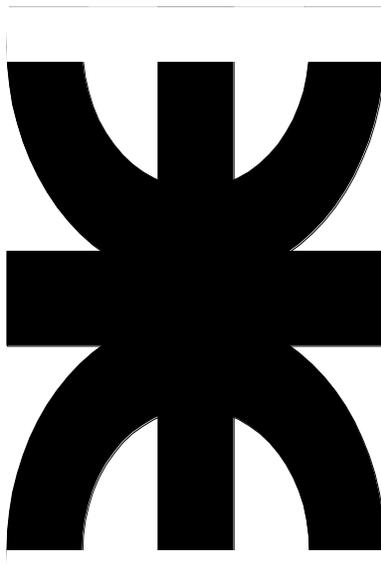


Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Buenos Aires



Departamento: INGENIERIA INDUSTRIAL

Asignatura: PROCESOS INDUSTRIALES

Título Apunte: MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC

Autores: Ing. CARLOS JOSÉ DÍAZ
Ing. CARLOS MARTÍNEZ
Ing. EUGENIO FERRADAS

El presente cuadernillo, es un recorrido por todas las máquinas herramientas con control numérico computarizado -CNC- que trabajan por arranque de viruta, que se encuentran en el Laboratorio de Mecánica de la sede Campus de la FRBA.

Los objetivos son mostrar los principales aspectos de cada máquina, acercarla a nuestros alumnos para que tengan un primer contacto, entender cuál es la utilidad de cada una, determinar el alcance y las limitaciones, y mostrar la forma de operarlas.

Además, es de esperar que sirva como guía para los alumnos para el recorrido in situ.

Vamos a desarrollar para cada máquina, los aspectos que tienen que ver con la función que cumple, cuáles son las partes principales que la componen, es decir su estructura, cuáles son los movimientos principales que se producen en el momento del arranque de viruta, tanto de la máquina y su herramienta actuante, como de la pieza que es sometida al trabajo, hasta finalizar con el principio de funcionamiento, que nos ayudará a entender cómo trabaja.

MÁQUINAS CNC: Centro de Mecanizado tres ejes y Torno Paralelo con CNC.

1. Un poco de historia.

Desde la Revolución industrial a mediados del Siglo XIX, las tecnologías, y junto con ellas las maquinarias, han tenido un desarrollo acelerado.

La Primera Guerra Mundial (1914-1918) y la Segunda Guerra (1939-1945), han sido ocasión para el diseño e implementación de procesos industriales complejos, herramental y maquinaria; que han acelerado todavía más el desarrollo antes mencionado.

En este proceso histórico podemos inscribir a las Maquinas Herramientas convencionales y CNC.

Las maquinas CNC tienen momentos claves en su historia vinculados con las nuevas tecnologías que las fueron haciendo cada vez mas rápidas y versátiles; uniendo la mecánica junto con la electrónica y la informática. Las enumeramos:

- Hacia 1950 se utilizaban válvulas electrónicas y réles.
- Hacia 1960 se implementaron los transistores.
- A mediados de la década del 60, aparecieron los circuitos integrados.
- En 1975 se comenzó a utilizar microprocesadores.

Con los dos últimos desarrollos - circuitos integrados y microprocesadores - , las maquinas pasaron de ser CN (control numérico), que utilizaban tarjetas perforadas con código binario; a CNC (control numérico programable) con sistemas CAD-CAM de dibujo y programación. Estas maquinas permitieron aumentar exponencialmente la producción y la complejidad de las piezas a fabricar, por su velocidad en los desplazamientos y precisión. Luego, con la utilización de los robots en la industria, nacieron las celdas

flexibles, donde trabajan maquinas CNC y robots. En estos momentos, son el máximo grado de automatización industrial.

2. Centro de Mecanizado.

2.1 Ejes de movimiento.

En el laboratorio trabajaremos sobre un centro de mecanizado de tres ejes Hartford (similar al de la foto). El mismo posee una mesa de trabajo de 800 mm que permite colocar piezas de ese largo y con un peso máximo de 300 kg.



El Centro se desplaza en los ejes X, Y y Z, y tienen la posibilidad de agregar un eje mas (A) que se montaría (como se ve en la foto nuevamente) sobre el eje X. Si quisiéramos

una maquina de 5 ejes, deberíamos tener una maquina en donde bascule el husillo o la mesa de trabajo. En el gráfico que colocamos a continuación se ve claramente.

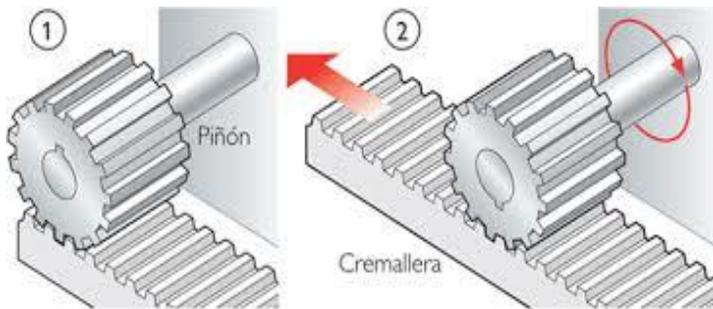
Todos estos movimientos son dirigidos por un Control Numérico Computarizado marca FANUC. Mas adelante, desarrollaremos el código o lenguaje de programación con el cual trabajan todos los controles numéricos.

SISTEMAS DE COORDENADAS EN MAQUINAS DE 4, 5 Y 6 EJES



2.2 Transmisión de los movimientos en los Ejes.

Las máquinas convencionales tenían transmisiones de sus movimientos en forma mecánica. Dos eran los métodos más usados: tornillo y tuerca y piñón-cremallera. Con el tiempo y el uso, estas transmisiones tomaban juego o huelgo; por lo que estas maquinas iban perdiendo precisión en sus desplazamientos.

Piñon-cremalleraTornillo-tuerca.

Como los CNC se desplazan a grandes velocidades y en puntos del espacio muy precisos, se desarrolló una nueva transmisión que no tuviera juego, o que este fuera del orden de 0,01 mm. Y así nació el tornillo a bolas recirculantes o husillo a bolas. Es un tornillo en el cual se desplazan bolas (similares a las de un rodamiento) a través de una tuerca. Cuando se detienen estas bolas quedan apretadas unas contra otras, y el tornillo se detiene inmediatamente. Se suele utilizar dos tuercas enfrentadas para ajustar todavía más la precisión del dispositivo. Cada uno de los ejes del centro de mecanizado cuenta, para su movimiento, con un tornillo a bolas.

En el gráfico se aprecia claramente.



2.3 Generación del Movimiento.

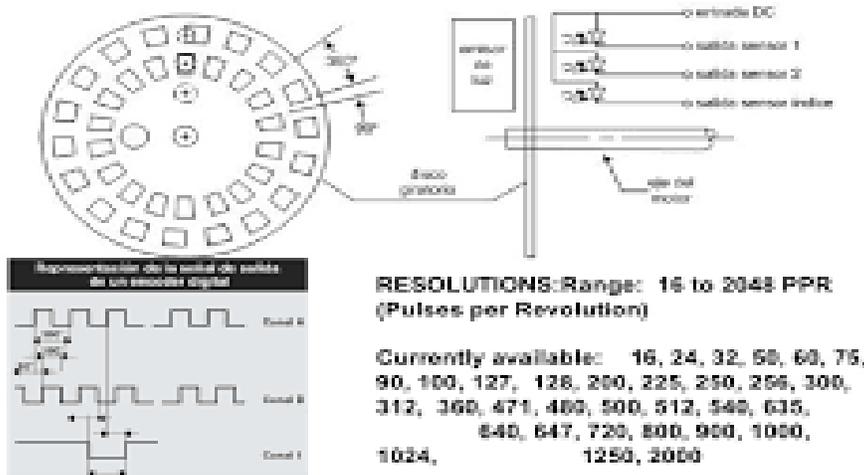
En las máquinas convencionales se utilizan motores eléctricos. En las primeras máquinas CNC se utilizaban motores paso a paso. En las CNC actuales, utilizamos **servomotores**. Los mismos funcionan con corriente alterna y frecuencia variable; permitiendo una gran variación en las velocidades, por lo que sus desplazamientos son muy rápidos en las traslaciones, y sus velocidades de 8.000 RPM en el husillo que hace girar la herramienta de corte (en nuestro CNC).



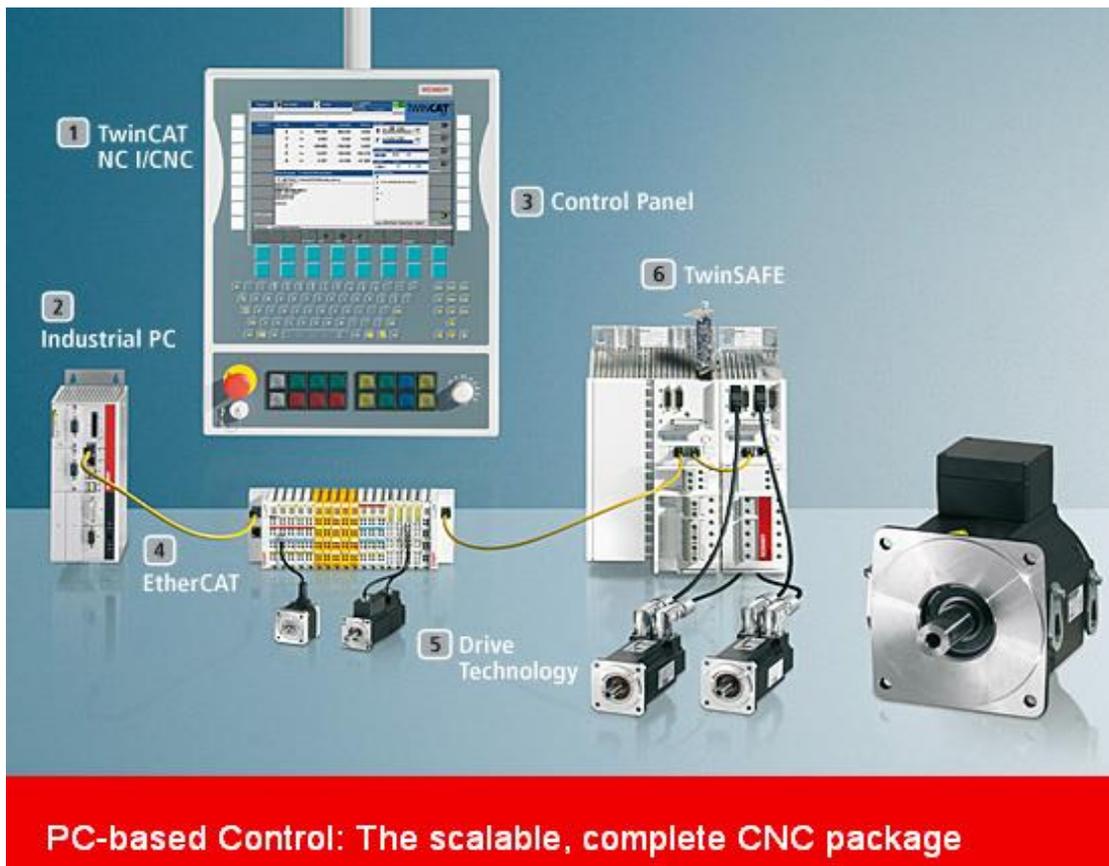
2.4 Detectores de posición: ENCODERS.

Los servomotores mueven a los tornillos a bolas con la indicación del Control Numérico. Ahora bien, necesitan desplazarse a una posición de X, Y o Z determinada. Esta posición la entregan los encoders. Estos instrumentos le proporcionan al control, a través de pulsos electrónicos, coordenadas en los cuales se encuentra la mesa de trabajo (ejes X, Y) o el husillo (eje Z). **Pueden trabajar con coordenadas absolutas –referenciadas a posiciones- o incrementales –referenciadas a movimientos-.**

Encoder incrementales (ópticos)



Resumido: tenemos en las máquinas CNC, en cada uno de sus ejes de movimiento un conjunto de: **SERVOMOTOR-TORNILLO A BOLAS-ENCODER.**



3. Husillo, Conos Porta-herramientas y Calesita de herramientas.

El husillo es un elemento vital en las maquinas CNC y en cualquier máquina herramienta convencional. **Él hace girar a la herramienta de trabajo en los centros de mecanizado y a la pieza de trabajo en los tornos CNC.**



Husillo con mangueras de refrigeración.

Los conos porta-herramientas son elementos fabricados con una gran precisión. Todos son iguales, pues son el sistema de sujeción de las herramientas. Estos conos entran en el husillo y también en la calesita porta-herramientas. Se utilizan para setear las herramientas, es decir, indicarle al control una altura determinada de la herramienta para luego calcular su posición.



Por ultimo, este cono conteniendo a la herramienta de trabajo, se introduce en la calesita. En nuestro CNC tenemos 24 posiciones para colocar herramientas. Por supuesto que utilizaremos una por mecanizado; lo que queremos decir es que podemos preparar muchas herramientas para el trabajo que vayamos a realizar. Un brazo con movimientos mecánicos, como vemos en la imagen, será el encargado de depositar en el husillo y en la calesita las herramientas.



4. Torno Paralelo con CNC.

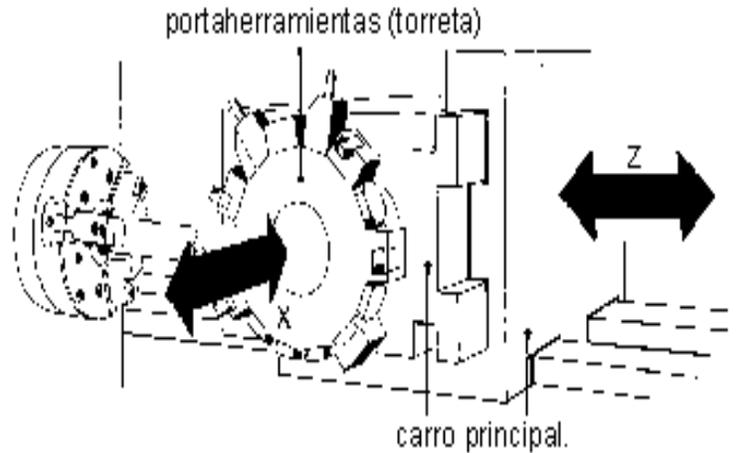
Poseemos en el laboratorio un torno paralelo con CNC. Esta máquina se desplaza en dos ejes X y Z, y posee los mismos movimientos que un torno paralelo convencional.

Viene equipada con un plato de agarre que funciona con un equipo hidráulico, del mismo modo que la contra-punta. Posee un cargador de herramientas donde podemos colocar seis herramientas de torneado.



En la figura observamos un torno similar al que poseemos en el laboratorio.

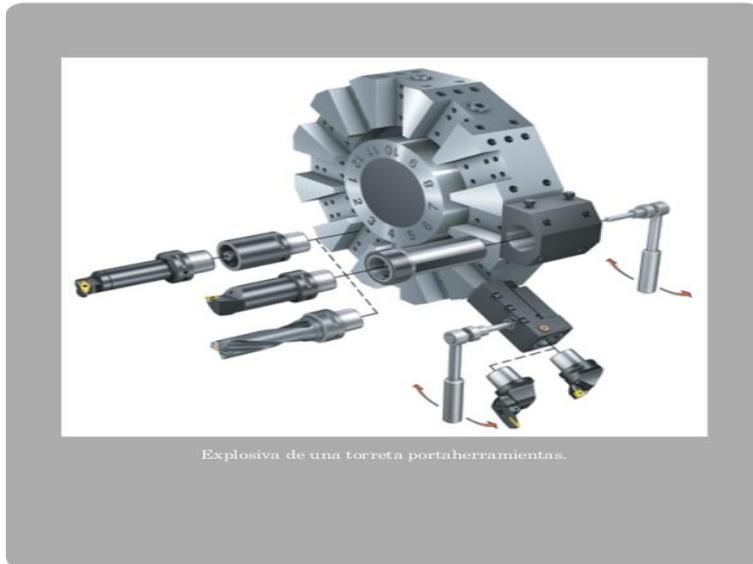
En la figura observamos los ejes de movimiento del torno.



Se diferencia, claramente, en la velocidad de sus movimientos que le aportan las transmisiones antes descritas; y en la capacidad del porta-herramientas. En nuestro caso, el torno puede cargar 6 herramientas de corte en la torreta. Tiene un contra-punto para torneado entre puntas. Permite mecanizar piezas de 1500 mm y 350 mm de diámetro.

Es una máquina muy robusta y que se puede utilizar en cualquier proceso productivo. Lo mismo se diga del Centro de mecanizado.

TORNO CNC



6

Las piezas, en su generalidad cilíndricas aunque puede tomar piezas irregulares, se toman en el **PLATO DE AGARRE**. Este puede ser de tres mordazas autocentrante o de cuatro mordazas. En la imagen vemos uno igual al que tenemos en el laboratorio:



A diferencia del Centro de mecanizado, el husillo hace girar la pieza de trabajo. Esto lo debemos tener muy presente.

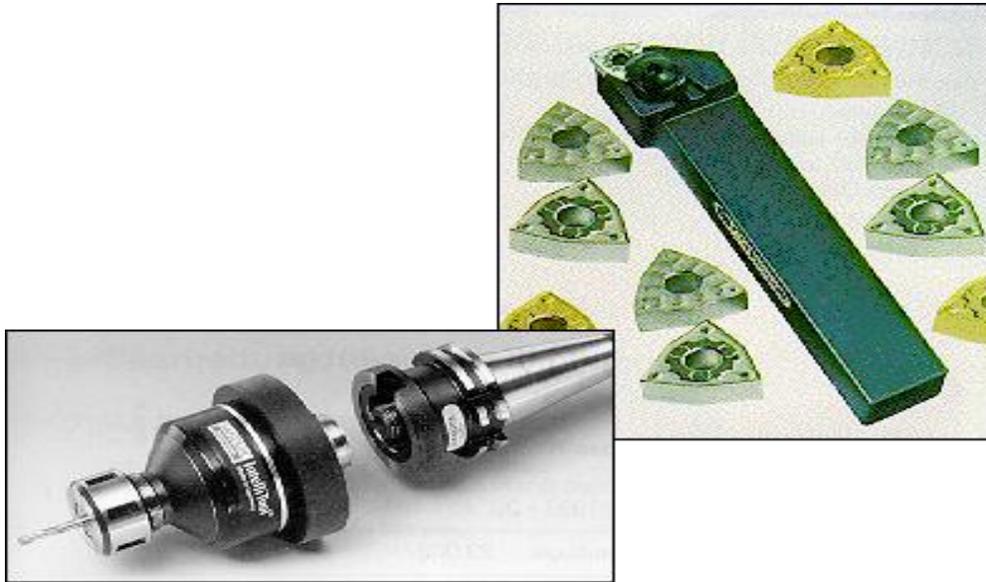
5. Herramientas de corte para Máquinas CNC.

Las herramientas de corte se han desarrollado mucho más que la maquinaria. Hoy en día, podemos obtener una herramienta de corte adecuada para cada tipo de pieza a fabricar. Hay herramientas de corte convencionales que se utilizan para todo tipo de mecanizados, ya sea en centros de mecanizado, fresadoras o tornos.

En los tornos utilizamos herramientas de un solo filo para cilindrar, frentear, etc o de dos filos para realizar agujeros. En los centros, la mayoría de las herramientas a utilizar son multifilos, es decir, tienen dos filos o más de acuerdo a su diseño.

La mayoría de las herramientas están compuestas por un cuerpo porta inserto o pastilla, y el inserto o pastilla. Los insertos son fabricados por el proceso de sinterizado de polvos metalúrgicos. Pueden ser de carburo de Tungsteno, Nitruro de Boro o Cerámicos entre los más utilizados. De acuerdo a su geometría poseen varios filos de corte utilizables. Con los insertos, se han mejorado notablemente las velocidades de trabajo, pues el tiempo de recambio de filo para continuar el trabajo, es pequeño; amén que pueden producir muchas más piezas que las herramientas de acero rápido o las herramientas con pastillas de carburo tungsteno soldadas. **Recordemos: con los insertos, no se pierden las referencias para seguir mecanizando cuando se cambian los filos.**

En la figura observamos el porta herramienta y los insertos. A su lado, hay una herramienta llamada fresa, construida en acero rápido. Los machos de roscar y las mechas de corte son construida en el mismo material y pueden ser utilizados en los CNC:

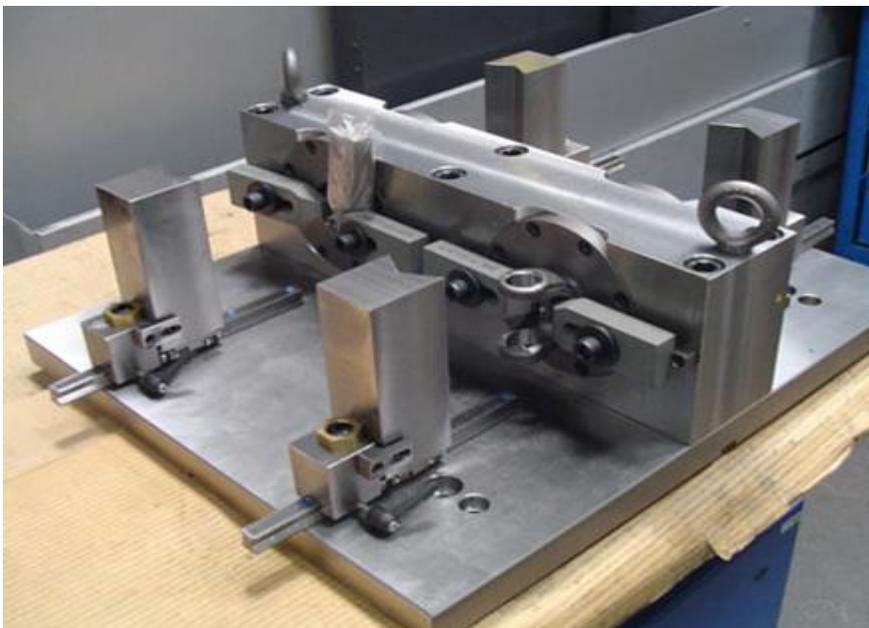


La geometría y los diseños de las herramientas son “infinitos”. Los proveedores de estos elementos tienen una inversión inmensa en tecnología e ingeniería. También pueden recomendar el tipo de sujeción de la pieza de trabajo.

6. Utilajes en Centros de Mecanizado.

Por último, y para realizar cualquier tipo de mecanizado en los centros de mecanizado; necesitamos **utilajes**. Definimos de esta manera a cualquier elemento de sujeción que me permita mecanizar una pieza.

Pueden ser de los más sencillos como por ejemplo un chaponete o una morsa, hasta utilajes o dispositivos complejos para fabricaciones en serie. Pueden ser hidráulicos, neumáticos o mecánicos. Y, generalmente, son fabricados por los mismos proveedores de herramientas de corte y en consonancia con aquellas. En la primera imagen observamos uno fabricado a pedido; y en la segunda, una pieza tomada con utilajes convencionales.





7. Controles Numéricos y Programación.

Todas las maquinas con CNC poseen **controles numéricos**. Los controles pueden ser de diferentes marcas: FANUC, FAGOR, HAAZ, MITSUBISHI, SIEMENS, etc.; pero todos concuerdan en algo: tienen el mismo código de programación. A este código se lo denomina **Código ISO**.

Es una serie de instrucciones que nos permite programar las operaciones de mecanizado para realizar todo tipo de piezas. Desde piezas sencillas únicas, grandes series de piezas de diversa geometría; hasta moldes para inyección de plástico, por ejemplo, que son piezas de gran dificultad.

Las instrucciones de programación se identifican con la letra **G** para las **funciones modales**, es decir, aquellas funciones que una vez activadas permanecen de ese modo, hasta ser reemplazadas por otra función **G** o una función auxiliar **M**.

Las funciones G son 100 enumeradas desde G00 hasta G99. Permiten realizar todo tipo de operaciones. A continuación transcribimos algunas de las que se utilizan con más frecuencia:

G00 Posicionamiento rápido
G01 Interpolación lineal
G02 Interpolación Circular horaria
G03 Interpolación Circular anti-horaria
G40 Anulación de compensación de Radio
G41 Compensación de radio a izquierda
G42 Compensación de radio a derecha
G43 Compensación de longitud de la herramienta
G66 Ciclo fijo de seguimiento de perfil
G68 Ciclo fijo de desbaste según el eje X
G69 Ciclo fijo de desbaste según el eje Z
G70 Programación en pulgadas
G71 Programación en milímetros
G90 Programación en coordenadas absolutas
G91 Programación en coordenadas relativas
G94 Velocidad de avance F en mm/min
G95 Velocidad de avance F en mm/rev
G96 Velocidad de corte S constante
G97 Velocidad de corte S en rev/min

Las funciones M, auxiliares, mas utilizadas son las siguientes:

M00 Parada de programa.
M02 Final de programa
M03 arranque husillo en sentido horario.
M04 Arranque husillo en sentido anti-horario.
M05 Parada de husillo.
M06 Cambio automático de herramienta.
M08 accionamiento del refrigerante.
M09 parada del refrigerante.
M30 parada de programa con vuelta al principio.

En la programación debemos indicar **velocidades de giro del husillo con la letra S en revoluciones por minuto y velocidades de desplazamiento F en mm/min. Cabe decir que el control permite sobrescribir para S y F mientras la máquina esta funcionando en diferentes porcentajes. Con ello, se pueden hacer ajustes en el programa.**

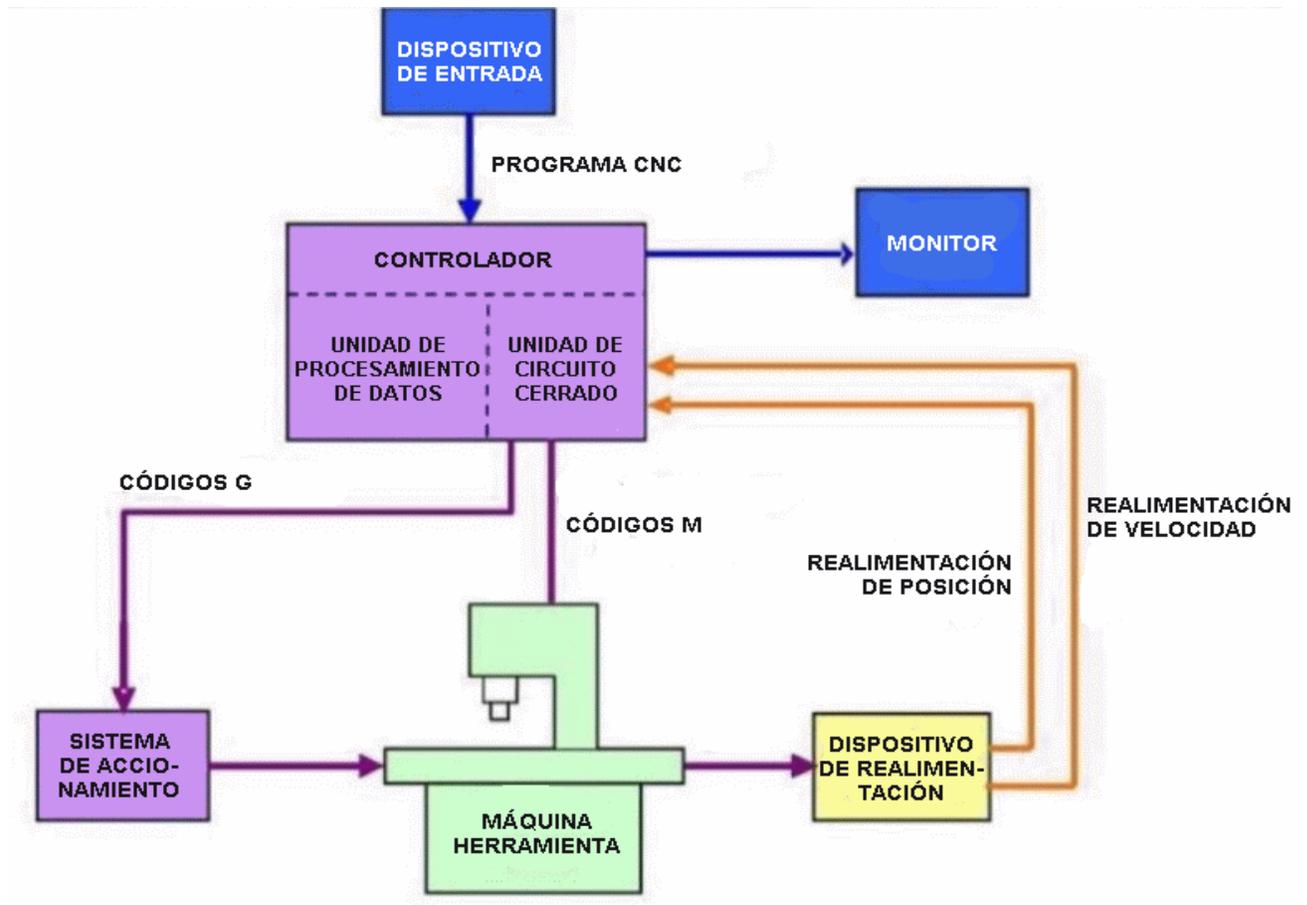
Cuando indicamos M03 S1500, queremos decir que el husillo se encienda en sentido horario a 1500 revoluciones por minuto.

Cuando indicamos que la maquina se mueva en alguna posición de los ejes con F 200 mm/min; queremos decir que se desplace a ese punto con esa velocidad.

Por último debemos indicar con la letra T01, T05, etc.; la herramienta que será colocada en el husillo para trabajar. M T, quiere decir, cambio automático de la herramienta.

En el Centro de mecanizado, podemos disponer de 24 herramientas y 6 en el torno como ya hemos dicho.





Dijimos que todos los controles usan el mismo código. Ellos difieren en los llamados ciclos fijos. Los ciclos fijos son herramientas de programación que me permiten ahorrar líneas de programación cuando tengo operaciones repetitivas. Por ejemplo: cuando tengo que realizar 20 agujeros roscados equidistantes. Programo el primero, y luego utilizo ciclos fijos para los demás, lo único que le indico al control son las posiciones.

Para facilitar la programación en piezas complejas, se utilizan sistemas CAD-CAM. Dibujamos el sólido en CAD y el programa nos entrega una programación en líneas sencillas CAM.

Pero con eso no tenemos todo solucionado, puesto que las velocidades y las herramientas a utilizar las debemos cargar nosotros, al igual que los seteos de las mismas (hablaremos de eso en el próximo punto).

Concluimos entonces que no alcanza solamente con la programación; es menester indispensable que el programador y el operador de la maquina tenga sobrados conocimientos de mecanizados, sobre utilices y sobre herramientas.

7.1 Las referencias para programar.

Todas las maquinas CNC tienen algo que llamamos **CERO MÁQUINA**. Lo definimos como la posición inicial de los ejes que me entrega el fabricante de la máquina herramienta.

Sin el cero máquina, jamás tendríamos una referencia para poder programar los puntos a los cuales nos querríamos mover.

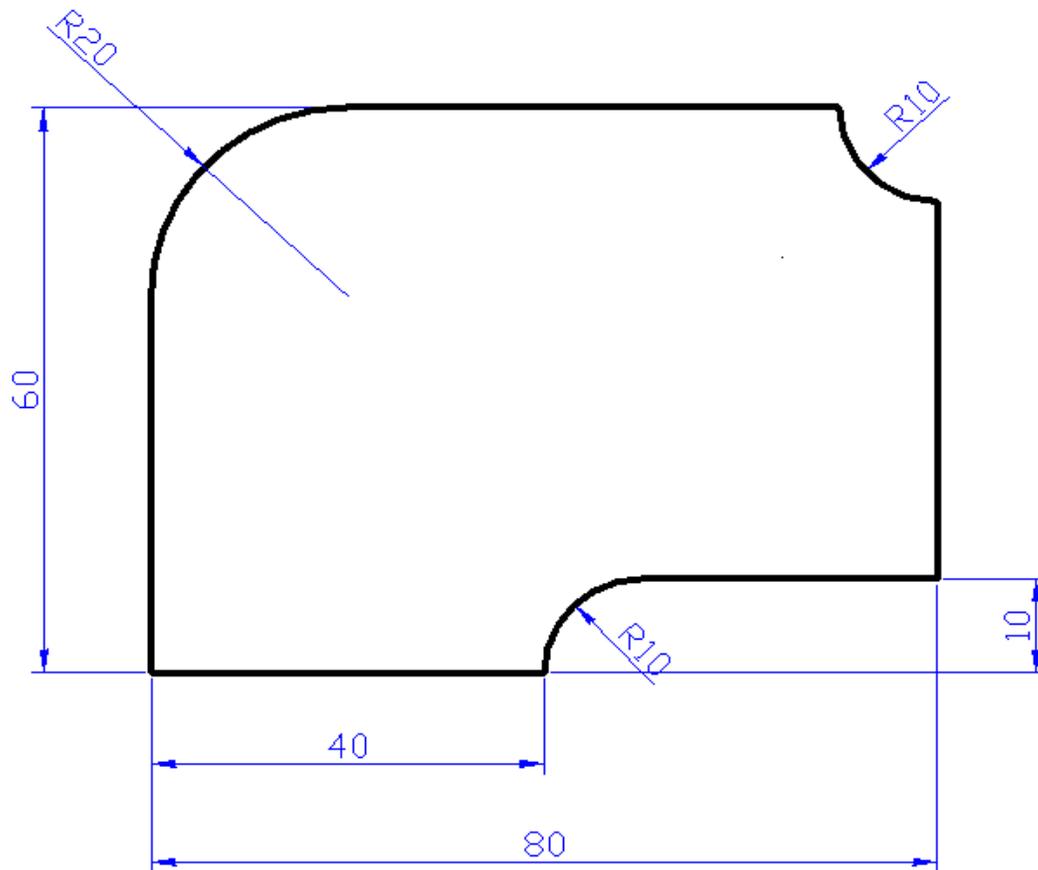
Cuando coloco una pieza para mecanizar en un centro de mecanizado, debo indicar una posición desde donde partirán todos los movimientos, a ella la denominaremos **CERO PIEZA**. Desde ese punto comenzaran todas las referencias para los movimientos y los mecanizados. Podemos tener varios cero pieza para la misma pieza. Nuestra maquina permite hasta seis y están denominados con **G54 a G59**.

Por último debemos indicar dos medidas importantes acerca de las herramientas. Todas están tomadas con los conos ISO en el carrousel de herramientas, es decir, todas tienen conos perfectamente iguales. Lo que debemos indicar al control es la **altura de las herramientas y el radio**. Además de una compensación por desgaste que vamos recabando de la práctica.

7.2 Un ejemplo.

Por ultimo vamos a colocar un ejemplo de una pieza con su programación.

Cada vez que completamos una línea de programación colocamos EOB, end of block o fin de bloque para pasar a otra línea.



O0010 (SEMINARIO CNC); (texto de comentarios) /; fin de bloque (EOB) end of block

T02 M6;

S1500 M3; gira el husillo a 1500 RPM en sentido horario

G90 G54; CERO PIEZA EN EXTREMO INF. IZQ. (Z+ hacia arriba e Y+ hacia la derecha) / el cero pieza no está en el vértice sobre las aristas del material.

G00 X-10 Y-10;

G00 Z5, acá G00 se puede obviar

G01 Z-0,2 F50; F50 avance reducido y 0,2 mm de la herramienta dentro del material

G41 D02; G41 compensación de radio / D02 carga el valor de la columna D (radios de hta.) de la tabla de datos de hta. , corresponde a la hta. 02

G01 X0 Y0 F200; G01 se puede obviar / se incrementa el avance

Y40;

G02 X20 Y60 I20 J0; I y J siempre como incrementos con respecto al punto de partida, ya que podría describir cualquier arco.

G01 X70;

G03 X80 Y50 I10 J0;

G01 Y10;

G91; cambio a coordenadas Incrementales.

X-30;

G03 X-10 Y-10 I0 J-10;

G01 Y-40; vuelta al origen

X-10 Y-10; vuelta al punto de partida

G00 Z100;

M5; detiene gira del husillo

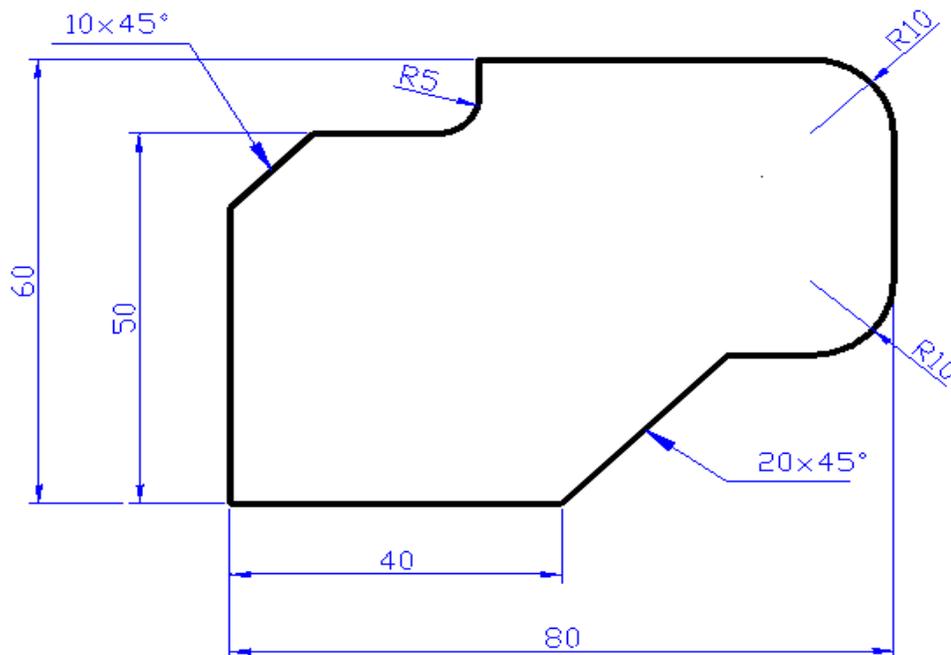
G40; cancela compensación de radio;

M30; fin de programa

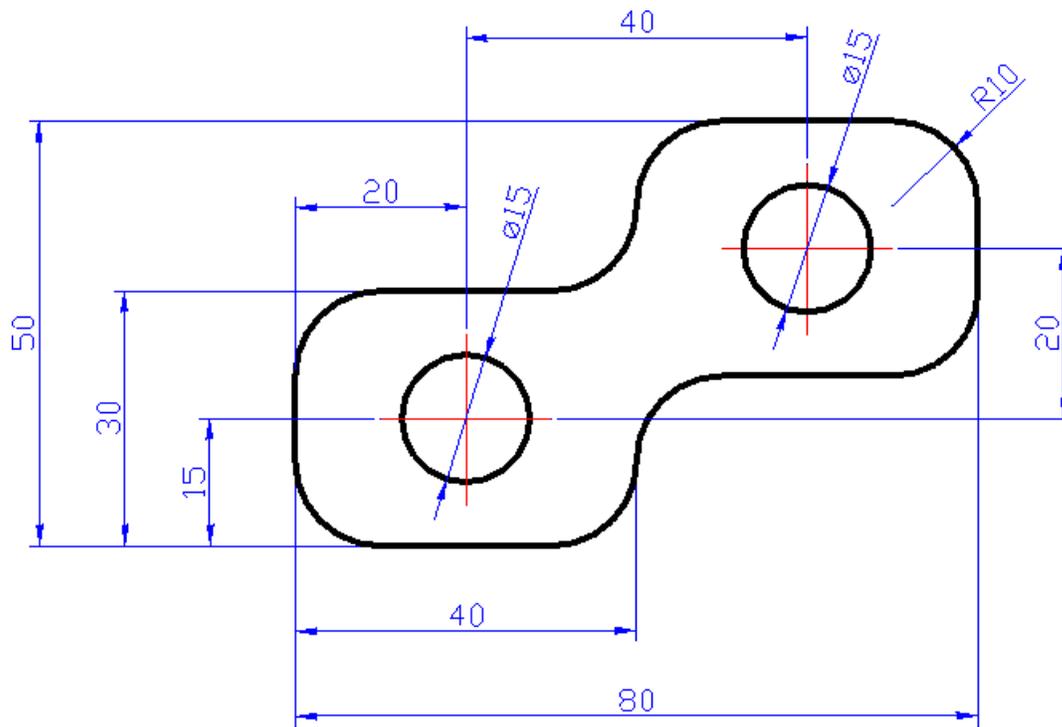
7.3 Ejemplos de práctica.

Colocamos más ejemplos. Los alumnos deberán resolverlos para realizarlos luego, en la práctica del laboratorio. Hay ejercicios de fresado en CNC y torneado.

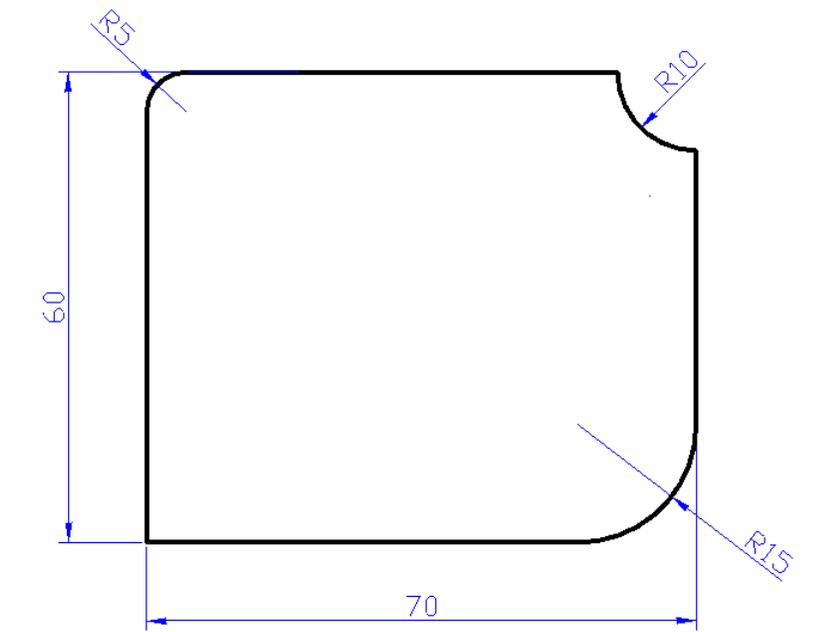
EJERCICIO 1.



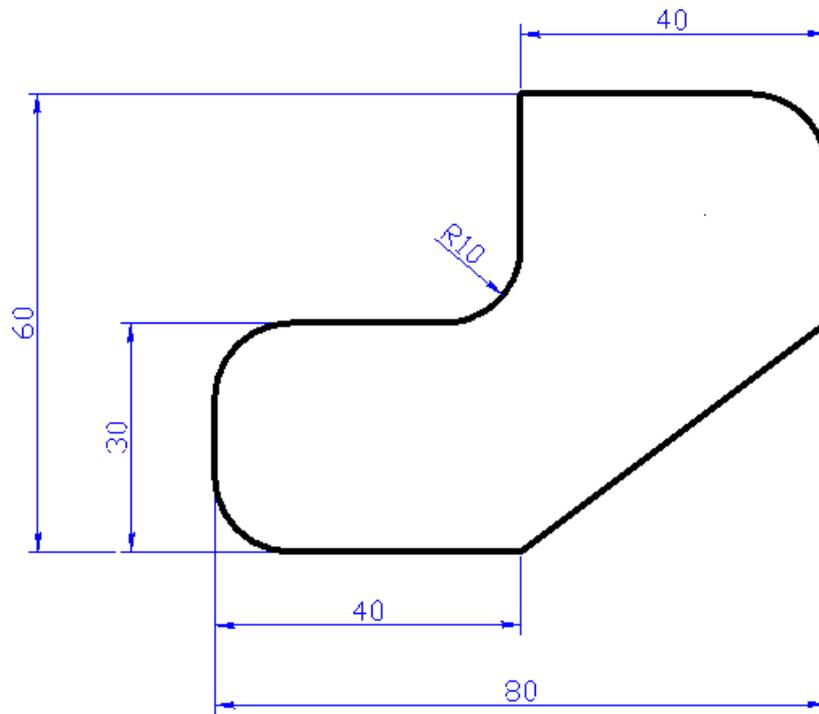
EJERCICIO 2.



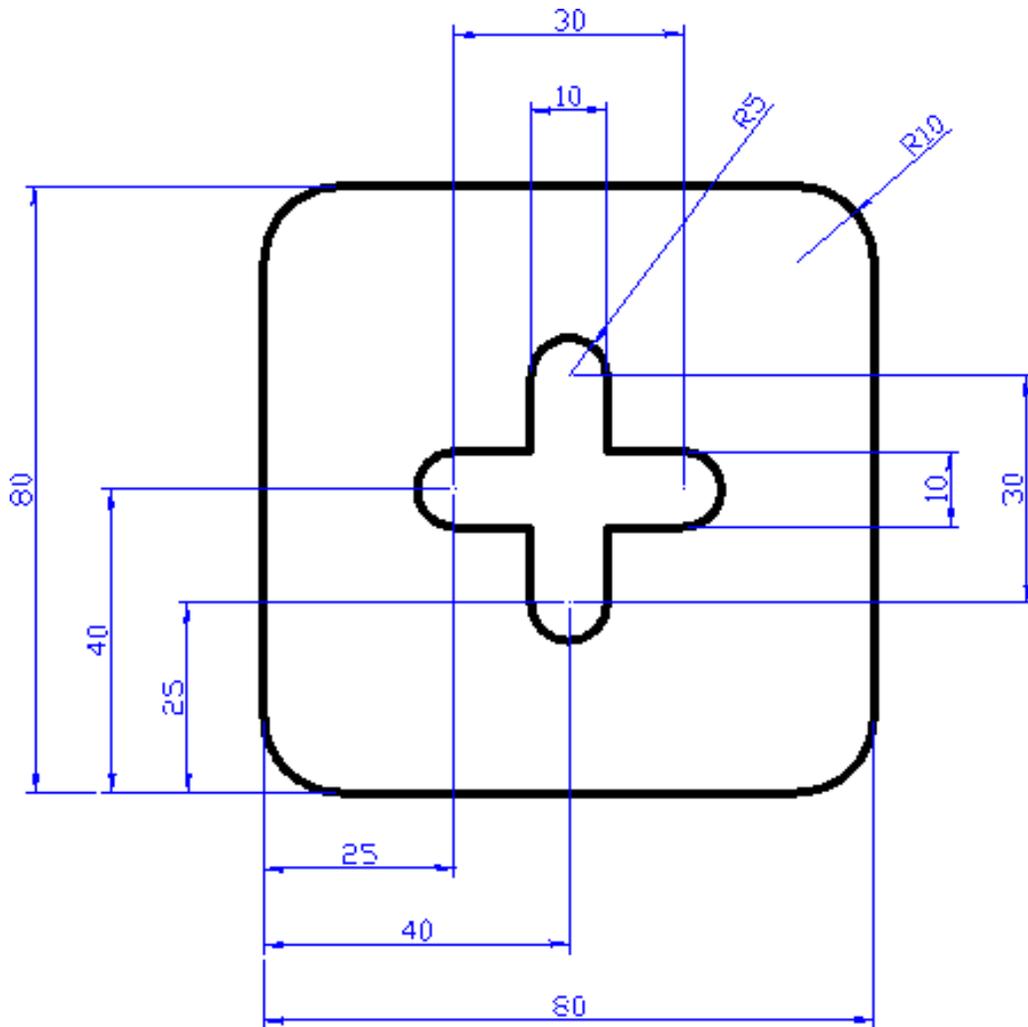
EJERCICIO 3.



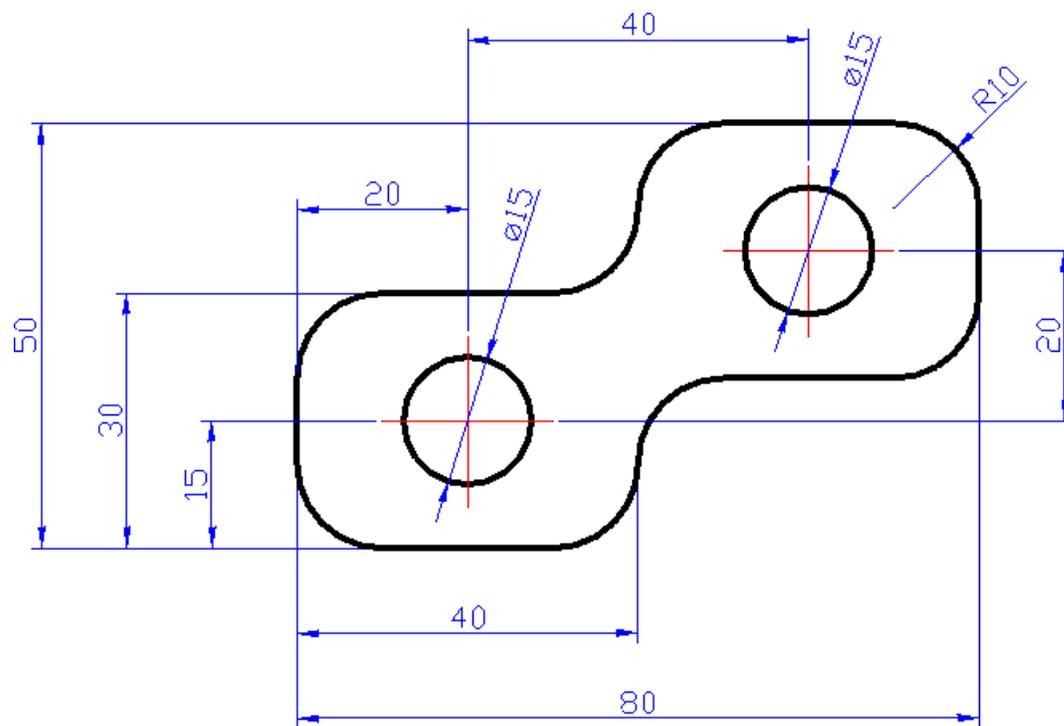
EJERCICIO 4.



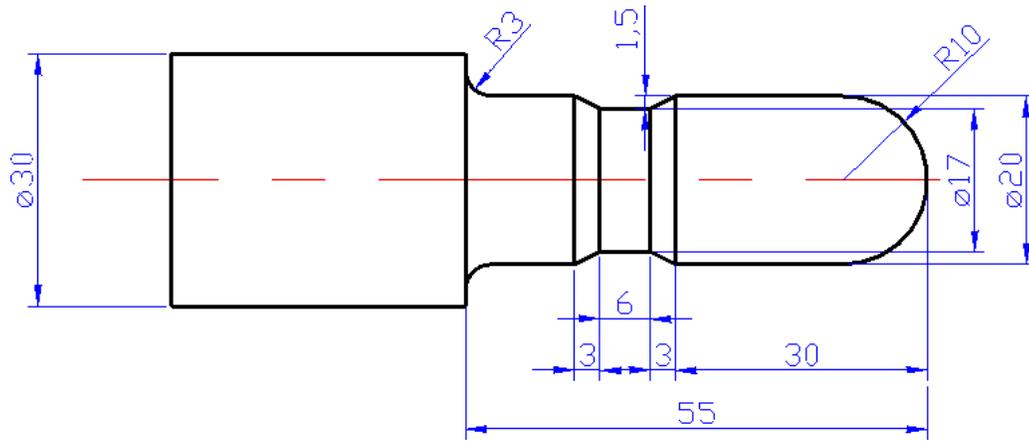
EJERCICIO 5.



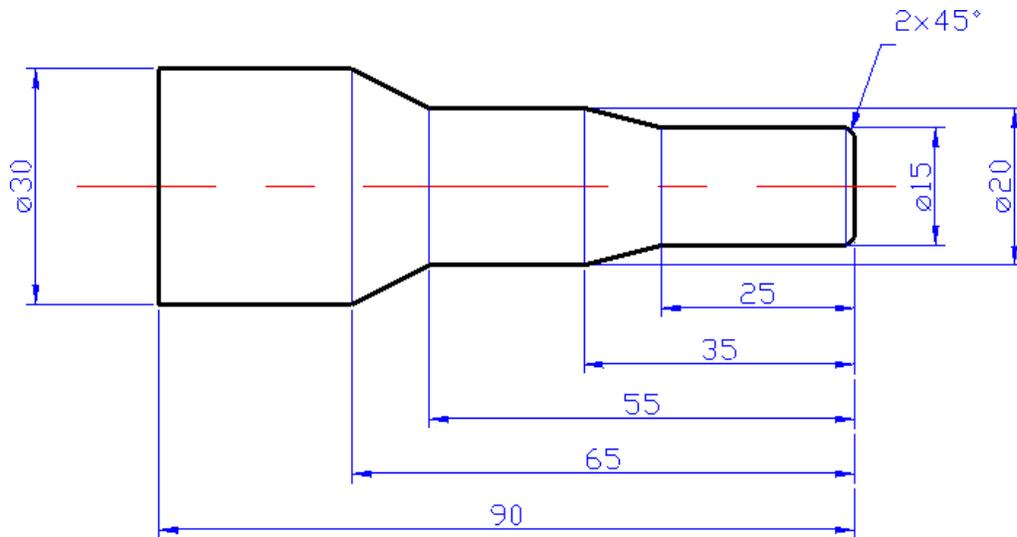
EJERCICIO 6.



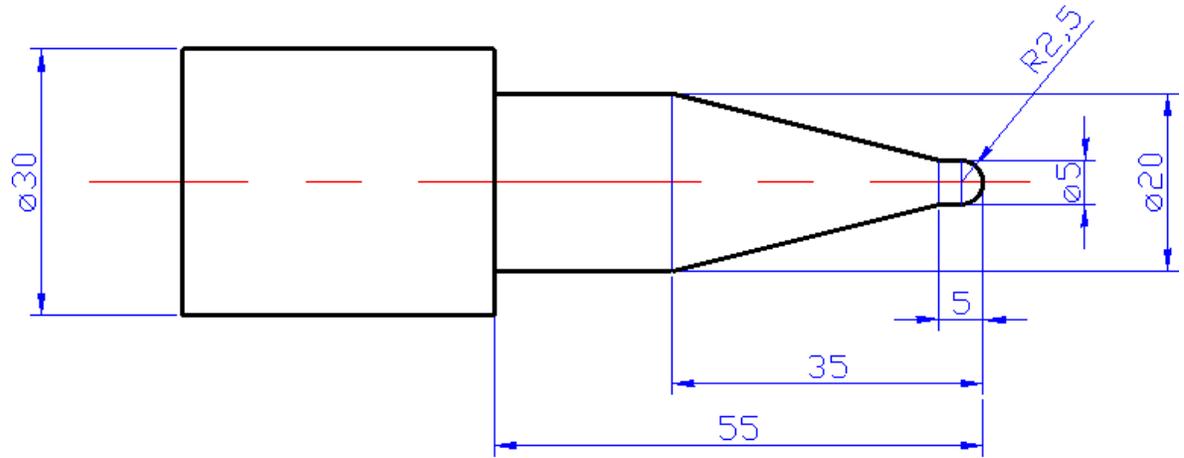
EJERCICIO 7.



EJERCICIO 8.



EJERCICIO 9.



EJERCICIO 10.

