el punto exacto que ordena el control al motor. Los controles numéricos en su comunicación con los motores tienen calibrada su parada por medio de lo que técnicamente se llama rampa de deceleración para evitar los desplazamientos no deseados motivados por las inercias de los diferentes carros.

Fig. 10. Servomotor.

Motores lineales

La explicación habitual de lo que es un motor lineal es que se trata de un motor rotatorio “desenrollado”, es decir, que se ha cortado por uno de sus radios y se ha estirado hasta dejarlo plano.

Hablando de un modo más preciso, un motor lineal consiste en un elemento primario, donde se encuentran los devanados, y un elemento secundario que se extiende a lo largo de la distancia que se va a recorrer, aportando como ventaja la posibilidad de poder disponer de varios primarios sobre un mismo secundario. Al igual que en el caso de los motores rotatorios, pueden existir modelos síncronos y asíncronos. Junto con las guías lineales, el sistema de medida lineal y el regulador electrónico forman el conjunto activo de accionamiento lineal.

Son motores de nueva generación que tienen la capacidad de generar grandes aceleraciones, lo que reduce de forma considerable los tiempos de mecanizado en los desplazamientos de trabajo en vacío. Actualmente está poco implementada su utilización por tener que adaptarse las máquinas a los requerimientos de los mismos.

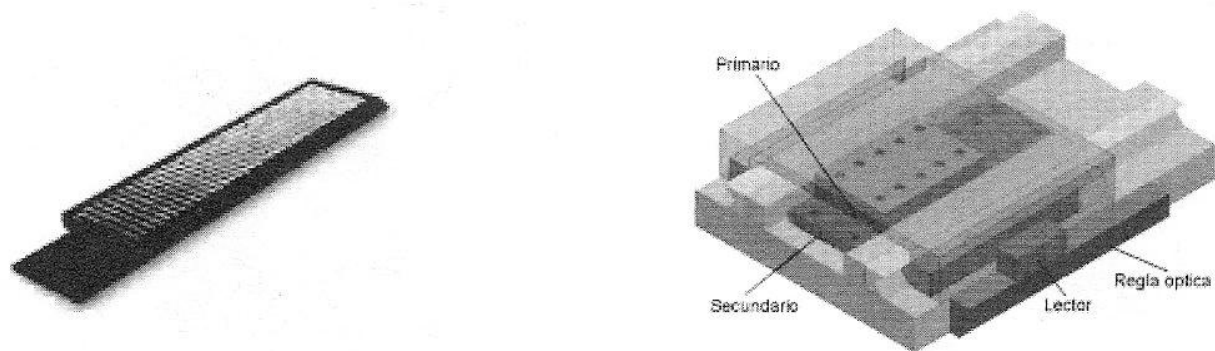


Fig. 11. Motor lineal y esquema.

CONTROL DE DESPLAZAMIENTOS

Los movimientos de los diferentes ejes y sistemas se realizan tal como hemos visto anteriormente por medio de las ordenes que envía el control numérico a los diferentes motores, pero eso no garantiza que la posición real que tienen los carros sea exactamente la deseada, debido a posibles percances que pueden producirse durante su movimiento: falta de engrase, obstáculos durante el recorrido, juegos producidos por el desgaste de los elementos móviles, inercias no controladas, etc.

Para corregir esos posibles problemas, se tienen que utilizar sistemas de control de la posición, que se describen a continuación.

Los controles de posición son elementos que sirven para indicar con gran exactitud la posición de los ejes de una máquina. Normalmente son ópticos y funcionan por medio de una o más reglas de cristal con una cabeza lectora que mide el desplazamiento de cada uno de los ejes, o electromagnéticos basados en la inducción de una corriente sobre una regla magnética.

Control de posiciones

El control de las posiciones de los elementos móviles de las MHCN, se realiza básicamente por dos sistemas:

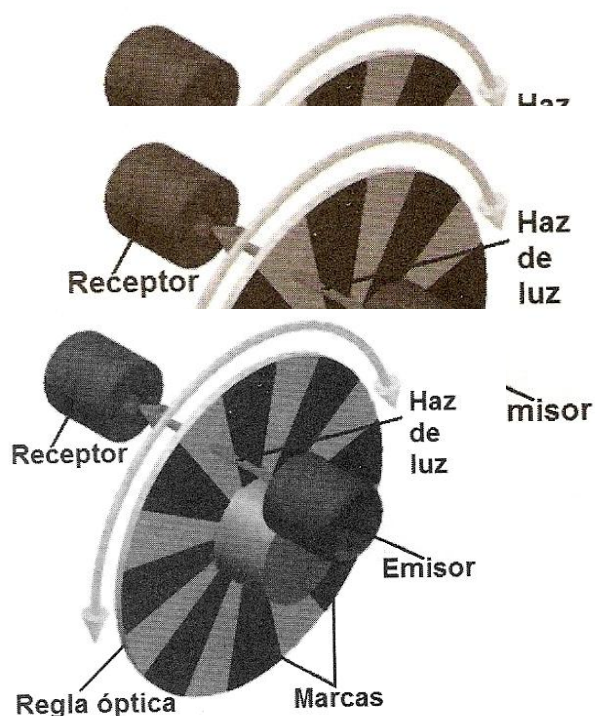
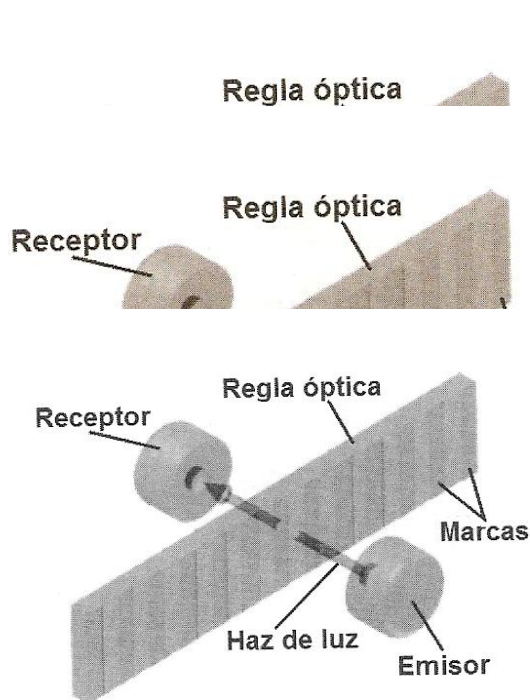


Fig. 12. Sistema directo para la medición de una posición.

Fig. 13. Sistema indirecto para la medición de una posición.

En el sistema indirecto la posición de la mesa se calcula por la rotación en el sinfín. Un resolver registra el movimiento de un disco graduado solidario con el sinfín. El control numérico calcula la posición mediante el número de pasos o pulsos generados durante el desplazamiento.

Para conocer la posición exacta de cualquier elemento móvil de una MHCN a lo largo de un eje de desplazamiento se emplean un conjunto de dispositivos electrónicos y unos métodos de cálculo. Estos elementos constan básicamente, de una escala graduada (similar a un escalímetro) y el resolver capaz de "leer" dicha escala. Atendiendo al método de lectura y forma de la escala se distingue entre:

- Medición de posiciones absolutas.
- Medida de posiciones por incrementos.
-

La utilización del adjetivo "absoluto" para la medición de los desplazamientos supone que las posiciones estimadas son independientes del estado puntual de la máquina o de su control al estar referidas a un punto invariante conocido como "origen absoluto" o "cero máquina".

El término "incremental" (incremento = desplazamiento pequeño de longitud fija) se emplea para designar los movimientos relativos a algún punto significativo distinto del origen absoluto y que, además, puede variar. Durante el movimiento el control numérico lleva a cabo un conteo del número de incrementos (divisiones) en las que la nueva posición difiere de la anterior.

Husillo principal

El husillo principal realiza en las MHCN las siguientes funciones:

- En los tornos - El movimiento rotativo de la pieza.
- En las fresadoras - La rotación de la herramienta.

El husillo puede ser accionado por:

- Motores de corriente alterna de tres fases.
- Motores corriente continua.

Motor de corriente alterna:

- La regulación de la velocidad de giro se lleva a cabo mediante un reductor de engranajes. Dependiendo del diseño y complejidad de este reductor se consigue un rango más o menos variado de velocidades de giro.

Motor de corriente continua:

- Proporciona una variedad casi infinita de velocidades de giro, las cuales se procesan mediante un tacómetro. Todo ello permite al programador establecer la velocidad de giro de forma casi arbitraria, dentro del rango y capacidad del motor.
- Frecuentemente incorporan reductores en la transmisión, de dos salidas, para la obtención de los pares más favorables en las diferentes operaciones de mecanizado.
- En los tornos, el husillo se conecta directamente a un adaptador o nariz que lo hace solidario con el plato de garras que sujeta la pieza de trabajo. En las fresadoras este adaptador contiene el sistema de colocación de las fresas o herramientas.
- Debido a las múltiples posibilidades de amarre y a los variados tipos de configuraciones de herramientas existentes en el mercado, los adaptadores del husillo siguen unas pautas de diseño normalizadas que capacitan su conexión a una gran variedad de dispositivos.

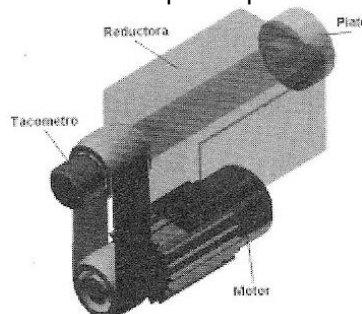


Fig. 14. Ejemplo de montaje del husillo principal de un torno CNC.

Algunas fresadoras del tipo universal disponen de dos husillos principales en disposición horizontal o vertical que pueden ser empleados de forma opcional y alternativa (Fig. 15, 16, y 17).

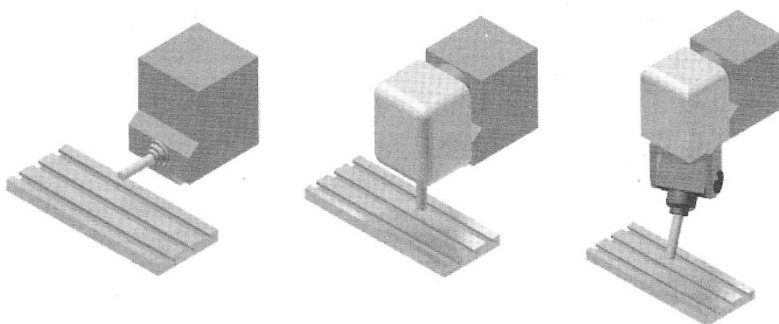


Fig. 15, 16 y 17 disposición del husillo horizontal, vertical y 5 ejes.

ESTRUCTURA Y TIPOS DE CONTROL

Introducción

Cuando se hace referencia a las MHCN, se debe diferenciar entre lo que es la máquina y lo que es el control, dado que son dos partes perfectamente diferenciadas. De hecho al comprar la máquina el fabricante de la misma permite la elección de diferentes controles, tanto en el ámbito de modelo, dentro de lo que es la misma marca comercial, o incluso diferentes marcas.

Tipos de control según su función

Fundamentalmente existen tres tipos de control contemplándolos desde la perspectiva de la función que realizan. Los tres tipos son:

- Control punto a punto.
- Control paraxial.
- Control interpolar o continuo.

Control punto a punto

Tal como indica su nombre, sólo controla puntos definidos por programación, no teniendo ningún control del recorrido de la herramienta de un punto a otro, ni a nivel de trayectoria, hasta alcanzar la posición, ni en el ámbito de la velocidad de desplazamiento entre ambos puntos.

Las flechas de la Fig. 18 indican sólo el punto a acudir, durante el recorrido que indican las flechas, no existe control.

El control punto a punto es el más sencillo de todos los tipos de controles existentes, lo que le convierte en el más barato, no obstante tiene una función clara dentro del mercado de MH, utilizándose en máquinas tipo taladradora, semi-punteadora

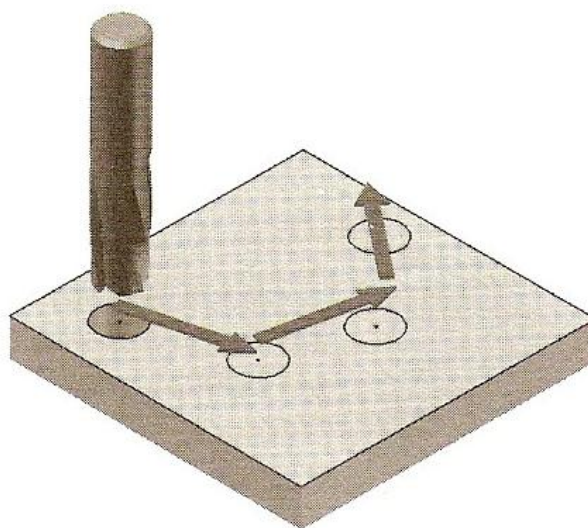


Fig.18 Mecanizado punto a punto.

Control paraxial

En el ámbito de velocidad de desplazamiento, el recorrido lo realiza de forma controlada pero sólo paralela u ortogonalmente a los ejes.

En la Fig. 19 se puede ver el tipo de desplazamiento que puede realizar, tal como indican las flechas.

Esto es así porque no tiene capacidad de interpolación, es decir el Control sólo puede mover y controlar un motor a la vez. Es ideal para máquinas que tengan como única función escuadrar caras.

Este control se aplica en fresadoras (con la función arriba indicada), aserradoras, etc.

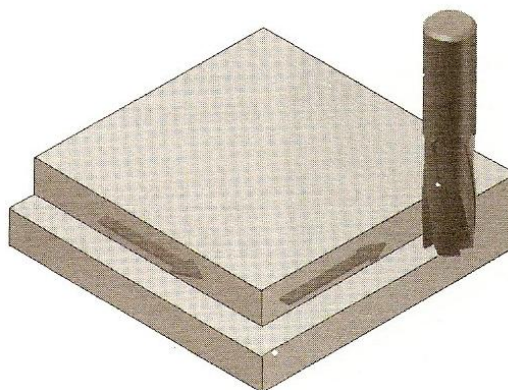


Fig.19 Mecanizado paraxial.

Control interpolar o continuo

Tiene la capacidad de controlar varios ejes simultáneamente, pudiendo realizar cualquier recorrido en un plano, tanto líneas curvas como líneas rectas con cualquier tipo de inclinación.

Esta capacidad de mover dos o más motores simultáneamente, se llama interpolación, es decir cuando dos motores se mueven simultáneamente, de manera controlada por el Control, se dice que se están interpolando.

El control interpolar es el más completo de todos, pues puede realizar todas las funciones de los anteriormente citados y además la suya propia, por lo que es, con mucho, el más utilizado, aunque el precio sea bastante superior.

En la Fig. 20 las flechas indican el recorrido realizado por la herramienta.

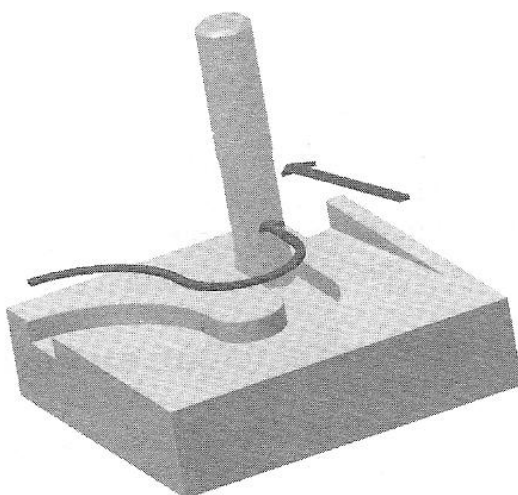
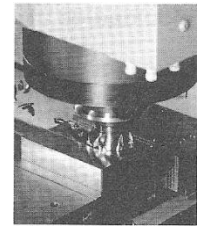


Fig.20 Mecanizado interpolar.

DATOS DE CORTE EN EL FRESADO

Fresado en concordancia y en contraposición

Es un factor importante a tener en cuenta, pues afecta al acabado de la pieza, la vida de la herramienta y la fiabilidad de la máquina. Es una variable que a la que afectan valores tales como el material, el tipo de herramienta, la profundidad de pasada, la sujeción de la herramienta, la potencia y estado de la máquina.



Fresado en concordancia

El fresado convencional es equivalente al movimiento que se haría con una pala, es decir desde abajo hacia arriba. El espesor de viruta y la presión de corte aumentan, según va avanzando la herramienta, gradualmente y alcanza su máximo, justo al final del corte del diente sobre el material.

Cuando la fresa se aparta del material, la presión de corte se elimina de golpe, de forma que la fresa salta hacia delante y el siguiente diente penetra el material, lo que provoca vibración de la herramienta y marcas en la superficie de la pieza.

Este tipo de mecanizado es más favorable al trabajo de la máquina, por lo que en máquinas con poca potencia a veces es aconsejable recurrir a él.

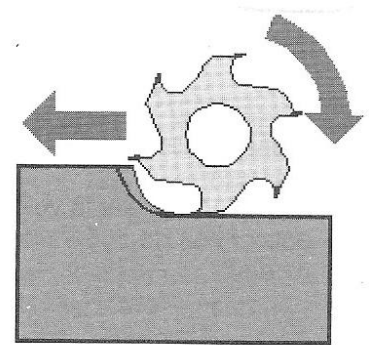


Fig.21 Fresado en concordancia.

Fresado en contraposición

El fresado en contraposición es equivalente al movimiento que se haría con un pico, es decir desde arriba hacia abajo. Cuando el diente penetra, el espesor de viruta y la presión de corte adoptan su valor máximo. Cuando la fresa se retira de la pieza, la viruta producida es menor y la presión de corte adquiere su valor mínimo.

Por lo tanto, se producen pocas muescas y el acabado de superficie es el mejor posible. Si se compara con el fresado convencional, este fresado requiere más potencia y una máquina más rígida.

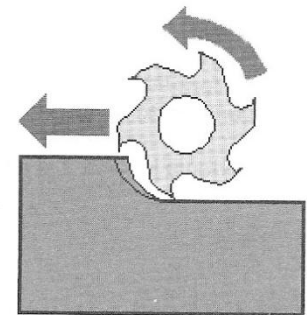


Fig.22 Fresado en contraposición.

Parámetros fundamentales en el trabajo de fresado

Los parámetros de corte esenciales a tener en cuenta por el programador en el proceso de torneado son:

- Velocidad de avance (V_a) por diente y total.
- La profundidad de corte o pasada (P_p).
- Anchura de corte.
- Velocidad de corte (V_e).
- Velocidad de giro de la herramienta (RPM).
- Esfuerzos de corte.

La elección de los datos de corte de metal debe de coordinarse con:

- El modo de fresado (convencional, en contraposición o frontal). La forma de la fresa.
- El tipo de perfiles de corte empleados (forma del filo de corte, material de corte). La capacidad de carga de la máquina.

Velocidad de avance en el fresado

El *avance* es el movimiento de la cuchilla en la dirección de trabajo.

Igual que en el caso del torno se puede expresar de dos maneras diferentes en *mm/rev* o *mm/min*, pero en el caso de la fresadora se tiene que tener en cuenta que el *avance* por revolución se refiere sólo a un diente, por lo que se tendrá que multiplicar dicho *avance* por el número de dientes.

Velocidad de avance en *mm/min*

Una vez conocido el valor de *mm/rev* (Fig.3.02) de la herramienta y conocidas las RPM a que girará la herramienta, el cálculo se obtendrá con la siguiente formula:

$$Va \text{ mm/min} = Va \text{ mm/rev} \times Nd \times RPM$$

Siendo: Nd = Número de dientes de la fresa

Ejemplo: Calcular la velocidad de avance en *mm/min* de un mecanizado con fresadora donde las RPM a aplicar son de 500 y el *avance* por *vuelta* de la herramienta 0.1mm y el número de dientes de la fresa en de 6

$$Va = 0,1 \times 6 \times 500 = 300 \text{ mm/min}$$

La "Va" a aplicar en el programa para esta herramienta será de 300 *mm/min*.

Velocidad de avance en *mm/rev*

Este formato, igual que en el caso del torno, se usa fundamentalmente en series largas donde la experimentación en el mecanizado está suficientemente contrastada.

La formula inversa a la anterior es:

$$Va \text{ mm/rev} = \frac{Va \text{ mm/min}}{Nd \times RPM}$$

Ejemplo: Calcular la velocidad de avance en *mm/rev* de un mecanizado donde las RPM a aplicar son de 500, el *avance* de la herramienta es de 400 *mm/min* y el número de dientes de 6.

$$Va \text{ mm/rev} = \frac{Va \text{ mm/min}}{Nd \times RPM}$$

la "Va" a aplicar en el programa para esta herramienta será de 0,13 *mm/rev*.

Profundidad o anchura de corte

Describe la distancia que penetra la fresa en la pieza en la dirección del *avance*. La profundidad de corte es un fresado con giro vertical. Anchura de corte es fresado con giro horizontal.

Los esfuerzos de corte de la fresa dependen de la anchura, de la fijación de la herramienta con la pieza medida en el plano de trabajo en ángulo recto a la dirección de *avance*.

Tanto la profundidad o anchura de corte como la fijación de la fresa provienen de:

- El desplazamiento programado de la fresa.
- Tamaño y forma de la fresa.

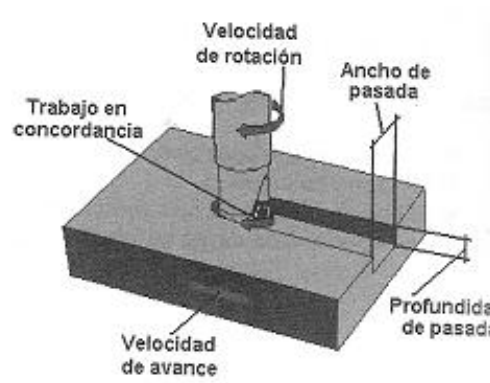


Fig.23 Características del corte en fresado vertical.

Cuando se programa el recorrido de la fresa en la pieza, es necesario coordinar profundidad y anchura de corte, así como la fijación de la fresa:

- Con la velocidad de mecanizado posible.
- Con la fresa a utilizar.
- El material a trabajar.
- Con el acabado de superficie requerido.

Velocidad de corte en el fresado.

La velocidad de corte es igual a la del torno, con la única diferencia de que es el diámetro de la herramienta el que hay que tener en cuenta (Cuanto mayor velocidad de giro y mayor diámetro de fresa, mayor velocidad de corte).

Consideraciones generales en el mecanizado en CNC

La precisión en la introducción de datos en el programa no debe ser confundida con la precisión de mecanizado. Aún cuando un sistema de control trabaje con una alta resolución, el uso de la herramienta, los efectos de aumento de temperatura, la falta de rigidez en la máquina, etc., pueden reducir la precisión de mecanizado.

La monitorización de la vida de la herramienta, utilizando el tiempo almacenado en el control en términos de procesos de mecanizado, es relativamente inadecuada, ya que no tiene en cuenta las cargas alternas y las presiones que actúan en el punto de la herramienta durante el mecanizado.

SISTEMAS DE CORDENADAS

Los sistemas de coordenadas se usan en infinidad de actividades, tales como la navegación marina, aérea, sistemas cartográficos, etc., su finalidad es la de situar un punto de manera concreta y precisa a lo largo de un escenario concreto y perfectamente definido.

En **CN** encontramos el mismo problema, tenemos que indicarle a la herramienta unas posiciones a alcanzar dentro de un plano perfectamente definido. Las herramientas, según el tipo de máquina, ya sea torno o fresa se moverán en 2D o 3D, es decir en dos dimensiones en un plano o en 3 dimensiones en el espacio. En todos los sistemas de coordenadas es imprescindible marcar un origen como punto de partida para tener unas referencias claras, y en **CN** no es menos, por lo que unos de los datos imprescindibles, será definir ese punto.

Sistemas de ejes de coordenadas

En **CN** se utilizan dos tipos fundamentales de coordenadas:

- Coordenadas cartesianas o rectangulares.
- Coordenadas polares.

Coordenadas cartesianas, o rectangulares.

•

Dentro de los sistemas de coordenadas rectangulares de **CN** distinguiremos 2 tipos:

- Coordenadas 2D (en un plano)
- Coordenadas 3D (en el espacio)

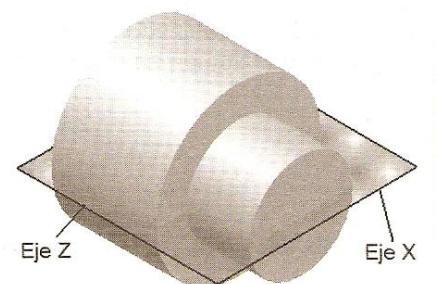


Fig.24 Plano de trabajo en el torno.

Las coordenadas 2D se utilizan fundamentalmente en el torno, pues dispone sólo de un plano de trabajo en el que se pueda mover la herramienta (Fig. 25), o en fresadora cuando el desplazamiento se realice exclusivamente a lo largo de cualquier plano de los tres de que dispone.

Las coordenadas 3D quedan exclusivamente para máquinas con más de dos ejes de trabajo simultáneos, como es el caso de la fresadora y siempre que el movimiento se realice en los tres ejes (Fig. 26).

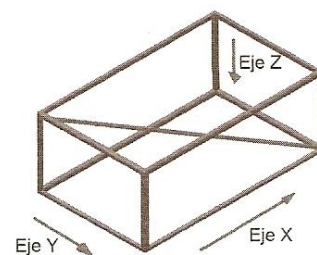


Fig.25 Planos de trabajo en una fresa.

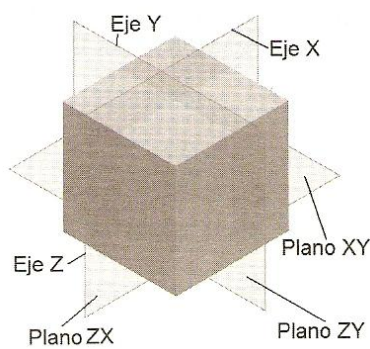
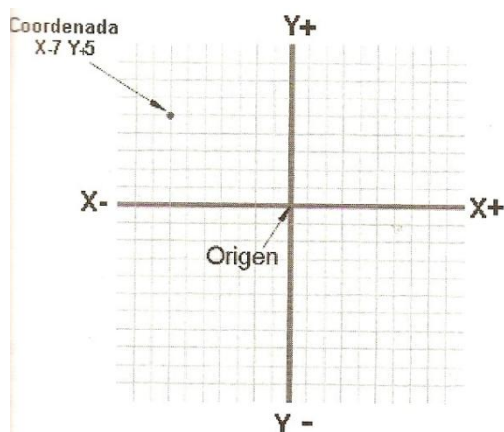


Fig.26 Sistema de ejes y planos en 3D.

Coordenadas 2D



Las coordenadas de dos ejes, son las representadas en la Fig. 27, Y tal como se puede observar en el dibujo tienen un punto de referencia o punto de partida que se llama Origen, en el se cruzan los dos ejes indicando con el signo la dirección de la misma. Es importante destacar que los signos matemáticos + y no tienen un sentido positivo o negativo sino sentido de dirección. Los ejes están graduados para poder determinar un punto concreto, algo parecido al famoso juego de barcos. Un punto, necesariamente tiene que venir indicado por la dimensión de los dos ejes, precedidos del signo correspondiente, ejemplo: X-7 y +5, no obstante, se acepta que de ser + no sea necesario indicarlo, ejemplo: X-7 Y5, indicaría la coordenada X-7 Y+5.

Fig.27 Sistema de coordenadas cartesianas 2D en una fresadora.

En el caso del torno se da la característica, que dependiendo de la estructura de la máquina, el eje X cambia su sentido de dirección. Esto sucede porque el eje X es quien define los diámetros o radios de la pieza, si la herramienta está estructuralmente situada al lado del operario (Fig.) el signo + se sitúa en este mismo lado, si la herramienta está situada en el lado contrario (Fig.09) el signo + también se sitúa en ese mismo lado. Si se analiza esto último, se observará que el criterio del signo + del eje X, va en sentido del crecimiento del diámetro.

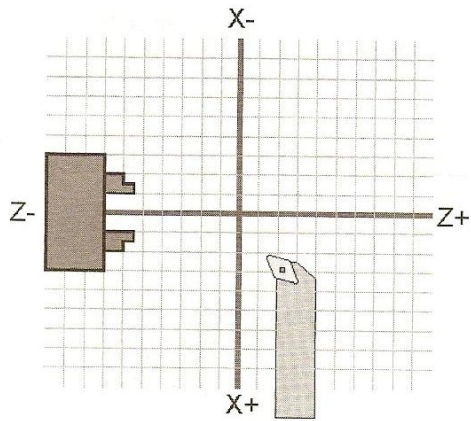


Fig.28 Posición de una herramienta en lado operativo.

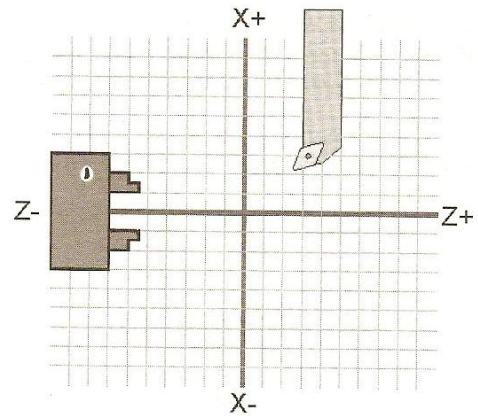
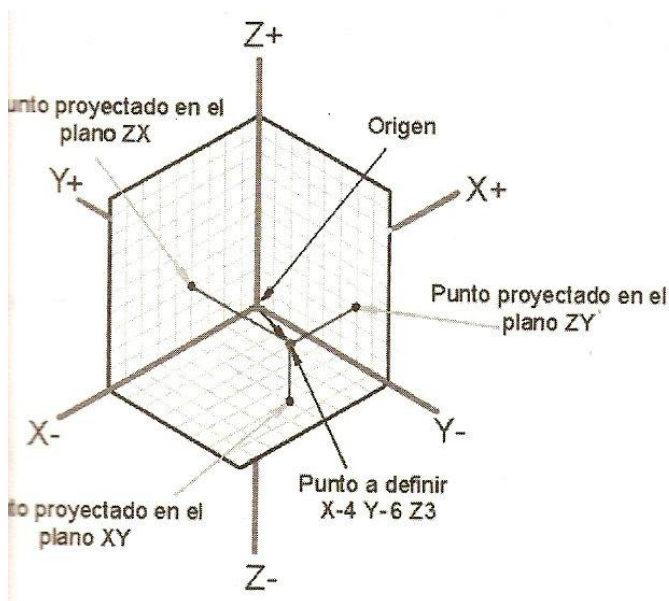


Fig.29 Posición de una herramienta en lado opuesto al operario

Coordenadas 3D



Las coordenadas de tres ejes, son las representadas en la Fig. 30 disponen también del punto de Origen, desde el que se cruzan los tres ejes indicando igualmente con el signo la dirección de la misma. Igualmente se trabaja con ejes graduados para poder determinar el punto a concretar. Un punto, puede venir indicado por la dimensión de los dos ejes, tal y como en 2D, con lo que indicaremos un punto en un plano o indicado por tres ejes con lo que se determina un punto en el espacio y no sólo en un plano, ejemplo: X-4 Y-6 Z3.

el espacio se proyecta sobre los tres planos, indicando en cada uno, las dos coordenadas de los ejes que lo forman. En la figura 30 se pueden observar las tres proyecciones.

Fig.30 Posición de una herramienta

Sistema incremental y absoluto, rectangular

Hasta ahora se ha visto cómo se indican las coordenadas desde el mismo punto, el origen. Este sistema de indicación de coordenadas se llama sistema ABSOLUTO, porque siempre se hace referencia a las coordenadas desde el mismo punto, pero existe otro sistema que es el sistema INCREMENTAL.

El sistema incremental se basa en indicar las coordenadas desde el último punto alcanzado hasta el siguiente, es decir es como si cada vez trasladáramos el origen al último punto alcanzado Fig. 31.

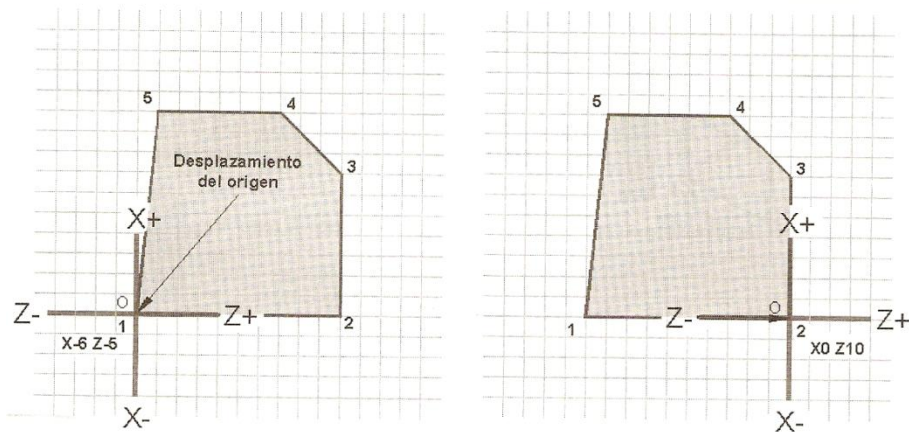


Fig.31. Definición de coordenadas incrementales.

En las siguientes tablas se pueden comparar las coordenadas indicadas en sistema incremental y en sistema absoluto

Incremental		
Punto	X	Z
1	-6	-5
2	0	10
3	7	0
4	3	-3
5	0	-6

Absoluto		
Punto	X	Z
1	-6	-5
2	-6	5
3	1	5
4	4	2
5	4	-4

Coordenadas polares

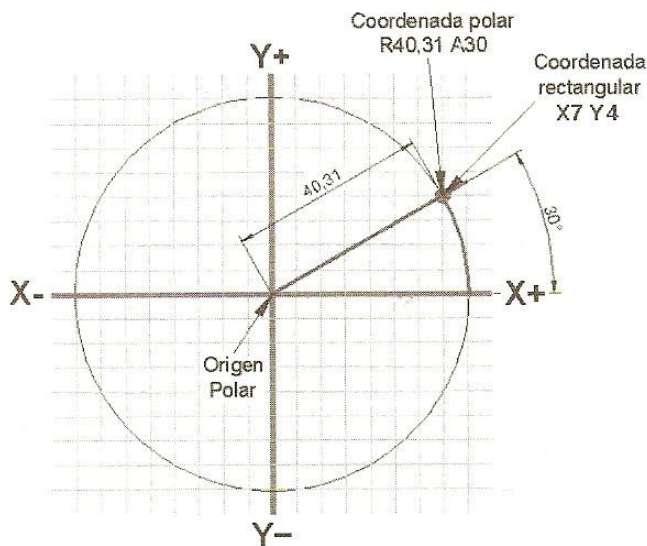


Fig.32. Coordenadas polares.

Las coordenadas polares definen el punto utilizando la apertura de un ángulo con centro en el origen (llamado origen polar o polo) y la longitud de un radio que parte del mismo punto, es decir el cruce entre la línea de ángulo (arco) y la línea del radio, determina el punto. La forma de identificarlo es utilizando la letra "R" para indicar el radio y la letra "A" para indicar el ángulo. En la Fig. 32 se puede observar como el punto del dibujo se define como: R40.31 A30.

Las coordenadas polares no definen puntos diferentes a las rectangulares, sino que lo que hacen, es definir el mismo punto utilizando otros datos. En el ejemplo de la figura se puede conservar como el punto está indicado en coordenadas rectangulares y en coordenadas polares, es decir $R40.31 A30 = X7 Y4$.

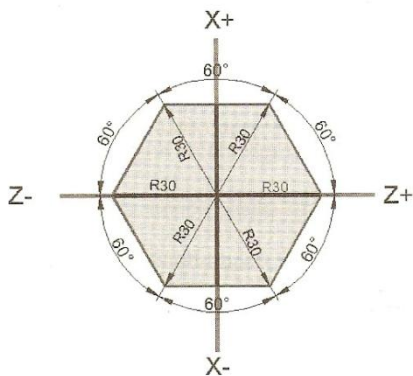


Fig.33. Pieza en polares con ángulo incremental.

Las coordenadas rectangulares y las polares se usan para facilitar la programación y no para complicarla, es decir el programador escogerá la que más le facilite la tarea de programación. En piezas como la que se han visto en la Fig. 32 es más sencillo y lógico programar con rectangulares, pero la pieza de la Fig. 33 es preferible Z+ hacerla utilizando las polares, pues de otro modo se tienen que calcular los diferentes puntos para conocer las coordenadas X, Y.

Sistema incremental y absoluto polar

Tal y como se explicó en el sistema rectangular, en el polar también se puede programar en valor absoluto, pero fundamentalmente se aplicará al ángulo el incremento. Para poder utilizar la programación en valor absoluto se tiene que fijar un origen o punto de partida para el ángulo, éste punto coincide con la posición de las tres en un reloj y utiliza el signo positivo, si incrementa en sentido trigonométrico o al contrario que las agujas de un reloj y el signo negativo si va en sentido contrario. Es decir la posición del ángulo $A+270$ y $A-90$ es coincidente con la misma indicación de punto.

Incremental		
Punto	Radio	Angulo
1	30	60
2	30	60
3	30	60
4	30	60
5	30	60
6	30	60
Absoluto		
Punto	Radio	Angulo
1	30	60
2	30	120
3	30	180
4	30	240
5	30	300
6	30	360
Incremental		
Punto	Radio	Ang-!Q..
1	30	-60
2	30	-60
3	30	-60
4	30	-60
5	30	-60
6	30	-60

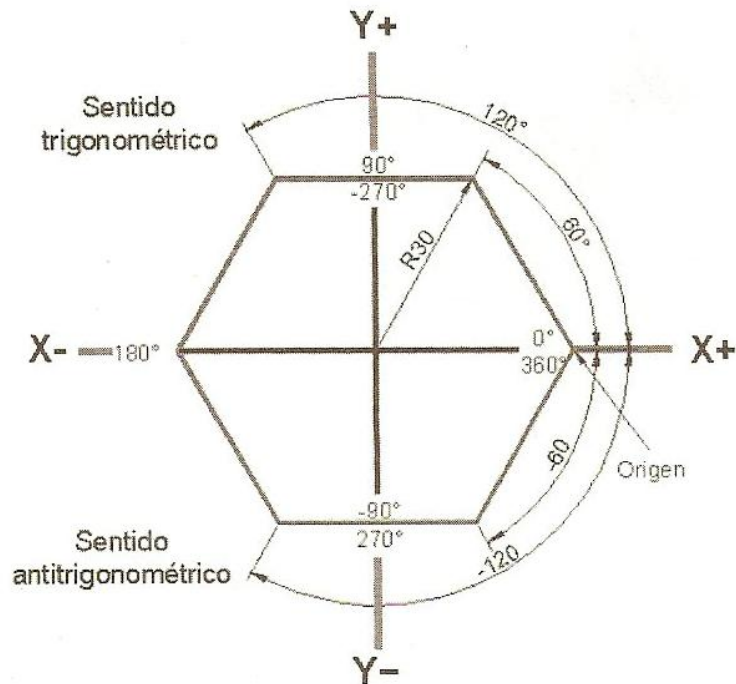


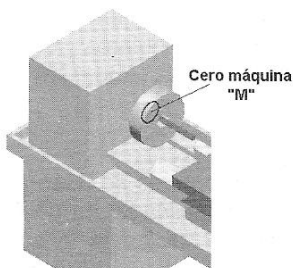
Fig.34. Sistema polar absoluto.

PUNTOS DE ORIGEN: ORIGEN PIEZA Y ORIGEN MÁQUINA

Hasta ahora se han visto los sistemas de coordenadas y los orígenes o puntos de referencia de cada sistema sobre el papel, pero cuando se tenga que trasladar al trabajo en máquina, será necesario conocer dónde estará ubicada la pieza con respecto a la máquina ya las herramientas.

Origen máquina o cero máquina

Para poder mecanizar, es necesario tener un punto fijo en algún lugar desde donde poder referenciar los datos. Este punto se llama "origen máquina o cero máquina" y lo fija el fabricante de la misma. El punto a fijar depende del fabricante y es él, el que decide su mejor ubicación dependiendo del tipo y tamaño de la máquina. En las instrucciones que facilita el fabricante debe venir indicada su ubicación, no obstante no es imprescindible que el operario conozca este punto, pues el CN lo controla de forma automática, tan sólo es necesario saber cuál es el procedimiento a seguir para referenciarlo, que varía de un control a otro.



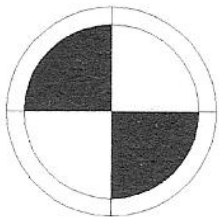
El origen máquina se identifica con la letra "M" y es el origen del sistema de coordenadas de la máquina y el punto de referencia para todo el resto de sistemas de coordenadas.

En los tornos suele colocarse en la base interior del plato tal como puede observarse en la Fig. 35 (posición cero del eje Z) y el eje X se sitúa siempre en la posición del eje principal de la máquina.

Fig.35. Situación más habitual del cero maquina en torno.

Origen pieza o, cero pieza

Al iniciar la programación de una pieza, el programador debe conocer desde donde referenciar todas las medidas de dicha pieza. Ese punto de referencia se llama "cero pieza" y es el programador quien decide cual será su ubicación, por lo tanto lo primero que se debe hacer al iniciar un proceso de programación y mecanización, es determinar el punto "cero pieza".



Los planos que acompañen a la pieza en su proceso de mecanización deben tener perfectamente indicado donde está el origen pieza o "cero pieza". Este punto se suele indicar con el símbolo de la Fig. 36 Y se denomina con la letra "W".

Fig.36. Símbolo de indicación de puntos de referencia "W".

El criterio de situación del cero se debe basar en la lógica, dependiendo del tipo de pieza y de la distribución de cotas que tenga el plano de trabajo (las oficinas técnicas deben adaptarse al sistema de acotación que más convenga al sistema de programación CNC). En la Fig.37 se pueden ver dos casos claros de elección del punto cero.

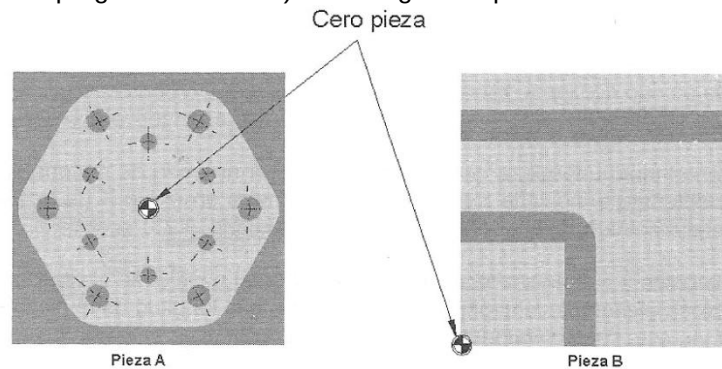


Fig.37. Elección del cero pieza según su formato

La pieza A por su formato, recomienda claramente la situación del cero en el centro de la pieza, en cambio, en la pieza B, es claramente más favorable la situación en la esquina inferior izquierda. No obstante, el criterio queda en definitiva a elección del programador, algunos prefieren, en piezas de torno, colocar el cero en la nariz de la pieza, con lo que consigue, que todas las cotas en eje Z con signo negativo estén dentro del material, en cambio, hay quien prefiere colocar el cero en la testa de la pieza, con lo que se consigue que todas las medidas en Z correspondan a las del plano de trabajo.

Referencia entre cero máquina y cero pieza

Naturalmente, cuando se coloca una pieza en la máquina, el sistema no conoce la posición relativa entre ambos puntos, por lo que se tiene que realizar un proceso adecuado para indicar donde está situada la pieza con respecto al cero máquina.

La distancia entre ambos puntos se llama decalaje (Fig. 38) por lo tanto, lo primero que hay que realizar antes que ningún proceso de mecanización, es determinar dicho decalaje.

El proceso básicamente consiste en contactar la herramienta contra la pieza e indicarle al control los datos.

- Palpitación con herramienta
- Palpitación con bailarina
- Palpitación con sensor electro/electrónico
- Palpitación automática por medio de CN
- Situación del visor óptico
- Etc.

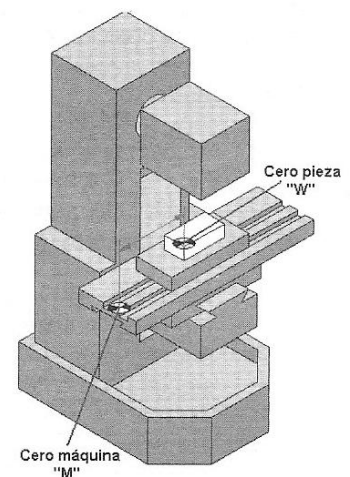
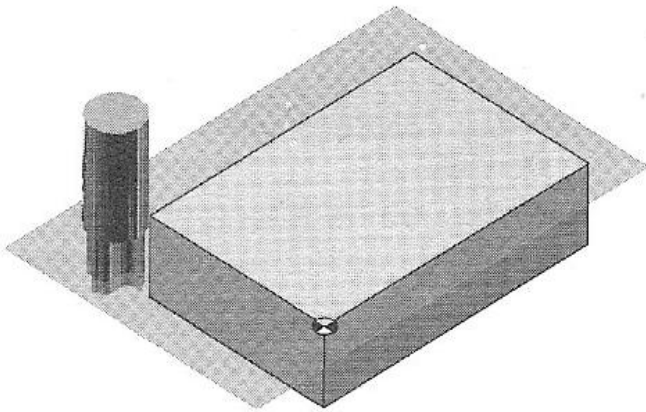


Fig.38. Referencia entre pieza y maquina.

Palpación con herramienta



Es el procedimiento que se ha usado habitualmente en la mecanización tradicional, aproximar la herramienta a la pieza y cuando se produce el contacto, se ponen los nonius de la MH en un valor conocido por el operario, para así poder llevar el conteo exacto de la medida a mecanizar. Pues bien en MHCN el proceso es el mismo con la diferencia de que en lugar de poner los nonius en referencia, es al control, al que se le introducen los datos conocidos. Dado, qué se tienen que contactar la herramienta y la pieza, hay que poner en marcha la herramienta, si es la fresadora, o la pieza, si es el torno, para no estropear el filo de la herramienta, pues como es sabido, al contactar en parado se descantillan.

Fig.39. Posición de partida antes de iniciar proceso de referencia en fresadora.

En la Fig. 4.22 se puede observar donde está la herramienta de inicio y donde debería quedar para indicarle al control cual es la posición exacta que ha de tener

Los pasos a cubrir son los siguientes:

El sistema del control sabe en todo momento la situación de 10s diferentes ejes, por lo que, cuando se le indican los datos al control, en ese momento, el control anota la distancia que existe entre el cero máquina y la posición actual de los ejes.

Para fresadora:

- 1° Aproximar la herramienta hacia el costado izquierdo de la pieza y contactar con ella en el eje X Fig. 4. Una vez el contacto se haya realizado, se le indicará al control que la herramienta está a "-r" (menos el radio de la herramienta), puesto que no se puede introducir la herramienta en la pieza para dejarlo a 0, pues se mecanizaría.
- 2° Aproximar la herramienta hacia el costado frontal de la pieza, contactar con ella en el eje Y, Fig.4 e indicarle al control que está a, "+r" (mas el radio de la herramienta). Nótese que dependiendo del lado en el que se contacta, el radio de la herramienta se suma o se resta siguiendo el criterio de los signos que indican las coordenadas.
- 3° Aproximar la herramienta desde la parte superior, eje Z y cuando se produzca el contacto indicar al control la longitud de la herramienta (conocido previamente) si se usa más de una herramienta, o valor cero si se trabaja con una sola. Esto último se explicará más adelante, pues es un tema largo a tratar.

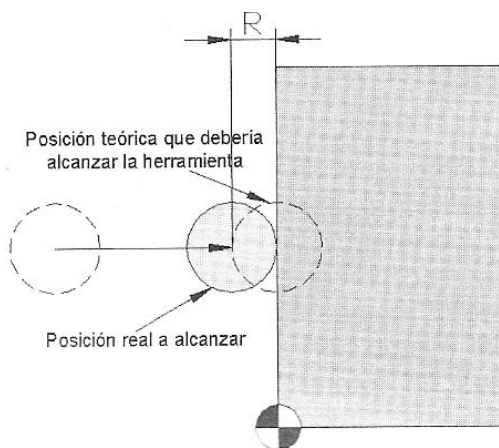


Fig.40. Contacto con el eje X.

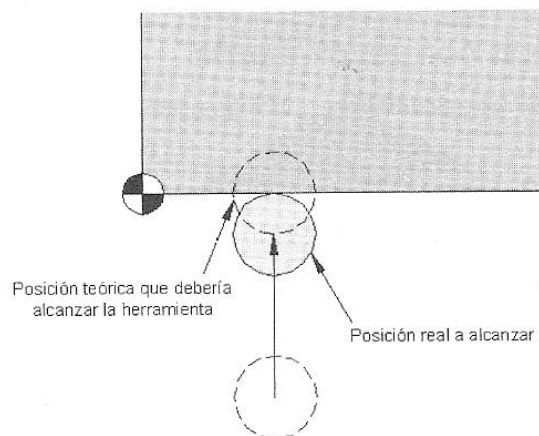


Fig.41. Contacto con el eje Y.

Palpación con bailarina

Este proceso sólo se aplica en fresadora, y se realiza exactamente igual que el proceso anterior, pero en lugar de colocar la herramienta en el mandrino de la máquina, se coloca la herramienta llamada bailarina Fig. 44, esta herramienta consta de dos partes, una que está sujeta al eje de la máquina y que gira concéntricamente con el mismo y una segunda parte de diámetro conocido, que esté unida a la anterior por medio de un muelle, que al girar produce un movimiento excéntrico. Al contactar con la pieza, deja de oscilar, pasando a la posición de concetricidad, (posición que se observa perfectamente con la vista), siendo ese el punto de contacto de la misma.

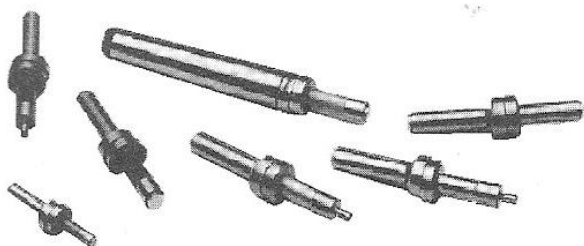


Fig.42. Diferentes tipos de bailarinas.

Este sistema no se puede utilizar con el eje Z, por lo que hay que sustituir la bailarina por la herramienta a trabajar para contactar en la superficie superior.

La ventaja de este proceso con respecto al anterior, es que no deja marcas en las superficies laterales y que la precisión suele ser mayor.

Palpación con sensor electro / electrónico

Sólo se aplica en fresadora. El principio sigue siendo el mismo que el anterior, es decir contactar con la pieza conociendo el diámetro de contacto, pero en este caso cuando se produce el mínimo contacto con la pieza se enciende una luz que lleva el palpador, o suena un zumbido o ambas cosas a la vez. En la Fig. 43 se pueden observar dos palpadores.

El sistema de utilización es exactamente el mismo que el anterior, es decir el sistema de bailarina.

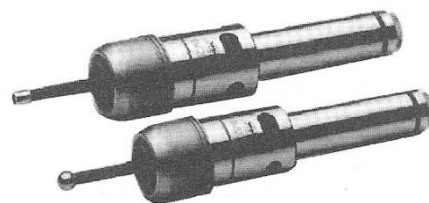


Fig.43. Palpadores electro / electrónicos.

Palpación automática por medio de CN

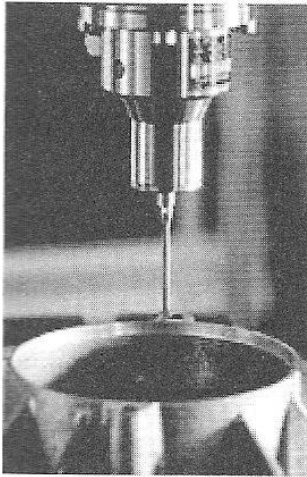


Fig.44. Palpador automático.

Este sistema es con mucho el mejor, más rápido y más preciso de todos, no obstante no todos los controles disponen de los ciclos adecuados para su utilización.

Sólo se aplica en fresadora. El proceso es muy sencillo, pues se trata de tocar dos puntos sobre cualquier superficie plana o circular y el control asume la situación real de la pieza y aunque esta esté inclinada, introducirá las correcciones necesarias durante el mecanizado, para realizarlo como si estuviera perfectamente estacada la pieza. El tiempo de preparación es muy rápido, tanto en la estacada de pieza como en la búsqueda de referencias.

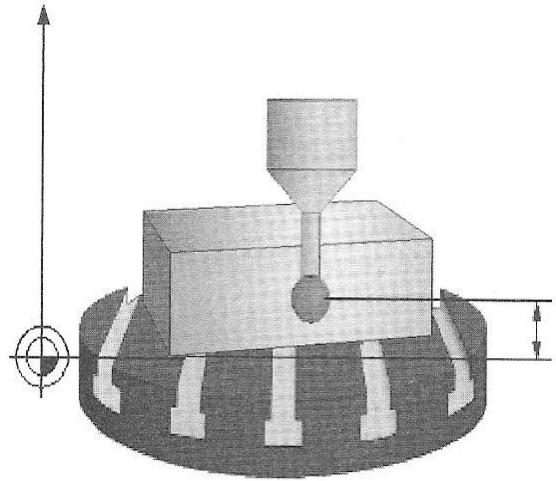


Fig.45. Proceso de palpado.

CÁLCULOS

Cálculos trigonométricos

A pesar de las prestaciones tan avanzadas que tienen los últimos controles, en programación manual todavía se crea la necesidad de realizar cálculos para averiguar puntos no conocidos, bien porque en la fase de diseño no se tuvieron en cuenta las necesidades de programación, bien porque la complejidad de la pieza así lo requiere.

Las principales herramientas matemáticas que se acostumbran a utilizar son:

- Teorema de Pitágoras.
- Teorema del cociente
- Funciones trigonométricas.

Teorema de Pitágoras

Se basa en cálculos sobre triángulos rectángulos. Los triángulos rectángulos constan de dos catetos: cateto mayor y cateto menor y la hipotenusa, que es el lado más grande del triángulo que coincide con el que está opuesto al ángulo de 90°. En la Fig. 46 se observan estos datos.

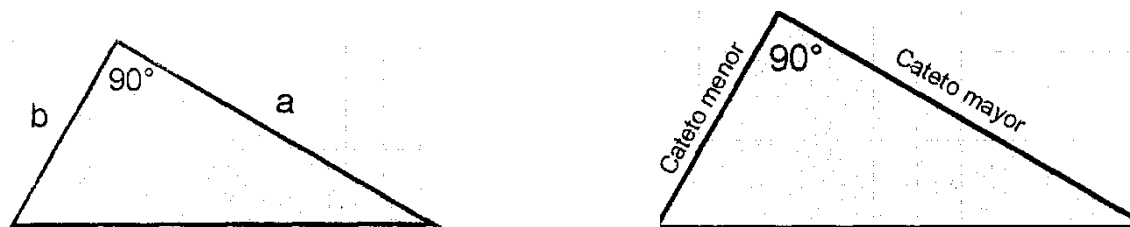


Fig.46.Nombre de los vértices y los lados de un triángulo rectángulo.

Los vértices se denominan con las letras mayúsculas A, B Y e, los lados opuestos a estos vértices con las letras minúsculas equivalentes a, b, c.

El teorema de Pitágoras dice que la suma de los dos catetos elevados al cuadrado, es igual a la hipotenusa elevada al cuadrado.

$$H^2 = C^2 + C'^2.$$

Por lo tanto este teorema sólo se podrá aplicar cuando se conozcan dos lados del triángulo, en cualquier combinación de ellos.

Si los lados de un triángulo rectángulo se llaman a, b y c como se muestra en la Fig. 46, se puede aplicar la fórmula siguiente:

$$c^2 = a^2 + b^2$$

Despejando tenemos:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Teorema del cociente

El teorema del cociente puede aplicarse al cálculo de las dimensiones desconocidas en los dibujos de piezas.

La figura fundamental para el teorema del cociente se muestra en la Fig. 47:

- Los dos lados que delimitan el ángulo cuyo vértice es el punto O son intersectados por dos paralelas.

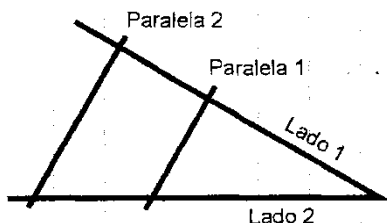


Fig.47. Figura básica del teorema del cociente.

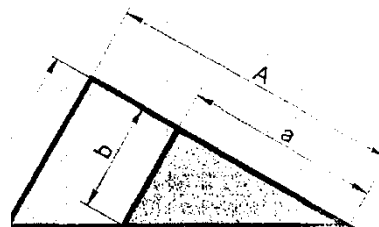


Fig.48. Definición de los lados para el teorema del cociente.

Las siguientes leyes se aplican a las distancias indicadas en la Fig. 48: El cociente de la distancia "a" entre la distancia "A", es igual al de "b" respecto a "B" y lo mismo de "c" a "C".

Si los cocientes aplicables a dichas distancias se expresan como fracciones, obtenemos las siguientes ecuaciones:

$$\frac{a}{A} = \frac{b}{B} \quad \frac{a}{A} = \frac{c}{C} \quad \frac{b}{B} = \frac{c}{C}$$

Que una vez reordenadas, tienen la forma que se muestra:

$$\frac{a}{b} = \frac{A}{B} \quad \frac{b}{c} = \frac{B}{C} \quad \frac{a}{c} = \frac{A}{C}$$

Funciones trigonométricas

Básicamente, se utilizan dos métodos para dimensionar ángulos:

- Estableciendo el ángulo en grados, minutos y segundos.
- Utilizando los grados en sistema decimal.

Para convertir de un método al otro, se aplican las siguientes fórmulas:

- $1' = 0,0167^\circ$ Y $1'' = 0,00028^\circ$.
- $0,10 = 6'$; $0,01^\circ = 36''$; $0,001^\circ = 4''$.

Las funciones trigonométricas seno, coseno y tangente, son suficientes para calcular los lados y ángulos desconocidos de triángulos rectángulos.

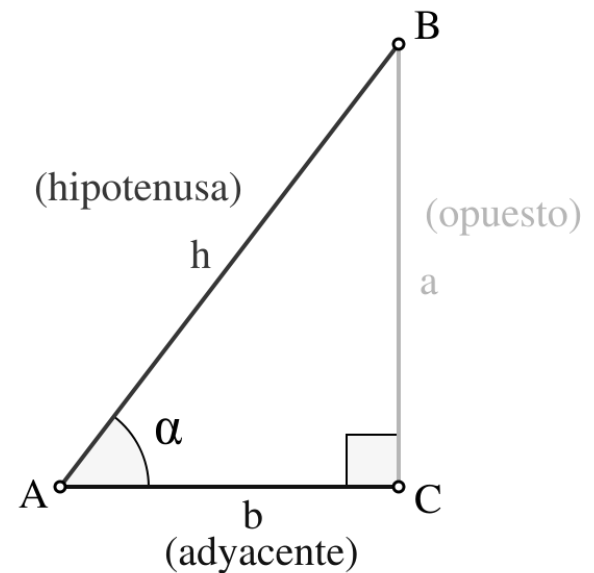
Las funciones se pueden aplicar cuando se conocen: dos lados, un lado y un ángulo además del ángulo recto.

Funciones trigonométricas

$$\text{sen} \alpha = \frac{\text{opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{a}{h}$$

$$\text{cos} \alpha = \frac{\text{adyacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{b}{h}$$

$$\text{tan} \alpha = \frac{\text{opuesto}}{\text{adyacente}} = \frac{a}{b}$$



PROGRAMACIÓN CNC

Introducción

La programación es la base del Control Numérico, conocer dicha programación es absolutamente imprescindible para cualquier operario que intervenga en el proceso constructivo, desde la oficina técnica, hasta la mecanización última. Es cierto que hoy existen programas de CAM (Mecanizado Asistido por Ordenador), muy versátiles potentes y rápidos en su ejecución, pero a pesar de ello, realizar una pequeña modificación a pie de máquina es mucho más rápido que tener que retocar el proceso desde el ordenador, naturalmente, cualquier operario que no conozca el lenguaje de programación de su máquina, no podrá realizar dicha tarea. Analizado desde el prisma del técnico de un sistema CAM, también se hace imprescindible dicho conocimiento, pues muchos ajustes del programa CAM y del sistema de postprocesado, se tienen que basar en el conocimiento del lenguaje de programación CN.

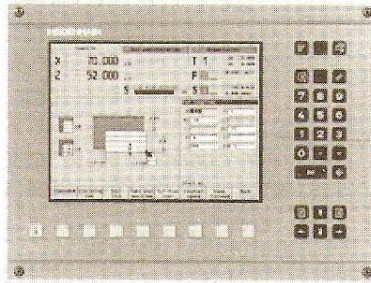


Fig.49. Moderno sistema de programación CNC.

No es menos cierto que todavía son muchos talleres los que programan a pie de máquina, bien porque no disponen de oficinas técnicas adecuadas, bien porque desde la oficina técnica, sólo se elaboran aquellos programas que requieren ineludiblemente el proceso CAM, por su complejidad o por el tamaño de programa CN requerido. Por lo tanto, los operarios que utilicen estas máquinas están obligados a conocer la programación.

Estructura de la programación

Un programa desde un sentido literal, no es nada más que una sucesión de órdenes y procesos correlativos, que tienen que realizarse en el orden lógico establecido y no en otro. Cuando alguien decide ir de vacaciones, si es previsor y ordenado, realizará un programa de las diferentes localidades que recorrerá en el orden adecuado y de las actividades que realizará en cada una de ellas en un orden lógico. Naturalmente también existe la posibilidad de viajar sin ninguna previsión, sin determinar ni orden ni objetivos. Así como en los viajes una persona puede escoger un sistema u otro, en sistemas de programación informáticos, es absolutamente imprescindible, escribir todo en el orden adecuado e introduciendo todos los caracteres sin omitir o intercambiar ninguno, pues las consecuencias pueden ser imprevistas.

Bien, centrándose ya en el aspecto técnico, se analizarán los diferentes sistemas y estructuras de programación.

En cualquier programa CNC, se distinguen siempre dos grandes grupos de información. los dos grupos de datos son:

CURSO CNC MÁQUINAS FRESADORAS MICROKINETICS

Datos geométricos

- Datos dimensionales del contorno final.
- Descripción de los movimientos de la herramienta.
- Posicionamiento en el área de trabajo del cero y puntos de referencia necesarios.

Datos tecnológicos

- Datos de la herramienta.
- Condiciones de corte (velocidad, avance, etc.).
- Funciones auxiliares de máquina (refrigeración, giros, etc.).

La programación según el tipo de estructura, puede dividirse en:

- Programación estructural
- Programación abierta

Programación estructural

Es el tipo de programación que se utiliza siguiendo una tabla o estructura de forma más o menos cerrada. Este sistema de programación se utiliza poco, pero algunos de los fabricantes de controles más importantes, han optado por ese sistema y por lo tanto es necesario conocerlo.

Un ejemplo de estructura se puede ver en la siguiente tabla que utiliza el fabricante EMCO.

N	Y	Z	M
001	120		
002	140		03
003			
004	140	-12	05

Se puede observar en la tabla, como las líneas están perfectamente estructuradas y aunque falte algún dato en alguna de las líneas, la casilla o espacio correspondiente se tiene que respetar.

Programación abierta

Es el más utilizado por los fabricantes de controles, es un sistema abierto, es decir, se pueden escribir líneas con dos caracteres o líneas con hasta 250 caracteres, pero con unas normas imprescindibles a respetar y en el orden de escritura predeterminado.

En la siguiente tabla se puede ver un ejemplo de programación abierta.

N100 G90 G01 X20 Y16 Z30 F120 S1200
T2.2 M12 N110 X22 M03
N120 Y5 M5
N130 M30

Si se observa la tabla se puede detectar la diferencia que existen entre el tamaño de las diferentes líneas e incluso en la estructura de las mismas.

Según la forma de introducción de datos se pueden dividir en:

- Programación estándar.
- Programación conversacional.
- Programación mixta.

Programación estándar

Es el tipo más habitual, pensado para la programación directa, es el que necesita mejor conocimiento de las órdenes de programación y la estructura de la misma, por lo tanto requiere que el operario o técnico programador tengan un buen conocimiento. Esta programación es más rápida y versátil de programar que la conversacional, por lo que es preferida, cuando se tiene un buen conocimiento y experiencia de la misma.

En este tratado nos basaremos fundamentalmente en este tipo de programación.

Programación conversacional

Tal como su nombre indica, se trata de programar manteniendo una conversación con el control. El control, según la orden que se le haya indicado, va a ir preguntando por los diferentes datos que se necesitan. Por ejemplo si se determina que el control programe una interpolación circular (realización de un arco), preguntará en el sentido que tiene que girar el arco (derecha o izquierda) e indicará cual es la tecla que tiene que ser pulsada para el sentido escogido. Los botones del panel de programación, también suelen estar en formato claro de cara al operador tal como en la Fig. 49 se puede apreciar, en este caso los botones están marcados con un símbolo y una letra que identifica su función, por ejemplo.

"L" indica lineal, "C" circular, "CT" circular tangente, "CC" centro círculo, "CR" circular radio, "RND" redondeo.

Este sistema, aparentemente, en principio es el más indicado para programar a pie de máquina, o para operarios no iniciados en programación, pero una vez se adquiere la experiencia. está demostrado que se recurre al sistema estándar para agilizar y ganar tiempo.

Programación mixta

Es una mezcla de ambas. Actualmente existen controles que permiten actuar de una manera o de otra según la interfase que decida el operario de máquina. La tendencia suele ir en esta línea, teniendo en cuenta que de esta manera se puede programar según la necesidad y capacidad de cada operario.

Según el sistema de escritura del programa

- Manual, a pie de máquina, Manual, desde ordenador
- Realización con sistema CAM

Programación manual, a pie de máquina

Este sistema ha sido el más empleado hasta ahora. El operario a partir del plano ha escrito el programa directamente en el control. Esto teóricamente no afecta al tiempo de mecanización, pues los controles permiten escribir un nuevo programa mientras se está ejecutando el actual, pero en la práctica, no siempre el operario puede estar por la atención de las dos tareas al mismo tiempo lo que origina paros de máquina, que siempre son costosos e indeseados.

Actualmente es aconsejable realizar la programación a pie de máquina, solamente de aquellos programas que no ofrezcan ningún tipo de dificultad y que al operario le resulte fácil de resolver y que sea de dimensiones reducidas. También es aconsejable la realización de pequeños retoques del programa, tales como modificación de alguna cota o inserción de pequeños mecanizados, como por ejemplo la realización de un nuevo taladro.

La mayoría de controles modernos, permiten la realización de simulaciones gráficas a pie de máquina lo que facilita, sí así se decide, la programación a pie de máquina.

Programación manual, desde ordenador

La elaboración manual de programas desde ordenador, permite la creación de los mismos de forma totalmente aislada del operario de máquina. Los programas se escriben a mano, tal y como se haría a pie de máquina, pero en este caso desde el ordenador Fig. 50. Esto permite que un sólo técnico pueda atender la programación de varias máquinas simultáneamente, dejando al operario de máquina mucha más movilidad para controlar el proceso de mecanizado, tanto en el ámbito de preparación y gestión de herramientas, preparación de materiales para el siguiente proceso así como al control directo del mismo.

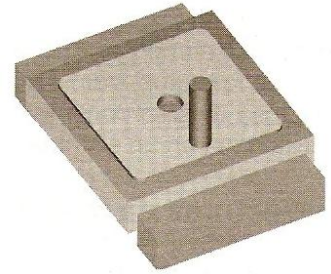


Fig.50. Simulación desde el ordenador

Es muy importante que se genere una disciplina de intercambio de información de forma precisa y detallada, siguiendo las normas establecidas de manera activa, pues cada vez que la oficina técnica libre la información a producción, deberá constar de todos los datos técnicos necesarios. tales como, situación del origen pieza, número y orden de herramientas, tipos de material, condiciones de corte, etc.

Actualmente las empresas suelen disponer de oficinas técnicas, desde donde se centraliza toda la elaboración de aspectos técnicos de los procesos de mecanizado, tales como diseño de piezas, procesos de mecanizado, etc. Es más que aconsejable que desde la oficina técnica se cree la sección de CNC/CAM, desde donde se realizará y controlará todos los procesos productivos CNC. En esta sección los técnicos que intervengan han de tener amplios conocimientos de mecanizado y a ser posible provenientes del taller de mecanización.