



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

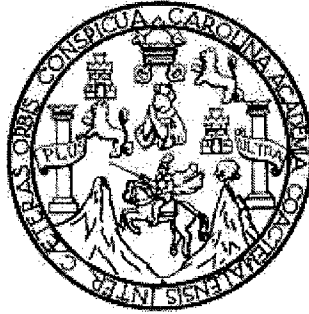
## **GUIA PARA EL LABORATORIO DE MAQUINADO CNC**

**Jorge Mario Arana García**

Asesorado por el Ingeniero Víctor Manuel Ruiz Hernández

Guatemala, octubre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA EL LABORATORIO DE MAQUINADO CNC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JORGE MARIO ARANA GARCÍA**

ASESORADO POR EL INGENIERO VICTOR MANUEL RUIZ HERNÁNDEZ

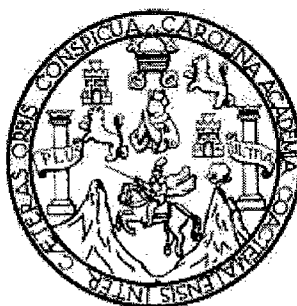
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. Walter Guillermo Castellanos Rojas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### GUÍA PARA EL LABORATORIO DE MAQUINADO CNC

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 03 de marzo del 2009.



---

Jorge Mario Arana García.

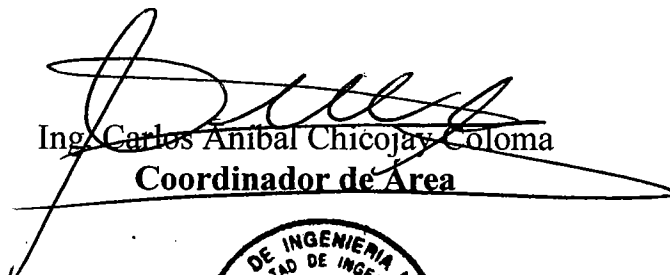
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Coordinador del Área de Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado GUÍA PARA EL LABORATORIO DE MAQUINADO CNC del estudiante Jorge Mario Arana García, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma  
Coordinador de Área

Guatemala, abril de 2010.

/behei



Guatemala, 22 de marzo del 2010.

Ingeniero  
Julio César Campos Paiz  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.

Estimado Ingeniero:

Por medio de la presente me permito informarle que tuve a bien revisar y aprobar el trabajo de graduación titulado: **GUÍA PARA EL LABORATORIO DE MAQUINADO CNC**. Realizado por el estudiante Jorge Mario Arana García, con número de carné 1998-10932.

Sin otro particular por el momento, me suscribo de usted.

Atentamente,

*Victor Manuel Ruiz Hernandez*  
**INGENIERO MECANICO  
COLEGIADO 4620**



---

Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández

Colegiado No. 4620



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref.E.Mecánica.60.200  
Guatemala, 3 de marzo de 2009

Ingeniera  
Amanda Monterroso de Caicedo  
Jefe de Control Académico  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimada Ingeniera.

Por este medio informo a usted que el tema del Trabajo de Graduación GUÍA PARA EL LABORATORIO DE MAQUINADO CNC, presentado por el estudiante **Jorge Mario Arana García**, previo a optar el título de Ingeniero (a) Mecánico(a), ha sido autorizado por esta Dirección. Asimismo, le informo que el asesor nombrado para dicho trabajo de graduación es el profesional, Ing. Mecánico Victor Manuel Ruiz Hernández, Colegiado No.4620.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Julio César Campos Paiz  
DIRECTOR  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



El trabajo de graduación a realizar será responsabilidad del graduado y del ingeniero asesor, referente al contenido y presentación del trabajo, de los conceptos y opiniones que allí se traten, así como del estilo y calidad de redacción.

c.c: Asesor nombrado  
Interesado  
Coordinador  
Archivo

JCCP/bedei



16-4-09



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **GUÍA PARA EL LABORATORIO DE MAQUINADO CNC**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Mario Arana García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, appearing to be 'Murphy Olympo Paiz Recinos', written over a large, empty oval shape.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, octubre de 2010



/cc  
cc. archivo



## **ACTO QUE DEDICO Y AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Mi creador y mi padre celestial, quién me ha dado el don de la vida y a quién rindo este triunfo. A Él sea toda la honra y la gloria por siempre.

### **MIS PADRES**

Jorge Arana Callejas y Mirna García de Arana, por su amor e incondicional apoyo en cada instante de mi vida, por sus desvelos y por todos los esfuerzos que hoy se ven recompensados en este triunfo que con todo amor les dedico.

### **MIS HERMANOS**

Juan Carlos y Ana Valentina, por todo su apoyo y compañía en las buenas y en las malas.

### **MI SOBRINO**

Diego Alejandro, por venirle a poner un toque extra de felicidad a mi vida, por ser mi pequeña inspiración y por darme el privilegio de ser su ejemplo.

### **MI FAMILIA**

A todos y cada uno de ustedes, a los que están y los que ya partieron. A mis tíos y tías: Pedro, Margarita, Ileana, Yesenia, Hans, Roberto, Iván, Salvador (†), Lucia. A mis primos y primas: Nestor, Claudia, Wendy, Alejandrina, Jorge Carlos, Michelle, Bethzy, Ethan, Darlene y Bobbie. Gracias por su apoyo y por su cariño.

## **MIS ABUELOS ( † )**

Jorge Arana, Marina Callejas de Arana, Pedro García, Gloria Loarca de García. Quiero honrar vuestra memoria con este logro en mi vida. Los extraño.

## **MIS AMIGOS**

A los que han estado desde el principio, a los que se han agregado en este arduo camino y a los que considero mis hermanos. Hannah Vos, Jeanine Loonen, Marvin Avila, Viviana Villagrán, Gustavo Reyes, Juan Carlos Berganza, Juan Francisco Aldana, Mishell López, Alejandro García, Erasmo Morales, Et Al. Por compartir conmigo a lo largo de mi formación profesional penas, tristezas, alegrías, derrotas y triunfos, tendiéndome la mano cuando más lo necesité.

## **MI UNIVERSIDAD**

A la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

## **FACULTAD DE INGENIERIA**

Muy especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica, quién me albergó en sus aulas para obtener todos los conocimientos profesionales. A sus catedráticos y personal administrativo. A ustedes que de alguna manera y en un momento dado contribuyeron en mi enseñanza.

### **Ingeniero Víctor M. Ruiz.**

Quién con todo gusto y ánimo me transmitió sus consejos y conocimientos a lo largo de mi formación profesional, y de quién sin duda alguna he obtenido excelentes experiencias, conocimientos y un ejemplo digno de imitar.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>XIII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XV</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIX</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XXIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XXV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO</b>	<b>1</b>
1.1 Historia del control numérico	1
1.1.1 Evolución del control numérico	2
1.1.2 Objetivos del control numérico	5
1.2 Panorama de los centros de maquinado	6
1.2.1 ¿Qué son los centros de maquinado?	8
1.2.2 Componentes básicos de los centros de maquinado	12
1.2.3 Características, uso y tipos de centros de maquinado	24
1.2.4 Instrumentos y equipos periféricos	31
<b>2. PROGRAMACIÓN MANUAL PARA CENTRO DE MAQUINADO</b>	<b>45</b>
2.1 Principios de programación para un centro de maquinado	45
2.1.1 Movimiento y ejes de control de la máquina	46
2.1.2 Sistema incremental y sistema absoluto	49
2.1.3 Sistema de coordenadas de la máquina y de trabajo	52
2.1.4 Configuración del programa	57

2.1.5 Clases y semántica de direcciones	62
2.2 Elementos de programación para un centro de maquinado	65
2.2.1 Número de programa y de secuencia	68
2.2.2 Función preparatoria (Función G)	71
2.2.3 Función miscelánea (Función M)	75
2.2.4 Comandos incremental y absoluto (G91, G90)	78
2.2.5 Establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo (G54 a G59)	80
2.2.6 Funciones de la herramienta (T), de la velocidad del husillo (S) y del avance de corte (F)	84
2.2.7 Movimiento rápido de posicionamiento (G00)	89
2.2.8 Corte recto por interpolación lineal (G01)	91
2.2.9 Corte circular por interpolación circular (G02, G03)	93
2.2.10 Compensación del diámetro de la herramienta (G40, G41, G42)	103
2.2.11 Compensación de la longitud de la herramienta (G43, G49)	118
2.2.12 Ciclos fijos	124
2.2.13 Programa principal y subprogramas	142
<b>3. PROGRAMAS DE CONTROL NUMÉRICO PARA CENTRO DE MAQUINADO</b>	<b>153</b>
3.1 Manejo del <i>software Power Shape</i>	153
3.1.1 Introducción	153
3.1.2 Modelo de alambre	170
3.1.3 Herramientas de edición	193
3.1.4 Superficies	207
3.1.4.1 Práctica No. 1 Bandeja hexagonal	221



4.2.4 Establecimiento de compensaciones de altura y diámetros de las herramientas	354
4.2.4.1 Práctica No. 7 Establecimiento de la compensación de altura de las herramientas (G43)	354
4.2.5 Transferencia del programa de CN a la memoria de la máquina	355
4.2.5.1 Práctica No. 8 Transferencia del programa de la <i>Memory Card</i> a la memoria de la máquina	355
4.3 Fabricación de piezas mecánicas	356
4.3.1 Maquinado de pieza de prueba	356
4.3.2 Ajuste de las compensaciones de altura y diámetros de las herramientas	357
4.3.3 Maquinado de piezas en forma automática	357
4.3.3.1 Práctica No. 9 Fabricación de un avión en el Centro de Maquinado	359
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>361</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>363</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>365</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>367</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Centro de maquinado y sistema de producción	7
2	Centro de maquinado trabajando	9
3	Cortes con un centro de maquinado	9
4	División de las máquinas-herramienta de control numérico (CN) por tipo (año fiscal 1988)	10
5	Máquina fresadora de CN en sus inicios. Centro de maquinado en sus inicios	11
6	Centro de maquinado de tipo vertical	13
7	Forma de la boquilla del mandril (JIS B 6101)	14
8	Clasificación de los centros de maquinado por la dirección del mandril principal	15
9	Mesa del centro de maquinado vertical	16
10	<i>Pallet</i> del centro de maquinado horizontal	16
11	Columna del tipo fija y viajera	17
12	Movimiento ATC	19
13	Tipos de carrusel ATC	20
14	Servomotor y tornillo de bola	21
15	Método de refrigeración por boquilla e interno	22
16	Panel de control principal	24
17	Maquinado por centro de maquinado	26

18	Rectificado de cerámica fina con un centro de maquinado (muela abrasiva: fibra aglutinante de hierro de fundición y piedra abrasiva)	27
19	Tipos de centros de maquinado horizontales	29
20	Tipos de centros de maquinado verticales	30
21	Ejemplos de productos maquinados mediante centros de maquinado de 5 ejes de control	30
22	Disposición de los 5 ejes de control de un centro de maquinado de 5 ejes	31
23	Acoplador de herramienta	33
24	Mecanismo de abrazadera del cabezal del husillo	33
25	Acoplador de herramientas y extractor de espigas (MAS 403-1982)	34
26	Ejemplos de varios tipos de herramientas fresadoras	35
27	Sistema de herramientas para centro de maquinado BT50 (MAS 411-1986) No. 1	36
28	Sistema de herramientas para centro de maquinado BT50 (MAS 411-1986) No. 2	37
29	Varios tipos de fijadores	38
30	Sujetadores de propósito general usando pernos y tuercas	39
31	Tipos de cambiador de plataforma	40
32	Máquina transportadora de viruta (tipo tornillo sin fin)	41
33	Guarda de salpicado	42
34	Robot de articulaciones múltiples	43
35	Programación	45
36	Ejes de control del centro de maquinado	46
37	Sistema de coordenadas rectangulares de la mano derecha	47
38	Movimiento de la máquina y sistema de coordenadas	48
39	Comando incremental	49



40	Comando absoluto	50
41	Ejemplo de programa	51
42	Selección del método de comando	52
43	Punto de referencia y sistema de coordenadas de la máquina	54
44	Sistema de coordenadas de trabajo	55
45	Comandos en el sistema de coordenadas de la máquina	56
46	Compensación sobre el eje Z en el sistema de coordenadas de trabajo	57
47	Ejemplo de programa	58
48	Formato detallado de un bloque	59
49	Descripción de los datos y direcciones	60
50	Escritura del punto decimal	60
51	Cero al inicio y final de una cifra	61
52	Máximo y mínimo número de dígitos que se pueden escribir	62
53	Ejemplo de un programa	67
54	Método de comando del número del programa	69
55	Método de comando del número de secuencia	70
56	Establecimiento de las condiciones iniciales	71
57	Comandos de la función M	76
58	Comando incremental y comando absoluto	78
59	Programa con G90 y G91	79
60	Configuración de G90 y G91	80
61	Establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo	81
62	Sistema de coordenadas de trabajo (G54) y sistema de coordenadas simple en un sistema de coordenadas de trabajo	82
63	Ejemplo de la configuración de un programa usando un sistema de coordenadas de trabajo	83
64	Método de comando de la función herramienta	84
65	Comandos de la función T	85

66	Método de comando de la función S	86
67	Método de comando de la función F	88
68	Método de comando G00	90
69	Comando de G00	90
70	Ejemplo de un programa	91
71	Método de comando de G01	91
72	Ejemplo de un programa	92
73	Método de comando de G02 y G03	93
74	Comandos IJK y R en una interpolación circular	95
75	Ejemplo de un programa	96
76	Ejemplo de un programa	97
77	Ejemplo de un programa	98
78	Método de comando de G04	99
79	Ejemplo de un programa que usa el comando G04	99
80	Método de comando de G28	101
81	Ejemplo de un programa. Comando G28 en G91	102
82	Compensación de la ruta de la herramienta	103
83	Método de comando de G41 y G42	104
84	Método de comando de G40	104
85	Dirección de la compensación	105
86	Ejemplo de un programa	106
87	Utilización de la compensación del diámetro de la herramienta	107
88	Movimientos de la herramienta en la compensación del diámetro de la herramienta	108
89	Avance de lectura de dos bloques	109
90	Rutas de la herramienta en el arranque	110
91	Trayectoria del centro de la herramienta en el modo de compensación	111
92	Movimientos de la herramienta con G40	112

93	Trayectoria de la herramienta en el modo de compensación	113
94	Corte circular cambiando el signo de la cantidad de compensación	114
95	Corte excesivo en el modo de compensación	115
96	Corte excesivo en el modo de compensación	115
97	Programas para el posicionamiento del punto inicial del maquinado	116
98	Cambio de los modos de compensación	117
99	Método de comando de G42 y G44	118
100	Ejemplo de un programa con G43	119
101	Ejemplo de un programa con G44	120
102	Método de comando de G49	120
103	Cuando la longitud de la herramienta es usada como la cantidad de compensación	122
104	Cuando la distancia desde la punta de la herramienta hasta la superficie de referencia de la pieza de trabajo es usada como la cantidad de compensación	123
105	Cuando la diferencia entre la herramienta de referencia y las otras herramientas es usada como la cantidad de compensación	124
106	Movimientos del ciclo fijo	126
107	Comandos de los puntos R y Z	127
108	Comandos de retorno de la herramienta	127
109	Método de comando del ciclo fijo	128
110	Profundidad de corte o cantidad de cambio. Repetición del ciclo fijo	130
111	Movimientos de G73	131
112	Movimientos de G76	132
113	Movimientos de G81	133

114	Movimientos de G82	134
115	Movimientos de G83	135
116	Movimientos de G84	136
117	Movimientos de G85	137
118	Movimientos de G86	138
119	Arranque/paro del husillo principal en ciclos fijos. Movimientos de barrenado en el modo de ciclo fijo	139
120	Funciones G de ciclo fijo y funciones G del grupo 01	140
121	Ejemplo del programa	141
122	Ejemplo del programa	142
123	Método de comando de M98 y M99	143
124	Diagrama de flujo del programa por los comandos M98 y M99	145
125	Ejecución del subprograma y la función modal G	146
126	Ejemplo del programa	147
127	Llamado múltiple de subprogramas	149
128	Operación interminable mediante el comando 98	150
129	Función de salto de bloque opcional y operación interminable	151
130	Panel de control del centro de maquinado BRIDGEPORT 2216	340
131	Parte superior del teclado	341
132	Parte inferior del teclado	343

## ÍNDICE DE TABLAS

I	Evolución del Control Numérico	3
II	Clasificación de centros de maquinado por composición de ejes	28
III	Clases y semántica de direcciones	63
IV	Clases y semántica de la función G	73
V	Clases y semántica de la función M	77
VI	Clases de ciclos fijos	125



## LISTA DE ABREVIATURAS

CN	Control numérico
DNC	Control numérico directo
CNC	Control numérico computarizado
JIS	Estándares de la industria japonesa
ATC	Cambiador automático de herramientas
MDI	Ingreso manual de datos
FMC	Célula flexible de manufactura
FMS	Sistema flexible de manufactura
APC	Cargador automático de <i>pallets</i>
CTR	<i>Click trough rate</i>
MAS	<i>Machine asociation standard</i>
EOB	<i>End of block</i>
LCD	Pantalla de cristal líquido
VMC	Centro de maquinado vertical





## GLOSARIO

<b>Centro de maquinado</b>	Son máquinas herramientas que pueden contener varias herramientas al mismo tiempo en un intercambiador automático y pueden producir piezas complejas con gran exactitud y rapidez.
<b>Desgaste</b>	Daño de la superficie por remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo.
<b>Eje</b>	Elemento que se emplea como soporte de piezas giratorias pero no transmite ningún esfuerzo de torsión.
<b>Fresado</b>	Corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos.
<b>Fresadora</b>	Máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa.
<b>Herramienta</b>	Objeto que se emplea para la realización de algún trabajo manual y el cual requiere de la aplicación de una fuerza mecánica.

<b>Husillo</b>	Dispositivo en forma de tornillo que se emplea en las máquinas herramienta para sujetar la herramienta o la pieza.
<b>Lubricación</b>	Aplicación de una sustancia viscosa entre dos partes móviles entre sí, la cual forma una delgada película que evita el desgaste.
<b>Mecanizado</b>	Proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante remoción de material.
<b>Mandrinado</b>	Operación de mecanizado que se realiza en los agujeros de las piezas cuando es necesario conseguir unas medidas o tolerancias muy estrechas.
<b>Mecanismo</b>	Conjunto de sólidos resistentes, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí y cuyo propósito es la transmisión de movimientos y fuerzas.
<b>Machueleado</b>	Se trata del proceso por el cual se hace una rosca interna.
<b>Prototipo</b>	Máquina que se usa para pruebas.
<b>Portaherramientas</b>	Dispositivo dentro de la máquina en el cual se instalan las distintas herramientas a usar en cada proyecto.

<b>Refrentado</b>	Es la operación realizada en el torno mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro.
<b>Torno</b>	Conjunto de máquinas herramienta que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución.
<b>Taladrado</b>	Operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca.
<b>Troquelado</b>	Operación mecánica que se utiliza para realizar agujeros en chapas de metal, láminas de plástico, papel o cartón.
<b>Viruta</b>	Fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído de la pieza de trabajo.



## RESUMEN

El desarrollo del progreso tecnológico llevado a cabo por el hombre se puede seguir a través del uso de las diferentes herramientas y máquinas que éste ha utilizado a lo largo de su existencia en el Planeta Tierra. El Control numérico (CN) puede definirse como un dispositivo capaz de controlar el movimiento exacto de uno o varios órganos de la máquina herramienta de forma automática a partir de una serie de datos numéricos programados, que hacen funcionar los controles y motores eléctricos de las máquinas herramienta para realizar funciones como: movimiento de los carros, velocidades de posicionamiento y mecanizado, cambios de herramientas, cambios de piezas, condiciones de funcionamiento (refrigeración, lubricación, etc.)

El control numérico incrementa la productividad del maquinado, y ayuda a mantener bajos los costos de producción. El control numérico (CN) fue desarrollado pensando en varias metas como: incrementar la producción, reducir los costos de mano de obra, hacer la producción más económica, efectuar los trabajos que serían imposibles o imprácticos sin CN e incrementar la exactitud en la producción en serie.

A finales de los años 60 aparece el control numérico por ordenador. En ese tiempo los ordenadores eran caros y grandes, por lo que la única solución práctica para el control numérico era disponer de un ordenador central conectado a varias máquinas que desarrollaba a tiempo compartido todas las funciones de control de las mismas. Esta tecnología se conoce como Control numérico directo (DNC, *Direct Numerical Control*).

A principios de los 70 se empezó a aplicar un ordenador a cada máquina. A esta nueva tecnología se le llamó Control Numérico Computarizado (CNC, *Computer Numerical Control*).

Un programa consiste en la información necesaria para operaciones de corte, la cual fue obtenida de dibujos y trasladada a lenguajes, los cuales son interpretados por las unidades de control numérico (CN). Programar es trabajar en la elaboración de los programas para que las unidades de CN lean y ejecuten dichos programas, para que sea posible maquinar diversas piezas de trabajo.

Cuando se preparan programas para el centro de maquinado, el sistema de coordenadas se forma pensando que la pieza de trabajo está fija y la herramienta es la que se mueve sobre la base de un sistema de coordenadas rectangulares de la mano derecha. Para esto, son establecidas las direcciones positivas y negativas de los ejes X, Y y Z, y los programas pueden ser preparados independientemente del tipo, clase y estructura de ejes del centro de maquinado.

Existen dos métodos para dar comandos de movimiento para cada eje, estos son: Sistema Incremental y Sistema Absoluto. Estos dos comandos dan valores de mando de acuerdo con cada método y se representan por las funciones preparatorias G91 y G90 respectivamente.

El sistema de coordenadas de trabajo múltiple se usa cuando se quiere maquinar varias piezas con un mismo programa, esto se logra estableciendo un sistema de coordenadas o punto de referencia para cada pieza.

PowerSHAPE es un programa de modelado tridimensional que aporta beneficios considerables respecto a los sistemas de CAD 3D tradicionales a la hora de modelar formas complejas, proporcionando soluciones a los fabricantes de utillaje que tienen que modelar pensando en la fabricación posterior. Proporciona al usuario las herramientas necesarias para producir un modelo, molde o matriz complejos partiendo de diseños 2D o de modelos de superficies o sólidos 3D incompletos.

PowerSHAPE automáticamente baja un nuevo modelo para trabajar. Este modelo puede ser guardado con un nombre nuevo o cerrado, y este modelo puede ser reabierto para trabajarlo. Tiene la habilidad de abrir varios modelos y la información puede ser copiada de un archivo a otro.

PowerMILL es un paquete independiente de mecanizado que puede crear rápidamente caminos de corte libre, basado en modelos importados. Estos modelos pueden ser las superficies de otros paquetes, los archivos IGES, archivos STL, los archivos de triángulo, los modelos de OLE o modelos (sólido o superficie) de PowerSHAPE.





## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Implementar una guía para el correcto manejo del CNC BRIDGEPORT 2216 del laboratorio de maquinado de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Con el fin de facilitar el aprendizaje a los alumnos y la enseñanza del mismo al catedrático del laboratorio.

### **ESPECÍFICOS**

1. Redactar una síntesis del control numérico, con la finalidad de explicar las ventajas y desventajas de trabajar con máquinas de control numérico.
2. Utilizar los comandos de programación realizando programas en lenguaje de control numérico para llevar a cabo el maquinado de piezas mecánicas.
3. Programar la manufactura de piezas mecánicas en lenguaje de control numérico y CAD/CAM para su fabricación en el centro de maquinado BRIDGEPORT 2216.



## INTRODUCCIÓN

La programación en lenguaje de control numérico (CN) permite que una máquina herramienta ejecute los movimientos de sus distintos ejes en forma totalmente automática, a partir de una serie de datos numéricos programados.

Cada programa establece un determinado proceso a realizar por la máquina, y con solo cambiar el programa, ésta puede efectuar distintos procesos de maquinado.

Durante el desarrollo de este trabajo de graduación se darán las bases para elaborar programas de control numérico de piezas mecánicas, simulen el maquinado en computadora y fabriquen dichas piezas en el centro de maquinado.

La información presentada en este trabajo de graduación es aplicable a la mayoría de máquinas de control numérico, sin embargo, para detalles específicos deberá recurrirse a los manuales de programación de cada máquina.

El presente trabajo de graduación contiene cuatro capítulos, de los cuales, el primero contempla la introducción al control numérico haciendo una reseña de la evolución y objetivos del mismo, además da un panorama de las características, estructura, tipos y herramientas para el centro de maquinado.

En el capítulo dos se proporcionan los principios y elementos de programación para un Centro de Maquinado que le permitan elaborar programas de piezas mecánicas en lenguaje de control numérico. Está enfocado a desarrollar las habilidades para la programación en forma manual; esto significa que la localización de todos los puntos del recorrido de la herramienta serán obtenidos mediante cálculos matemáticos; donde se empleará la geometría y la trigonometría principalmente.

La programación manual es un antecedente para la programación con diseño y manufactura asistida por computadora (CAD/CAM), así también la simulación en computadora de programas de control numérico para el Centro de Maquinado. Ambos temas serán abarcados mediante los programas PowerSHAPE y PowerMill pertenecientes al capítulo tres.

Finalmente, el capítulo cuatro está dirigido a la fabricación real de piezas en el Centro de Maquinado, por lo cual se incluye el manejo del mismo, así como la preparación de la máquina, la comprobación del programa en vacío y finalmente la fabricación de las piezas mecánicas.

Para asimilar de una mejor manera la información aquí presentada, se requiere que el alumno tenga conocimientos en el manejo de máquinas herramienta convencionales, así como conocimientos sobre teoría de corte para procesos de maquinado.

# 1. INTRODUCCIÓN AL CONTROL NUMÉRICO

## 1.1 Historia del control numérico

El desarrollo del progreso tecnológico llevado a cabo por el hombre se puede seguir a través del uso de las diferentes máquinas y herramientas que éste ha utilizado a lo largo de su existencia en la tierra.

A partir del invento de la rueda, se desarrollaron los mecanismos básicos que han contribuido al desarrollo tecnológico e industrial del hombre. Los nuevos métodos de producción que día a día se han ido desarrollando, han aumentado los beneficios de los productores y reducido los tiempos de fabricación. Así mismo, las tareas más arduas y peligrosas, que comúnmente realiza el hombre, han sido aligeradas y en muchos casos eliminadas gracias al uso cada vez mayor de las máquinas de control numérico.

El control numérico (CN) puede definirse como un dispositivo capaz de controlar el movimiento exacto de uno o varios órganos de la máquina-herramienta de forma automática a partir de una serie de datos numéricos programados, que hacen funcionar los controles y motores eléctricos de las máquinas herramienta para realizar las funciones siguientes:

- Cambios de piezas
- Cambios de herramientas
- Movimientos de los carros
- Condiciones de funcionamiento (refrigeración, lubricación, etc.)
- Velocidades de posicionamiento y mecanizado

El control numérico incrementa la productividad del maquinado, y ayuda a mantener bajos los costos de producción. Está comprobado que las máquinas-herramienta con Control Numérico están diseñadas para períodos largos de producción continua, por lo que se requiere que dichas máquinas estén construidas de tal manera que mantengan su exactitud durante temporadas prolongadas. Se sabe que el desgaste es un problema asociado con todo dispositivo mecánico, y por lo tanto en una máquina herramienta afecta directamente la exactitud de la misma, por esta razón en dichas máquinas, se emplean varios tipos de cojinetes para movimiento lineal, los cuales aprovechan las ventajas de rodamiento de los baleros de bolas en aplicaciones de movimiento lineal, con el fin de lograr desplazamientos casi libres de rozamiento.

### **1.1.1 Evolución del control numérico**

El control numérico de las máquinas por medio de agujeros perforados en una cinta de 1" (25.4 mm) es un invento que se produjo inmediatamente después de la segunda guerra mundial. Sin embargo, sus inicios se remontan hasta épocas muy anteriores, como se muestra en la tabla I.

**Tabla I. Evolución del control numérico**

1725	Basile Bauchon, la industria textil era ya antigua cuando Basile sustituyó por una cinta sin fin de papel perforado los cordones en bucle que elevaban parte del equipo del telar.
1728	M. Falcon, inventor francés construyó una máquina de tejer que usaba tarjetas perforadas, pero se requería de un operario adicional para operar las tarjetas.
1745	Jaques de Vaucanson introdujo un perfeccionamiento ulterior combinando el papel perforado de bauchon con el mecanismo de Falcon.
1801	Joseph Marie Jacquard, inventor francés, mejoró mucho y perfeccionó todavía más el telar dejándolo como es hoy, y presentó el resultado de su trabajo en la exposición industrial de París. Este telar es el primer ejemplo conocido de control de las funciones de una máquina mediante agujeros perforados en la industria textil.
1863	M. Forneaux. Primer piano que tocó automáticamente (se forzaba aire a través de rollos perforados de papel).
1870-1890	Ely Whitney. Desarrollo de plantillas y dispositivos de manufactura. "Sistema norteamericano de manufactura de partes intercambiables".
1880	Introducción de una variedad de herramientas para el maquinado de metales. Comienzo del énfasis en la producción a gran escala.
1940	Introducción de los controles hidráulicos, neumáticos y electrónicos.
1945	Comienzo de la investigación y el desarrollo del control numérico. Comienzo de los experimentos de producción a gran escala con control numérico.
1948	Parsons Corporation fabrica unos álabes de rotores para helicópteros mediante un ordenador cuyos datos de entrada eran las distintas coordenadas de la herramienta perforada en tarjetas.
1955-1957	Las herramientas automatizadas comenzaron a aparecer en las plantas de producción para la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. Hay concentración en la investigación y el desarrollo del control numérico.
1960- hasta la actualidad	Se crean varios nuevos sistemas de control numérico. Se perfeccionan las aplicaciones a la producción de una gama más grande de procedimientos de maquinado de metales. Se idearon aplicaciones a otras actividades diferentes del maquinado de metales.
Hoy en día	Se utilizan insumos computarizados de control numérico. Se utilizan documentos computarizados de trazo de curvas de nivel por control numérico, a bajo costo. Se han establecido Centros de Maquinado para utilización general.

Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 3**

Los primeros equipos de control numérico con electrónica de válvulas, relés y cableado tenían un volumen mayor que las propias máquinas herramienta, con una programación manual en lenguajes máquina muy compleja y muy lenta de programar, no se parece en nada a los actuales sistemas basados en microprocesadores con lenguajes de alto nivel y programación interactiva.

En función de la electrónica utilizada en las máquinas de control numérico se tienen cuatro generaciones:

- 1950 Válvulas electrónicas y relés
- 1960 Transistores
- 1965 Circuitos integrados
- 1975 Microprocesadores

Paralelamente el diseño de máquinas ha evolucionado, tanto en su estructura como en sus cadenas cinemáticas, en los dispositivos de accionamiento, control y en las funciones de mecanizado para lograr máquinas herramienta más precisas y capaces de desarrollar múltiples operaciones en una sola máquina.

El control numérico por ordenador aparece a principios de los años 60, donde las funciones de control se realizan mediante programas en la memoria del ordenador, de tal manera que puedan adaptarse fácilmente con solo modificar el programa. En esta época, los ordenadores eran caros y grandes, por lo que la única solución práctica para el control numérico era disponer de un ordenador central conectado a varias máquinas que desarrollaba a tiempo compartido todas las funciones de control de las mismas. Esta tecnología se conoce como Control Numérico Directo (DNC).



A principio de los 70, se empezó a aplicar un ordenador a cada máquina; a esta nueva tecnología se le llamó Control Numérico Computarizado CNC.

En la actualidad todas las máquinas herramientas se diseñan con CNC, debido a las ventajas que presentan con respecto al Control Numérico (CN) convencional, así como también la automatización y sistemas de fabricación flexibles se basan en este tipo de máquinas.

### **1.1.2 Objetivos del control numérico**

El control numérico fue desarrollado pensando en los siguientes aspectos:

- Incrementar la producción
- Hacer más económica la producción
- Incrementar la exactitud de la producción en serie
- Reducir el costo de mano de obra
- Efectuar los trabajos que serían imprácticos o imposibles sin CN

Antes de tomar la decisión de usar una máquina herramienta convencional, una máquina de control numérico o una de Control Numérico Computarizado, para un trabajo en particular, será necesario primeramente analizar detenidamente las siguientes ventajas de las máquinas CNC:

#### Ventajas

1. Perfeccionamiento en el control de la manufactura mayor utilización de las máquinas
2. Mínimo inventario de las piezas de repuesto

3. Mejor control de calidad
4. Menores posibilidades de error humano
5. Mayor seguridad con las máquinas herramienta
6. Flexibilidad que acelera los cambios en el diseño
7. Menos horas de trabajo para la inspección
8. Menores costos de herramienta
9. Máxima exactitud e intercambiabilidad de las piezas
10. Reducción del desperdicio
11. Incremento en la productividad

#### Desventajas

1. Mayor costo por hora de operación
2. Mayor espacio de piso para la máquina y equipo
3. Costo elevado de inversión inicial
4. Reentrenamiento del personal
5. Incremento en mantenimiento eléctrico

Lo expuesto anteriormente, no es un listado completo de las ventajas y desventajas de las máquinas de control numérico; sin embargo, da una pequeña idea de los tipos de trabajo para los cuales son convenientes dichas máquinas.

### **1.2 Panorama de los centros de maquinado**

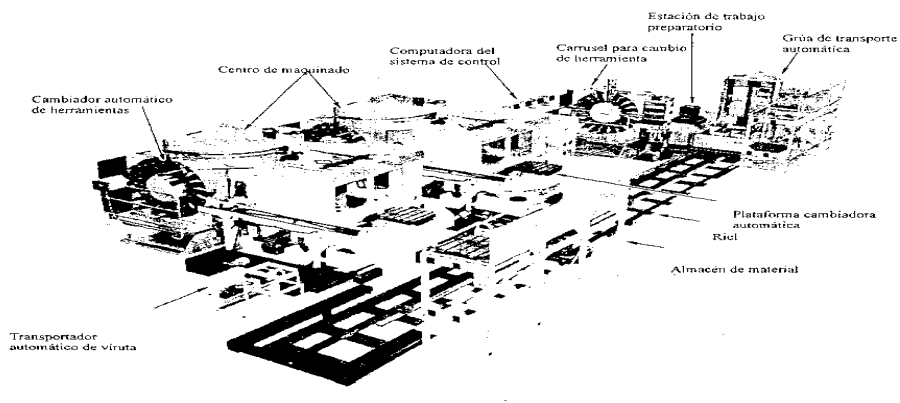
Una máquina herramienta universal controlada numéricamente (CN) con un cambiador de herramienta automático tiende a ser un prototipo de un centro de maquinado.

Fue en la década de los 60 cuando los tornos de control numérico y máquinas fresadoras de control numérico se encontraban en la etapa de uso práctico, y la futura prosperidad de las máquinas herramienta de control numérico había sido prometida. Desde luego, en vista del control numérico de máquinas de propósito general, gradualmente fue dirigiéndose más atención al desarrollo de los centros de maquinado teniendo roles y funciones propios. Actualmente, los centros de maquinado han mejorado sobremanera junto con las computadoras, instrumentos y equipos periféricos, para desarrollar máquinas herramienta típicas representativas de las máquinas herramienta de control numérico.

Desde el punto de vista de control de los centros de maquinado a la producción sus características son:

1. Ahorro de energía en preparación
2. Sistematización de la producción
3. Funciones de maquinado combinadas

Figura 1. Centro de maquinado y sistema de producción



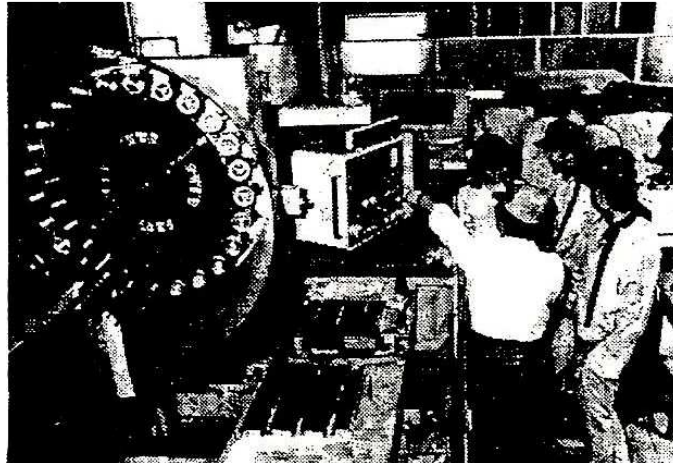
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 6

### **1.2.1 ¿Qué son los centros de maquinado?**

Los centros de maquinado son máquinas herramienta, que pueden realizar taladrado, fresado y mandrinado en operaciones continuas sin detener la máquina para cambiar las herramientas, pero permitiendo el cambio de estas automáticamente. Diferentes máquinas herramienta de control numérico hicieron su aparición para trabajos de maquinado automático mediante la conversión de máquinas herramienta convencionales a máquinas controladas numéricamente, tales como tornos de CN y máquinas fresadoras de CN, una sola unidad de máquina herramienta tal como un centro de maquinado puede realizar varias clases de maquinado bajo el completamente nuevo concepto de maquinado, "algo" que las máquinas herramienta convencionales nunca podrían hacer.

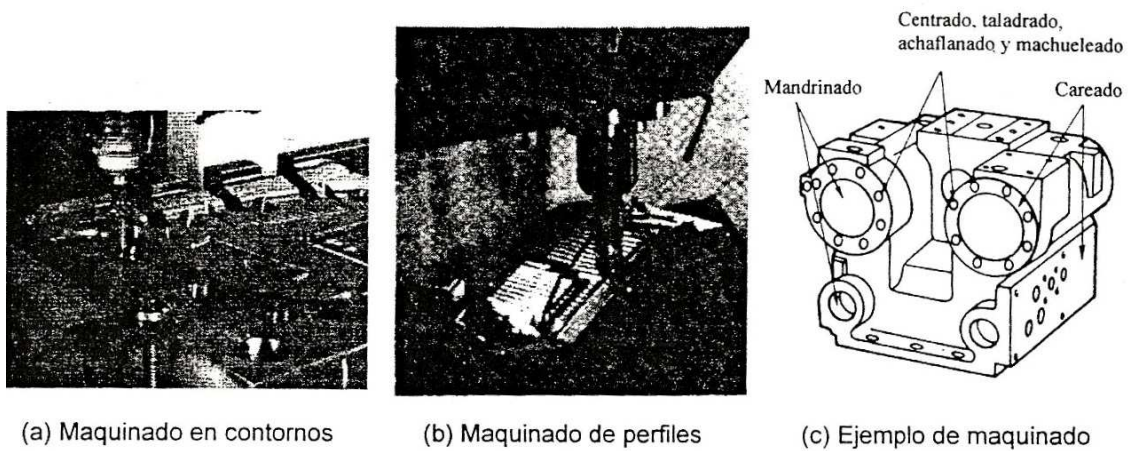
Debido a la aparición de los centros de maquinado, los cuales pueden ejecutar taladrado, fresado y mandrinado, a diferencia de las máquinas de fresado de Control Numérico, las máquinas de taladrado de control numérico y las máquinas de mandrinado de control numérico que solamente tienen una función simple de maquinado, están siendo desplazadas gradualmente por los centros de maquinado. La figura 4 muestra la división de las máquinas herramienta de control numérico por las máquinas típicas. Las máquinas herramienta de control numérico abarcan alrededor del 33% de todas las máquinas herramienta.

Figura 2. Un centro de maquinado en operación



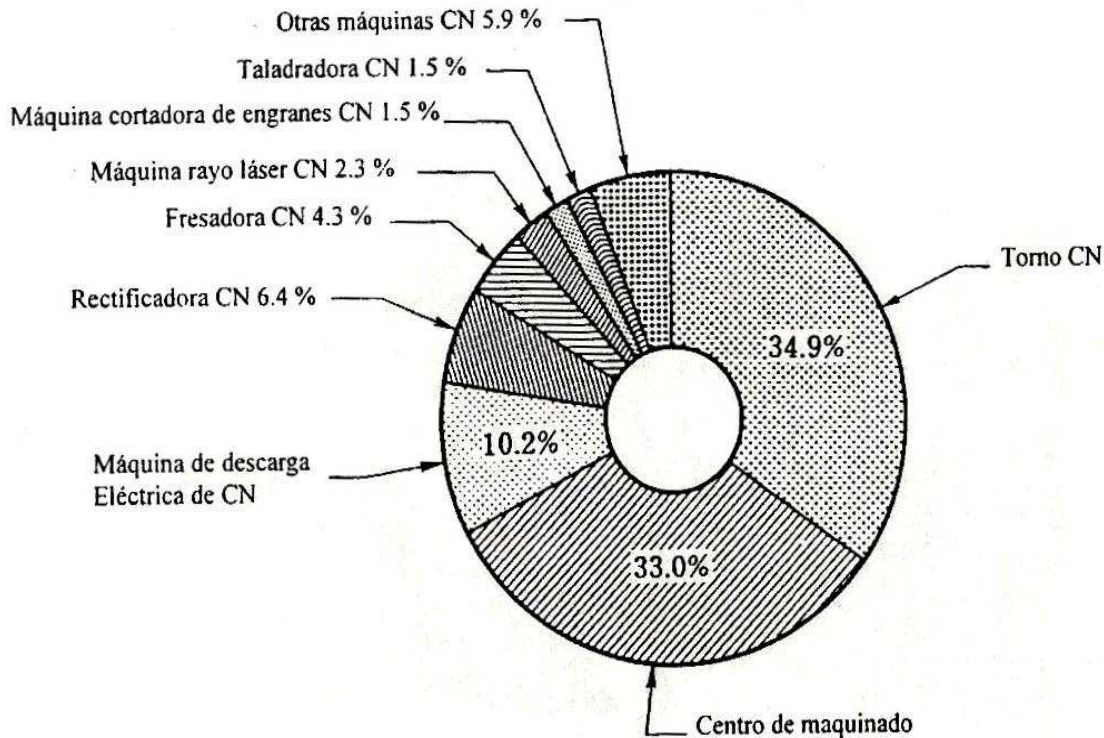
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 7

Figura 3. Cortes con un centro de maquinado



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 8

Figura 4. División de las máquinas herramienta de control numérico (CN) por tipo (año fiscal 1988)

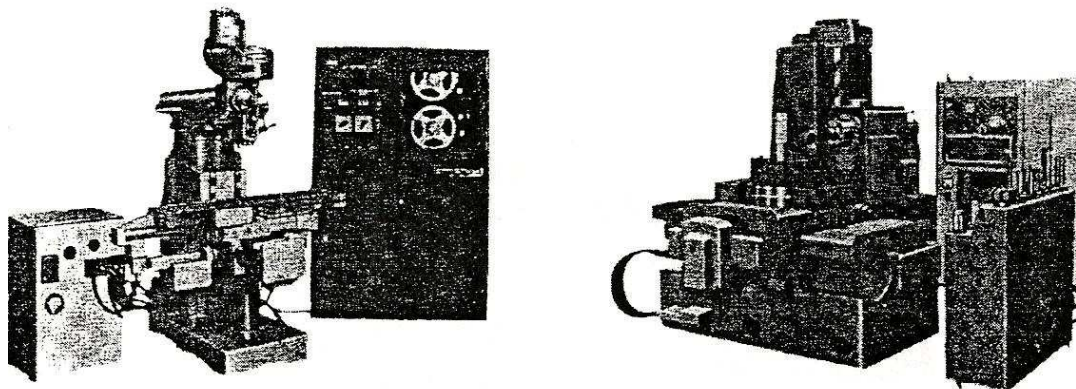


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 8

Sin embargo, el origen de la palabra "centro de maquinado" es desconocido, una máquina herramienta de control numérico con un cambiador de herramienta automático "Milwaukee Matic", que fue desarrollado por Kearney & Trecker Inc.; y otra máquina universal de control numérico, desarrollada por Hitachi, LTD en 1960 tienden a ser los prototipos de los centros de maquinado. No existía el nombre de "centro de maquinado" en esos días. Fue en la tercera feria internacional de máquinas herramienta que se llevó a cabo en Japón en 1965, donde hizo su primera aparición el nombre de "centro de maquinado".

La máquina fresadora de control numérico que fue desarrollada por primera vez en Japón, está mostrada en la figura 5 y el centro de maquinado que hizo su primera aparición en la tercera feria internacional de máquinas herramienta de Japón se muestra en la figura 5.

**Figura 5. Máquina fresadora de CN en sus inicios. Centro de maquinado en Sus inicios**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 9**

Lo anterior significa, que una sola unidad de centro de maquinado puede ejecutar diversos trabajos de maquinado, lo que requeriría varias clases de máquinas herramienta de control numérico. Sin embargo, los centros de maquinado no pueden ser clasificados por el tipo de trabajo, mientras que las máquinas herramienta de control numérico de función sencilla, tales como un torno de control numérico y una fresadora de Control Numérico pueden ser clasificadas de acuerdo con la estructura y a la clase de maquinado.

Por lo tanto, en los estándares de la industria japonesa (JIS) el centro de maquinado está definido como una máquina herramienta controlada numéricamente, la cual puede realizar varias clases de maquinados en dos o más planos sin cambiar las piezas de trabajo y está provisto con un cambiador automático de herramienta o selector de funciones.

Por consiguiente, los centros de maquinado son máquinas herramienta controladas numéricamente que tienen:

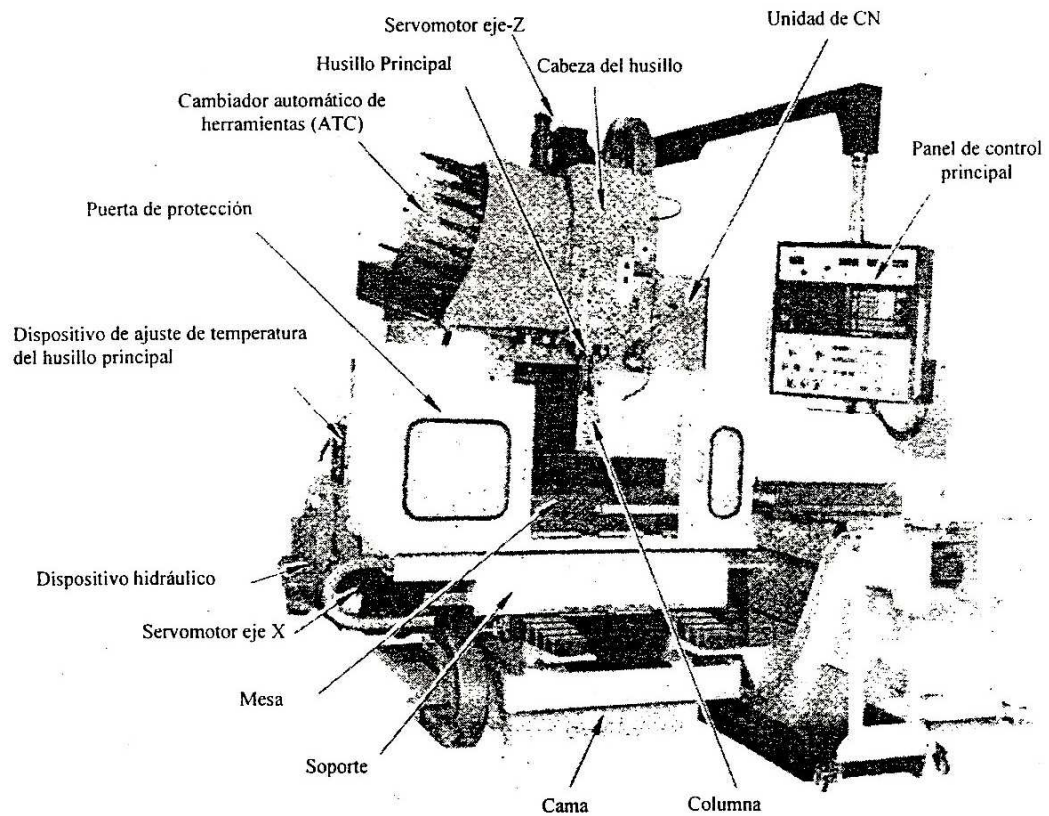
1. Capacidad de maquinado de una hasta seis piezas en diferentes planos.
2. Capacidad de ejecutar varias clases de maquinado, tales como fresado y taladrado.
3. Provisto con un cambiador automático de herramientas y capaz de seleccionar libremente las herramientas de acuerdo a la clase de maquinado.

### **1.2.2 Componentes básicos de los centros de maquinado**

Los centros de maquinado están clasificados rigurosamente en dos tipos, de acuerdo a la dirección del husillo principal llamados del tipo vertical y horizontal. La figura 6, muestra un centro de maquinado de tipo vertical que tiene el husillo principal vertical, mientras que un centro de maquinado de tipo horizontal tiene el husillo principal horizontal.



Figura 6. Centro de maquinado de tipo vertical



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 10

Con referencia al centro de maquinado mostrado en la figura 6, el panorama de los componentes principales se describe a continuación.

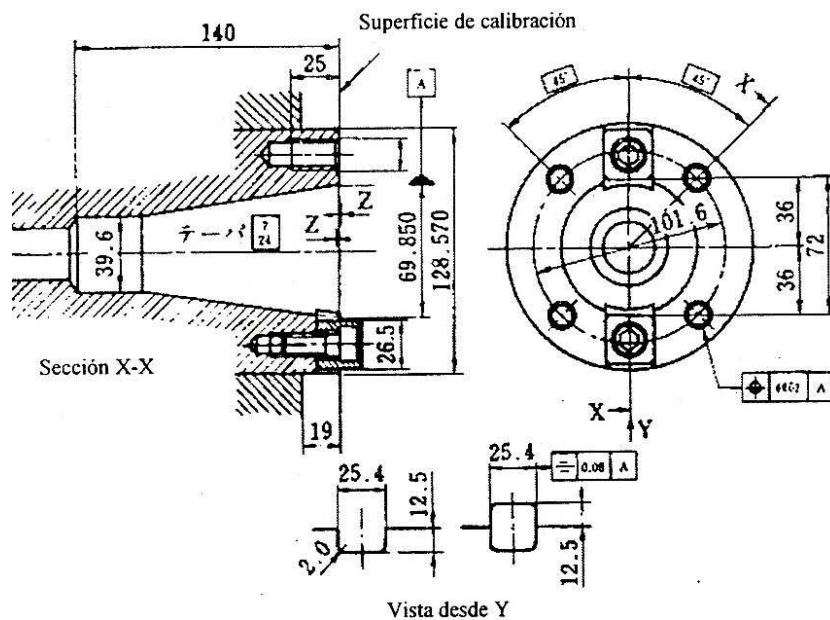
### a. Husillo principal

Similar a las máquinas fresadoras de control numérico o a las máquinas taladradoras de control numérico, los centros de maquinado cortan las piezas con herramientas, las cuales están instaladas en el husillo principal y gira junto con él.

La velocidad de este está regulada de acuerdo con la velocidad requerida por los comandos de la unidad de control numérico por medio de engranes o bandas.

Hay dos tipos diferentes de boquillas que se utilizan en los husillos, una boquilla cónica y otra recta, aunque casi todos los centros de maquinado adoptan boquillas cónicas. La figura 7 muestra la forma de la boquilla del husillo principal estipulado en el JIS B 6101.

Figura 7. Forma de la boquilla del mandril (JIS B 6101)



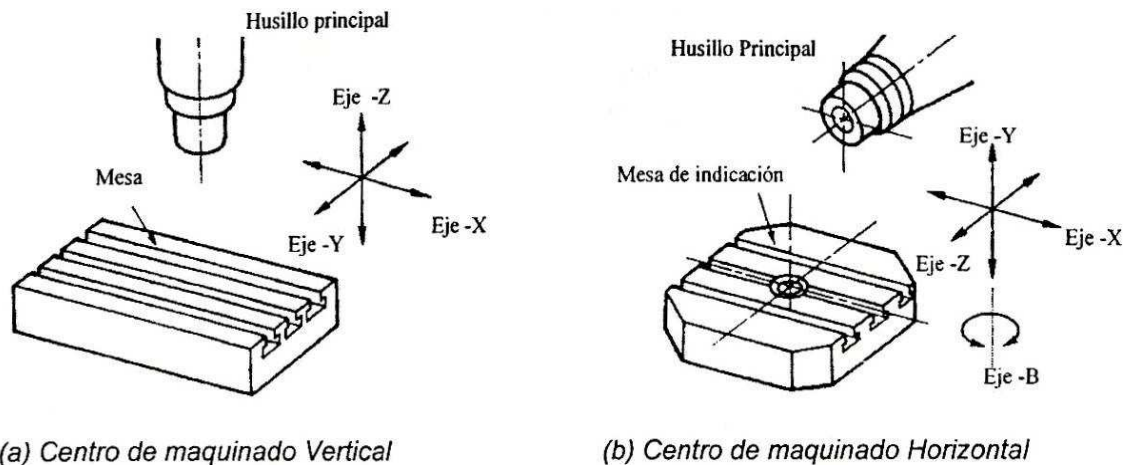
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 11

## b. Cabeza de mandril

La cabeza de mandril soporta al mandril principal por medio de baleros y transmite la rotación del motor al mandril principal.

La cabeza de este se mueve hacia arriba y hacia abajo por el servomotor y forma el eje Z en el centro de maquinado de tipo vertical, como se muestra en la figura 8 (a), y el eje Y en el centro de maquinado del tipo horizontal, como se muestra en la figura 8 (b).

Figura 8. **Clasificación de los centros de maquinado por la dirección del mandril principal**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 12**

Los ejes de control de los centros de maquinado comprenden tres ejes (XYZ), llamados ejes de movimiento hacia arriba y hacia debajo de la cabeza del mandril, el movimiento a la derecha y a la izquierda de la mesa, así como el de hacia adelante y hacia atrás será explicado más adelante.

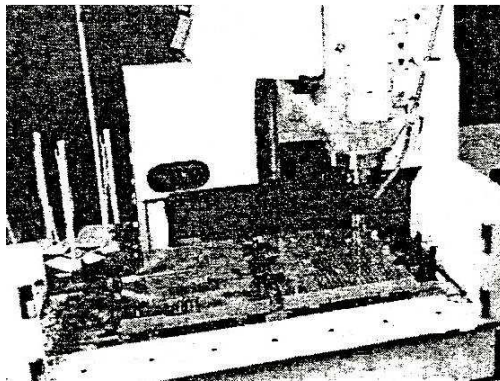
### c. Mesa

La mesa es para sujetar las piezas de trabajo con plantillas e instalaciones fijas.

Canales en forma de T y agujeros son provistos en la mesa para fijar una pieza de trabajo (figura 9). La mesa se desliza en la dirección de izquierda a derecha y forma el eje X en ambos centros de maquinado, vertical y horizontal.

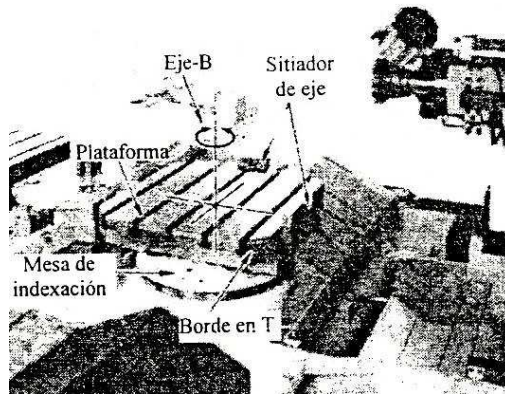
El centro de maquinado horizontal está provisto con la función de indicación para la mesa. En este caso, una pieza de trabajo es colocada sobre la mesa llamada "*Pallet*", como se muestra en la figura 10. El maquinado en planos múltiples puede ser ejecutado por la rotación del *pallet*. La rotación del eje del *pallet* generalmente forma el eje B.

**Figura 9. Masa del centro de maquinado vertical**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 12**

Figura 10. **Pallet del centro de maquinado horizontal**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 12**

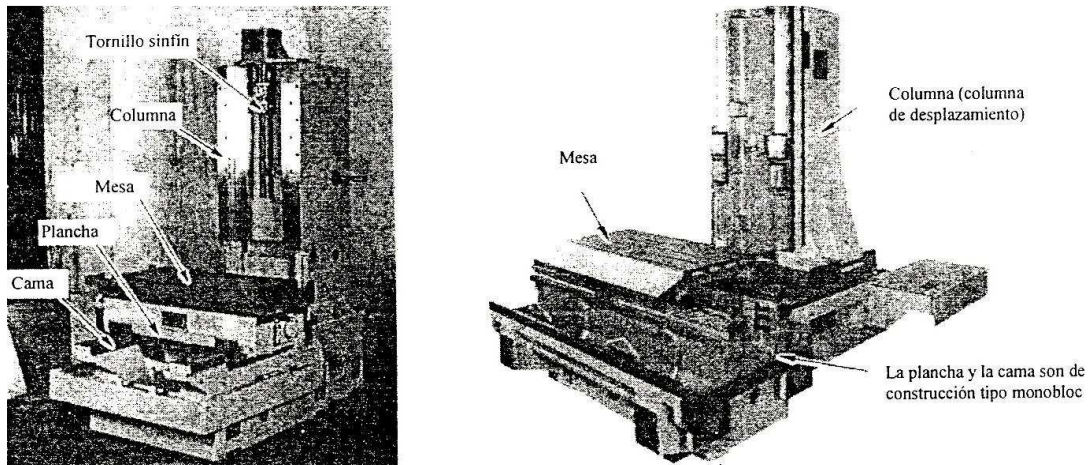
#### **d. Plancha**

La plancha soporta la masa y hace el movimiento de adelante hacia atrás sobre la cama, y forma el eje Y en el centro de maquinado vertical (figura 11), mientras que el centro de maquinado de tipo horizontal forma el eje Z (figura 11).

#### **e. Columna**

La columna sostiene a la cabeza del mandril. Hay dos tipos de columnas, por ejemplo una es del tipo columna fija, la cual está fija sobre la cama (figura 11), y la otra es del tipo columna viajera, la cual puede variar sobre la cama (figura 11).

Figura 11. **Columna del tipo fija. Columna del tipo viajera**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 13**

#### **f. Cama**

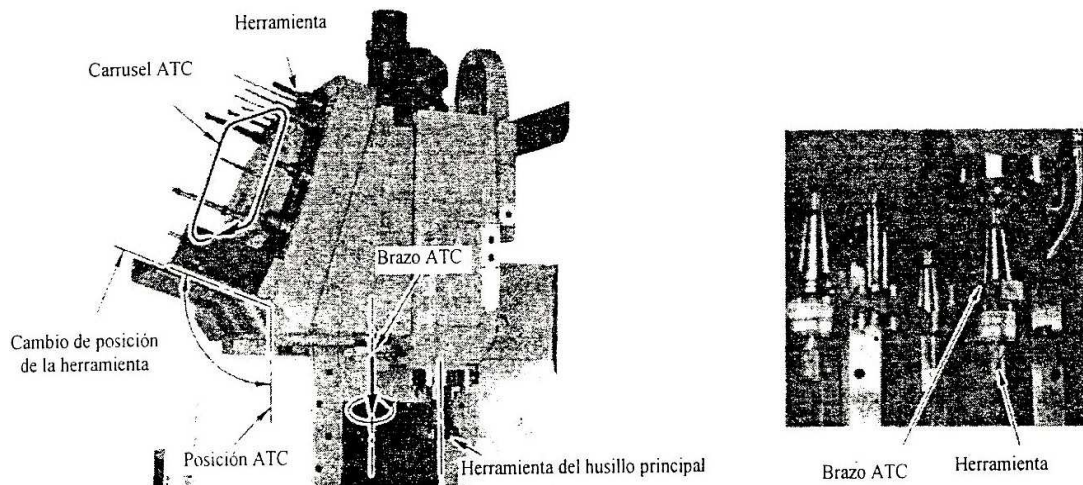
La cama soporta la columna y la plancha, éstas forman la base de la máquina completa (figura 11).

#### **g. Cambiador automático de herramientas (ATC)**

ATC, es una abreviación del cambiador automático de herramientas, y es un dispositivo para intercambiar automáticamente una herramienta ya colocada en el mandril principal con una herramienta que será empleada en la siguiente etapa de maquinado. Esto comprende el brazo ATC, para asir una herramienta y el carrusel ATC para acomodar varias herramientas. La figura 12 muestra la unidad del ATC y sus movimientos.

Hay dos métodos para designar las herramientas, por ejemplo el método de selección secuencial de herramientas y el método de selección al azar. El método de selección secuencial de herramientas es para intercambiar herramientas arregladas en el carrusel ATC, mientras que en el método de selección al azar de herramientas es para designar números a todas las herramientas arregladas en el carrusel para almacenar éstos en la unidad CN y llamar alguna herramienta en especial cuando se requiera. La mayoría de los centros de maquinado adoptan el método de selección al azar de herramientas.

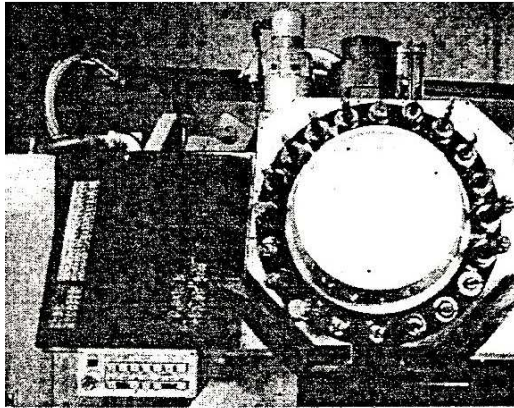
Figura 12. ATC y Movimiento ATC



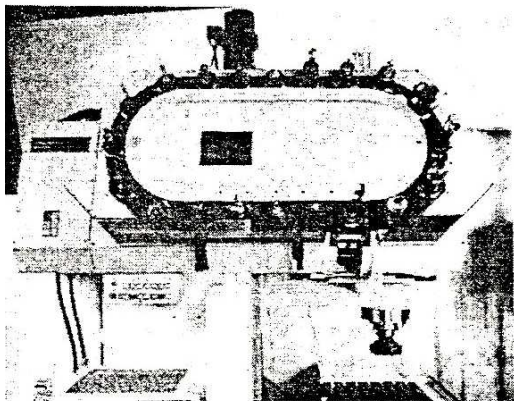
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 14

La figura 13 muestra varios tipos de carrusel ATC. El tiempo neto requerido para intercambiar las herramientas es llamado tiempo "tool to tool" y el tiempo requerido desde la terminación del maquinado hasta el comienzo del siguiente maquinado con la nueva herramienta es llamado "chip to chip".

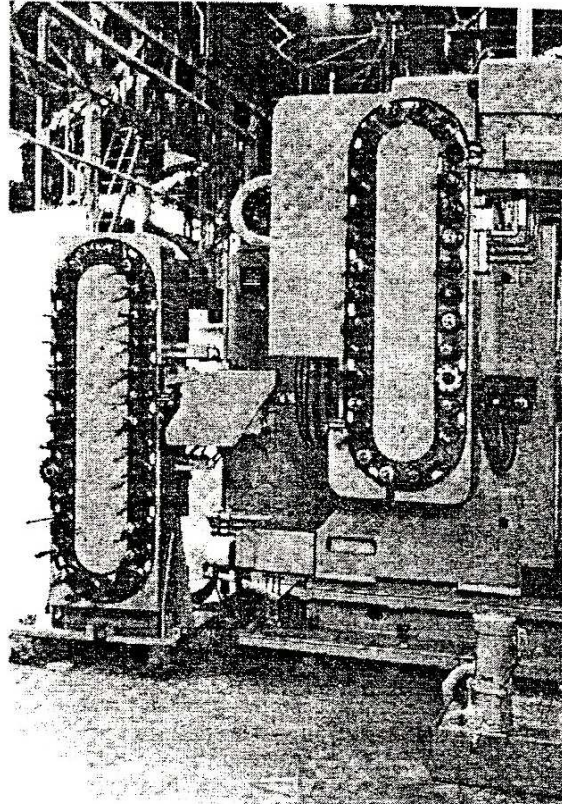
Figura 13. Tipos de carrusel ATC



(a) tipo tambor



b) tipo cadena



(c) Carrusel para herramientas de repuesto

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 15

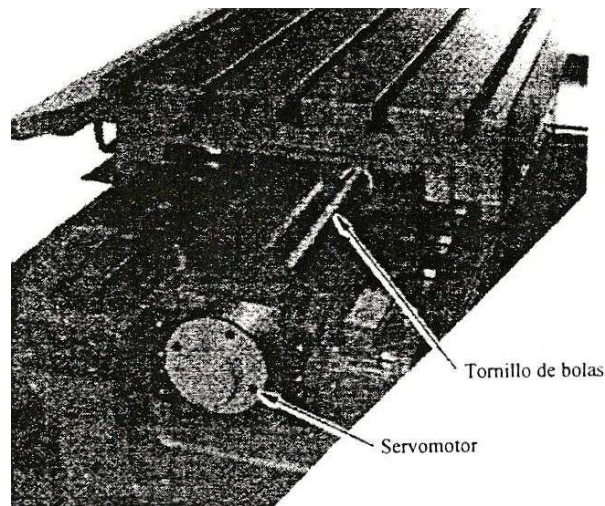
#### h. Mecanismo de avance

El mecanismo de avance (figura 14) comprende un servomotor, tornillo de bola, tuerca de bola, etc. Es un mecanismo de posición que avanza la mesa, la plancha y la cabeza del mandril mediante una orden desde la unidad CN.



La rotación del servomotor es transmitida al tornillo de bola por medio de engranes, bandas o uniones, y causa movimientos lineales de la mesa, plancha y cabeza del mandril conectados directamente a la tuerca de bola. Un motor de pulso electrohidráulico fue adoptado para el servomotor en una primera etapa, luego un servomotor CD y recientemente se usa un servomotor AC.

Figura 14. **Servomotor y tornillo de bola**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 16**

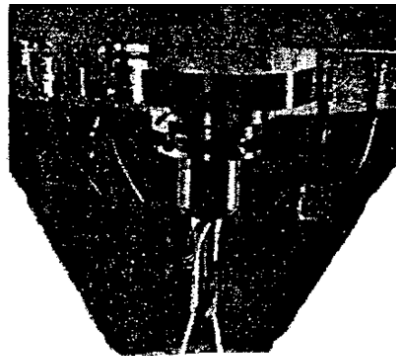
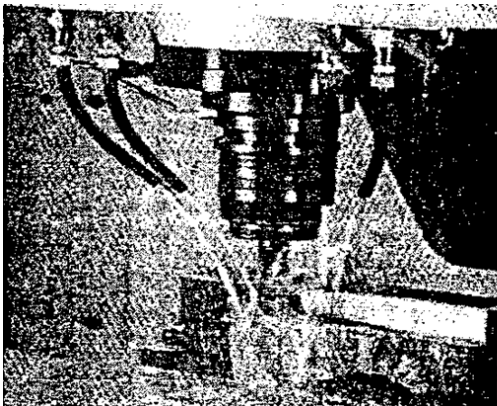
### **i. Sistema refrigerante**

El sistema refrigerante consiste en un dispositivo que suministra refrigerante a las herramientas y piezas de trabajo, y lo recupera. Generalmente es usado un refrigerante de agua-soluble o agua-insoluble para lubricar y enfriar las superficies de corte de las piezas de trabajo y la herramienta.

Hay varios métodos de suministro de refrigerante, los cuales se describen a continuación:

1. Método de refrigeración por boquilla: suministro de refrigerante de boquillas de cierre apropiado para la nariz del mandril (figura 15)
2. Método de refrigerante interno: suministro de refrigerante a través del interior del mandril principal y del interior de la herramienta (figura 15)
3. Método de refrigeración por baño: suministro de refrigerante a la herramienta completa y a la pieza de trabajo.
4. Método de refrigeración por niebla: suministro de refrigerante estando mezclado con aire en forma de niebla.

Figura 15. **Método de refrigeración por boquilla. Método de refrigeración interno**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 17**

#### **j. Unidad de ajuste de temperatura del mandril principal**

La unidad de ajuste de temperatura del mandril principal es un dispositivo para lubricar y enfriar el mandril principal, los baleros y los engranes, los cuales están girando a alta velocidad, para prevenir la degradación de la exactitud del maquinado causado por la distorsión térmica de máquina.

#### **k. Unidad de potencia hidráulica**

La unidad hidráulica es usada como una fuente de potencia para cambiar herramientas en el ATC y *pallets*.

#### **l. Unidad de potencia neumática**

La unidad de potencia neumática es usada como una fuente de potencia neumática para la protección de la máquina desde la viruta y refrigerante, limpieza del agujero del mandril principal y el mango de la herramienta durante el tiempo de cambio de la herramienta, y corta la nube refrigerante de aceite y aire.

#### **m. Dispositivo de lubricación de la superficie de deslizamiento**

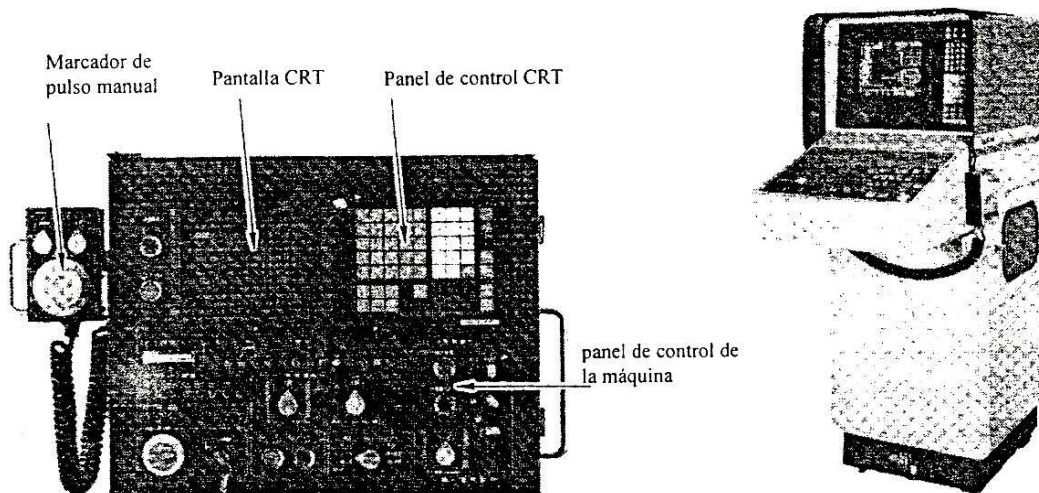
El dispositivo de lubricación de la superficie de deslizamiento es un dispositivo que suministra lubricación de aceite a las superficies de deslizamiento de la cabeza del husillo, mesa y plancha.

#### **n. Unidad de CN y panel de control principal**

Muchas de las unidades recientes de CN están construidas de un monoblock integral operando partes dentro de los cuerpos de la máquina. El centro de maquinado mostrado en la figura 6 es también de construcción monoblock y su unidad de CN está implementada en el lado posterior de la máquina.

El panel de control principal comprende el panel de control de la máquina para la operación manual de la máquina y el panel de control CTR para entrada MDI (ingreso manual de datos), la figura 16, muestra ejemplos del panel de control principal. En adición al panel de control principal, el centro de maquinado tiene otros paneles de control, tales como el panel de control de la cabeza del husillo para la selección manual y desmontaje de las herramientas del husillo principal y el panel de control ATC para la operación manual del ATC.

Figura 16. **Panel de control principal Tipo pendiente (izquierda) y Tipo consola (derecha)**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 18**

### **1.2.3 Características, uso y tipos de los centros de maquinado**

#### **a. Características y usos**

Los centros de maquinado son máquinas-herramientas de control numérico, que continuamente ejecutan varias clases de maquinado mediante el intercambio de herramientas en forma automática, tal como un careado con fresa, taladrado, cachueleado, rimado y mandrinado (figura 17). Maquinados complicados y de mucha precisión, requerirán personal muy capacitado para la operación de las máquinas herramienta convencionales; mientras que los centros de maquinado pueden ser operados por personas con poca experiencia, siempre y cuando los programas, herramientas, las características de éstas y de la pieza de trabajo sean preparadas oportunamente.

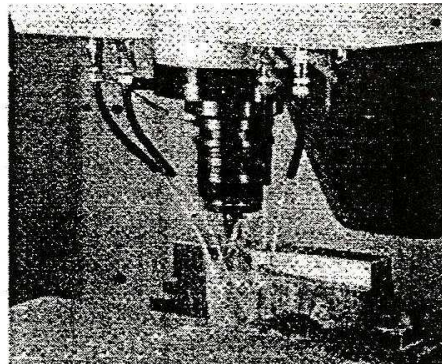
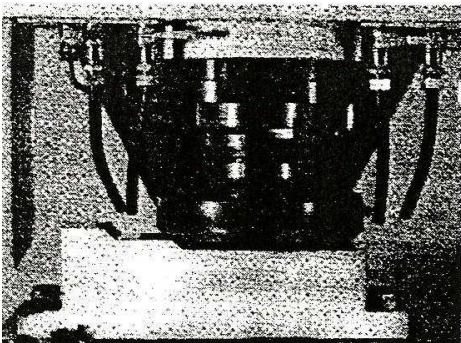
Los centros de maquinado tiene características para realizar un notable mejoramiento en la productividad por la alta velocidad y exactitud de posicionamiento por medio de servomotores y tornillos de bola, además de almacenar trabajos preparatorios para la colocación y desmontaje de herramientas y piezas de trabajo.

En comparación con las máquinas "transfer" y las máquinas-herramienta de propósitos especiales, los centros de maquinado son inferiores en términos de producción en masa, pero estos pueden fácilmente cumplir con el desarrollo de nuevos productos y cambiar el diseño del producto únicamente por medio de la preparación o la modificación de los programas.

En general, los centros de maquinado pueden ser llamados máquinas herramienta de control numérico, los cuales están disponibles para un número medio de clases de trabajo y una cantidad media de producción.

Sin embargo, son adoptados satisfactoriamente para producciones diversas en pequeñas cantidades, debido a sus características de mucha exactitud y alto nivel de automatización que han alcanzado recientemente.

**Figura 17. Maquinado por centro de maquinado: refrentado y maquinado de cara lateral**

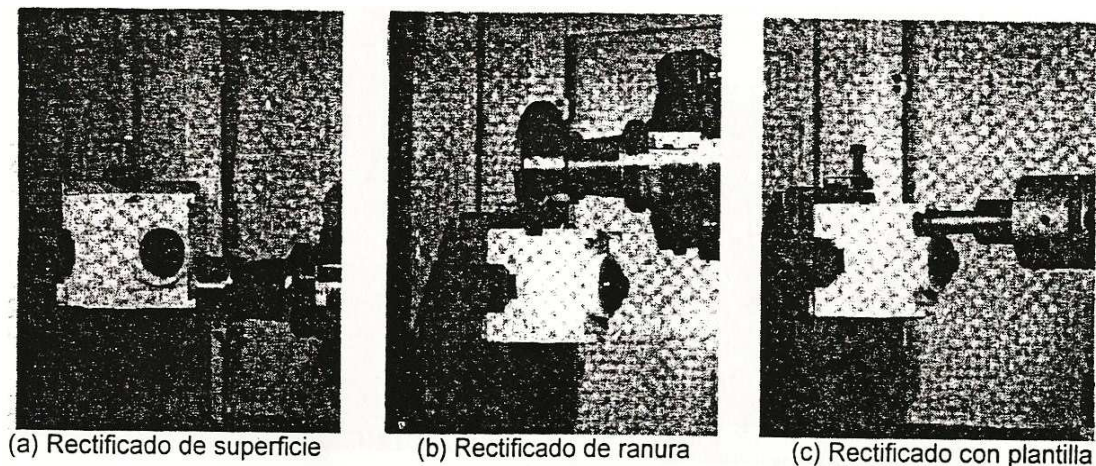


Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 19**

El uso de los centros de maquinado en el maquinado de componentes, troquelados y otros productos, incluye la producción de un número medio de clases y una cantidad media de productos, tales como, cajas de engranes, partes de motor, partes de bombas, computadoras, comunicación y partes de aeronaves. Para maquinado de troqueles, éstos son usados como máquinas-herramienta de control numérico para producción diversificada en cantidades pequeñas para cumplir con las necesidades del usuario, tales como, la elaboración de productos sencillos, productos de formas complicadas de alto nivel y productos de alta precisión. Así como para maquinado de productos de prueba, en los cuales el diseño es cambiado frecuentemente.

En años recientes, aparecieron centros de maquinado de gran rigidez que pueden rectificar materiales altamente quebradizos, tales como, la cerámica fina mediante diamante y piedras abrasivas (figura 18).

**Figura 18. Rectificado de cerámica fina con un centro de maquinado (muela abrasiva: fibra aglutinante de hierro de fundición y piedra abrasiva)**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 20**

### **b. Tipos de centro de maquinado**

De acuerdo con la dirección del husillo principal, los centros de maquinado se clasifican en dos tipos: centro de maquinado vertical y horizontal. La elección de uno de estos dependerá del tipo de piezas a fabricar.

Los centros de maquinado pueden ser clasificados además de acuerdo con la composición de tres ejes (X, Y y Z), como se muestra en la tabla II.

Tabla II. Clasificación de centros de maquinado por composición de ejes

CLASIFICACIÓN POR LA DIRECCIÓN DEL HUSILLO PRINCIPAL	CLASIFICACIÓN POR LA COMPOSICIÓN DE EJES	UNIDADES DE MANDO			FIGURA	COMENTARIOS
		Eje X	Eje Y	Eje Z		
CENTRO DE MAQUINADO TIPO HORIZONTAL	<i>Tipo plancha</i>	Mesa	Cabezal del husillo	Mesa	Fig. 1-25 (a)	Muchos centros de maquinado de tamaño medio y pequeños son de este tipo.
	<i>Tipo columna viajera</i>	Columna	Cabezal del husillo	Columna	Fig. 1-25 (b)	La mesa está asegurada y las herramientas son movidas en tres direcciones X Y y Z. Recomendable para sistemas de máquinas de producción en serie.
		Columna	Cabezal del husillo	Cabezal del husillo (tipo carnero)	Fig. 1-25 (c)	
		Mesa	Cabezal del husillo	Columna	Fig. 1-25 (d)	La máquina tiene la estructura independiente de los ejes X, Y y Z, sin inclinación hacia adelante, contraria al movimiento de las unidades de mando. Comparativamente muchos de los centros de maquinado de tamaño medio y grande son de este tipo.
		Columna	Cabezal del husillo	Mesa	Fig. 1-25 (e)	
	<i>Tipo carnero</i>	Mesa	Cabezal del husillo	Cabezal del husillo (tipo carnero)	Fig. 1-25 (f)	
	<i>Tipo rótula</i>	Mesa	Rótula	Cabezal del husillo (tipo carnero)	Fig. 1.25 (g)	Este tipo de centros de maquinado son muy raros y hay pocos de tamaño pequeño.
CENTRO DE MAQUINADO TIPO VERTICAL	<i>Tipo plancha</i>	Mesa	Mesa	Cabezal del husillo	Fig. 1.27 (a)	Este tipo es el principal de los centros de maquinado y es considerado como el más ortodoxo.
	<i>Tipo columna viajera</i>	Mesa	Columna	Cabezal del husillo	Fig. 1.27 (b)	Este tipo tiene la estructura independiente de los ejes sin inclinación hacia adelante contraria al movimiento de las unidades de mando. Comparativamente muchos de los centros de maquinado de tamaño mediano y grande son de este tipo.
		Columna	Columna	Cabezal del husillo	Fig. 1.27 (c)	La mesa está asegurada y las herramientas son movidas en tres direcciones X, Y y Z. Hay pocos centros de maquinado de este tipo.
	<i>Tipo puerta</i>	Mesa	Cabezal del husillo	Cabezal del husillo (tipo carnero)	Fig. 1.27 (d)	Este es un centro de maquinado vertical del tipo planomillero, pero está clasificado dentro del tipo puerta.

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 21

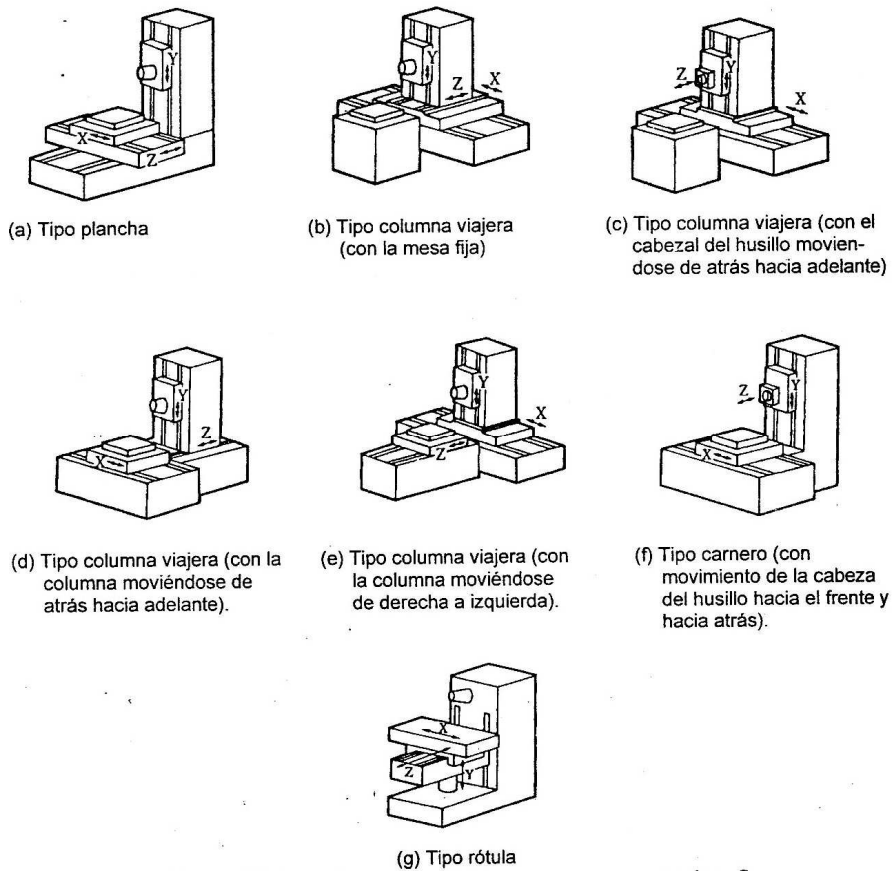
Los centros de maquinado del tipo horizontal, figura 19, son recomendables para maquinados de caras múltiples de piezas de trabajo tipo caja, tales como, cajas de engranes.



Por lo tanto, éstos ahorran energía debido a la eficiencia de la descarga de la viruta, refrigerante y a la plataforma de intercambio automático, además son usados a menudo para sistemas de producción de alto nivel.

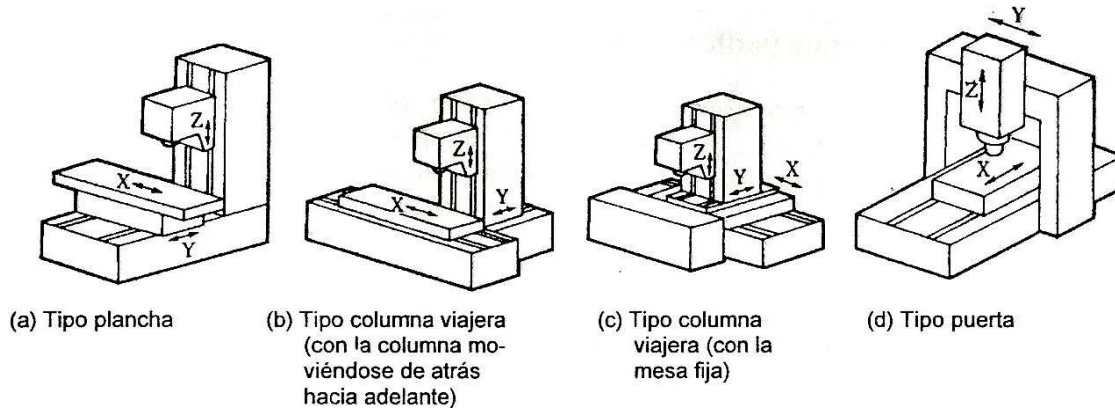
Los centros de maquinado del tipo vertical, figura 20, son recomendables para maquinados de superficies, ranuras, agujeros de lámina perfilada y piezas de trabajo redondas, que son caracterizados por la facilidad de la preparación del trabajo, buena operabilidad y accesibilidad de herramientas.

Figura 19. Tipos de centro de maquinado horizontales



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 22

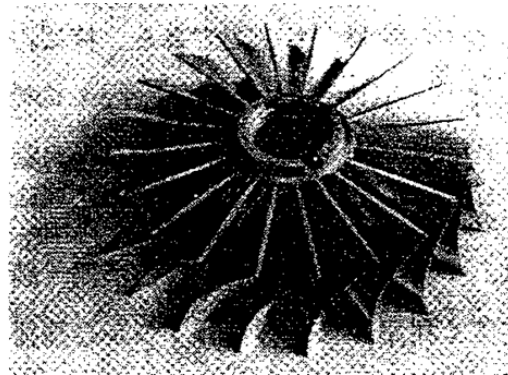
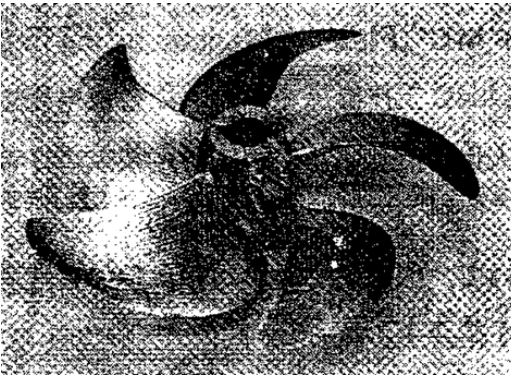
Figura 20. Tipos de centros de maquinado verticales



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 23

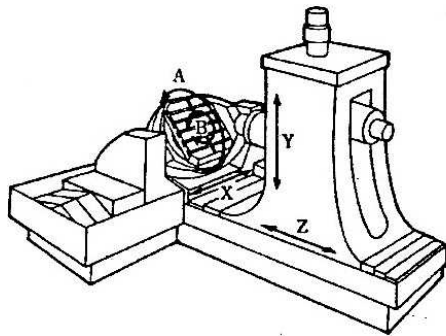
Los centros de maquinado más comunes están compuestos por tres ejes de control X, Y y Z. Los maquinados de hélices y discos de turbinas que están mostrados en la figura 21, fueron hechos por centros de maquinado de 5 ejes de control. Un centro de maquinado de este tipo está mostrado en la figura 22.

Figura 21. Ejemplos de productos maquinados mediante centros de maquinado de 5 ejes de control (Hélice y disco de turbina)



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 23

Figura 22. Disposición de los 5 ejes de control de un centro de maquinado de 5 ejes



Eje-X: Ejes de movimiento izquierda-derecha de la mesa.  
Eje-Y: Eje de movimiento arriba-abajo de la cabeza del husillo.  
Eje-Z: Eje de movimiento enfrente-atrás de la columna.  
Eje-A: Inclinación de los ejes de la plataforma.  
Eje-B: Rotación de los ejes de la plataforma.

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 23

### 1.2.4 Instrumentos y equipos periféricos

Para ejecutar trabajos en los centros de maquinado eficientemente, abundan funciones de alta operabilidad y flexibilidad para cumplir con la automatización necesaria en estas máquinas. Recientemente, sistemas de producción automatizados basados en máquinas-herramienta controladas numéricamente, tales como FMC (abreviación de *flexible manufacturing cell*) y FMS (abreviación de *flexible manufacturing system*) llaman la atención de la gente, y están en desarrollo varios tipos de instrumentos y equipo periférico que prometen la automatización y operación de los centros de maquinado, sin la intervención del hombre.

Algunos de los instrumentos y equipo periférico para los centros de maquinado, que están en gran uso, incluyendo los de tipo estándar y aquellos que promueven la automatización, son mencionados a continuación.

### **a. Herramienta de acoplamiento y extractor de espigas**

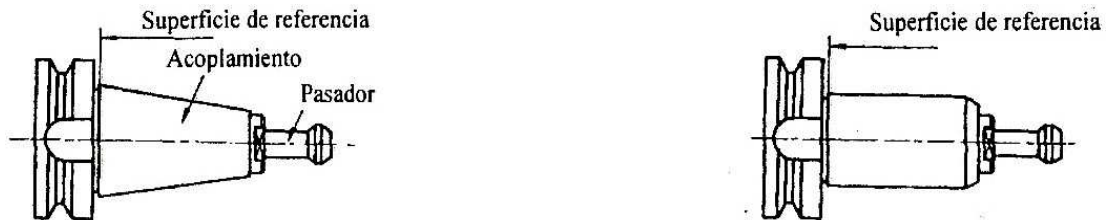
Las herramientas de acoplamiento son instalaciones fijas para sostener y asegurar las herramientas a los husillos principales. Existen acoplamientos de tipo cónico y de tipo recto, dependiendo de la forma de la nariz del husillo (figura 23). Los extractores de espigas son instalaciones fijas auxiliares de acoplamiento y fijación de las herramientas a los husillos principales.

El acoplamiento de las herramientas es asegurado al husillo principal de una forma tal que el extractor de espigas es desacoplado hacia el cabezal del husillo principal mediante el mecanismo de grapa, y la parte afilada del acoplador está firmemente asegurada en el agujero del husillo principal (figura 24).

La asociación de constructores de máquinas herramienta en Japón tienen sus estándares, los cuales incluyen la norma para las herramientas de acoplamiento y extractor de espigas. La figura 25 muestra las estructuras y dimensiones de acopladores de herramientas afilados o cónicos (en caso de BT50) y extractores de espigas, los cuales están estipulados en MAS (*Machine Association Estándar* MAS 403-1982). Son normalizados los acopladores de herramientas cónicos de BT30 a BT60, y son usados a menudo los BT40, BT45 y BT50.

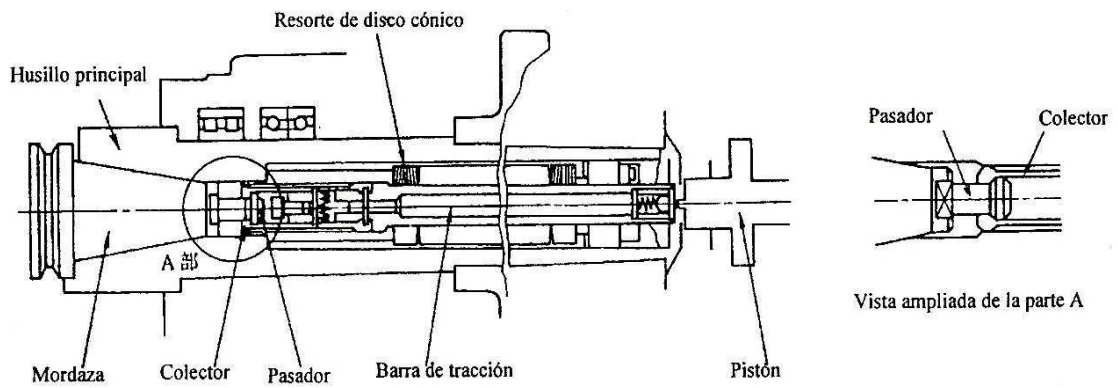
Los acopladores de herramienta y extractores de espigas son necesarios para la colocación de las herramientas en los husillos principales, y éstos deben ser seleccionados, ya que sus formas y dimensiones pueden variar de acuerdo con la especificación de las máquinas.

Figura 23. **Acoplador de herramienta tipo cónico (izquierda) y tipo recto (derecha)**



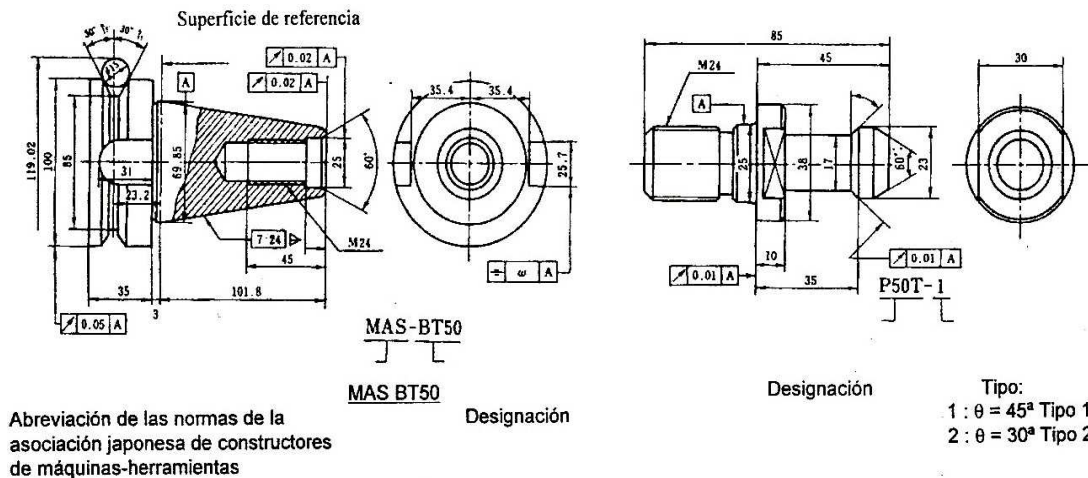
Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 25**

Figura 24. **Mecanismo de abrazadera del cabezal del husillo**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 25**

Figura 25. Acoplador de herramientas y extractor de espigas (MAS 403-1982). Acoplador (izquierda) y espiga (derecha)



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 25

## b. Sistema de herramientas

Las herramientas a ser usadas en el centro de maquinado son colocadas en el husillo principal dentro de los portaherramientas. La figura 26 muestra algunos ejemplos de colocación de varias herramientas.

En un estante de herramientas pueden acomodarse muchas de ellas. Una sola unidad de centro de maquinado requiere alrededor de diez herramientas y una considerable dinero para obtenerlas, por tal motivo, cuando se adquieren se deberán tener consideraciones de cuidado para el uso eficiente de las mismas. Por ejemplo la intercambiabilidad de los acopladores de herramientas entre los centros de maquinado, así como entre herramientas y portaherramientas.

Las herramientas y portaherramientas usadas en los centros de maquinado tienen algunas variedades dependiendo de su manufactura. Por lo tanto, la sistematización de las herramientas portaherramientas y la selección apropiada de las herramientas está basada en el uso eficiente de estas. La sistematización de las herramientas y portaherramientas es llamado sistema de herramientas.

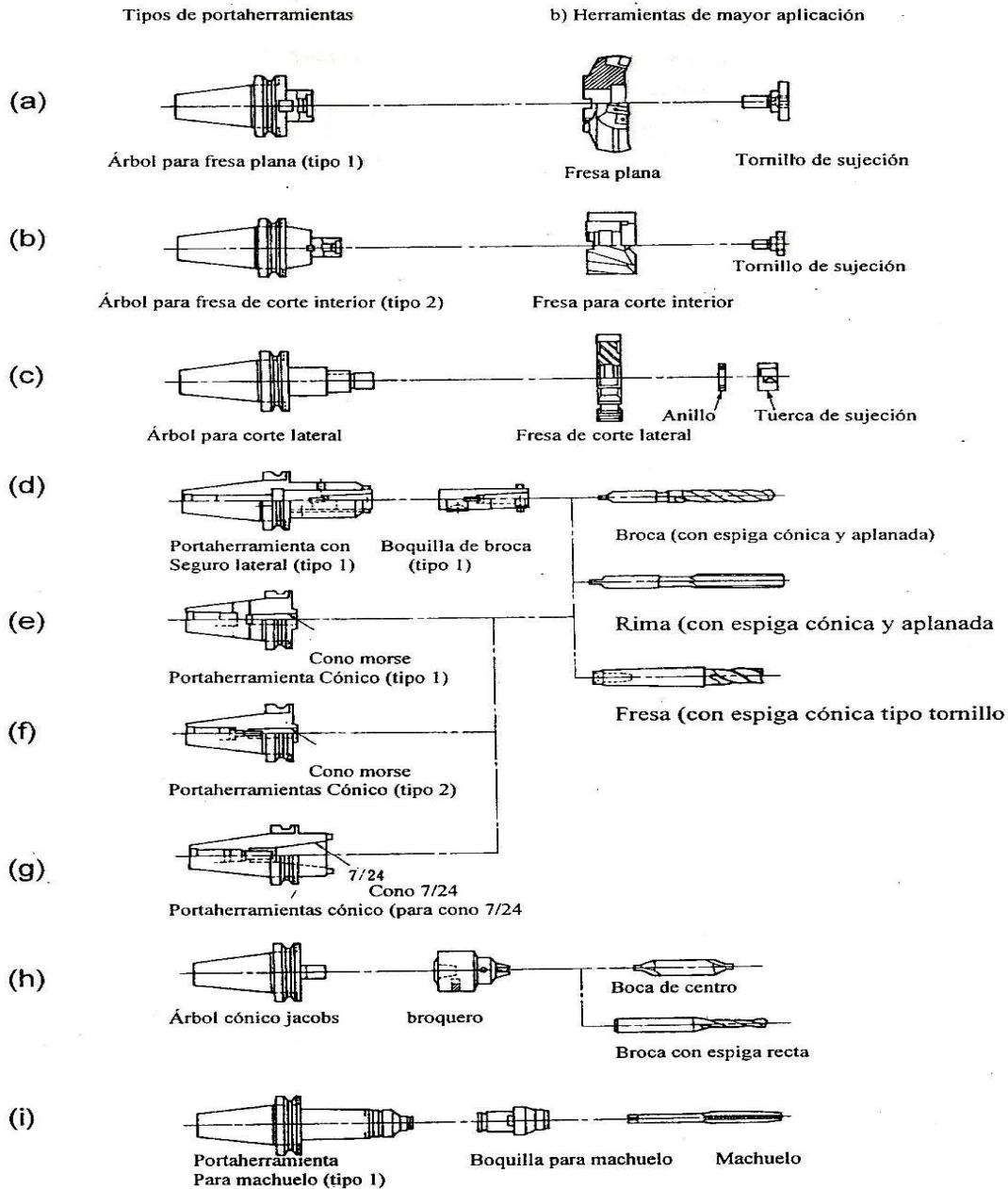
La forma del sistema de herramientas varía dependiendo de los tipos y los usos de los centros de maquinado, pero los fabricantes de las máquinas-herramienta y de herramientas están desarrollando un sistema basado en la composición de estándares MAS. Por consiguiente, usos ordinarios son también planeados para sistematizar sus herramientas en concordancia con los estándares MAS. La figura 27 muestra el sistema de herramientas especificado por MAS BT50-1986.

Figura 26. Ejemplos de varios tipos de fresas



Fuente: [www.minitaladros.com](http://www.minitaladros.com)

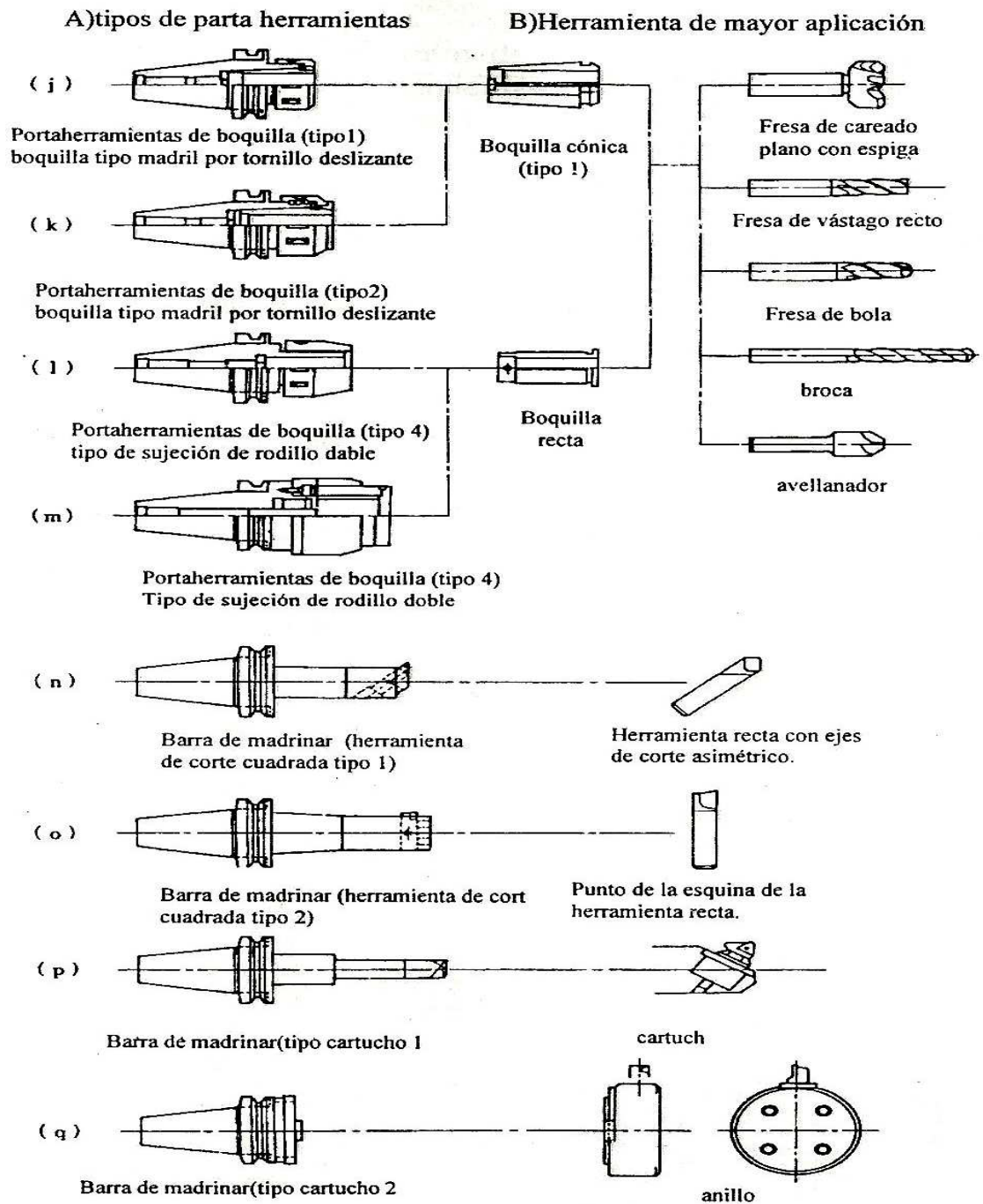
Figura 27. Sistema de herramientas para centro de maquinado – BT50  
(MAS 411-1986) No. 1



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 27



Figura 28. Sistema de herramientas para centro de maquinado – BT50  
(MAS 411-1986) No. 2

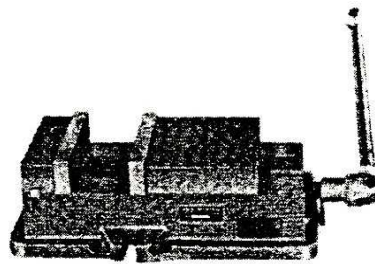


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 28

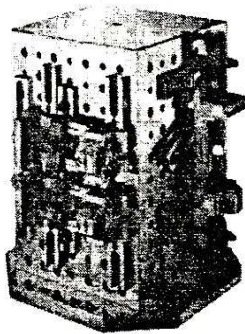
### c. Fijación de piezas de trabajo

Las piezas de trabajo son aseguradas en la mesa correctamente, mediante varios fijadores, como se muestra en la figura 29. Lo anterior influye bastante en la exactitud y eficiencia del maquinado con o sin piezas de trabajo. Por lo tanto, el fijador de torre es el más recomendable para ser seleccionado o diseñado tomando en cuenta las dimensiones, formas, condiciones de corte y métodos de maquinado para las piezas de trabajo.

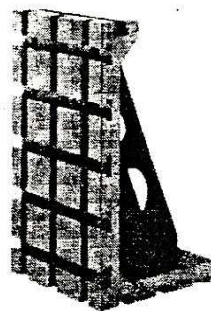
Figura 29. Varios tipos de fijadores



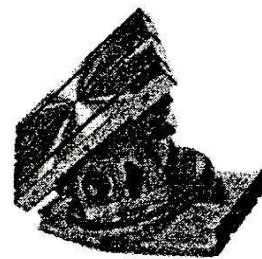
(a) Máquina sujetadora de banco



(b) Fijador de cuatro lados



(c) Apoyo angular



(d) Mesa de inclinación universal

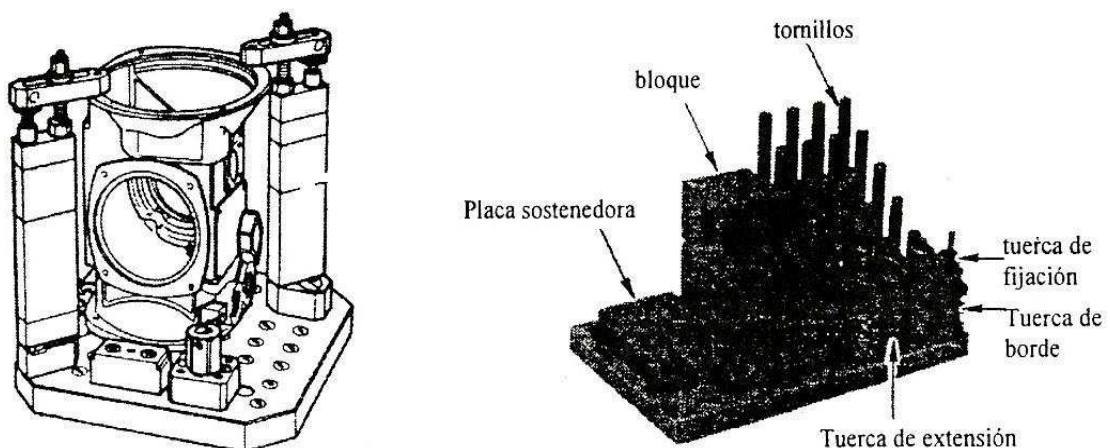
Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 29**

Puntos importantes de los fijadores son la exactitud de posicionamiento y repetibilidad. Aunque para propósitos de fijación especial como plantillas para posicionar o alinear han sido usadas en el pasado, sujetadores de propósitos generales que utilizan pernos y tuercas, como se muestra en la figura 30, han llegado a ser usados más frecuentemente para el uso común de sujetadores.

Las condiciones que los sujetadores deben reunir son las siguientes:

1. El posicionamiento y apriete debe ser sencillo.
2. La instalación no debe requerir mano de obra especializada.
3. Deben tener suficiente rigidez para soportar fuerzas de corte.
4. La remoción de chips y limpieza debe ser fácil.
5. No debe interferir con las herramientas.
6. Deberá ser asegurada la intercambiabilidad y estandarización.

Figura 30. **Sujetadores de propósito general usando pernos y tuercas.**  
**Instalación (izquierda), sujetadores (derecha)**

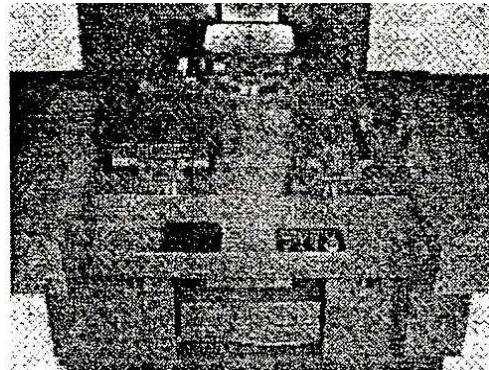
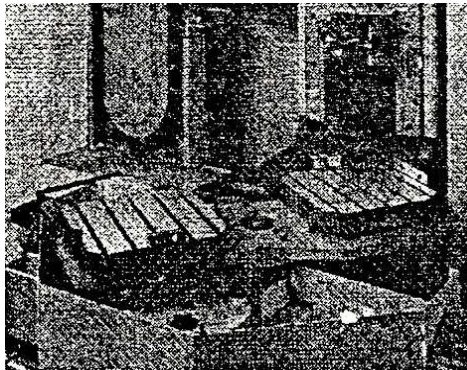


Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 30**

#### **d. Cambiador automático de plataforma (APC)**

APC es una abreviación de *Automatic Pallet Charger* y es un dispositivo para cambiar plataformas automáticamente. Este dispositivo es capaz de colocar una pieza de trabajo sobre la plataforma fuera de la máquina, mientras otra pieza de trabajo colocada sobre la plataforma está siendo maquinada en el centro de maquinado. También es capaz de cambiar automáticamente más tarde la pieza de trabajo después de haber completado el maquinado de la otra pieza, esta mejora es muy recomendable. El tipo rotatorio y el tipo lanzadera son comunes en cambiadores de plataforma (figura 31). Hay un tipo equipado con plataforma múltiple para acarreo automático que prolonga las operaciones continuas del centro de maquinado.

**Figura 31. Tipos de cambiador de plataforma: rotatorio y tipo lanzadera**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 30**

#### **e. Máquina transportadora de viruta**

La máquina transportadora de viruta es un dispositivo para descargar automáticamente las virutas fuera del centro de maquinado (figura 32).

Estas son descargadas de la máquina mediante la máquina transportadora tipo tornillo sin fin y enviadas hacia el cubo con el recuperador tipo elevador.

Figura 32. **Máquina transportadora de viruta (tipo tornillo sin fin)**

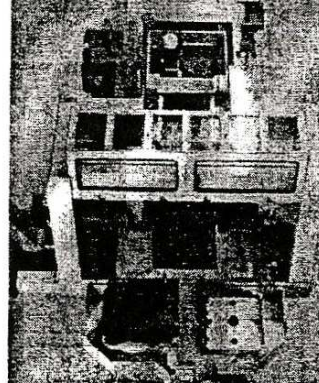
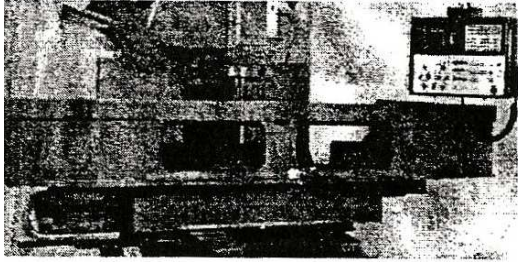


Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 31**

#### **f. Guarda de salpicado**

La guarda de salpicado es un dispositivo para prevenir las virutas y el refrigerante salpiquen fuera de la máquina y son del tipo semicerrado y tipo cerrado totalmente (figura 33). Muchos centros de maquinado con un cambiador automático de plataforma son del tipo cerrado totalmente, con una puerta automática.

Figura 33. **Guarda de salpicado. Tipo semicerrado y totalmente cerrado**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 31**

#### **g. Instrumento de medición automático de herramienta**

El instrumento de medición automático de herramienta es un dispositivo para registrar la cantidad de compensación de la herramienta de la unidad de CN, después de calcular la longitud y el diámetro de una herramienta de los valores de coordenadas obtenidos por contacto de la punta o el lado de la herramienta con el ajustador colocado sobre la mesa.

#### **h. Instrumento de medición automático de la pieza de trabajo**

El instrumento de medición automático de la pieza de trabajo es un dispositivo, el cual compensa automáticamente las diferencias entre los valores programados y los valores obtenidos por medio de medición de superficies de referencia, diferencia de altura, diámetro del agujero y posición del agujero de la pieza de trabajo y de la posición de contacto entre el cabezal medidor y la pieza de trabajo mediante el toque adecuado del sensor sobre el husillo principal.

## i. Robot

El robot es un dispositivo manipulador, el cual es usado para el cambio automático de piezas de trabajo colocadas sobre la mesa o la plataforma, o para el cambio automático de herramientas usadas en el carrusel de herramientas (ATC) con sus herramientas de reserva. Los robots usados actualmente tienen 5 ó 6 grados de libertad de movimiento, tales como giro de muñeca, giro de brazo, movimiento hacia arriba y hacia abajo de los brazos y movimiento hacia adelante y hacia atrás de los brazos. La figura 34 muestra un tipo de robot de articulaciones múltiples.

Figura 34. **Robot de articulaciones múltiples**



Fuente: [www.blogcdn.com/es](http://www.blogcdn.com/es)





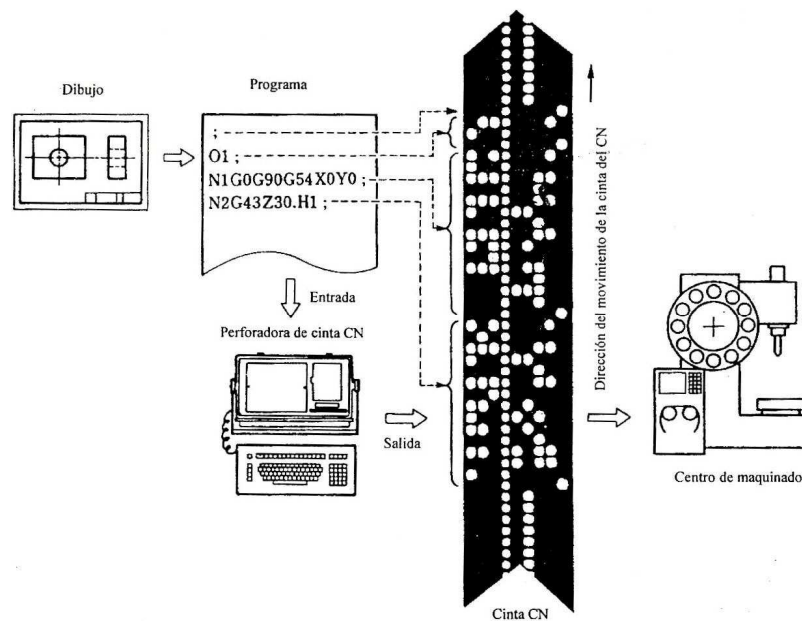
## 2. PROGRAMACIÓN MANUAL PARA CENTROS DE MAQUINADO

### 2.1 Principios de programación para un centro de maquinado

Un programa consiste en la información necesaria para operaciones de corte, que fue obtenida en dibujos y trasladada a lenguajes, los cuales son interpretados por las unidades de control numérico (CN).

Programar es trabajar en la elaboración de los programas para que las unidades de CN lean y ejecuten dichos programas, para que sea posible maquinar diversas piezas de trabajo.

Figura 35. Programación



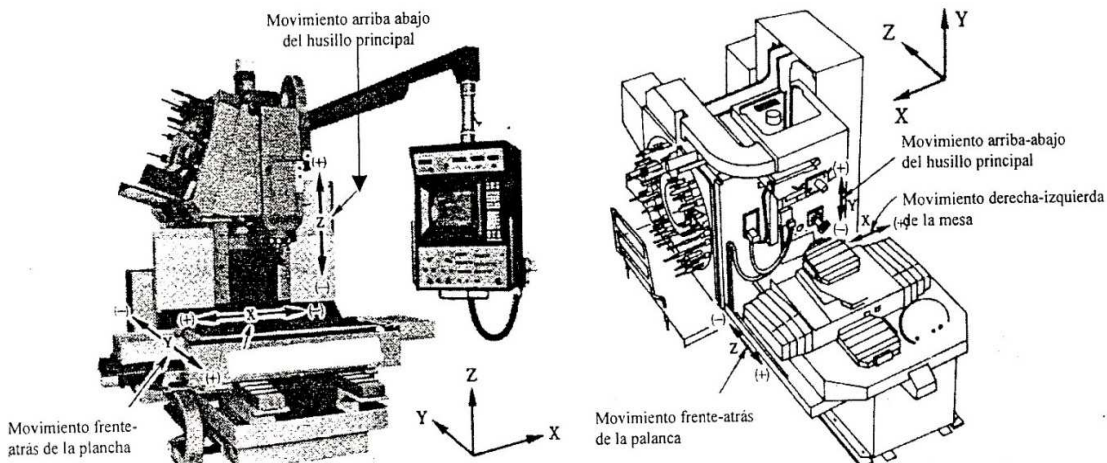
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 35

La figura 35 muestra un panorama de la programación. La programación se ha transformado en una tarea muy importante desde que las máquinas herramienta de CN, fabrican piezas mediante códigos y comandos usados en los programas.

### 2.1.1 Movimiento y ejes de control de la máquina

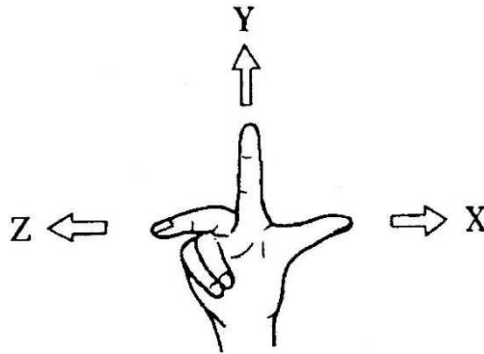
Los centros de maquinado se pueden clasificar en verticales y horizontales, y por la estructura de sus ejes. Sin embargo los ejes de control fundamentales son tres: X, Y y Z, tal como se muestra en la figura 36. Estos tres ejes, son básicamente estructurados en el sistema de coordenadas rectangulares de la mano derecha, mostrados en la figura 37.

Figura 36. Ejes de control del centro de maquinado. Centro de maquinado vertical (izquierda) y Centro de maquinado horizontal



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 36

Figura 37. **Sistema de coordenadas rectangulares de la mano derecha**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 36**

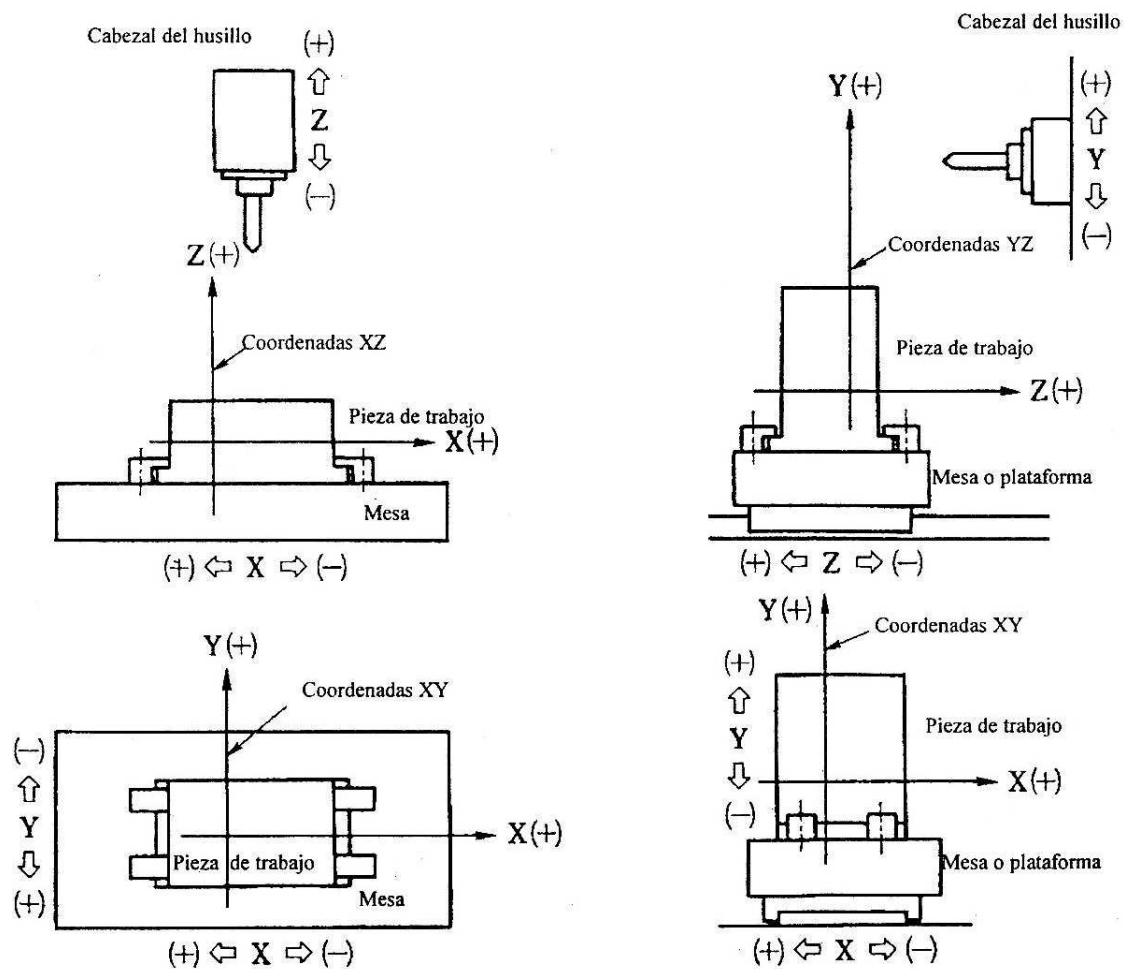
Cuando se comparan las direcciones positivas y negativas de cada eje, entre el movimiento actual de la máquina y el sistema de coordenadas rectangulares de la mano derecha (figura 38); las direcciones positivas y negativas del movimiento de arriba abajo (eje Z) de la cabeza del husillo coinciden, pero para los ejes X y Y son contrarias.

Lo anterior se da porque el sistema de coordenadas rectangulares de la mano derecha establece su propio sistema de coordenadas, basándose en la dirección del movimiento de la herramienta (eje Z), pero para los otros ejes las direcciones positivas y negativas son opuestas, una vez que la pieza de trabajo se mueve en las direcciones frente/atrás y derecha/izquierda en la máquina herramienta.

Cuando se preparan programas para el centro de maquinado, el sistema de coordenadas se forma, pensando que la pieza de trabajo está fija y la herramienta es la que se mueve sobre la base de un sistema de coordenadas rectangulares de la mano derecha.

Para esto, son establecidas las direcciones positivas y negativas de los ejes X, Y y Z, y los programas pueden ser preparados independientemente del tipo, clase y estructura de ejes del centro de maquinado.

Figura 38. **Movimiento de la máquina y sistema de coordenadas**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 37**

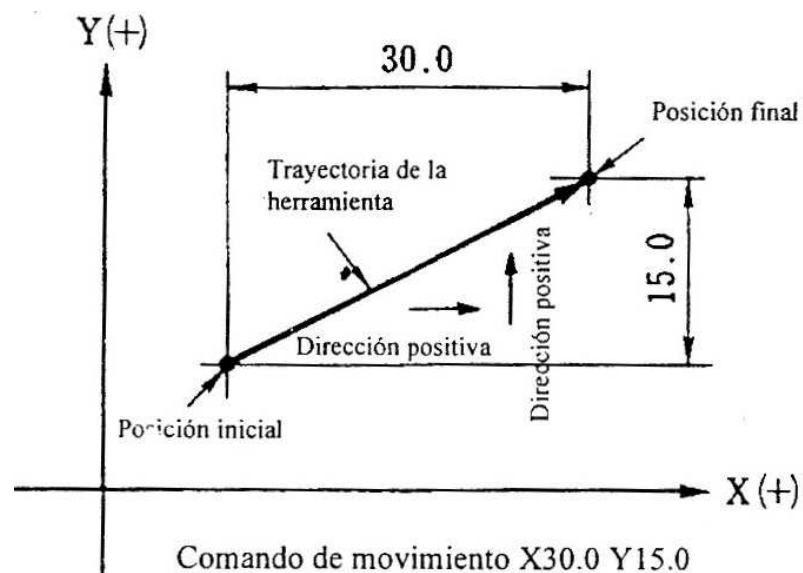
### 2.1.2 Sistema incremental y sistema absoluto

Existen dos métodos para dar comandos de movimiento para cada eje de X, Y y Z, estos son el sistema incremental y el sistema absoluto.

#### Sistema incremental

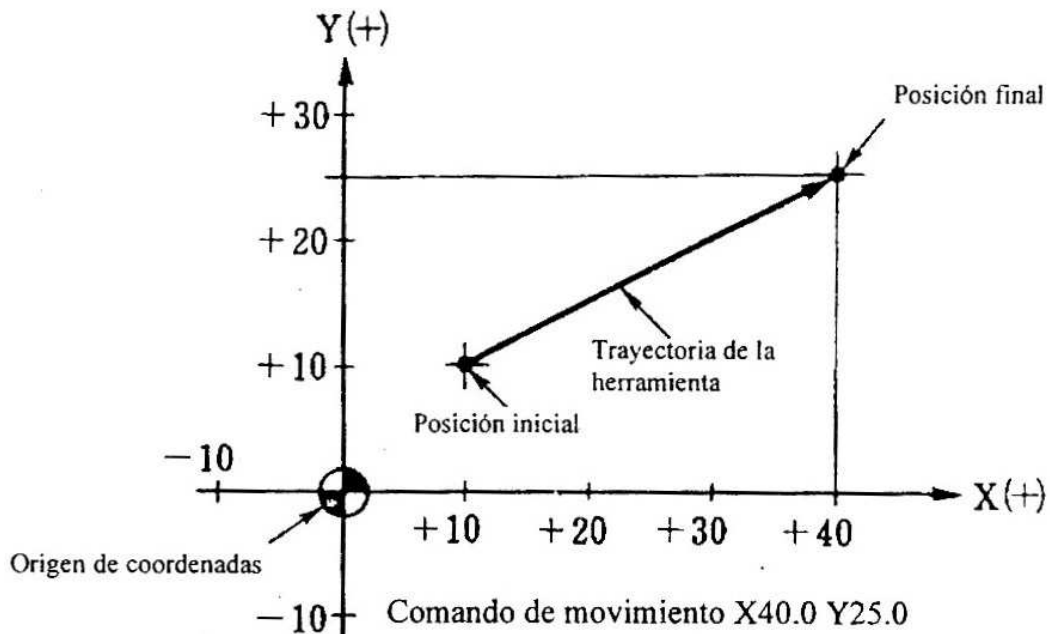
Este sistema comanda la secuencia de la herramienta desde su posición inicial hasta su posición final y la dirección de su movimiento (figura 39). La dirección del movimiento se representa por el signo "+" (más, este puede ser omitido) para la dirección positiva y por el signo "-" (menos) para la dirección negativa.

Figura 39. Comando incremental



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 38

Figura 40. Comando absoluto



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 38

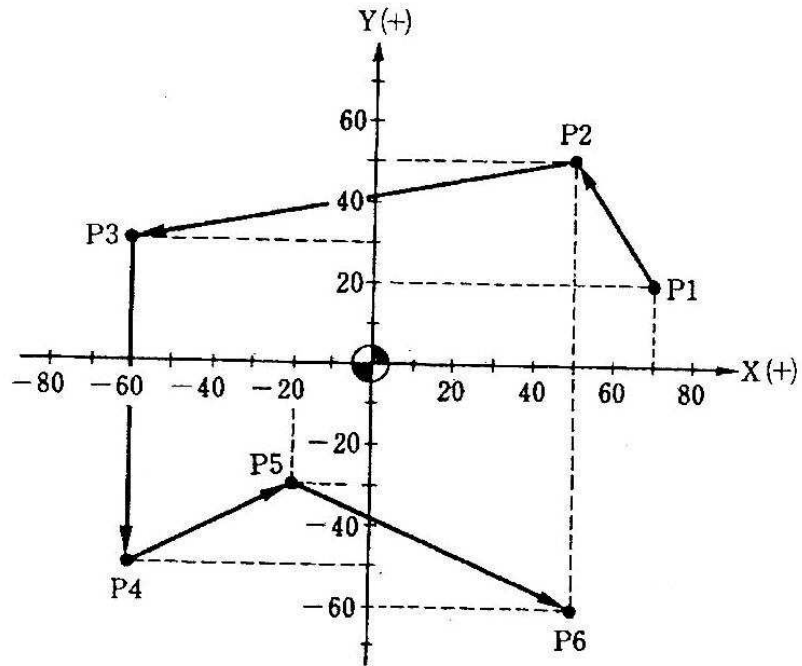
### Sistema absoluto

Este sistema comanda las coordenadas de la posición final en el sistema de coordenadas previamente establecido (figura 40). Los valores de los comandos son dados con el signo "+" (más), cuando la posición del comando está en la dirección positiva con respecto al origen del sistema de coordenadas y con "-" (menos) cuando ésta se encuentra en la dirección negativa.

Aunque los detalles serán explicados más adelante, los comandos incremental y absoluto dan valores de mando de acuerdo a cada método, y se representan por las funciones preparatorias G91 y G90 respectivamente. La figura 41 muestra un ejemplo del programa de la ruta de la herramienta del punto P1 al punto P6.

Figura 41. Ejemplo de programa

(a) Ruta de la herramienta



(b) Programa

<u>(G91) Comando incremental</u>	<u>(G90) Comando absoluto</u>
(P1-P2) X -20.0 Y 30.0;	X 50.0 Y 50.0;
(P2-P3) X -110.0 Y -20.0;	X -60.0 Y 30.0;
(P3-P4) (X 0.0) Y -80.0;	(X -60.0) Y -50.0;
(P4-P5) X 40.0 Y 20.0;	X -20.0 Y -30.0;
(P5-P6) X 70.0 Y -30.0;	X 50.0 Y -60.0;

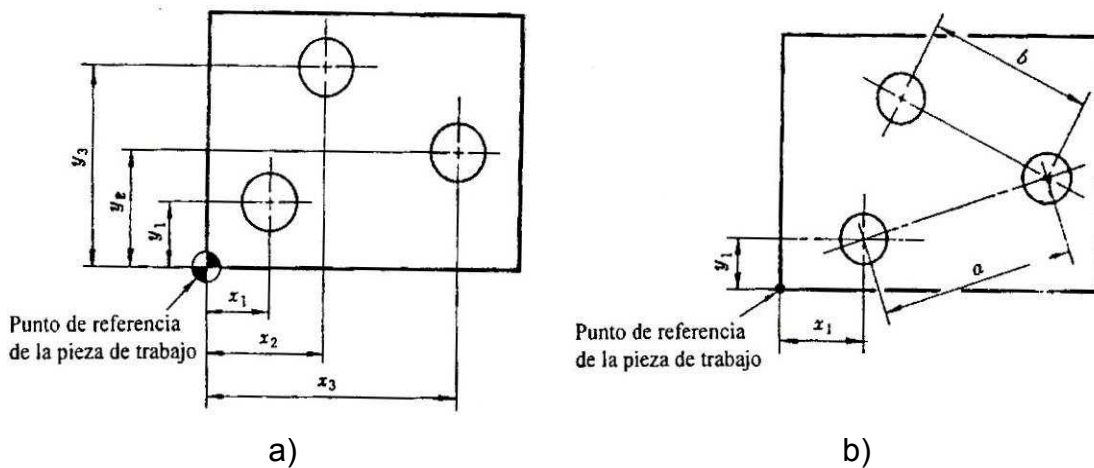
NOTA: los comandos entre paréntesis pueden ser omitidos

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 39

El comando incremental y/o el absoluto, es seleccionado de acuerdo a la forma que tengan las piezas de trabajo y a conveniencia del programador.

En general, el comando absoluto es el más conveniente por mantener siempre el mismo punto de origen, este caso se muestra en la figura 42 (a) y el comando incremental en la figura 42 (b).

Figura 42. Selección del método de comando. a) comando absoluto y b) comando incremental



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 40

### 2.1.3 Sistemas de coordenadas de la máquina y de trabajo

En los centros de maquinado se establece el sistema de coordenadas de la máquina y el de coordenadas de trabajo, como se explica a continuación:



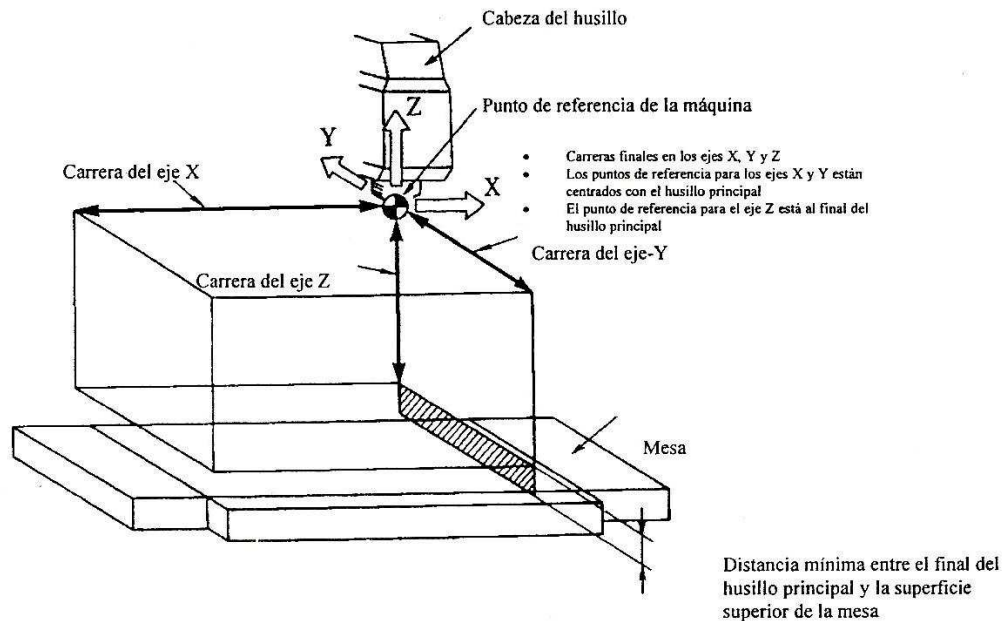
## **Sistema de coordenadas de la máquina.**

La posición propia del centro de maquinado es llamada punto de referencia de la máquina (origen de la máquina). El sistema de coordenadas de la máquina se establece usando este punto de referencia como origen de la máquina.

Las posiciones de los puntos de referencia de la máquina difieren con el tipo de los centros de maquinado. En el caso de los centros de maquinado de tipo vertical, el punto de referencia de la máquina es colocado al final de la carrera de los ejes X, Y y Z, como se muestra en la figura 43. En el caso de un centro de maquinado de tipo horizontal, el punto de referencia de la máquina del eje X, es a menudo colocado al centro de la carrera de la máquina (o sea, en el centro de la mesa).

En general, el sistema de coordenadas de la máquina se obtiene automáticamente cuando ésta regresa a su origen. El retorno al origen debe hacerse después de haber encendido la máquina. Es raro dar comandos de movimiento en el sistema de coordenadas de la máquina. El origen se usa como una referencia para establecer el sistema de coordenadas de trabajo y como un sistema de coordenadas para ubicar la posición propia de la máquina, que permite hacer operaciones mecánicas, tales como el cambio automático de las herramientas.

Figura 43. Punto de referencia y sistema de coordenadas de la máquina



Nota: En el caso de un centro de maquinado horizontal, el punto de referencia de la máquina del eje X es ubicado a menudo al centro de la carrera.

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 41

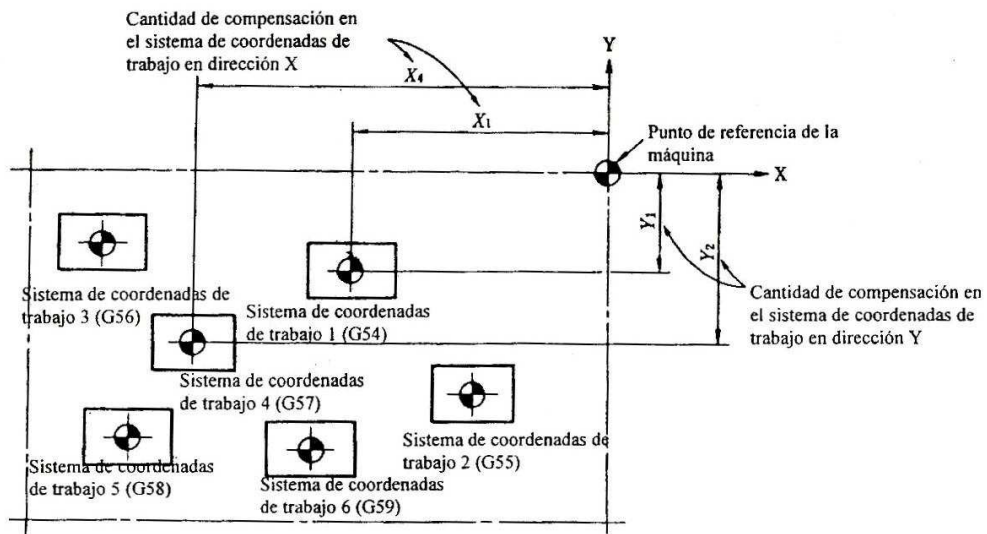
### Sistema de coordenadas de trabajo

El sistema de coordenadas de trabajo es un sistema de coordenadas que se establece utilizando un punto cualquiera dentro del sistema de coordenadas de la máquina como origen (por ejemplo un punto de referencia de la pieza de trabajo a maquinarse); esto se muestra en la figura 44.

La distancia desde el punto de referencia de la máquina, hasta el punto de referencia de la pieza a maquinarse, es la cantidad de compensación de sistema de coordenadas de trabajo, este valor debe introducirse en el dispositivo de CN antes del maquinado.

Se pueden establecer varios sistemas de coordenadas de trabajo, hasta un máximo de seis sistemas de coordenadas diferentes, como se muestra en la figura 44.

Figura 44. Sistema de coordenadas de trabajo

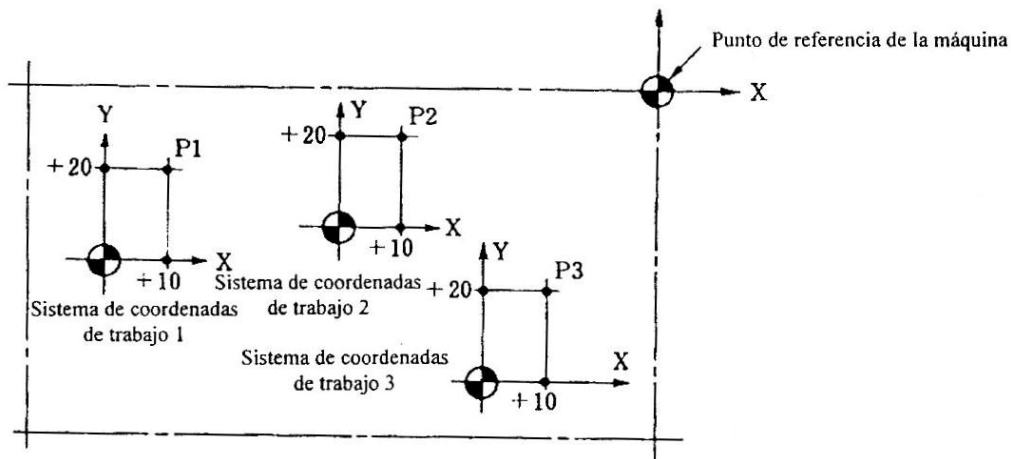


Nota: - - - Muestra el final de la carrera de cada eje. Consecuentemente, el área circundada por las líneas es el rango donde se pueden mover los sistemas de coordenadas de trabajo

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 42

En la figura 45 se puede observar que el comando de movimiento está dado por el comando absoluto en cada uno de los sistemas de coordenadas de trabajo.

Figura 45. **Comandos en el sistema de coordenadas de la máquina**



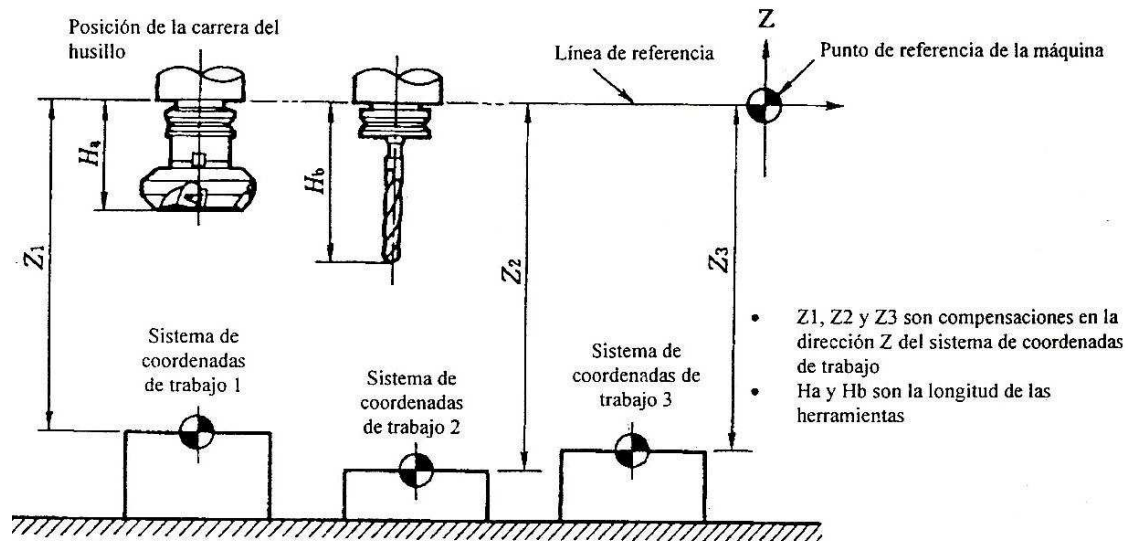
Todos los valores del comando de P1, P2, y P3 son X 10.0 y Y 20.0

Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 42**

El sistema de coordenadas de trabajo múltiple se usa cuando se quiere maquinar varias piezas con un mismo programa, esto se logra estableciendo un sistema de coordenadas o punto de referencia para cada pieza.

La cantidad de compensación sobre el eje Z, en el sistema de coordenadas de trabajo, se obtiene usando el final de la cara del husillo principal como superficie de referencia, cuando éste regresa al origen. Aunque las distancias entre los extremos de la herramienta la pieza de trabajo, difieren con los tamaños de las herramientas que se usan en cada caso, éstas no influyen en el establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo, puesto que la longitud de la herramienta es compensada automáticamente por la función de longitud (figura 46).

Figura 46. **Compensación sobre el eje Z en el sistema de coordenadas de trabajo**



- $Z_1$ ,  $Z_2$  y  $Z_3$  son las compensaciones en la dirección Z del sistema de coordenadas de trabajo.
- $H_a$  y  $H_b$  son las longitudes de las herramientas.

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 43

Hay dos métodos para establecer el sistema de coordenadas de trabajo, uno es mediante el comando de la función preparatoria G92, y el otro es al mandar la función preparatoria G54 y G59. (Los detalles serán explicados después). En este texto las explicaciones para la función G92 serán omitidas para evitar confusiones.

### 2.1.4 Configuración del programa

Los programas están compuestos por formatos de bloques variables, dichos bloques están constituidos de palabras directrices.

Las figuras 47 y 48 muestran ejemplos de un programa y la configuración de un bloque de palabras. Una palabra está formada de una dirección y un dato, y el bloque está compuesto de una o varias palabras. El punto y coma ";" es llamado EOB (End of Block) y muestra el final de un bloque.

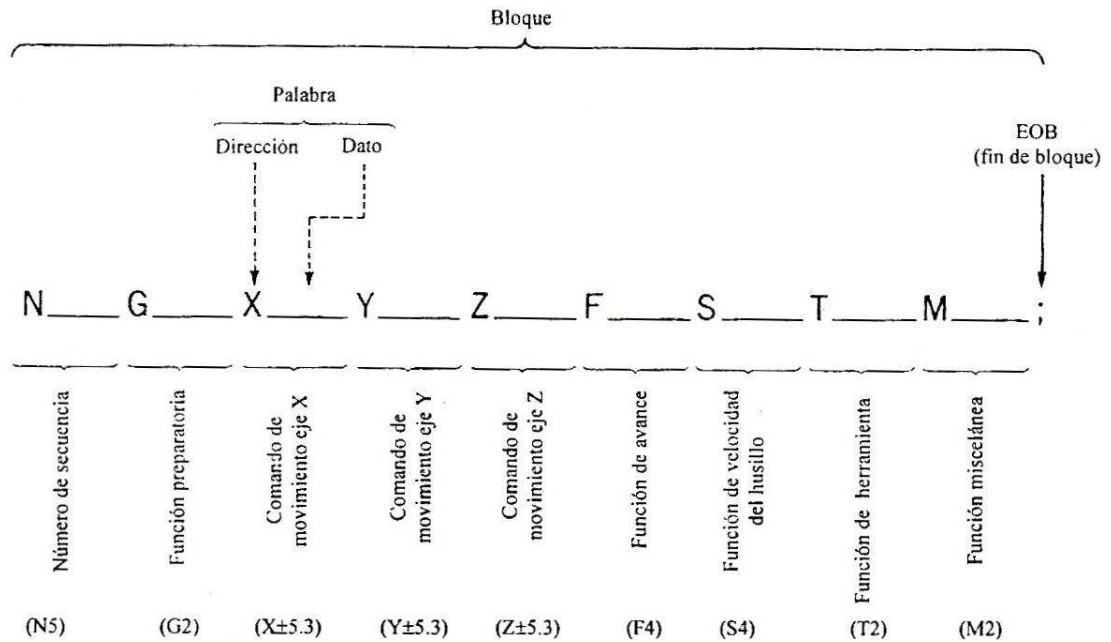
Figura 47. Ejemplo de programa

O 001 ;	.....Número de programa
N 01 T02 ;	.....Llamado de la herramienta
G 54 G90 G00 X330.0 Y0 ;	.....Establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo.
S330 M03 ;	.....Vel. de rotación del husillo principal (330min <sup>-1</sup> )
G43 Z30.0 H01 ;	.....Aproximación de la herramienta a la pieza de trabajo
Z0 ;	.....Superficie de corte.
G01 X -330.0 F300 ;	.....Operación de corte.
G00 Z30.0 ;	.....Alejamiento de la herramienta de la pieza de trabajo.
M05 ;	.....Paro del husillo principal.
G91 G28 Z0 ;	.....Retorno de la herramienta a su posición original.
M30 ;	.....Finalización del programa.

Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 44**

Un programa está formado por el agrupamiento de esos bloques en turno, como se muestra en la figura 47. Esto es necesario para preparar el programa basándose en las especificaciones del formato, las cuales son determinadas con anterioridad. El formato de las especificaciones difiere con los tipos de máquinas y unidades de CN. En la figura 48 se muestra el formato detallado de un bloque.

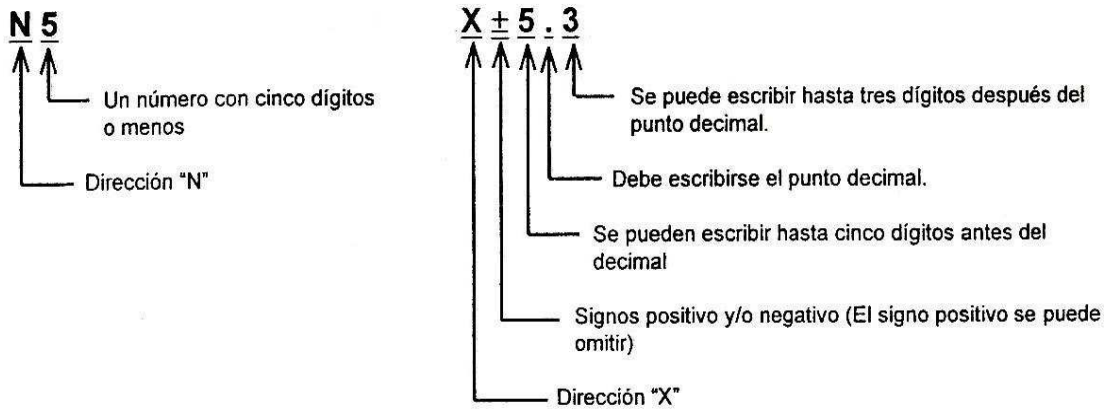
Figura 48. Formato detallado de un bloque



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 44

La descripción de los datos de una dirección se muestra en el formato detallado de la figura 49. El total de símbolos deberá ser el máximo número de dígitos que se pueden escribir, y en la parte decimal la unidad mínima que se puede colocar es 0.001 mm.

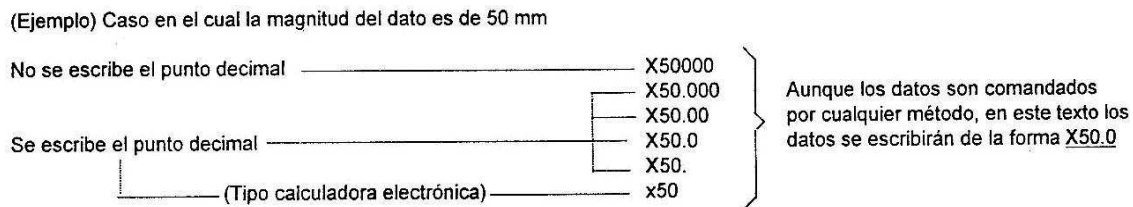
Figura 49. Descripción de los datos y direcciones



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 45

Los datos representan la distancia para las direcciones X, Y y Z. Éstos pueden ser puestos con puntos decimales. Hay dos formas para escribir el punto decimal, uno es el caso de la calculadora electrónica donde el punto decimal puede omitirse (figura 50).

Figura 50. Escritura del punto decimal

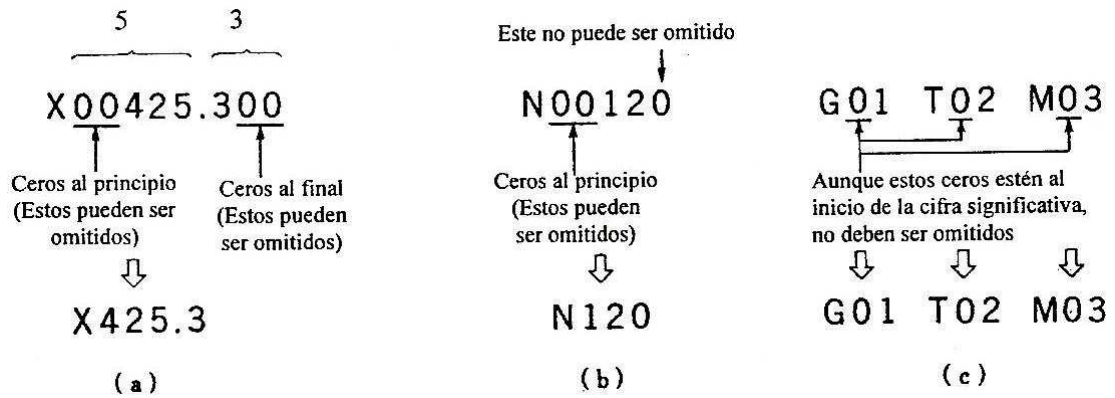


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 45

Para escribir el punto decimal, cuando la cantidad empieza con ceros, éstos pueden ser omitidos y también cuando hay ceros al final del último dígito significativo. Esto se ve con mayor claridad en la figura 51.



Figura 51. Cero al inicio y final de una cifra



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 45

Una dirección con un dato que contenga un mayor número de dígitos no puede ser admitido. Cuando un dato cuenta con un mayor número de dígitos o menor del que se puede admitir, se redondea la cifra al número entero más cercano. En la figura 52 se muestra un ejemplo.

Figura 52. Máximo y mínimo número de dígitos que se pueden escribir

X 12345.678.....	Es posible comandar esta cifra de ocho dígitos.
X 123456.789.....	No se puede escribir esta cifra con nueve dígitos.
X 12.3456789.....	Tampoco se puede escribir esta cifra de nueve dígitos.
X 12.345678.....	Es posible escribir esta cifra de ocho dígitos, sin embargo, desde el cuarto decimal se redondea la cifra.
↓	
(X 12.346)	

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 46

## 2.1.5 Clases y semántica de direcciones

Las clases y semántica de direcciones difieren con los tipos y usos de los centros de maquinado. En este texto, los programas serán hechos de acuerdo con las clases y semántica mostradas en la tabla III.

Tabla III. Clases y semántica de direcciones

Función	Dirección	Semántica	Rango de comando
Número de programa	O	Comando del número del programa.	1 ~ 9999
Número de secuencia	N	Comando del número de secuencia.	1 ~ 99999
Función preparatoria	G	Comando del modo de operación (línea recta, arco circular, etc.).	0 ~ 99
Dimensión de la palabra	X,Y,Z	Comandos de movimiento para los ejes de coordenadas.	± 99999.999 mm
	A,B,C	Comandos de movimiento para ejes adicionales.	
	U,V,W		
	R	Comandos de radios de arcos.	
	I,J,K	Comando de las coordenadas del centro de un arco circular.	
Función de alimentación	F	Comando de la alimentación de velocidad.	0.01 ~ 4000 mm/min.
Función de velocidad del husillo	S	Comando de velocidad de rotación del husillo principal.	10 ~ 3500 min <sup>-1</sup>
Función de la herramienta.	T	Comando del número de la herramienta.	01 ~ 99
Funciones misceláneas	M	Comando de control de ON/OFF en el lado de la máquina.	00 ~ 99
Número de compensación	H,D	Comando del número de compensación	01 ~ 99
Deshabilitar	P,X	Comando de pausa.	0 ~ 99999.999 seg.
Designación del número del programa	P	Comando del número del subprograma.	1~ 9999
Número de veces de la repetición	L	Comando del número de veces de la repetición del subprograma. Comando del número de veces de la fijación del ciclo de repetición o del establecimiento del ciclo.	0 ~ 9999
Parámetros	P,Q,R	Parámetros del ciclo fijado.	0 ~ 99999.999 mm

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 46

### a. Número del programa (O)

El número del programa es para identificar los programas que están registrados en la unidad de CN.

Este número se escribe con cuatro dígitos o menos (1-9999 excluyendo 0), anteponiéndole la dirección "O" en el encabezado del programa.

#### **b. Número de secuencia (N)**

El número de secuencia es para clasificar y distinguir los bloques en el programa. Este es comandado mediante valores numéricos con cinco dígitos o menos (1-99999 excluyendo el cero), y se escribe esta dirección "N" al inicio del bloque.

#### **c. Función preparatoria (función G)**

Esta función preparatoria es comandada por valores numéricos de los dígitos o menos (00-99) para dar la siguiente semántica al bloque, por ejemplo: comandos de operación, tales como movimiento rápido, corte recto y corte de arco circular; selección de los planos XY, YZ y ZX; establecimiento de la compensación del diámetro y longitud de la herramienta, selección del sistema de coordenadas de trabajo, y selección de los ciclos de trabajo tales como taladrado (*drilling*) y machueado (*tapping*).

#### **d. Dimensión de la palabra**

La dimensión de la palabra (es también llamada palabra coordenada) es para introducir la distancia de movimiento y las coordenadas. Las herramientas pueden ser trasladadas a posiciones determinadas por los valores del comando (0-±99999.99mm) siguiendo las direcciones X, Y y Z. La dirección "R" comando del radio de un arco circular en una interpolación circular. La dirección "I, J y K" son los comandos para establecer las coordenadas del centro de un arco circular.

#### **e. Función de alimentación de corte (Función F)**

La función de alimentación es para fijar la velocidad de alimentación cuando se corta una pieza de trabajo, y el valor de la velocidad se escribe enseguida de la dirección "F".

#### **f. Función de velocidad del husillo (Función S)**

La función de velocidad del husillo es para ajustar la velocidad de rotación del husillo principal y comanda directamente la velocidad de rotación (10-3500 r.p.m.), que se escribe enseguida de la dirección "S".

#### **g. Función de la herramienta (Función T)**

La función de la herramienta es para comandar el llamado y número de la herramienta que se va a utilizar (01-99, y 00 es para la cancelación de la función de la herramienta). El número de la herramienta se escribe a continuación de la dirección "T".

#### **h. Función miscelánea (Función M)**

La función miscelánea comanda el control de encendido/apagado (ON/OFF) de algunas funciones en la máquina, tales como arranque del husillo principal, normal/reversa y el ON/OFF del refrigerante (aceite de corte). Esta función es comandada con dos dígitos o menos (00-99) que se escriben enseguida de la dirección "M".

## **2.2 Elementos de programación para un centro de maquinado**

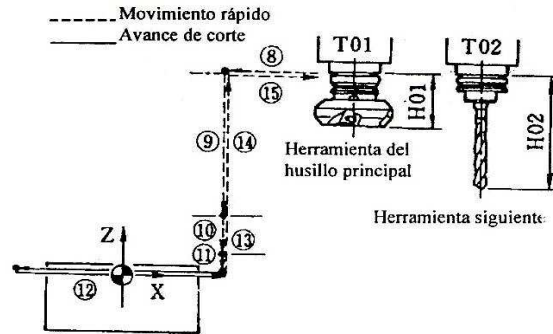
Un programa está descrito por un predeterminado formato de cinta. Sin embargo, aunque el formato de las cintas establece los límites del método de descripción, éste no imita estrictamente la configuración del programa. Consecuentemente, incluso cuando el mismo programa va a ser preparado en la máquina, la configuración del programa puede ser bastante variada dependiendo de la preparación de los datos y de la persona que lo prepare (programador).

En esta parte se explica la programación del centro de maquinado. Cuando se hace un programa, es importante tratar, al menos de que se ha hecho con la misma configuración, y no importa cuándo, dónde y quién lo haga.

La figura 53 muestra un ejemplo de la configuración del programa. En este ejemplo, la configuración del programa ha sido estandarizada para que el programa pueda ser elaborado escribiendo los datos faltantes sobre las líneas que están en blanco, de acuerdo con la condición de maquinado.

Figura 53. Ejemplo de un programa

(a) ruta de la herramienta



(b) Ejemplo de la configuración de un programa

- ① O \_\_\_\_;      Número de programa
- ② N \_\_\_\_;      Número de secuencia
- ③ G90 G17 G40 G80 G49;      Poner condiciones iniciales
- ④ T 01;
- ⑤ M06;      Registro de la herramienta en el husillo principal

- ⑥ N \_\_\_\_;
- ⑦ T \_\_\_\_;
- ⑧ G90 G54 G00 X \_\_\_\_ Y \_\_\_\_; Establecimiento del sistema de coordenadas
- ⑨ G43 Z \_\_\_\_ H \_\_\_\_ S \_\_\_\_ M03; (Corrección de la longitud de la herramienta)
- ⑩ Z \_\_\_\_ M08;

Programa para el siguiente proceso

- ⑪ G01 Z \_\_\_\_ F \_\_\_\_;
- ⑫ X \_\_\_\_ Y \_\_\_\_;

Programa de maquinado

- ⑬ G00 Z \_\_\_\_ M09;

- ⑭ G91 G28 Z0 M05;      Retorno al origen

- ⑮ G90 X \_\_\_\_ Y \_\_\_\_;
- ⑯ M06;

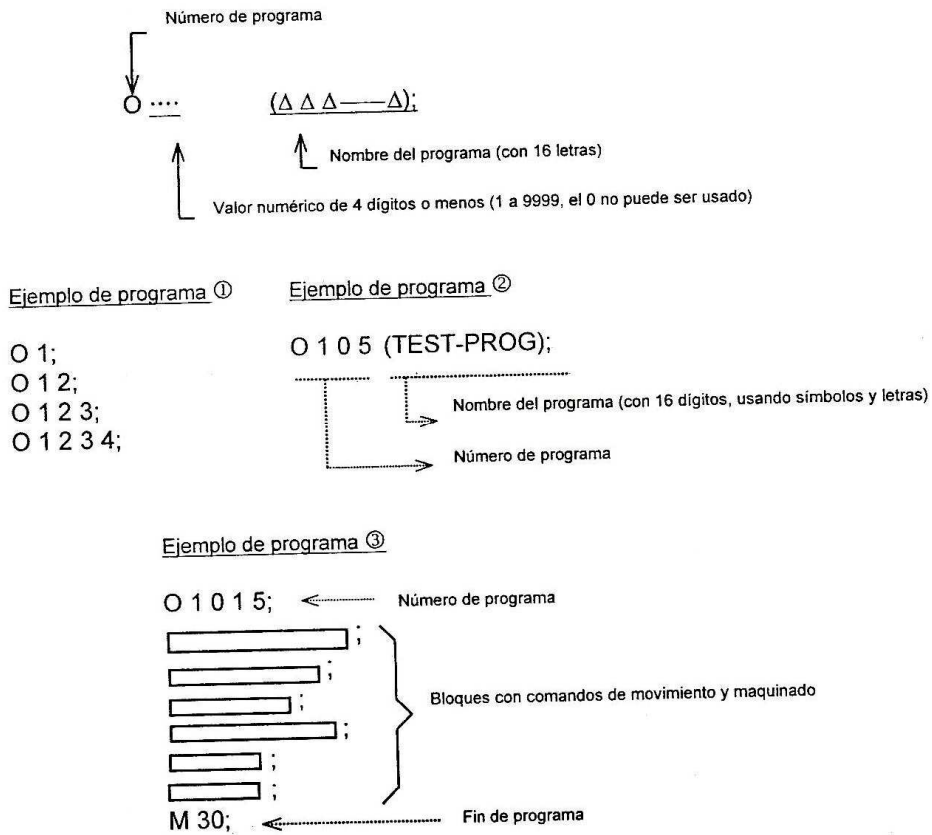
- ⑰ M30;      Fin de programa

### **2.2.1 Número de programa y de secuencia**

El número del programa es comandado en el encabezado del programa para que quede registrado en la unidad de CN, y puede ser fácilmente identificado.

Como se muestra en la figura 54, el número del programa es comandado con un valor numérico de 4 dígitos o menos, siguiendo la dirección "O" en un bloque único (el cero no puede ser usado), ver el ejemplo del programa (1). Seguido al comando del número del programa, se puede escribir entre paréntesis el nombre del programa como se ve en el ejemplo del programa (2).

Figura 54. Método de comando del número del programa



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 50**

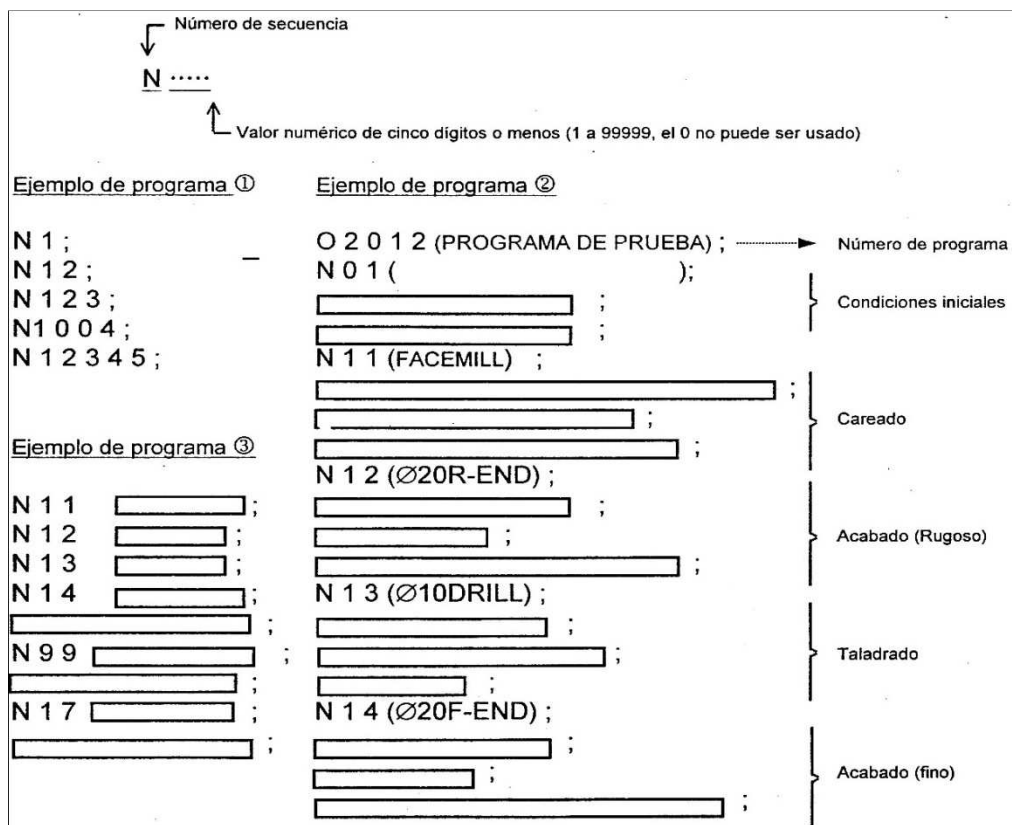
Cuando el número de programa no es comandado, se utiliza el primer número de secuencia como número de programa. Un programa inicia con el número de programa y finaliza al comandar el final de éste (M02 o M30) como se muestra en el ejemplo del programa (3).



## Número de secuencia

El número de secuencia es comandado al inicio de un bloque de operaciones que determinan un proceso, para clasificar o identificar dicho proceso. Este número es comandado con un valor numérico de 5 dígitos o menos siguiendo la dirección "N" (el 0 no puede ser usado). Esto se muestra en la figura 55 [ver ejemplo de programa (1)].

Figura 55. Método de comando del número de secuencia



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 51

El número de secuencia puede ser comandado solamente para un bloque en particular, sin embargo puede ser indicado en cada bloque; este número puede no estar en orden [referirse al ejemplo de programa (1)], en general, el número de secuencia es comandado con un número consecutivo de acuerdo a la secuencia del proceso [referirse al ejemplo del programa (2)].

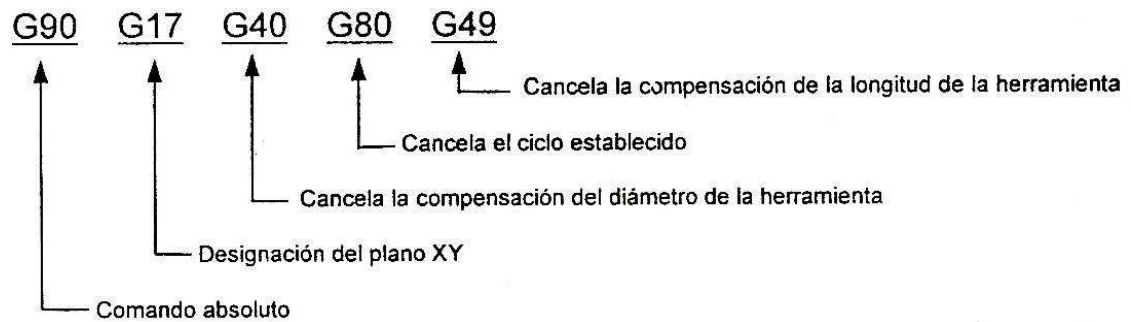
Al igual que en el número de programa, también es posible comandar el nombre del proceso entre paréntesis en seguida del número de secuencia.

### **2.2.2 Función preparatoria (Función G)**

La función preparatoria también es llamada función G y las operaciones que realizan se muestran en la tabla II. Entre estas operaciones se encuentran la función de movimiento lineal y de interpolación circular, la de compensación de la longitud de la herramienta, compensación del diámetro de la herramienta, las funciones de ciclo de maquinado, etc. La función preparatoria G va seguida de un valor numérico de dos dígitos.

Las funciones G marcadas con  $\Delta$  en la tabla son funciones que muestran la condición de sus respectivas funciones G cuando la fuente de poder es activada, o después de que la máquina es reseteada. Esta es la condición inicial de la unidad de CN (figura 56).

Figura 56. **Establecimiento de las condiciones iniciales**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 52**

La función G puede ser clasificada dentro de los siguientes tipos, de acuerdo con sus operaciones:

- (1) Función-G única: Función-G, es significativa únicamente para el bloque comandado.
- (2) Función-G modal: Función-G, permanece activa hasta que sea comandada otra Función-G del mismo grupo.

Tabla IV. Clases y semánticas de la Función G

CODIGO G	GRUPO	SEMÁNTICA	APLICACIÓN
G00	01	Posicionamiento	Movimiento rápido de la herramienta.
G01		Interpolación lineal	Corte lineal por alimentación de corte
G02		Interpolación circular CW	Corte circular en dirección de las manecillas del reloj.
G03		Interpolación circular CCW	Corte circular en dirección contraria a las manecillas del reloj.
G04	00	Reposo	Paro temporal para la ejecución del siguiente bloque.
G10		Fijación de datos	Cambio de la cantidad de compensación de la herramienta.
G17	02	Plano-XY	Designación del Plano-XY
G18		Plano-ZX	Designación del Plano-ZX
G19		Plano-YZ	Designación del Plano-YZ
G27	00	Chequeo del retorno automático al origen (punto de referencia)	Chequeo del retorno al punto de referencia de la máquina.
G28		Chequeo del retorno automático al origen (punto de referencia)	Retorno al punto de referencia de la máquina.
G29		Retorno automático del origen (punto de referencia)	Retorno del punto de referencia de la máquina.
G40	07	Cancelación de la compensación del diámetro de la herramienta.	Cancelación del modo de compensación del diámetro de la herramienta
G41		Compensación del diámetro de la herramienta, a la izquierda.	Compensación a la izquierda en relación con la dirección del avance de la herramienta.
G42		Compensación del diámetro de la herramienta, a la derecha.	Compensación a la derecha en relación con la dirección del avance de la herramienta.
G43	08	Compensación de la longitud de la herramienta, +	Adición de compensación del movimiento del eje-Z.
G44		Compensación de la longitud de la herramienta, -	Sustracción de compensación del movimiento del eje-Z.
G45	00	Compensación de la posición de la herramienta, Extensión.	Extensión del comando de movimiento por la cantidad de compensación
G46		Compensación de la posición de la herramienta, Contracción.	Contracción del comando de movimiento por la cantidad de compensación.
G47		Compensación de la posición de la herramienta, Doble extensión.	Extensión del comando de movimiento para el doble de la cantidad de compensación.
G48		Compensación de la posición de la herramienta, doble contracción.	Contracción del comando de movimiento para el doble de la cantidad de compensación.
G49	08	Cancelación de la compensación de la longitud de la herramienta.	Cancelación del modo de compensación de la longitud de la herramienta.
G52	00	Establecimiento de un sistema de coordenadas local.	Establecimiento del sistema de coordenadas dentro de un sistema de coordenadas de trabajo.
G53		Selección del sistema de coordenadas de la máquina.	Selección del sistema de coordenadas con el punto de referencia de la máquina como su origen.
G54	12	Selección del sistema de coordenadas de trabajo	Establecimiento del sistema de coordenadas, tomando como origen la posición de la pieza de trabajo.
G55		Selección del sistema de coordenadas de trabajo	
G56		Selección del sistema de coordenadas de trabajo	
G57		Selección del sistema de coordenadas de trabajo	
G58		Selección del sistema de coordenadas de trabajo	
G59		Selección del sistema de coordenadas de trabajo	
G73	09	Ciclo de taladrado por picoteo	Fija el ciclo de taladrado de barrenos a alta velocidad.
G74		Ciclo inverso de machueleado	Fija el ciclo para machueleado inverso.

CÓDIGO G	GRUPO	SEMÁNTICA	APLICACIÓN	
G76	09	Ciclo de mandrinado fino	Fija el ciclo en el cual una herramienta se detiene, modifica su ángulo en el fondo del barreno para su retorno.	
G80		Cancelación del ciclo establecido	Cancelación del modo del ciclo fijado.	
G81		Ciclo de taladrado	Fija el ciclo de taladrado.	
G82		Ciclo de taladrado	Fija el ciclo de taladrado en el cual se efectúa un retardo en el fondo del barreno.	
G83		Ciclo de taladrado por picoteo	Fija el ciclo para un taladrado profundo.	
G84		Ciclo de machueleado	Fija el ciclo para machueleado.	
G85		Ciclo de mandrinado	Fija el ciclo para la alimentación de corte hacia atrás y hacia adelante.	
G86		Ciclo de mandrinado	Fija el ciclo para mandrinado.	
G87		Ciclo de mandrinado en reversa	Fija el ciclo para careado de grano invertido.	
G88		Ciclo de mandrinado	Fija el ciclo para mandrinado en el cual la alimentación puede hacerse manualmente.	
G89		Ciclo de mandrinado	Fija el ciclo para mandrinado en el cual el retardo se hace en el fondo del barreno.	
G90		03	Comando absoluto	Selección del método de comando de valor absoluto.
G91			Comando incremental	Selección del método de comando de valor incremental
G92	00	Establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo	Establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo en un programa.	
G98	10	Retorno del ciclo fijado al punto inicial	Retorno al punto inicial después de que es realizado el ciclo fijado.	
G99		Retorno del ciclo fijado al punto R.	Retorno al punto R después de que es realizado el ciclo fijado.	

Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 54**

En la tabla IV, las funciones G en el grupo 00 no son funciones modales, mientras que las demás funciones que se encuentran en un grupo distinto si lo son. Cuando se comanda una función G modal, esta función se puede omitir en los siguientes bloques, y permanecerá vigente hasta que se comande otra función G del mismo grupo.

En suma, se pueden comandar múltiples funciones G en el mismo bloque, si éstas son de diferentes grupos como se muestra en la figura 56. Ahora bien, si varias funciones G del mismo grupo son comandadas en un mismo bloque, la función G que esté comandada al final del bloque será la efectiva.

La tabla IV muestra el extracto más importante de las funciones G (FANUC-11M). Hay muchas funciones G además de las mostradas, para las cuales hay que referirse al manual de instrucción de la máquina o de la unidad de CN.





### 2.2.3 Función miscelánea (Función M)

Las funciones misceláneas son también llamadas funciones M (o en lo sucesivo serán referidas como las funciones M), son comandos de arranque/paro de la rotación del husillo principal, del control de refrigerante ON/OFF, etc., mostrados en la tabla V, con un valor numérico de dos dígitos siguiendo la dirección "M". Las funciones M pueden ser clasificadas de acuerdo con sus operaciones, dentro de los siguientes tres tipos:

1. La función M comienza a trabajar simultáneamente con el movimiento de los ejes, indicado en el bloque, si es del tipo W.  
Ejemplo: M03, el husillo principal comienza a girar en dirección de las manecillas del reloj, simultáneamente con el movimiento de los ejes.
2. Función M comienza a trabajar después de que el movimiento de los ejes comandado en el bloque es completado, cuando es del tipo A.  
Ejemplo: M05, la rotación del husillo principal se detiene después que termina el movimiento de los ejes.
3. La función M que se comanda independientemente al bloque, es del tipo S. Ejemplo: M57, con la función M57, el modelo de la herramienta registrado permanece residente hasta que es cancelado por M02 ó M30.

La función M, en el programa, generalmente es comandada con una configuración como la mostrada en la figura 57.

Figura 57. Comandos de la función M

(G00 comando de movimiento)	M03;	Para que gire el husillo principal simultáneamente con el movimiento de la herramienta desde su posición de origen.
(G01 comando de movimiento)	M08;	Para aproximar la herramienta a la pieza de trabajo mientras se descarga el fluido de corte.
		
(M98P ____;)		Para llamar y ejecutar el subprograma, el cual está designado por la dirección "P"
		
(G01 comando de movimiento)	M09;	Para detener la descarga del fluido de corte mientras que la herramienta está siendo relevada de la pieza de trabajo.
(G00 comando de movimiento)	M05;	Para detener la rotación del husillo principal después de que la herramienta es movida a su punto de origen.
		
M06;		Para dar el comando del cambio de la herramienta en un bloque independiente con el fin de facilitar la lectura del programa.
		
M30 (M02);		Establece el fin del programa. Para comandar el fin del programa en un bloque independiente (normalmente, se comanda M30).

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 55

Tabla V. Clases y semántica de las funciones M

CÓDIGO M	SEMÁNTICA	FUNCIÓN	
M00	Paro del programa	Detiene la ejecución del programa temporalmente. Cuando el bloque M00 es ejecutado, la rotación del husillo principal es detenido, el refrigerante es anulado y la lectura del programa es detenida. Sin embargo, desde que la información modal es retenida. El reinicio puede hacerse con el interruptor de reinicio.	A
M01	Paro opcional	Al igual que M00, esta función también detiene temporalmente la ejecución del programa cuando el interruptor de paro opcional esta activado (ON) sobre el panel de control de la máquina. Este ignora M01 cuando el interruptor de paro opcional está desactivado (OFF).	A
M02	Fin del programa	Muestra la finalización del programa. Todas las operaciones se detienen y la unidad de CN es puesta en la condición de reset.	A
M30	Fin del programa	Muestra el final del programa como M02. Cuando M30 es ejecutado, la operación automática es detenida y el programa es rebobinado (retorno al comienzo del programa).	A
M03	Rotación del husillo principal en la dirección hacia adelante.	Inicia la rotación del husillo principal en dirección hacia adelante (rotación en el sentido de las manecillas del reloj).	W
M04	Rotación del husillo principal en la dirección contraria.	Inicia la rotación del husillo principal en dirección contraria (sentido contrario a las manecillas del reloj).	W
M05	Paro del husillo principal.	Detiene la rotación del husillo principal.	A
M06	Cambio de herramienta.	Cambia automáticamente la herramienta del husillo principal por otra localizada en posición del cambiador de herramientas del carrusel ATC.	W
M08	Activación del refrigerante	Descarga el refrigerante (fluido de corte).	W
M09	Desactivación del refrigerante	Detiene la descarga del refrigerante.	A
M19	Orientación del husillo principal	Detiene el husillo principal en una posición con un ángulo específico.	A
M21	Imagen de espejo del eje-X	Cambia el signo del comando del movimiento del eje-X de "+" a "-" y viceversa, y consecuentemente el movimiento del eje en dirección opuesta al comando del programa.	S
M22	Imagen de espejo del eje-Y	Cambia el signo del comando del movimiento del eje-Y de "+" a "-" y viceversa, y consecuentemente el movimiento del eje en dirección opuesta al comando del programa.	S
M23	Cancelación de la imagen de espejo.	Cancela la función de M21 y M22.	S
M48	Cancelación de M49	Cancela la función de M49.	A
M49	Cancelación de la velocidad de alimentación "override"	Ignora la velocidad de avance "override" del panel de control de la máquina y continúa la velocidad de avance comandada por el programa.	W
M57	Modo de registro del número de la herramienta.	Selecciona el modo de registro para el número de las herramientas montadas en las estaciones del carrusel ATC.	S
M98	Llamado del subprograma.	Llama y ejecuta un subprograma.	A
M99	Fin del subprograma	Termina un subprograma y regresa al programa principal.	A

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 56

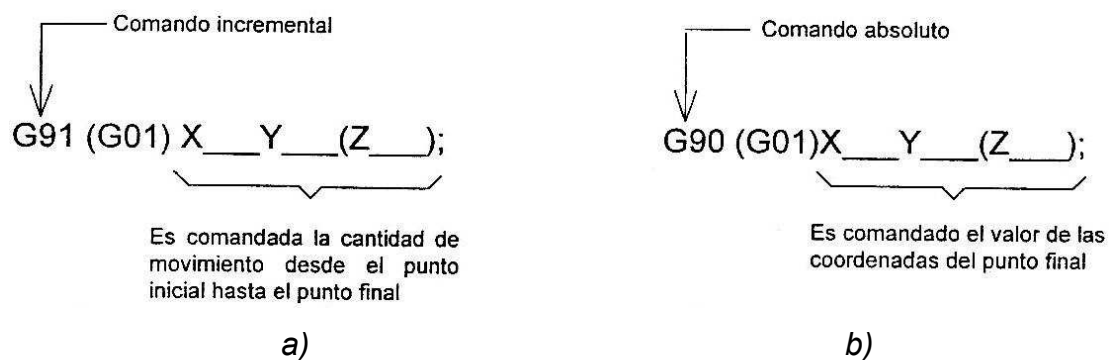


Debe comandarse solamente una función M en un bloque, porque de lo contrario, la función M que esté al final del bloque será la que permanezca activa. La tabla V muestra un extracto de las funciones M más importantes. Para las funciones que no aparecen en la tabla, debe recurrirse al manual de instrucción de la máquina o al de la unidad de CN.

### 2.2.4 Comandos incremental y absoluto (G91 Y G90)

Como se describió anteriormente, existen dos métodos de comando de movimiento: comando incremental y comando absoluto. El comando incremental comanda la cantidad de movimiento del punto de inicio (posición actual de la herramienta) al punto final (posición comandada) seguido de G91 y la dirección del movimiento. Esto se muestra en la figura 58 a. El comando absoluto, comanda el valor de las coordenadas del punto final (posición comandada) en el sistema de coordenadas establecido, tal como se muestra en la figura 58 (b).

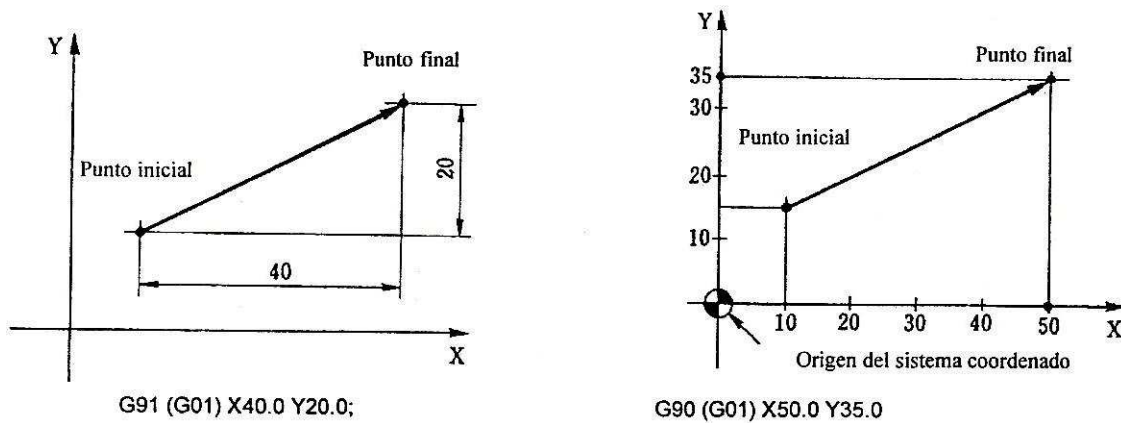
Figura 58. a) Comando incremental y b) Comando absoluto



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 57

Las figuras 59 (a) y (b) muestran ejemplos del programa de acuerdo con cada método de comando. Así como en los ejemplos mostrados, el método de comando de movimiento puede escogerse indistintamente, ya sea G91 ó G90. Sin embargo, dicha elección dependerá principalmente de los requerimientos del programa.

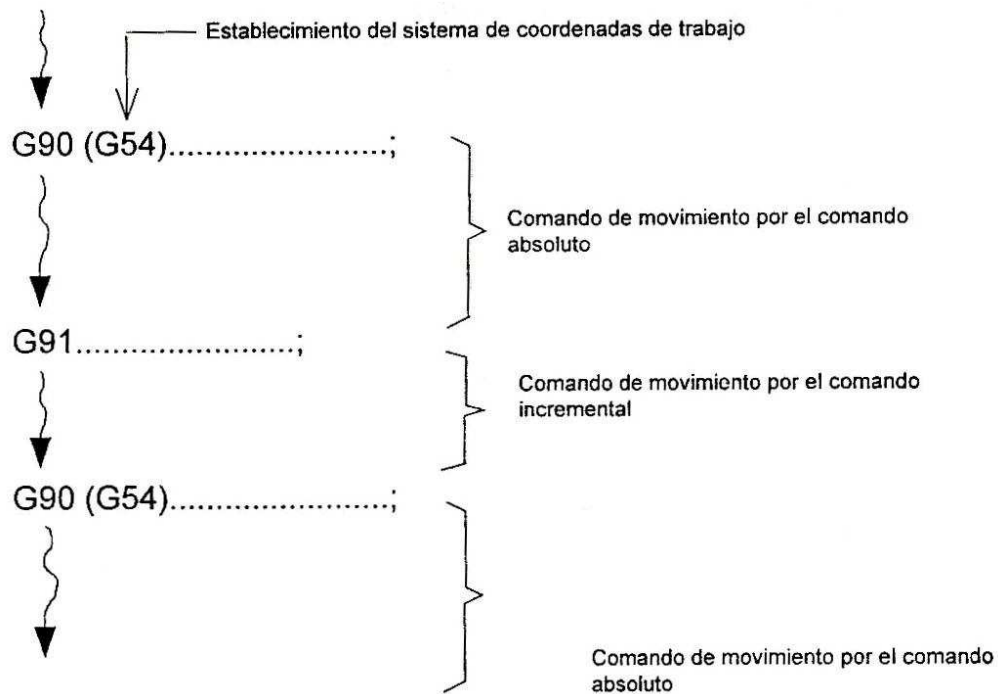
**Figuras 59. a) Programa con G91 y b) Programa con G90**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 57**

La figura 60 muestra un ejemplo de la configuración de un programa con G91 y G90.

Figura 60. Configuración de G90 y G91

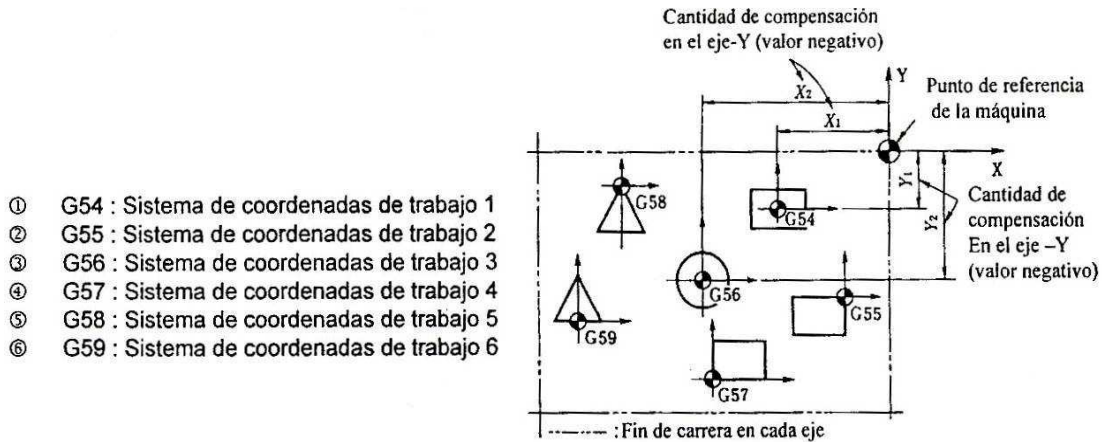


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 58

### 2.2.5 Establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo (G54 A G59)

El sistema de coordenadas de trabajo (figura 61) es un sistema en el cual se establece el origen con referencia a la pieza de trabajo, mediante el uso de los comandos G54 a G59, esto es, se pueden establecer hasta seis sistemas de coordenadas de trabajo diferentes.

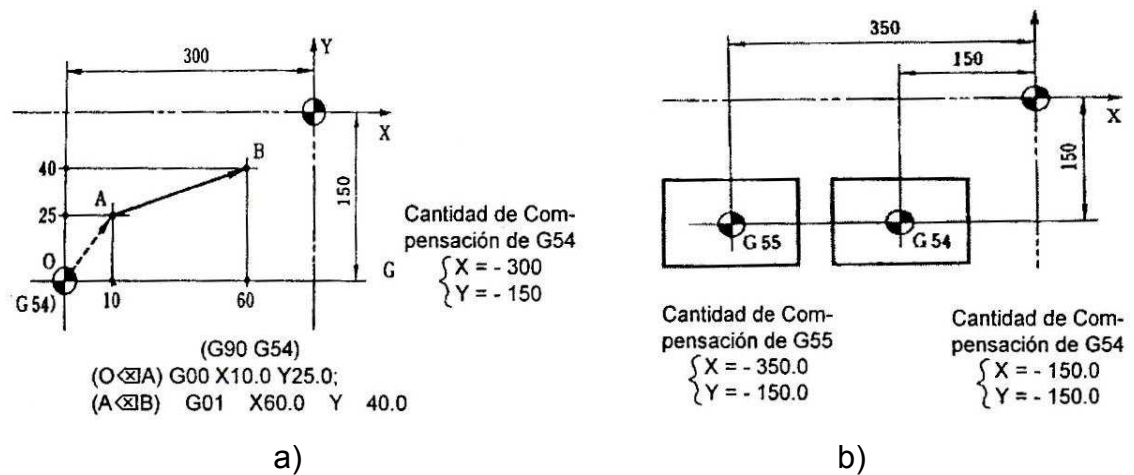
Figura 61. Establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 58

Generalmente, el sistema de coordenadas de trabajo se establece al comandar G54. En la figura 62 a, se puede observar un ejemplo en el cual se usa el comando G54 y que el comando de movimiento está dado por el comando absoluto (G90).

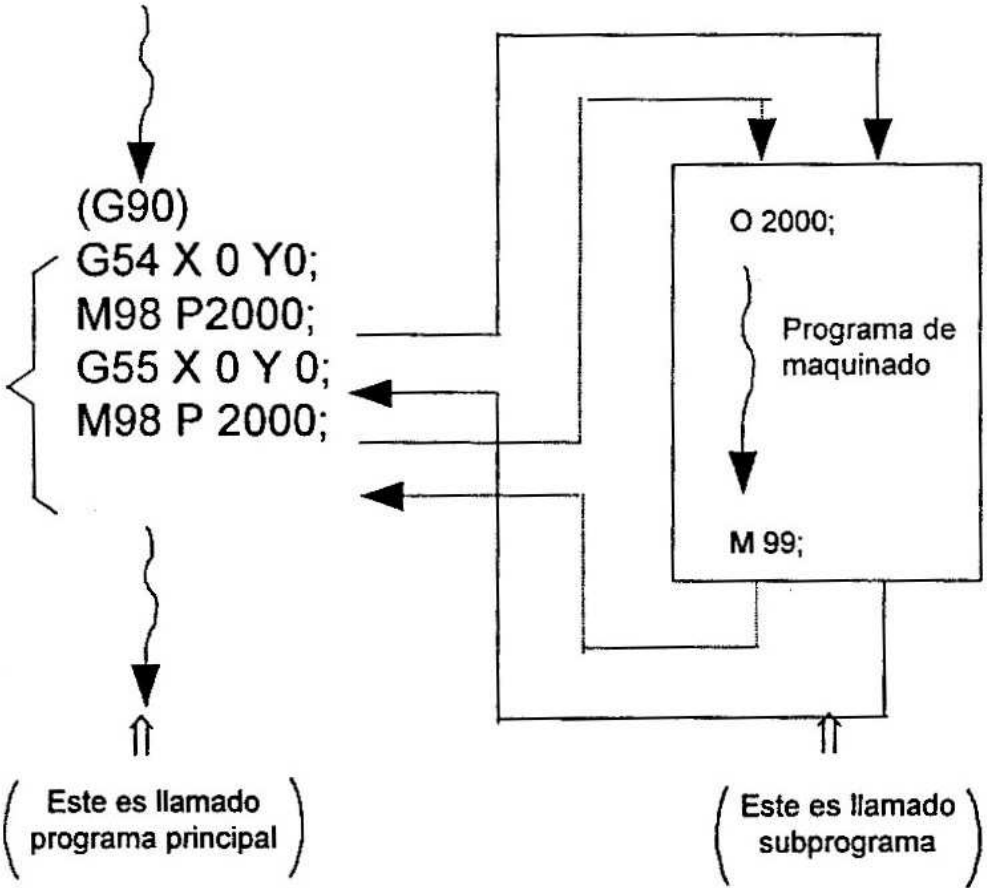
Figura 62. a) Sistema de coordenadas de trabajo (G54) y b) Sistema de coordenadas múltiple en un sistema de coordenadas de trabajo



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 59

Ahora bien, para un programa que necesite múltiples sistemas de coordenadas, éstos se seleccionarán y comandarán de acuerdo con los requerimientos de dicho programa. [figuras 62 (b) y 63].

Figura 63. Ejemplo de la configuración de un programa usando un sistema de coordenadas de trabajo



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 59

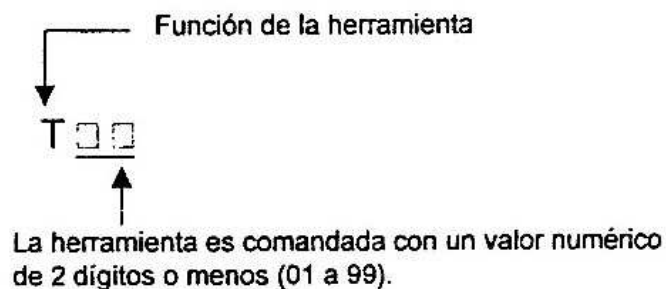
## 2.2.6 Función de la herramienta (Función T), función de velocidad del husillo (Función S) y función de avance de corte (Función F)

### Función de la herramienta (Función T)

La función de la herramienta también es llamada función T, tiene como misión llamar a la herramienta a la posición de cambio en el carrusel ATC.

Como se muestra en la figura 64, la función T da un comando con un valor numérico de dos dígitos siguiendo la dirección "T".



Figura 64. Método de comando de la función herramienta



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 60

Un valor numérico de dos dígitos siguiendo la dirección "T" es llamado número de la herramienta. Los números que pueden ser usados para la herramienta van desde el 01 al 99. Este número es comandado generalmente desde 01, 02 etc. de acuerdo con la secuencia de uso de las herramientas. La figura 65 muestra un ejemplo de los comandos de la función T.

Figura 65. Comandos de la función T

<p>O 103 (EJEMPLO);  N 99 (T-TOUROKU)  T <math>\diamond \diamond</math> ;  M 06;</p>	<p>..... Número de programa.  ..... Número de secuencia para registrar la herramienta en el husillo principal.  { Cuando la herramienta T <math>\diamond \diamond</math> está en el husillo principal, los bloques O y Q son ignorados.  Cuando la herramienta T <math>\diamond \diamond</math> no está en el husillo principal, los bloques O y Q son ejecutados, y la herramienta T <math>\diamond \diamond</math> es colocada en el husillo principal.</p>
<p>N 10 (FACEMILL)  .....T <math>\Delta \Delta</math> ;    M 06;</p>	<p>..... Número de secuencia para indicar el maquinado con una fresa de refrentar.  Una herramienta que va a ser usada en el proceso subsecuente es llamada mediante el comando T <math>\Delta \Delta</math>, para colocarla en la posición de cambio de herramienta en el carrusel ATC.  La herramienta T <math>\Delta \Delta</math> es colocada en el husillo principal.</p>
<p>N 12 (<math>\varnothing</math> 20 - REND)  .....T <math>\diamond \diamond</math> ;    M 06;  M 30;</p>	<p>..... Número de secuencia para indicar el corte grueso con una fresa end mill de diámetro 20.  La herramienta que va a ser usada en un proceso subsecuente es llamada mediante el comando T <math>\diamond \diamond</math>, para colocarla en la posición de cambio de herramienta en el carrusel ATC.  La herramienta T <math>\diamond \diamond</math> es colocada en el husillo principal  ..... Fin de programa.</p>

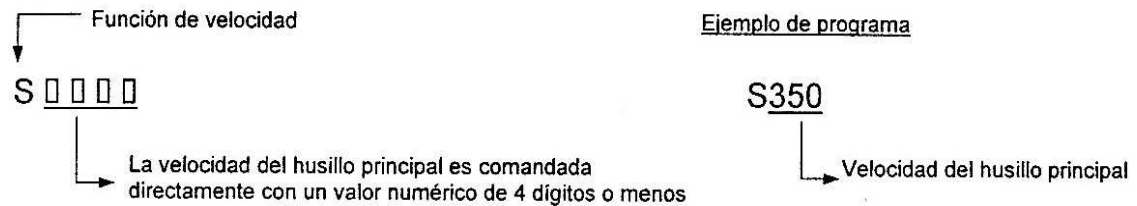
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 60

### Función de velocidad del husillo (Función S)

La función de velocidad del husillo es también llamada Función S (en lo sucesivo será solamente función S), y es la que establece la velocidad del husillo principal (r.p.m.). Como se muestra en la figura 66, la función S comanda directamente la velocidad del husillo principal con un valor numérico de cuatro dígitos o menos siguiendo la dirección "S".



Figura 66. **Método de comando de la función S**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 61**

La velocidad mínima y máxima del husillo principal, que puede ser acomodada por la función S, (puede variar entre las diferentes máquinas) en la presente tesis está el rango de 10 a 8000 r.p.m.

En general, la velocidad del husillo principal tiene un rango de baja velocidad y otro de alta; y el sobre cambio del rango de velocidad de alta a baja y viceversa, es hecho automáticamente por la máquina. Para cambiar la velocidad del husillo principal mientras este está girando es necesario que el husillo sea detenido, y luego se introduzca la nueva velocidad.

La velocidad del husillo principal (en r.p.m.) se determina utilizando la siguiente fórmula, la cual está en función de la velocidad de corte de la herramienta (m/min.).

$$N = \frac{(1000)(V)}{\pi \cdot D}$$

Donde: N: Velocidad del husillo principal (r.p.m.)  
V: Velocidad de corte (m/min.)

$\pi$ : Relación del perímetro al diámetro de la circunferencia (3.14)

D: Diámetro de la herramienta (mm)

### **Ejemplo:**

Cálculo del avance para una fresa de careado (*face milling cutter*) que cuenta con ocho filos cuyo diámetro es de 125 mm. y con una velocidad de corte de 90 m/min es:

$$N = \frac{1000 \times 90}{3.14 \times 125} = 230 \text{ r.p.m.}$$

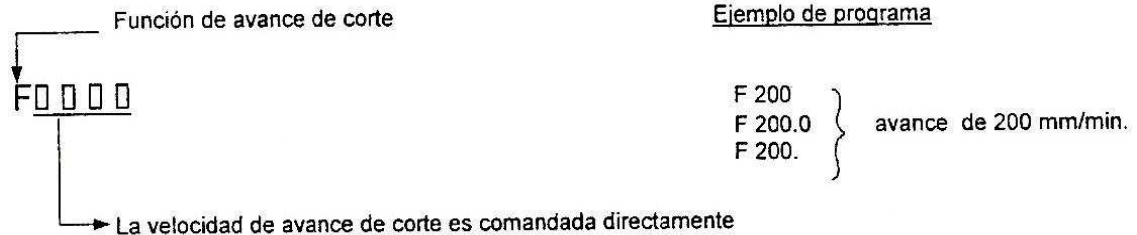
Consecuentemente, la velocidad del husillo principal es 230 r.p.m. y el comando de la función S es S230.

La velocidad de corte depende del material de la pieza de trabajo, tipo de la herramienta, precisión de la maquinaria, etc. Para referencia, los estándares de las condiciones de corte son mostradas en el apéndice 1.

### **Función de avance de corte (Función F)**

La función de avance de corte es también llamada función F (En lo sucesivo será función F), y es la que ajusta la velocidad de alimentación de avance de la mesa, y de la cabeza del husillo cuando la pieza de trabajo es cortada. Como se muestra en la figura 67, la función F comanda el avance de corte (mm/min).

Figura 67. Método de comando de la función F



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 62**

Además del comando directo de la función F de un dígito. Cuando se utiliza este comando, se escribe un dígito del 1 al 9 a continuación de la dirección F, en donde la velocidad de avance de corte correspondiente a este dígito será establecida en la máquina (*setting*). Este comando se utiliza cuando el material de la herramienta que va a ser usada y/o el de la pieza de trabajo es desconocido, cuando se hace el programa.

Cuando se utiliza el sistema inglés (pulgadas), es necesario escribir el punto decimal para comandar la función de alimentación F y también cuando se usa el comando de roscas.

La velocidad de alimentación F (mm/min.) se determina mediante la siguiente fórmula, la cual requiere el dato de la alimentación de avance por cuchilla o filo de la herramienta (mm/filo).

$$F = (f)(N)(Z)$$

Donde: F: Avance (mm/min.)  
f: Alimentación de avance por filo (mm/filo)

N: Velocidad del husillo principal (r.p.m.)

Z: Número de filos de la herramienta

### **Ejemplo:**

Cálculo del avance para una fresa de careado (*face milling cutter*) que cuenta con ocho filos. La alimentación de avance por filo es de 0.25 mm, y la velocidad del husillo principal es de 300 r.p.m.

$$F = 0.25 \times 300 \times 8 = 600 \text{ mm/min.}$$

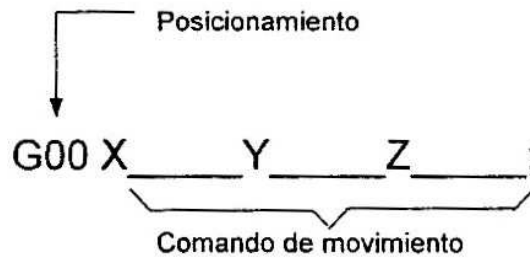
Consecuentemente, la velocidad de alimentación es de 600 mm/min. y el comando de la función de alimentación será F600.

La alimentación de avance por filo varía de acuerdo al material de la pieza de trabajo, tipo de herramienta, precisión de la maquinaria, etc.

### **2.2.7 Movimiento rápido de posicionamiento (G00)**

El posicionamiento (G00) es una función, que permite a la herramienta un movimiento rápido de la posición actual (punto de inicio) a la posición comandada (punto final). Como se muestra en la figura 68, el comando de posicionamiento designa el movimiento para cada eje mediante la dirección "X, Y, Z" en seguida de G00.

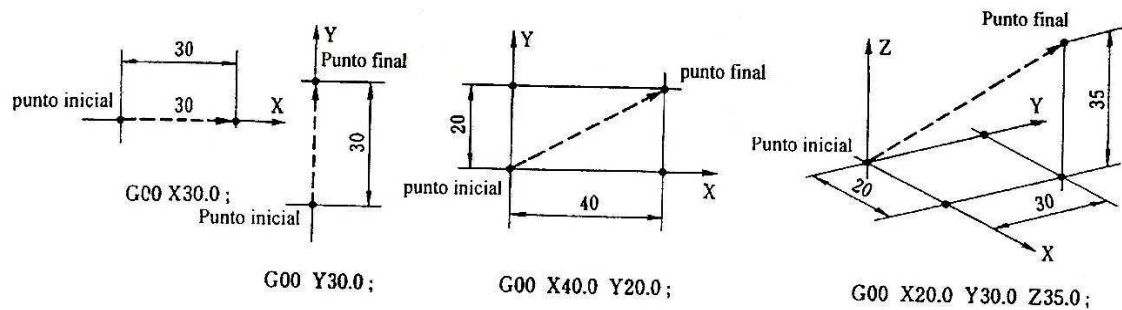
Figura 68. Método de comando de G00



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 64

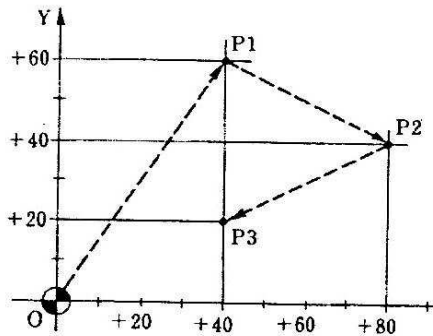
Para el comando de posicionamiento, es posible mover tres ejes al mismo tiempo, esto se muestra en la figura 69. Ahora bien, para su valor, el comando incremental especifica la cantidad de movimiento desde la posición actual hasta la posición comandada, y para el comando absoluto, éste designa un valor de coordenadas en el sistema de coordenadas de trabajo seleccionado, tal como se muestra en la figura 70.

Figura 69. Comando de G00



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag.65

Figura 70. Ejemplo de un programa



① Comando Incremental (G91)

0→P1: G00X40.0 Y 60.0;  
 P1→P2: X40.0 Y -20.0;  
 P2→P3: X-40.0 Y -20.0;

② Comando Absoluto(G90 G54)

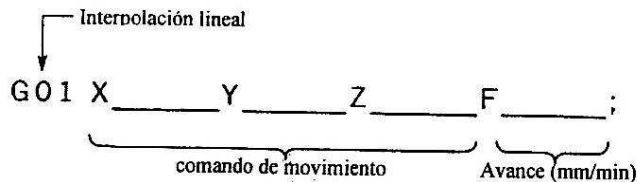
0→P1: G00X40.0 Y 60.0;  
 P1→P2: X80.0 Y 40.0;  
 P2→P3: X40.0 Y 20.0;

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 65

### 2.2.8 Corte recto por interpolación lineal (G01)

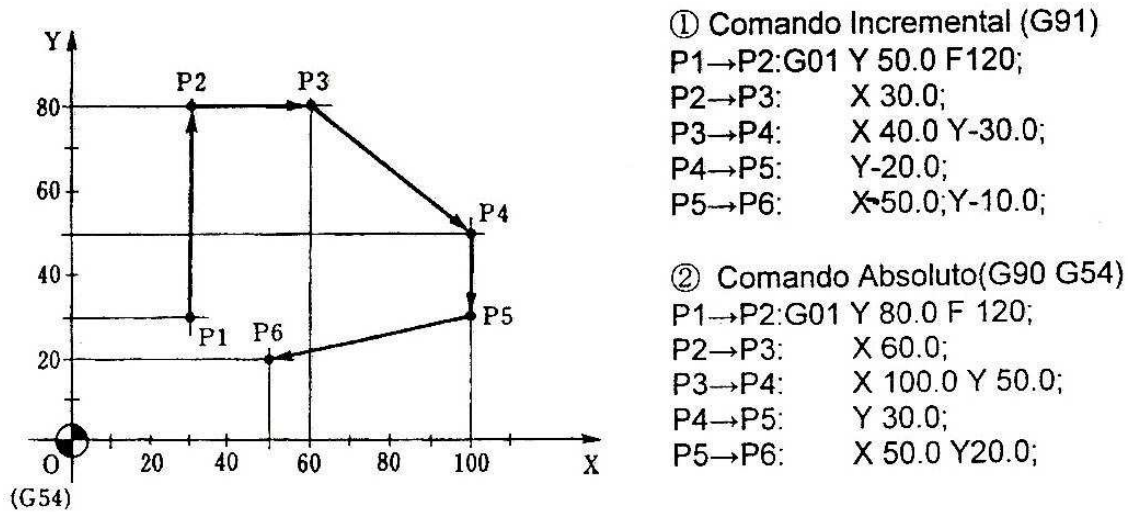
La interpolación lineal (G01) es una función que da a la herramienta una alimentación de corte de la posición actual a la posición comandada a lo largo de una línea recta. En la figura 71 el comando de la interpolación lineal comanda el movimiento de cada eje en la dirección "X,Y, Z" enseguida de G01, y la velocidad de avance de corte mediante la dirección "F". En la figura 72 se muestra un ejemplo de un programa con interpolación lineal.

Figura 71. Método de comando de G01



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 65

Figura 72. Ejemplo de un programa



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 66

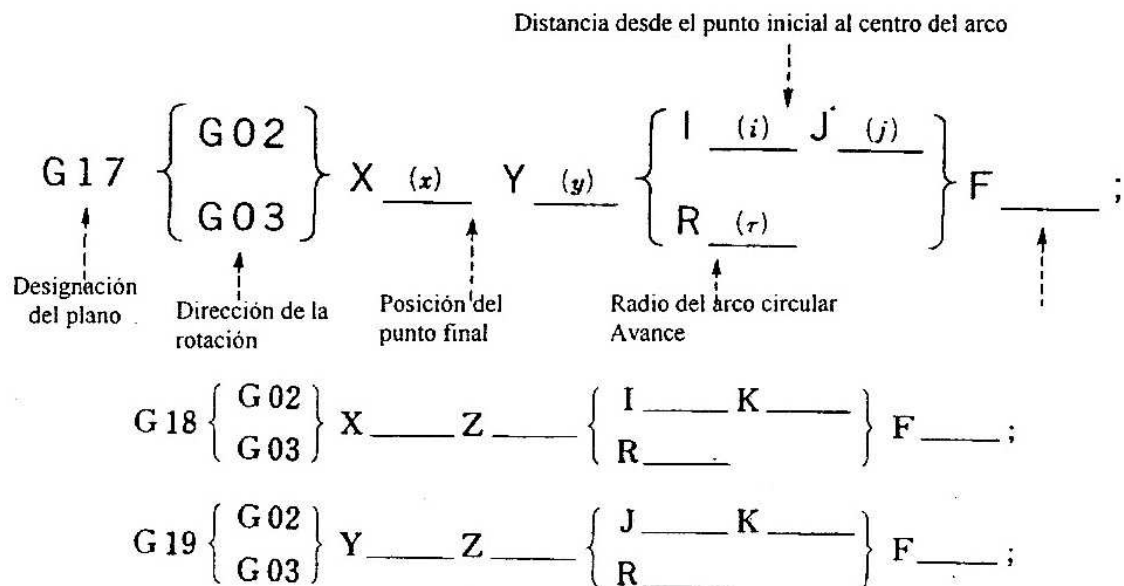
En la interpolación lineal, un corte lineal sobre una superficie paralela puede ser ejecutado mediante el comando de movimiento de un solo eje, mientras que para una superficie inclinada se ejecuta por el comando de movimiento de dos ejes, como lo muestra el ejemplo del programa. Además, G01 y la función F son modales y por lo tanto pueden ser omitidos cuando el corte lineal es continuamente comandado (a menos que la velocidad de avance sea modificada).

El comando de movimiento simultáneo de tres ejes es comandado cuando una pieza de trabajo con una forma tridimensional es maquinada, (tal como una superficie de forma libre). Sin embargo, en operaciones ordinarias, la forma de la pieza de trabajo es maquinada por los comandos de movimiento de los ejes, X y Y, y el taladrado es desarrollado por el comando del movimiento del eje Z.

## 2.2.9 Corte circular por interpolación circular (G02 Y G03)

La interpolación circular es una función que proporciona a la herramienta una alimentación de corte desde la posición actual hasta la posición comandada a lo largo de un arco circular. El corte circular en la dirección del sentido de las manecillas del reloj es mediante el comando G02, y en sentido contrario a las manecillas del reloj por el comando G03. La interpolación circular es comandada como se muestra en la figura 73.

Figura 73. Método de comando de G02 y G03



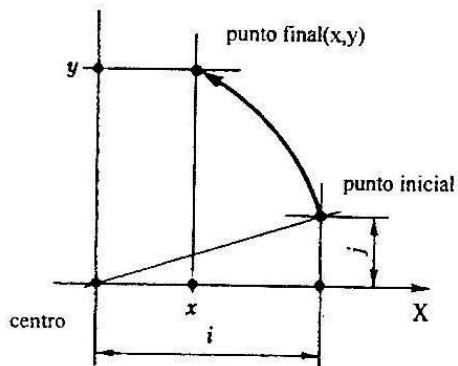
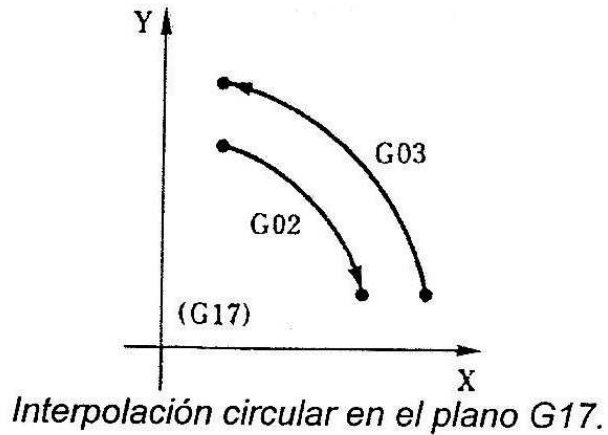
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 69



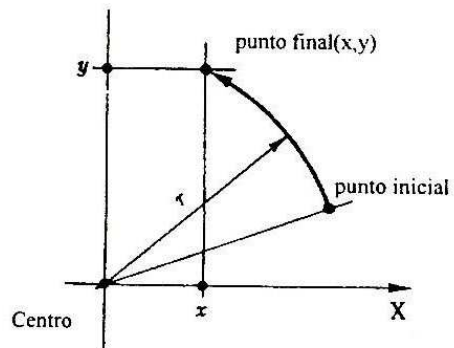
La interpolación circular se ejecuta en un plano establecido, por lo tanto, cuando es seleccionado el plano G17 (plano XY), el valor del comando está dado por la dirección "X, Y" e "I, J". Para G18 (plano ZX), el valor del comando se da por la dirección "X, Z" e "I;K", y para G19 (plano YZ), este valor está dado por la dirección "Y, Z" e "J, K".

Para ubicar el centro del arco en la interpolación circular, hay dos métodos de comando; uno de ellos es aquel que comanda la distancia del punto inicial del arco a su centro mediante la dirección "I, J, K" (de ahora en adelante referido como comando IJK), y el otro que comanda el radio del arco circular por la dirección "R" (de ahora en adelante referido como comando R). El comando IJK y el comando R siempre están dados en un valor incremental. La figura 74 ilustra estos dos métodos.

Figura 74. Comandos IJK y R en una interpolación circular. a) Designación IJK ( $G03 X_Y I_J F_;$ ), b) Designación IJK ( $G03 X_Y R_F_;$ )



a)

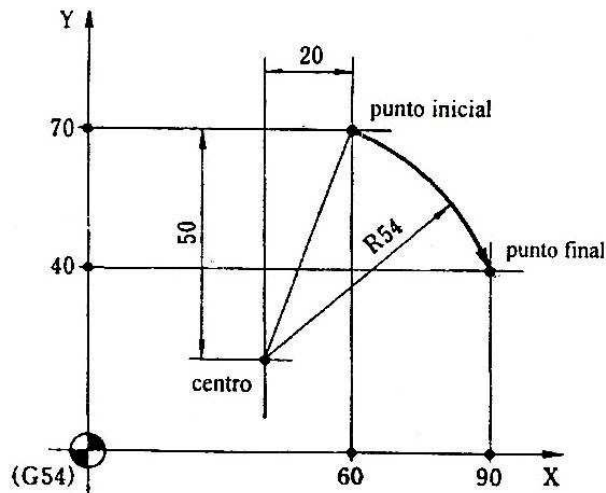


b)

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 70

La figura 75 muestra un ejemplo de un programa de interpolación circular. Como se mencionó antes, hay cuatro métodos de comandar la interpolación circular.

Figura 75. Ejemplo de un programa (1)

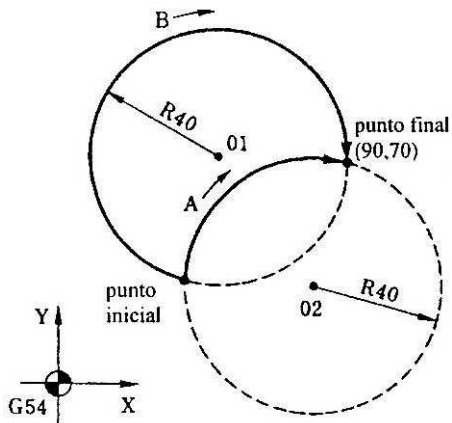


- ① Comando incremental (comando IJK)  
(G17 G91)  
G02 X30.0 Y-30.0 I-20.0 J-50.0 F120;
- ② Comando incremental (comando R)  
(G17 G91)  
G02 X30.0 Y-30.0 R54.0 F120;
- ③ Comando Absoluto (comando IJK)  
(G17 G90 G54)  
G02 X90.0 Y40.0 I-20.0 J-50.0 F120;
- ④ Comando Absoluto (comando R)  
(G17 G90 G54)  
G02 X90.0 Y40.0 R54.0 F120;

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 70

También, para la interpolación circular mediante el comando R, se pueden considerar dos rutas de la herramienta A y B, tal como se muestra en la figura 76. Por lo tanto, con el objeto de diferenciar entre la ruta A y B, a uno de los comandos se les agrega el signo menos (-) al radio del arco circular en el comando R cuando el ángulo del arco es de  $180^\circ$  o mayor.

Figura 76. Ejemplo de un programa (2)



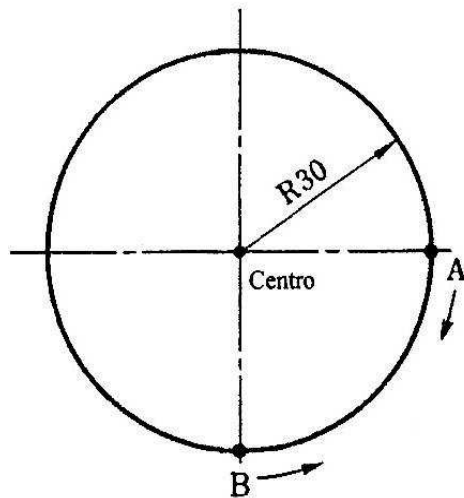
① En el caso de A (Angulo de arco circular :  $a \leq 180^\circ$ )  
(G17 G90 G54)  
G02X90.0Y70.0 R40.0 F120;

② En el caso de B (Angulo de arco circular :  $a > 180^\circ$ )  
(G17 G90 G54)  
G02X90.0Y70.0 R-40.0 F120;

Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 71**

En una interpolación circular, cuando el valor de la coordenada del punto final es omitido, se está comandando un ciclo completo de maquinado, el cual usa la posición actual de la herramienta como el punto final. La figura 77 muestra un ejemplo de un programa del maquinado de un círculo completo. El ciclo completo de maquinado no puede ser comandado por el comando R.

Figura 77. Ejemplo de un programa



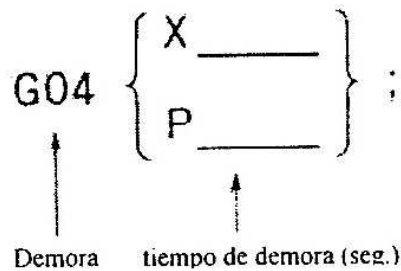
- ① Maquinado de un círculo completo en sentido horario usando el punto A como inicio.  
(G17 G90 G54)  
G02 I-30.0 F120;
- ② Maquinado de un círculo completo en sentido antihorario usando el punto B como inicio.  
(G17 G90 G54)  
G03 J30.0 F120;

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 71

### Temporizador (G04)

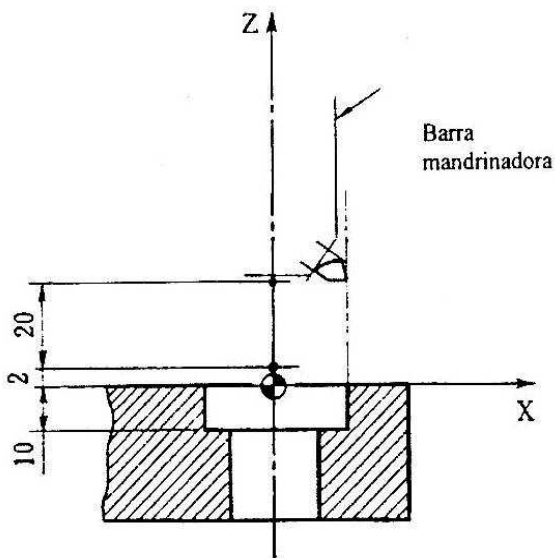
El temporizador G04 (*dwell*) es una función que retarda la ejecución del siguiente bloque durante un tiempo especificado. Como se muestra en la figura 78, el temporizador comanda el retardo del tiempo (segundos) por la dirección "P (o X)" enseguida de G04. El ejemplo del programa de la figura 79 muestra el uso del temporizador para detener temporalmente el movimiento de las herramientas al final de los orificios, para un maquinado suave de superficies durante el barrenado, careado, achaflanado, etc.

Figura 78. Método de comando de G04



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 74

Figura 79. Ejemplo de un programa que usa el comando G04



① Comando Incremental (G91)

```
G00 Z-20.0;  
G01 Z-12.0 F100;  
G04 P1000;  
G00 Z32.0;
```

② Comando Absoluto (G90 G54)

```
G00 Z2.0;  
G01 Z-10.0 F100;  
G04 P1000;  
G00 Z22.0;
```

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 74

Generalmente el temporizador al ser comandado, da la magnitud de tiempo durante el cual una herramienta hace más de un giro al final del orificio. Cuando este comando está dado por la dirección "X", es posible introducir un punto decimal al especificar el tiempo de retardo.

Sin embargo, en general, esta dirección no se usa frecuentemente porque es necesario distinguir si el comando pertenece a un movimiento del eje X. Si el temporizador está comandado por la dirección "P", no se puede introducir el punto decimal en dicho comando; por lo que el temporizador es comandado después de ser convertido a 1/1000 s. (Ejemplo 1 s. de retardo de tiempo se comanda P1000).

### **Ejemplo:**

Cálculo del intervalo de tiempo cuando la velocidad del husillo principal es de 300 r.p.m.

(Fórmula de cálculo)

$$\text{Retardador de tiempo} = \frac{60 \text{ s}}{300 \text{ giros}} = 0.2 \text{ s.}$$

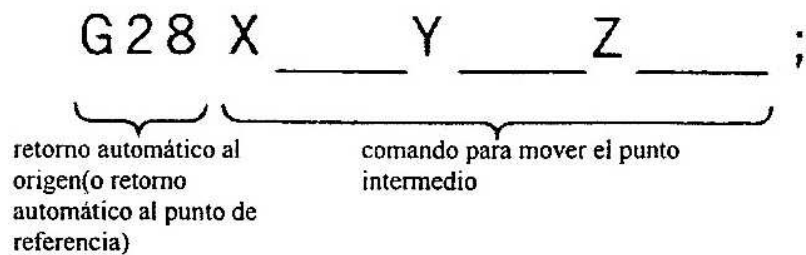
Consecuentemente, un temporizador de 0.2 seg. O más es requerido, y dando un margen, el tiempo de retardo es de 0.5 seg. El comando para este intervalo por lo tanto es G04P500; (o G04X0.5;).

### **Retorno automático al origen (G28)**

El retorno de la herramienta desde su posición actual hasta el punto de referencia de la máquina, es llamado retorno al origen. La función que puede comandar este retorno al origen en un programa es el comando G28. El retorno automático al origen comanda un punto intermedio enseguida de G28, tal como se muestra en la figura 80.

Cuando el bloque G28 es ejecutado, la herramienta retorna desde su posición actual hasta el punto de referencia de la máquina a través del punto intermedio con movimiento rápido.

Figura 80. Método de comando de G28



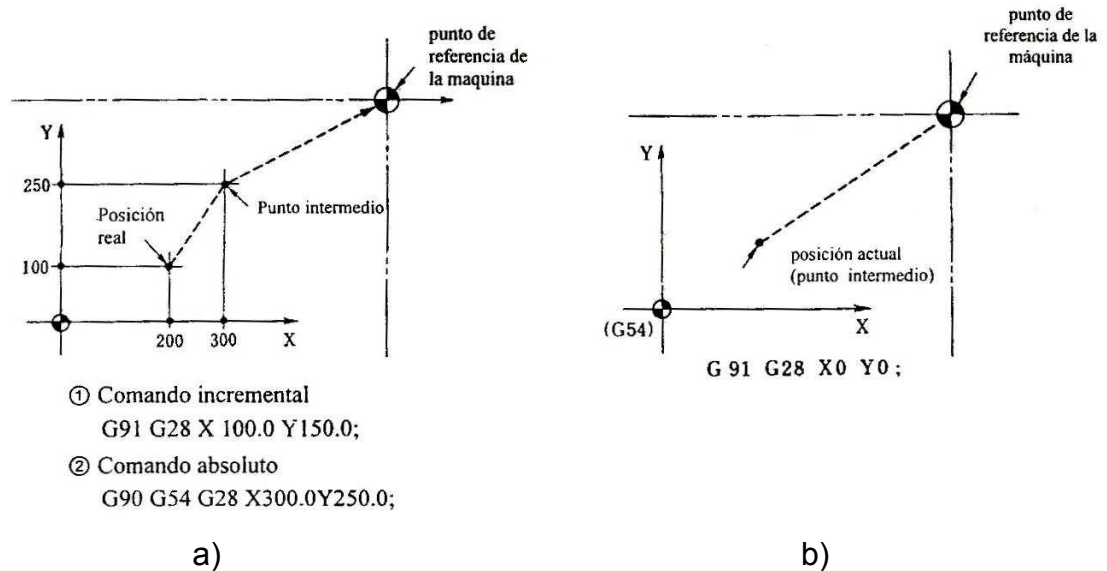
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 75

El valor del comando para el punto intermedio cuando se utiliza el comando absoluto difiere del valor usado para el comando incremental, esto se muestra en la figura 81 a. Para el caso del comando incremental cuando el comando está dado con la posición actual de la herramienta como el punto intermedio, ésta retorna en forma directa y automática al punto de referencia de la máquina, tal como se muestra en la figura 81 b.

El punto de referencia de la máquina es la posición propia de la máquina. Generalmente, el cambio de las herramientas se hace en esta posición, por lo tanto, es necesario comandar el retorno al origen de la herramienta antes de que sea comandado el cambio de esta.



Figura 81. a) Ejemplo de un programa, b) Comando G28 en G91



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 76**

G28 es una función G de una sola actuación (*one-shot*), incluso cuando el bloque G28 es ejecutado, la formación modal previa permanece efectiva.

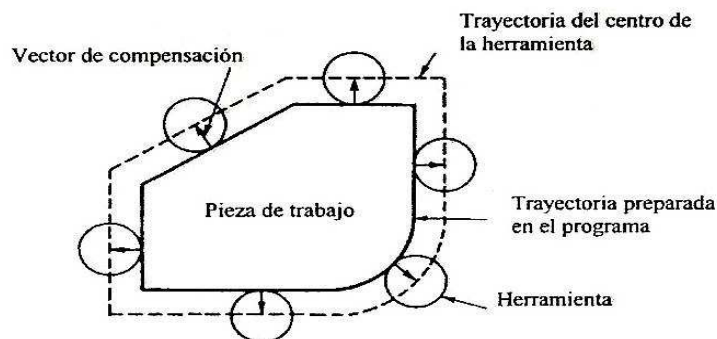
Consecuentemente, la compensación del diámetro y de la posición de la herramienta (son descritas en las siguientes páginas) tienen que ser canceladas antes de que G28 sea comandado.

La posición propia de la máquina, la cual es ajustada por la unidad de CN es llamada punto de referencia. En general, el punto de referencia de la máquina es colocado en la misma posición que la del punto de referencia, por lo que estos dos puntos pueden ser considerados como los mismos. Por lo tanto, el retorno al origen es también llamado retorno al punto de referencia. En esta tesis, se empleará la palabra "retorno al origen".

### 2.2.10 Compensación del diámetro de la herramienta (G40, G41 y G42)

Cuando es ejecutado el maquinado de un contorno en una pieza de trabajo, la ruta de la herramienta debe ser tal que dicha herramienta sea compensada por la magnitud de su radio, como se muestra en la figura 82. La función que logra esta compensación automáticamente es llamada compensación del diámetro de la herramienta. La programación que utiliza esta compensación se explica a continuación.

Figura 82. **Compensación de la ruta de la herramienta**



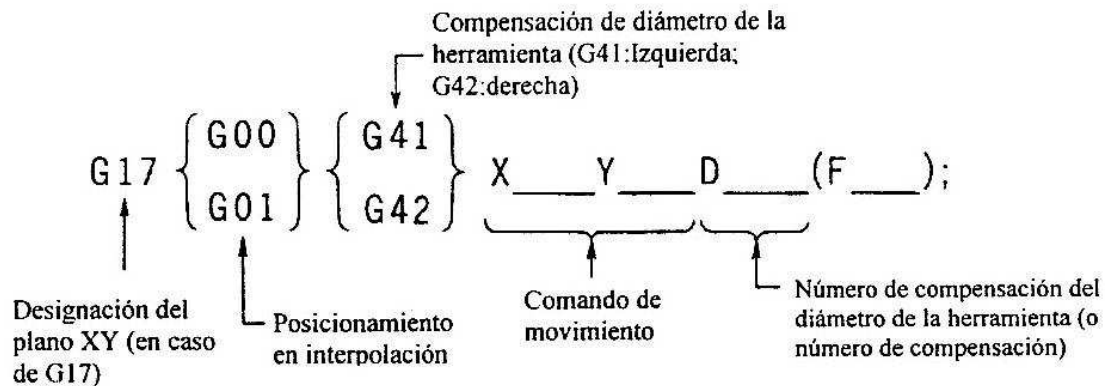
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 77

#### a. Método de comando de la compensación del diámetro de la herramienta

El plano en el cual la compensación de la herramienta va a ser hecha, es seleccionado mediante el comando de designación de plano (selección del plano de compensación G17, G18, G19).

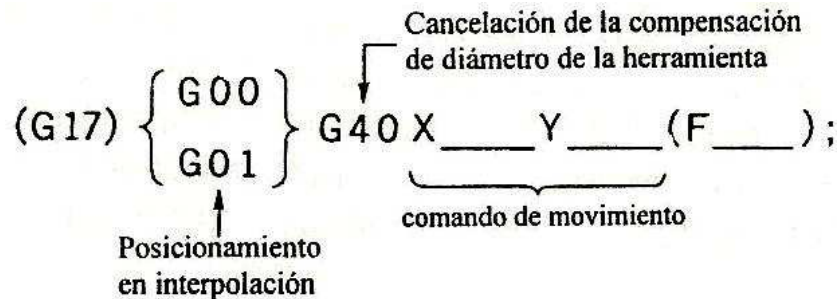
Para la compensación de la herramienta, el vector de compensación es calculado en el plano seleccionado (dirección y magnitud de la compensación). Esto se explica en las figuras 83 y 84.

Figura 83. Método de comando de G41 y G42



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 77

Figura 84. Método de comando de G40

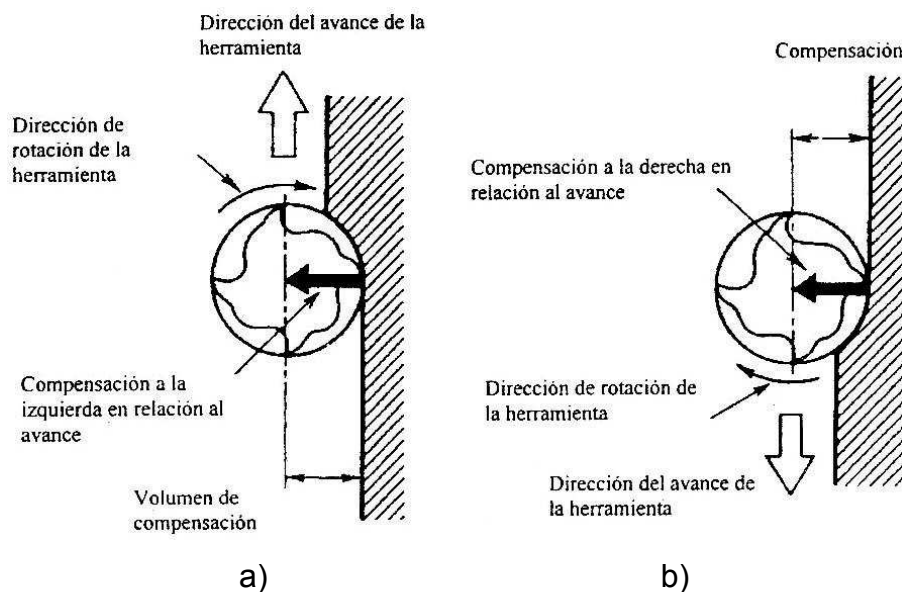


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 77

La compensación de la herramienta se hace durante el movimiento de la herramienta, en donde dicho movimiento puede ser ejecutado mediante el comando de posicionamiento (G00) o por el de interpolación lineal (G01). La compensación del diámetro de la herramienta no puede hacerse cuando se comanda la interpolación circular (G02, G03).

Cuando se comanda la compensación de la herramienta a la izquierda, con respecto a la dirección del avance de la herramienta mediante el comando G41, el corte es descendente [figura 85 (a)]. Ahora, cuando la herramienta es compensada a la derecha, con relación a la dirección del avance de la herramienta mediante el comando G42, el corte es ascendente [figura 85 (b)].

**Figura 85. Dirección de la compensación; a) En el caso de G41 y b) En el caso de G42**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 78**

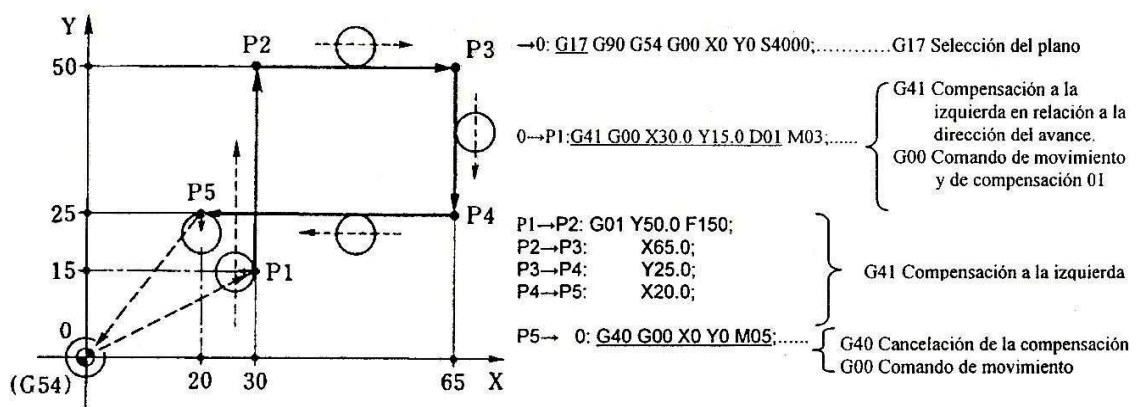
El comando de movimiento está dado por las direcciones "X, Y Z". Este comando debe ser para más de un eje sobre el plano de compensación seleccionado, y debe involucrar el movimiento actual de la herramienta.

Siguiendo la dirección "D", el número de la compensación del diámetro de la herramienta es comandado con un valor numérico de dos dígitos o menos (01 a 99, 00 indica una cantidad de compensación cero). La herramienta es compensada por la cantidad que corresponde al número de compensación comandado a continuación de la dirección "D" (es la cantidad colocada en la memoria de compensación de la herramienta de la unidad de CN).

La compensación G41 y G42 es cancelada (liberada) por el comando G40 (figura 84). El rango de tiempo desde que G41 o G42 son comandados hasta que G40 es comandado se llama modo de compensación.

La figura 86 muestra un ejemplo de un programa que usa la compensación del diámetro de la herramienta.

Figura 86. Ejemplo de un programa



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 79

La cantidad de compensación puede ser reescrita arbitrariamente. Esto significa, que cuando se utiliza la compensación del diámetro de la herramienta, la forma exacta de la pieza de trabajo puede ser programada independientemente de los tamaños de los diámetros de las herramientas [figura 87 (b)]. Además, existen otras ventajas, por ejemplo, mediante el ajuste de la cantidad de compensación, puede ser seleccionada cualquier cantidad que permita el acabado deseado, repetición de desbastes, y corte de acabado en un mismo programa [figura 87 (c)].

Figura 87. Utilización de la compensación del diámetro de la herramienta.

- a) Introducción de la cantidad de compensación, b) Posicionando la cantidad de compensación acorde al diámetro de la herramienta, y c) Cantidad de compensación incluyendo el margen para el acabado

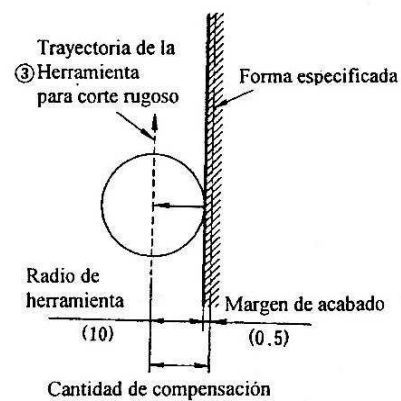
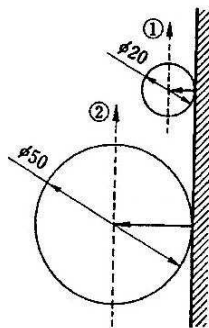
G41 G00 X \_\_\_\_ Y \_\_\_\_ D01;

(Modo de compensación)

Valor de entrada de D01 en la memoria de compensación de la herramienta

- ① En el caso de D01 = 10.000
- ② En el caso de D01 = 25.000
- ③ En el caso de D01 = 10.500

G40 G00 X \_\_\_\_ Y \_\_\_\_;



a)

b)

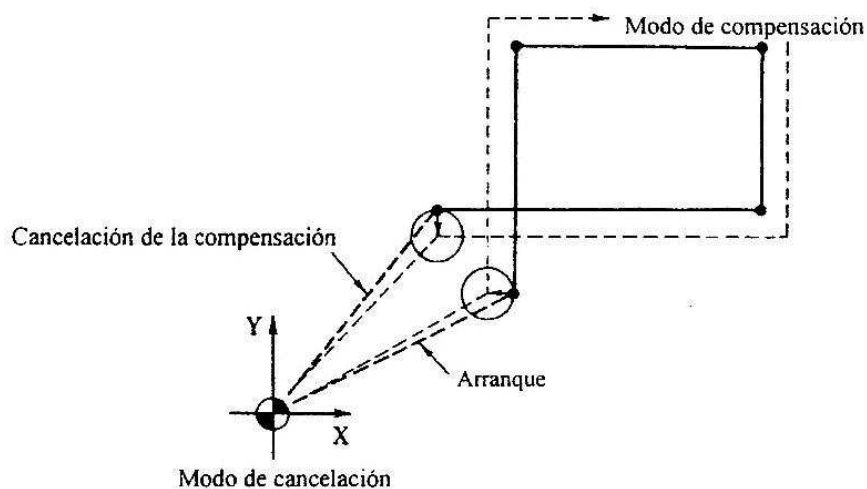
c)

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 79

## b. Movimientos de la herramienta en la compensación de su diámetro

En la compensación del diámetro de la herramienta, los movimientos de ésta se hacen en la secuencia de los siguientes modos: cancelación, arranque, compensación y cancelación de la compensación. Esto se muestra en la figura 88.

Figura 88. **Movimientos de la herramienta de la compensación del diámetro de la herramienta**



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 80

### (1) Modo de cancelación

Después de que la fuente de poder es activada o es presionado el botón de *reset* en el panel de control CRT o terminado el programa, mediante la ejecución de M02 o M30, la herramienta se encuentra en el modo de cancelación.

En el modo de cancelación, la magnitud del vector de compensación es siempre 0 y el centro de la herramienta coincide con la ruta programada.

El programa debe ser terminado en el modo de cancelación. Si el programa es terminado en el modo de cancelación. Si el programa es terminado en el modo de compensación, la herramienta se detiene en la posición que corresponde a la cantidad de compensación.

## (2) Arranque (*start-up*)

El movimiento de la herramienta cuando se cambia del modo de cancelación al de compensación (*offset*) es llamado arranque (*start-up*). Este es ejecutado cuando un bloque satisface totalmente las siguientes condiciones:

- 1) Es comandado G41 ó G42
- 2) Debe ser comandado cualquier número de compensación excepto 00.
- 3) El movimiento es comandado por G00 ó G01.

En el movimiento de arranque, se hace la lectura de avance de dos bloques (Figura 89).

Figura 89. **Avance de lectura de los bloques**

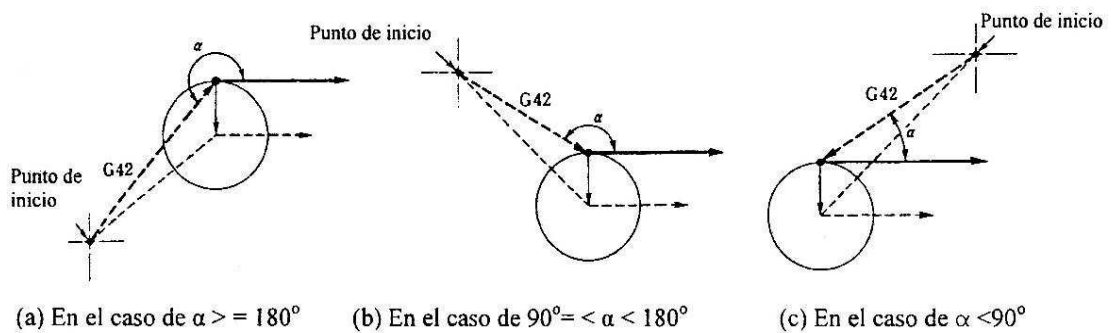
N1 .....	Ejecución
N2 .....	Ejecución de lectura de avance
N3 .....	Lectura de avance, lectura de avance, lectura de avance
N4.....	
N5.....	

Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 81**



El vector de compensación forma un ángulo recto con la dirección de avance de la herramienta (una marca de flecha en la figura) en la posición final del arranque, y el centro de la herramienta es posicionada en la cresta del vector de compensación. La figura 90 muestra las rutas de herramienta en el arranque.

Figura 90. Rutas de la herramienta en el arranque

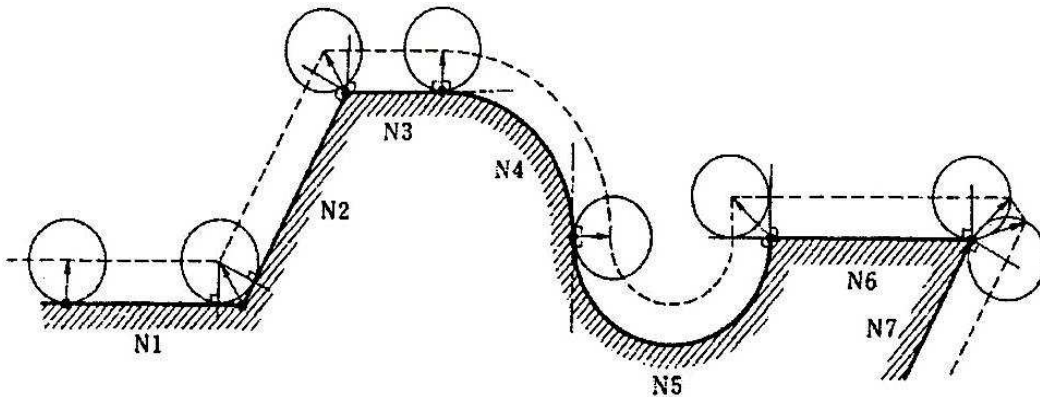


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 81

### (3) Modo de compensación (offset)

El arranque cambia la trayectoria de la herramienta en los bloques siguientes dentro de la ruta, para aquellos bloques que están afectados por la compensación. A esto se le llama modo de compensación. En este modo, la compensación se aplica para las trayectorias de movimiento descritas por los comandos G00 o G01, e incluso para aquellas que están dadas por G02 o G03, como se muestra en la figura 91.

Figura 91. Trayectoria del centro de la herramienta en el modo de compensación



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 81

En el modo de compensación, se adelanta la lectura de dos bloques para que el centro de la herramienta se mueva hacia el punto, en el cual se intersectan las dos rutas de compensación. La ruta de la herramienta de N1 a N7 es como la descrita en la figura 91.

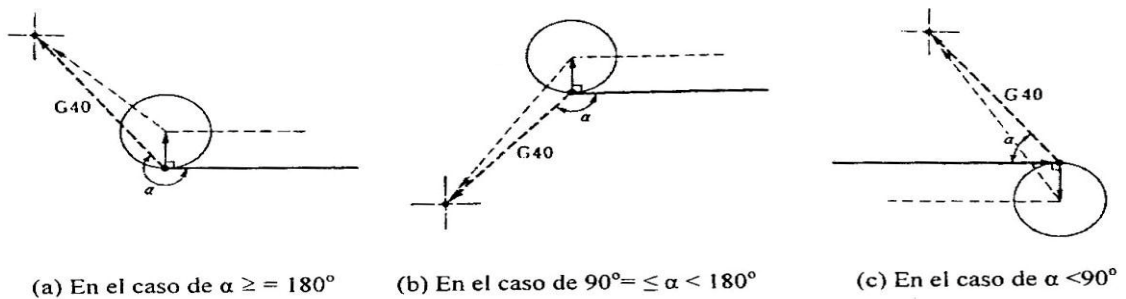
#### (4) Cancelación de la compensación (*offset cancel*)

El movimiento de la herramienta cuando el modo de compensación (*offset*) es cambiado al modo de cancelación, es llamado cancelación de la compensación. Mediante el comando de la cancelación de la compensación, es posible cancelar el modo de compensación de G41 o G42, y posicionar el centro de la herramienta en la trayectoria comandada por el programa. Esta cancelación se efectúa cuando en el bloque se ejecuta cualquiera de las siguientes condiciones:

- i) Es comandado G40
- ii) Es comandado el número de la herramienta 00

La cancelación de la compensación se comanda en un bloque de movimiento con G00 o G01. La figura 92 muestra los movimientos de la herramienta comandados por la cancelación de la compensación.

Figura 92. **Movimientos de la herramienta con G40**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 82**

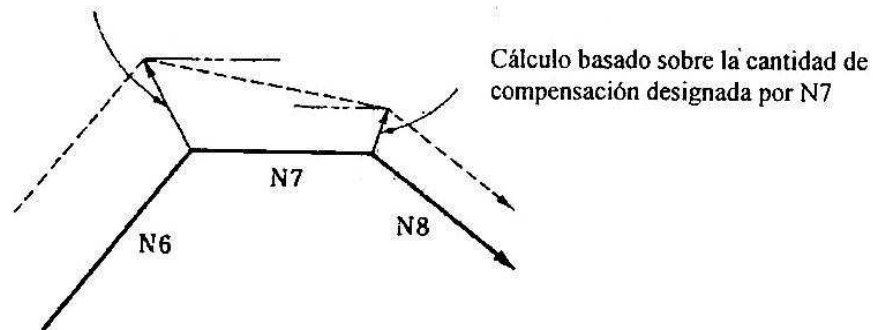
**c. Aspectos que deben considerarse independientemente de la compensación del diámetro de la herramienta.**

**(1) Cambio de la cantidad de compensación**

Cuando la cantidad de compensación es cambiada en el modo de compensación, el vector de compensación al final de un bloque está calculado por la cantidad de compensación especificada en el mismo, y el movimiento realizado por la herramienta se muestra en la figura 93.

Figura 93. Trayectoria de la herramienta en el modo de compensación

Cálculo basado sobre la cantidad de compensación designada por N6

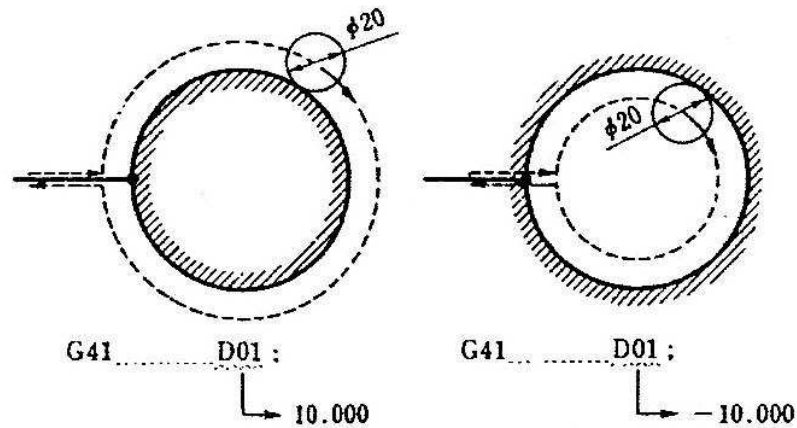


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 83

## (2) Cantidad de compensación positiva y negativa

Generalmente, la cantidad de compensación del diámetro de la herramienta es suministrada en la memoria de compensación de la herramienta de la unidad de CN con un valor positivo. Sin embargo, si éste valor fuera negativo, la herramienta haría el mismo movimiento que se obtendría al comandar G41 en lugar de G42 y viceversa. La figura 94 muestra un ejemplo de un corte circular.

Figura 94. Corte circular cambiando el signo de la cantidad de compensación

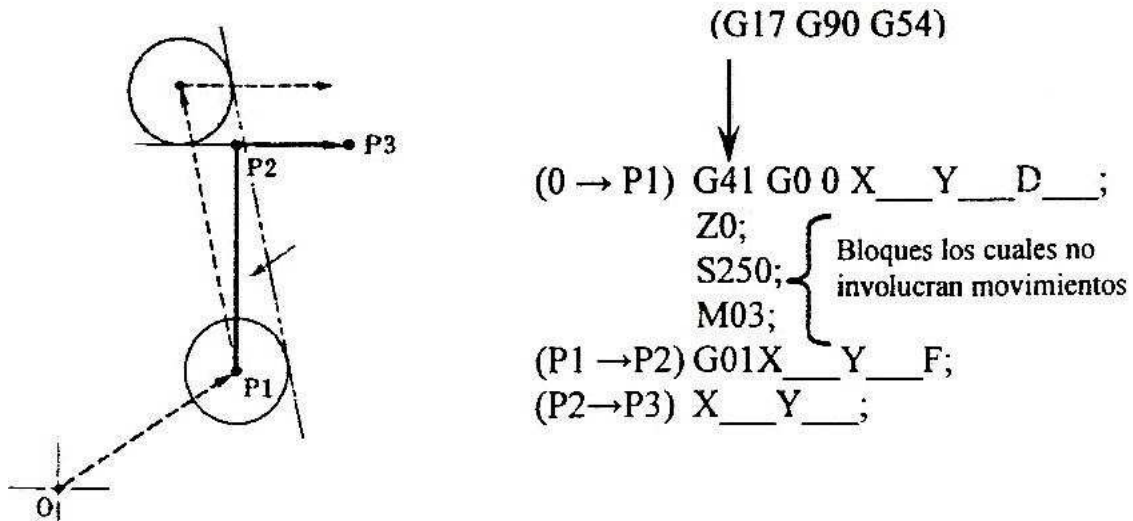


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 83

### (3) Bloque el cual no involucra movimientos

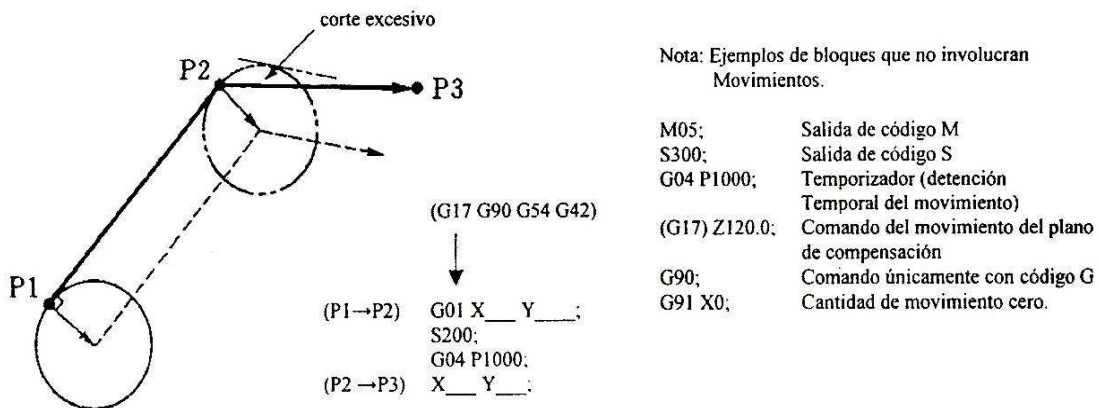
Si dos o más bloques que no involucran movimientos son comandados consecutivamente enseguida del arranque o en el modo de compensación, el punto en el cual las rutas de la herramienta se intersectan no podría ser calculado y por lo tanto la compensación no sería la correcta, pudiendo provocar un corte excesivo (o un corte insuficiente). Esto se muestra en las figuras 95 y 96.

Figura 95. Corte excesivo en el modo de compensación



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 84

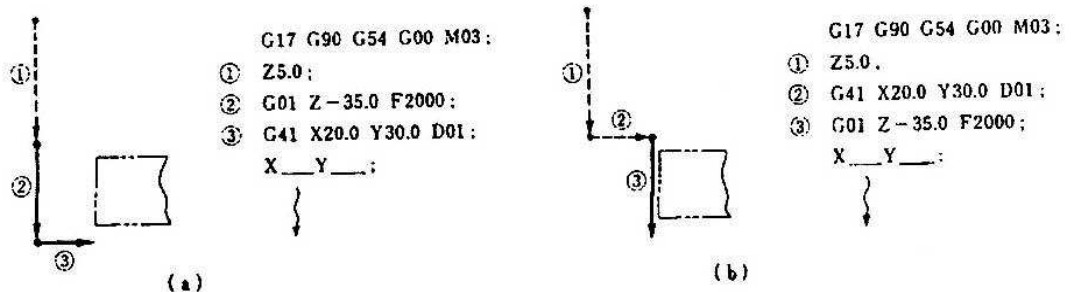
Figura 96. Corte excesivo en el modo de compensación



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 84

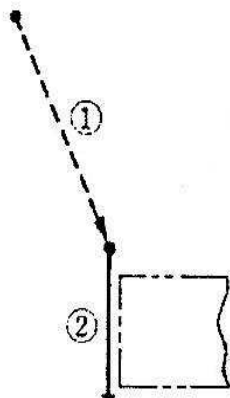
Cuando la herramienta está posicionada en el punto de inicio del maquinado mediante la designación del plano G17, se prepara el siguiente programa para que los bloques que tienen comando de movimiento únicamente sobre el eje Z, no se ejecuten en forma consecutiva.

Figura 97. Programas para el posicionamiento del punto inicial del maquinado



(a) compensación del diámetro de la herramienta en ③

(b) Compensación del diámetro de la herramienta en ②



```
G17 G90 G54 G00 M03;  

① G41 X20.0 Y30.0 Z5.0 D01;  

② G01 Z-35.0 F2000;  

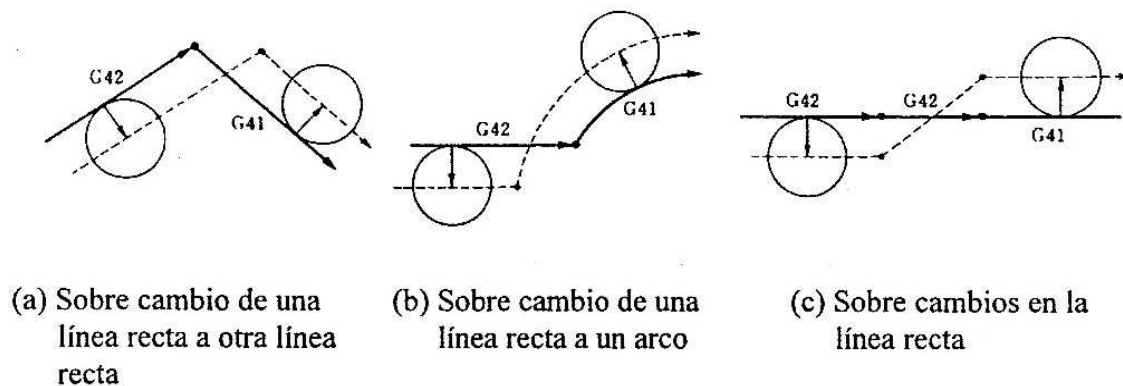
X___ Y;
```

c) Compensación del diámetro de la herramienta después de dar comando a 3 ejes simultáneamente.

#### (4) Cambio del modo de compensación

El cambio de los modos de compensación de G41 y G42, usualmente se hace después de que G40 es comandado. Si la dirección de la compensación es cambiada en el modo de compensación, la herramienta hace un movimiento como el que se muestra en la figura 98. Por lo tanto, la dirección de la compensación no puede ser cambiada desde el bloque de arranque al siguiente.

Figura 98. Cambio de los modos de compensación



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 85

#### (5) Corte excesivo debido a la compensación del diámetro de la herramienta

Cuando es maquinado un arco circular más pequeño que el radio de la herramienta, o una ranura, ocasiona un corte excesivo debido a la compensación del diámetro de la herramienta. Por esta razón, inmediatamente después de la ejecución del último bloque, la unidad de CN activa una alarma y se detiene el programa.

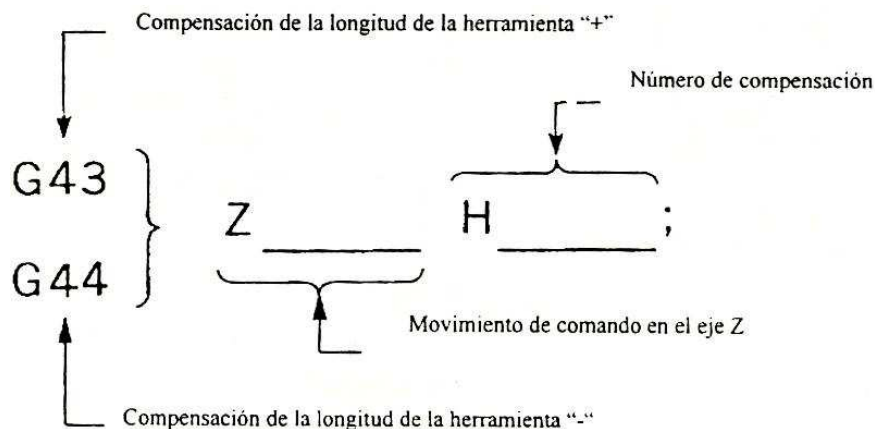


### 2.2.11 Compensación de la longitud de la herramienta (G43, G49)

La función que compensa el movimiento en el eje Z, mediante la cantidad de la compensación colocada en el dispositivo de CN se llama compensación de la longitud de la herramienta. Cuando se utiliza esta compensación se tiene la ventaja de que un programa puede hacerse sin considerar la longitud de la herramienta, sin importar que se utilicen varias herramientas de longitudes diferentes. La programación que utiliza la compensación de la longitud de la herramienta, se describe a continuación:

#### a. Método de comando de la compensación de la longitud de la herramienta

Figura 99. Método de comando de G43 y G44



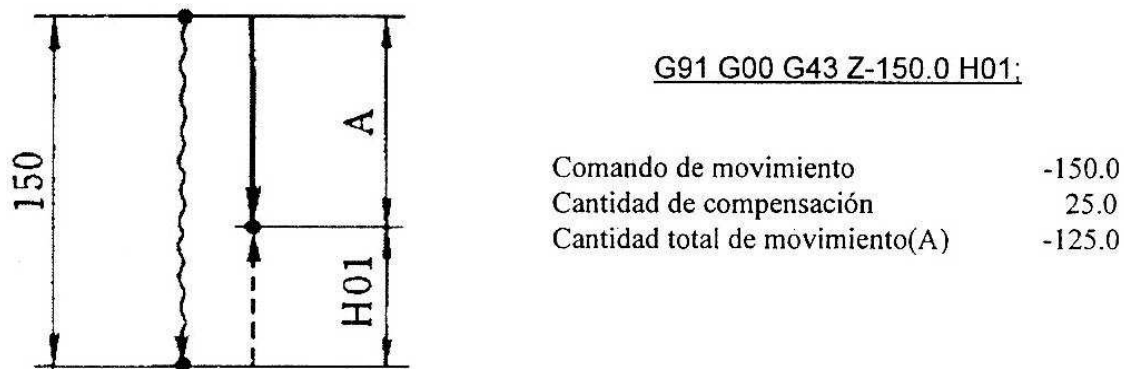
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 88

Para el comando de la compensación de la longitud de la herramienta G43 "+", la cantidad de la compensación es aplicada al lado positivo (suma) con respecto al comando de movimiento del eje Z, como se muestra en la figura

100. También, mediante el comando de compensación de la longitud de la herramienta G44 "-", la cantidad de compensación es aplicada al lado negativo (substracción) con relación al comando de movimiento del eje Z, como se muestra en la figura 101.

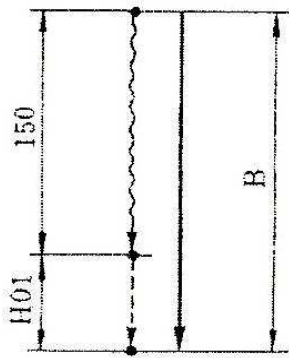
El número de la compensación de la longitud de la herramienta es comandado con un valor numérico de dos dígitos o menos siguiendo la dirección "H", (01 a 99, 00 corresponde a una cantidad de compensación cero). La herramienta es compensada mediante la cantidad correspondiente al número de compensación de la herramienta que fue establecida en la memoria del dispositivo de CN.

Figura 100. **Ejemplo de un programa con G43**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 89**

Figura 101. Ejemplo de un programa con G44



G91 G00 G44 Z-150.0 H01;

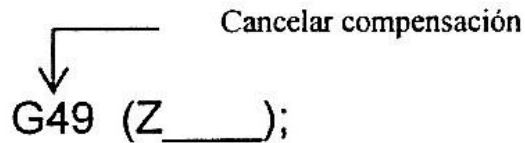
Comando de movimiento	-150.0
Cantidad de compensación	25.0
Cantidad total de movimiento(B)	-125.0

Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 89**

Mediante el comando G49, se cancela la compensación de la longitud de la herramienta comandada por G43 y G44. Cuando el bloque G49 es ejecutado, la herramienta retorna a la posición comandada por el programa. Mediante el comando del número de compensación H00, la compensación de la longitud de la herramienta también puede ser cancelada de la misma forma que con G49.

Recientemente, la compensación de la longitud de la herramienta también puede ser cancelada, cuando la herramienta retorna a su origen por el comando G28. En este caso el comando G49 puede ser omitido.

Figura 102. Método de comando de G49



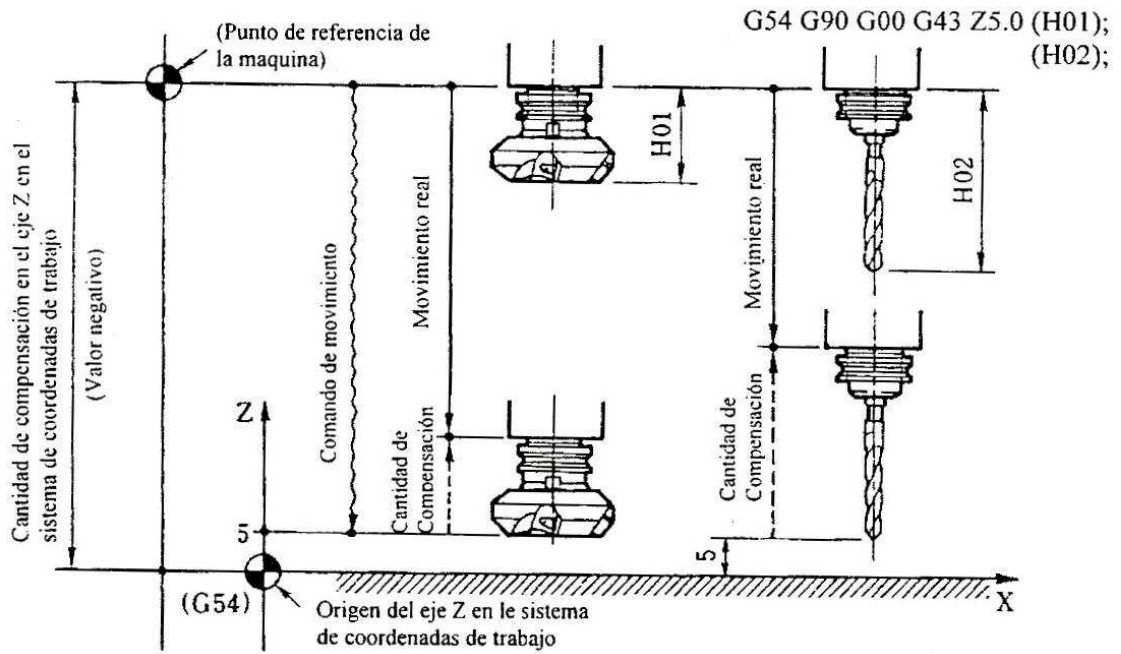
Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 89**

## **b. Compensación de la longitud de la herramienta en el comando absoluto**

Como ya se mencionó, el comando absoluto da el comando de movimiento dentro del sistema de coordenadas de trabajo establecido. Por lo tanto, para la compensación de la longitud de la herramienta en el comando absoluto, se utilizan los métodos de ajuste de la compensación de la longitud de la herramienta mostrada en la figura 103, debido a la relación entre el origen del eje Z en el sistema de coordenadas de trabajo y la cantidad de compensación que se fija en el dispositivo de CN.

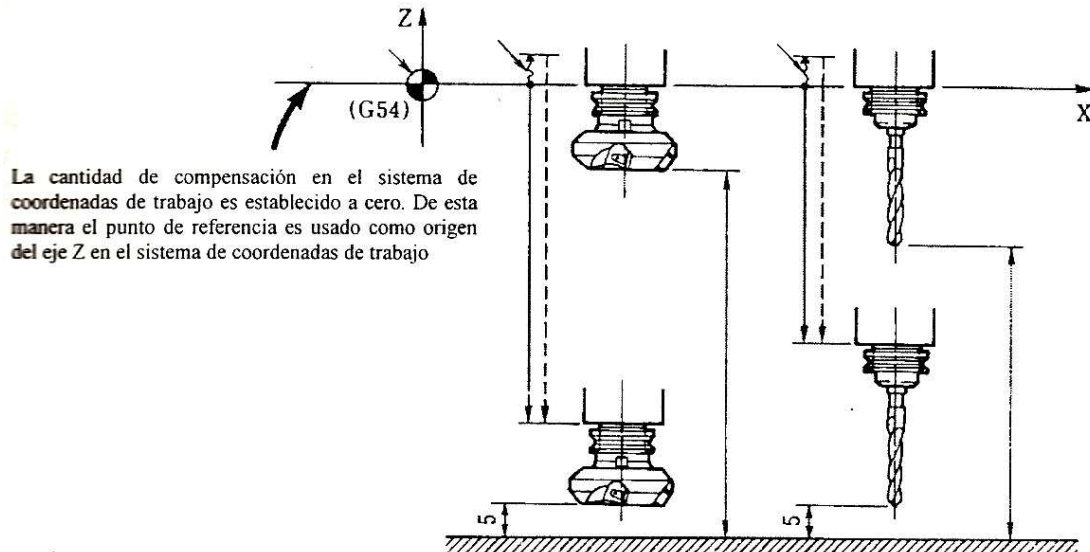
La figura 103 muestra un método que mide todas las longitudes de las herramientas en el avance, y usa valores de medición como las cantidades de compensación (valor +). La figura 104 muestra un método que usa la distancia desde la punta de la herramienta, hasta la superficie de referencia de la pieza de trabajo como la cantidad de compensación (esta compensación tiene un valor negativo). En este caso, el origen del eje Z, en el sistema de coordenadas de la pieza de trabajo coincide con el punto de referencia de la máquina.

Figura 103. Cuando la longitud de la herramienta es usada como la cantidad de compensación



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 90

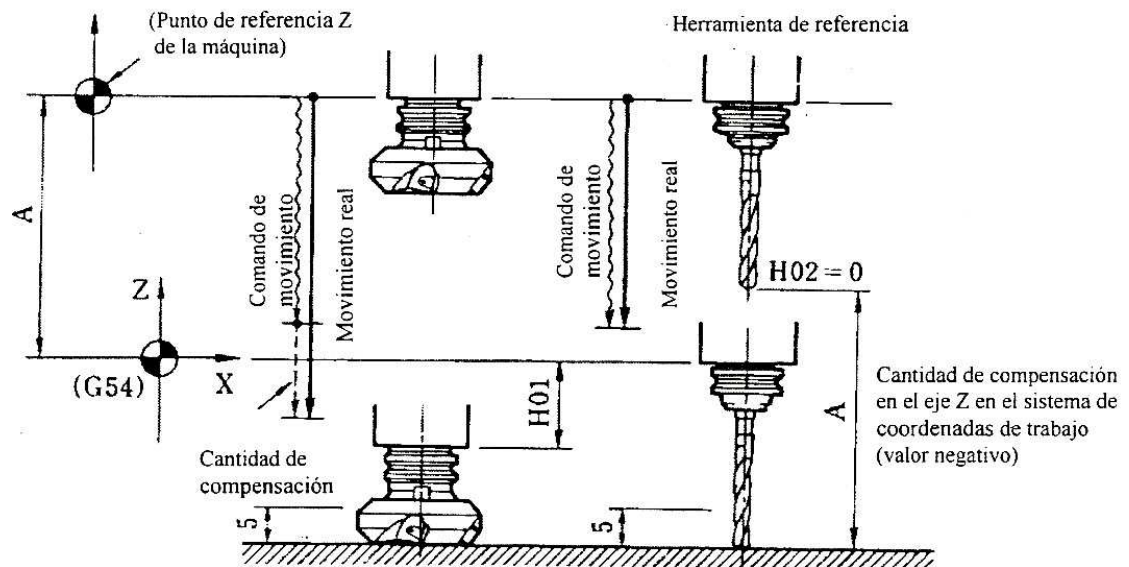
Figura 104. Cuando la distancia desde la punta de la herramienta hasta la superficie de referencia de la pieza de trabajo es usada como la cantidad de compensación



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 91

La figura 105, muestra el método en el cual se designa la primera herramienta como referencia, y utiliza la diferencia de longitud entre esta y las otras herramientas como la cantidad de compensación. En este caso, se mide la distancia desde la punta de corte de la herramienta de referencia hasta la superficie de referencia de la pieza de trabajo, y este valor se utiliza como la cantidad de compensación para el eje Z en el sistema de coordenadas de trabajo. También se fija a 0 (cero) la cantidad de compensación para la herramienta de referencia.

Figura 105. Cuando la diferencia entre la herramienta de referencia y las otras herramientas es usada como la cantidad de compensación



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 91

### 2.2.12 Ciclos fijos

La función que permite una serie de movimientos de maquinado, los cuales normalmente están formados por varios bloques, tales como barrenado, machueleado, mandrinado, son comandados en un ciclo llamado ciclo fijo. Generalmente, el ciclo fijo es también llamado función de barrenado. La programación para los ciclos fijos se describe a continuación.

### a. Clases de ciclos fijos

La tabla VI muestra una lista de los códigos empleados para designar los ciclos fijos. Todos los códigos G en los ciclos fijos son modales, y cuando se ejecuta un código G de los mostrados en la tabla VI, se está cambiando al modo de ciclo fijo. El modo de ciclo fijo es cancelado mediante el comando G80.

Tabla VI. Clases de ciclos fijos

Código G	Ciclo fijo	Aplicación
G73	Ciclo de barrenado por etapas	Alta velocidad del taladrado de orificios profundos.
G74	Ciclo inverso de machueleado	Machueleado inverso.
G76	Ciclo fino de mandrinado	Permite cambiar la posición de la herramienta en el fondo del orificio.
G81	Ciclo de taladrado	Taladrado común.
G82	Ciclo de taladrado	Taladrado con un retardo en el fondo del orificio.
G83	Ciclo de taladrado por picoteo	Taladrado de orificios profundos.
G84	Ciclo de machueleado	Machueleado común.
G85	Ciclo de mandrinado	Alimentación de corte de atrás hacia delante.
G86	Ciclo de mandrinado	Mandrinado común.
G87	Ciclo de mandrinado inverso	Careado inverso (spot facing).
G88	Ciclo de mandrinado	Mandrinado en el cual la alimentación puede ser hecha manualmente.
G89	Ciclo de mandrinado	Mandrinado en el cual se efectúa un intervalo en el fondo del orificio.
G80	Cancelación del ciclo fijo	Cancelación del modo del ciclo fijo.

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 92

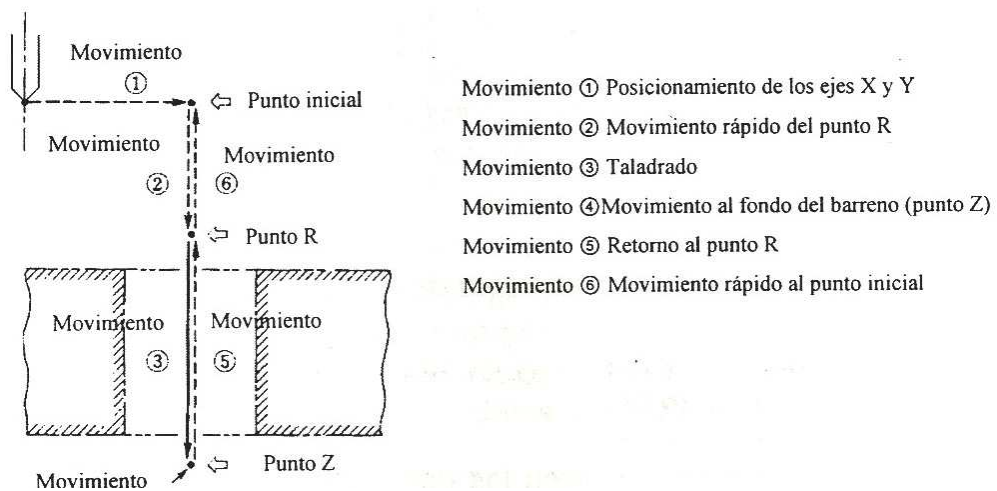
### b. Movimientos del ciclo fijo

En general, un ciclo fijo consiste en seis movimientos. Estos se muestran en la Figura 106, donde se puede observar que el punto inicial consiste en un punto de posicionamiento, arriba de la posición del orificio, y representa el punto inicial del ciclo fijo.



El punto R es un punto hasta el cual se acerca la herramienta hacia la pieza de trabajo, a la velocidad de avance de movimiento rápido desde el punto inicial y representa la posición de arranque del taladrado. El punto Z, representa la posición en la cual termina la operación del taladrado.

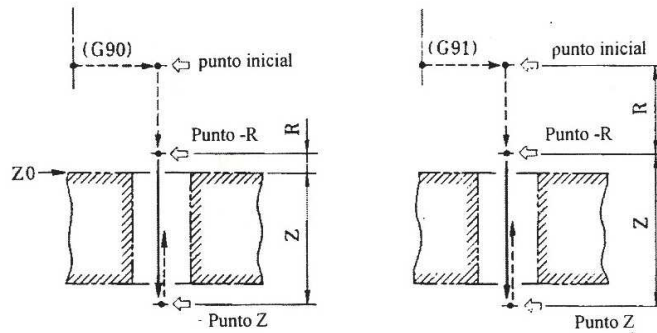
Figura 106. **Movimientos del ciclo fijo**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 93**

Los comandos para los puntos R y Z en el sistema absoluto son diferentes a los utilizados en el comando incremental, tal como se muestra en la figura 107.

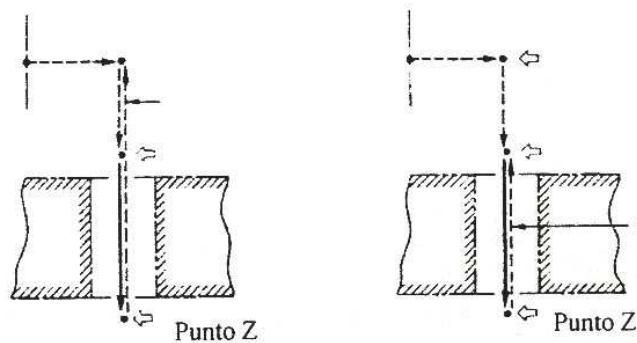
Figura 107. Comandos de los puntos R y Z



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 94**

Hay dos comandos para el retorno de la herramienta a su posición después del barrenado, uno es el retorno al punto inicial mediante el comando G98 y el otro es el retorno al punto R con G99. Cuando un ciclo fijo es comandado por el modo G98, la herramienta retorna a su punto inicial después del barrenado (figura 108), y si es comandado por el modo G99, la herramienta regresa al punto R después de barrenar.

Figura 108. Comandos de retorno de la herramienta

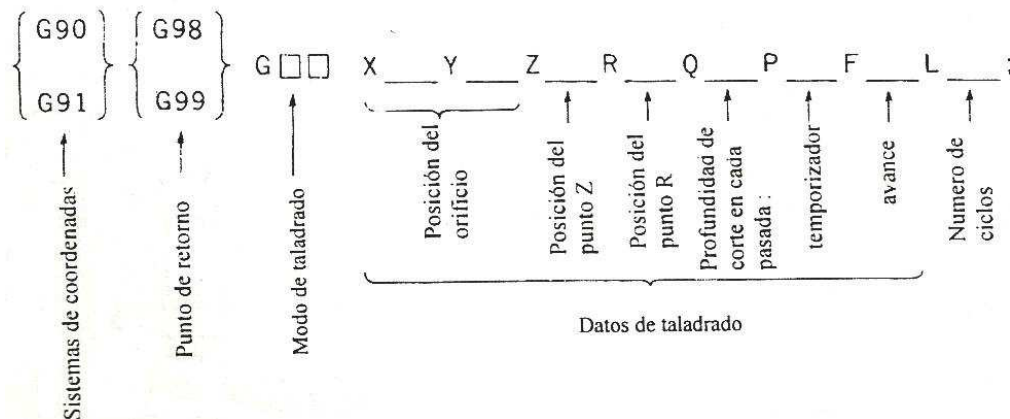


Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 94**

### c. Método de comando del ciclo fijo

Para el comando de ciclo fijo, se requieren los datos de la posición del orificio, del maquinado y el número de ciclos del ciclo fijo, para que sean comandados siguiendo los tres códigos modales G, sistema de coordenadas, punto de retorno y modo de taladrado, como se observa en la figura 109.

Figura 109. Método de comando del ciclo fijo



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 95**

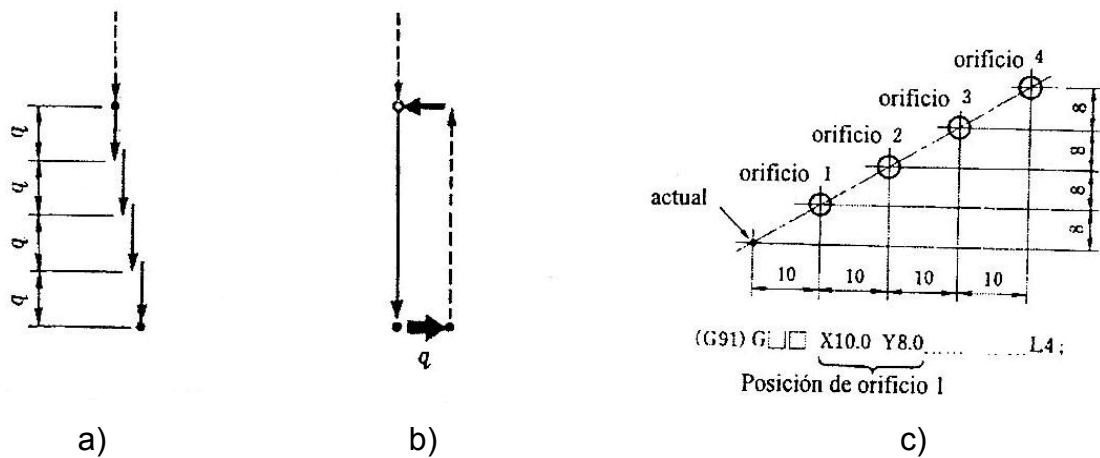
1. Sistema de coordenadas: Es seleccionado el comando incremental (G91) o el comando absoluto (G90).
2. Punto de retorno: Es seleccionado el retorno al punto inicial (G98) o el retorno al punto R (G99).
3. Modo de taladrado: Es seleccionado cualquiera de los ciclos fijos; G73, G74, G76 y G81 a G89.

4. Posición del orificio: Es comandada la posición del orificio siguiendo las direcciones "X" y "Y".
5. Posición del punto Z: Es comandada la posición del punto Z siguiendo la dirección "Z".
6. Posición del punto R: Es comandada a la posición del punto R siguiendo la dirección "R".
7. Profundidad de corte en cada pasada: Como se muestra en la figura 2-92, es comandada la profundidad de corte o la cantidad de cambio siguiendo la dirección "Q". Los valores comandados siempre deben estar dados por un valor incremental positivo.
8. Temporizador: El intervalo de tiempo es comandado siguiendo la dirección "P".
9. Avance: El avance es comandado siguiendo la dirección "F".
10. Número de ciclos: Es comandado el número de ciclos del ciclo fijo (max.9999 ciclos) siguiendo la dirección "L".

Por lo tanto, cuando el ciclo es comandado con un valor incremental (figura 110) mediante un número de ciclos de igual paso, sólo uno de éstos es ejecutado cuando no es comandado el número de ciclos.

Ahora, cuando es comandado L0 el barrenado no se ejecuta, pero los datos del barrenado son almacenados en la memoria del CN.

Figura 110. **Profundidad de corte ó cantidad de cambio a) por pasada, b) cantidad de cambio y c) repetición del ciclo fijo**



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 97

#### d. Cancelación del ciclo fijo

Los datos del ciclo fijo, excluyendo el avance, pueden ser cancelados mediante el comando G80. Este ciclo también puede ser cancelado al comandar cualquiera de los códigos G (G00, G01, G02, G03) del grupo 01 en el modo del ciclo fijo.

#### e. Modo de taladrado y formato de datos

Los modos más importantes de los ciclos fijos de taladrado y el formato de sus datos que se usan frecuentemente en programación se muestran a continuación:

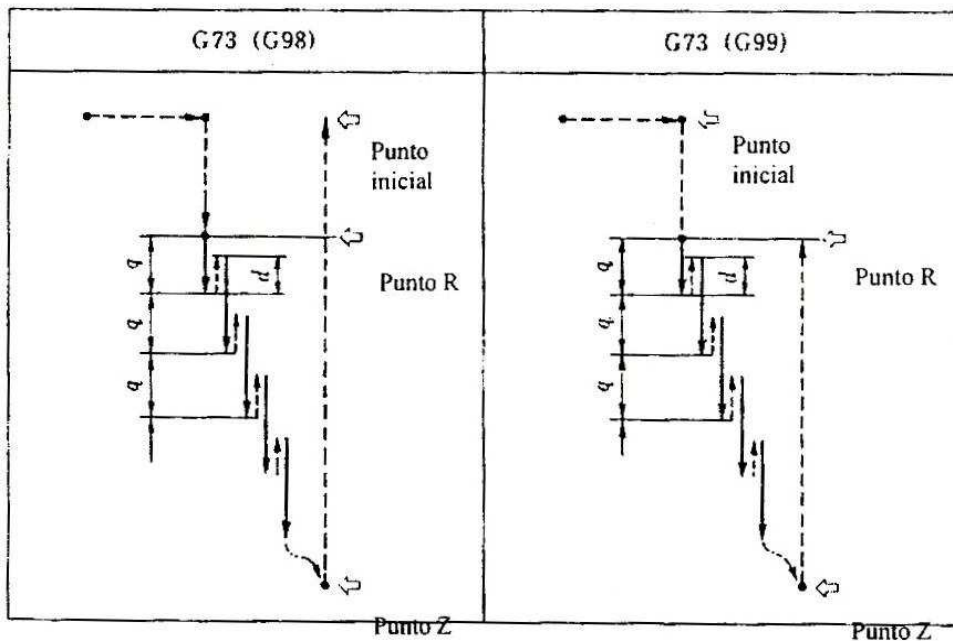
(1) **G73 (Ciclo de barrenado por etapas: ciclo fijo de alta velocidad para el barrenado de un orificio profundo)**

Este es un ciclo fijo, en el cual el barrenado a alta velocidad del orificio profundo es hecho por cortes repetitivos con una determinada cantidad de profundidad. El criterio para especificar la profundidad de corte es de 2 a 3 mm, y es comandada en valor incremental. La distancia "d" en la figura 111 es un valor predeterminado para el alivio de la herramienta (usualmente, 0.1 mm).

Figura 111. **Movimientos de G73**

[Método de comando]:

G73X\_\_\_Y\_\_\_Z\_\_\_R\_\_\_Q\_\_\_F\_\_\_;



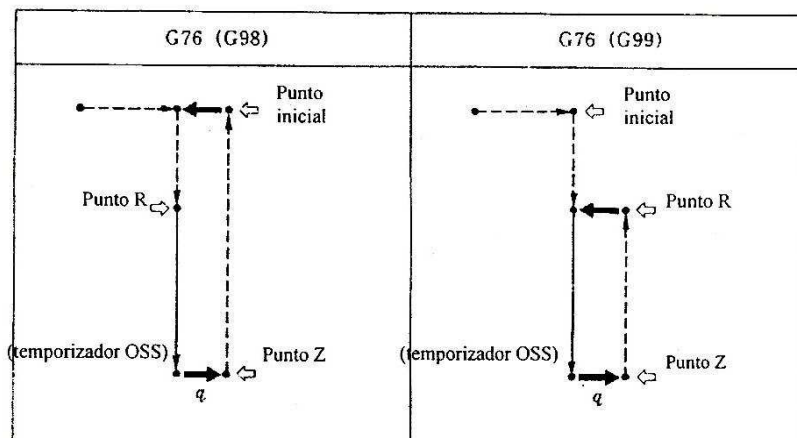
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 98

## (2) G76 (Ciclo de mandrinado fino)

Este es un ciclo fijo en el cual es alterada la posición de la herramienta un determinado valor después del mandrinado, y luego retorna, como se muestra en la figura 112, este ciclo se utiliza para el acabado del mandrinado con una barra de mandrinar. La distancia "q" en la figura, representa la cantidad de cambio en la posición de la herramienta. Este cambio es en dirección opuesta con relación al punto de la herramienta, cuando se detiene el husillo principal con un ángulo específico, (esto es llamado paro orientado del husillo, y su abreviación es OSS). P representa el intervalo.

Figura 112. Movimientos de G76

[Método de comando]: G76 X\_\_\_Y\_\_\_Z\_\_\_R\_\_\_Q\_\_\_P\_\_\_F\_\_\_;



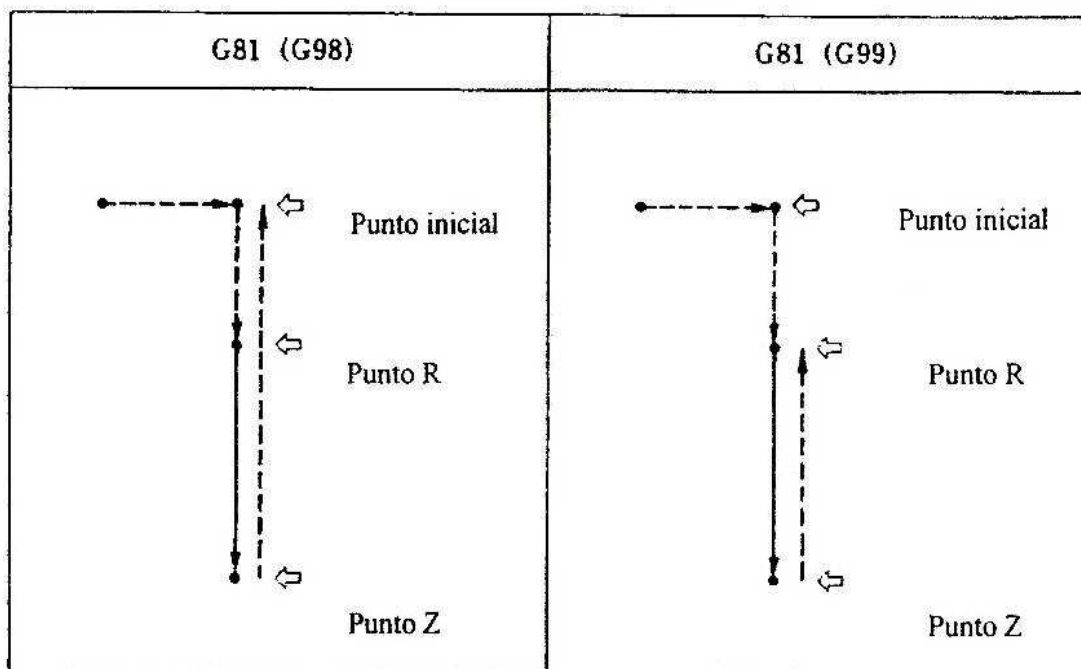
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 99

### (3) G81 (Ciclo de barrenado: mandrinado local)

Este es el ciclo fijo más utilizado para el barrenado y también recibe el nombre de mandrinado local. En este ciclo, después del barrenado, la herramienta retorna a su punto inicial o al punto R a la velocidad de movimiento rápido mientras continúa girando, tal como se muestra en la figura 113. Este ciclo fijo es usado para barrenado rugoso o mandrinado.

Figura 113. Movimientos de G81

[Método de comando]: G81 X\_\_\_Y\_\_\_Z\_\_\_R\_\_\_F\_\_\_;



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 100

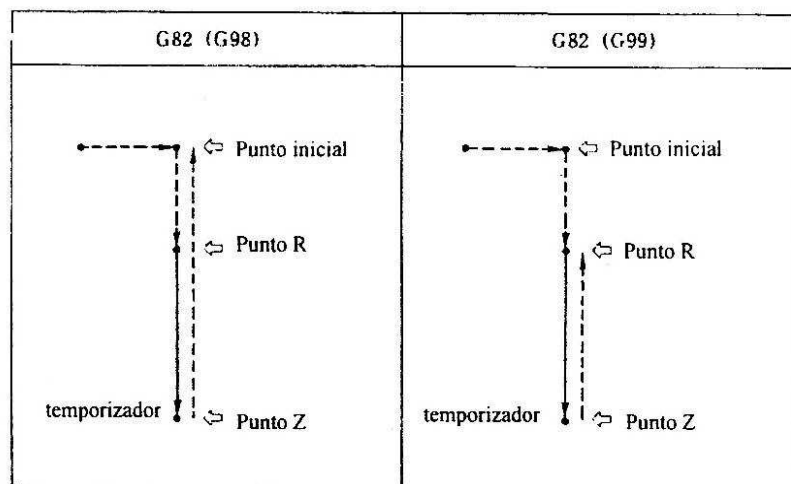


**(4) G82 (Ciclo de barrenado: contador de mandrinado)**

Este ciclo aplica un retardo de tiempo en el fondo del orificio, tal como se muestra en la figura 114, a este ciclo también se le llama contador de mandrinado, es usado cuando se requiere una superficie fina de maquinado al final del orificio, tal como un careado local y un achaflanado.

Figura 114. **Movimientos de G82**

[Método de comando]: G82 X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ P\_\_\_ F\_\_\_;



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 100**

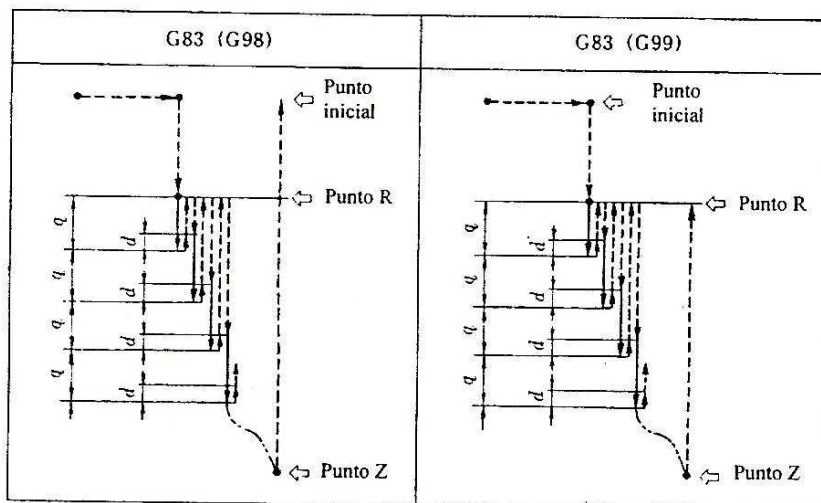
**(5) G83 (Ciclo de barrenado por etapas: Ciclo fijo para barrenado de orificios profundos)**

Ciclo en el cual los movimientos de corte con una cantidad establecida de profundidad y el regreso al punto R son repetitivos, tal como se muestra en la figura 115.

Este ciclo es usado cuando se necesita remover viruta y enfriar la pieza de trabajo en la profundidad del barreno. La profundidad de corte "q" es comandada en valor incremental.

Figura 115. Movimientos de G83

[Método de comando]: G83 X \_\_\_ Y \_\_\_ Z \_\_\_ R \_\_\_ Q \_\_\_ F \_\_\_ ;



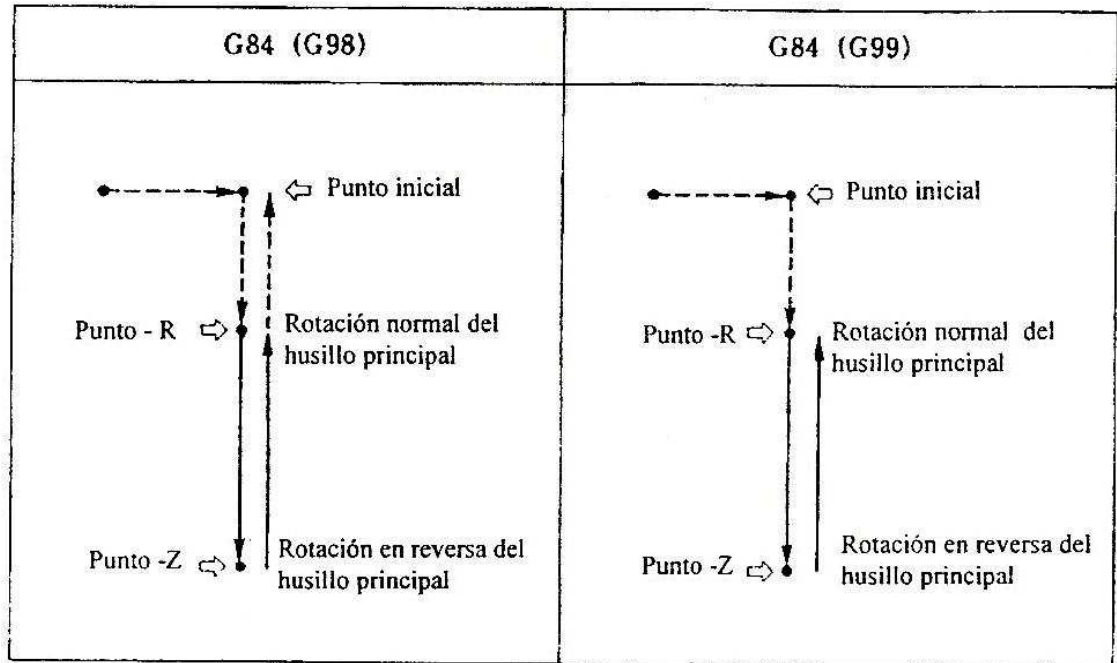
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 101

#### (6) G84 (Ciclo de cachueleado de rosca derecha)

Ciclo que permite realizar el cachueleado. En este ciclo, el avance de corte es el mismo para la rotación normal del husillo principal, así como para el retorno en rotación inversa, que está en función de las rpm. y del paso de la rosca, tal como se muestra en la figura 116. El punto R se posiciona a 7 mm o más, arriba de la cara de la pieza de trabajo. El avance (F) es determinado por la siguiente fórmula:

Figura 116. Movimientos de G84

[Método de comando]: G84 X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_;



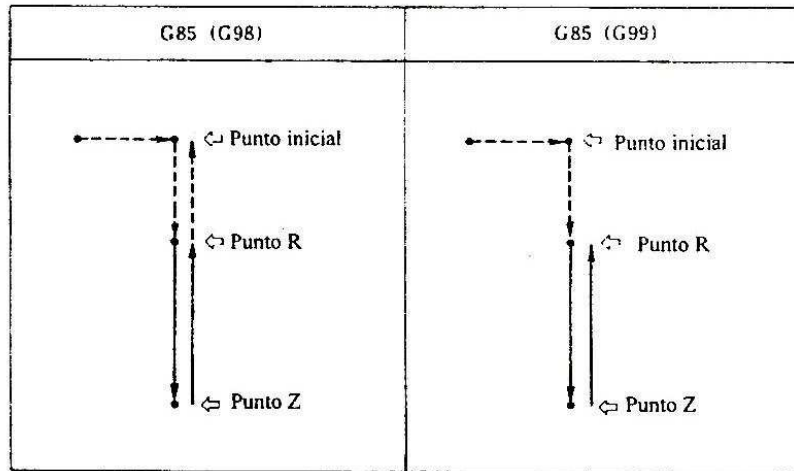
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 102

### (7) G85 (Ciclo de mandrinado)

Ciclo en el cual también el movimiento de retorno de la herramienta cuenta con avance de corte mediante la rotación normal del husillo principal, como se muestra en la figura 117. Este ciclo es utilizado para el acabado de un orificio con un escariador, etc.

Figura 117. Movimientos de G85

[Método de comando]: G85 X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_



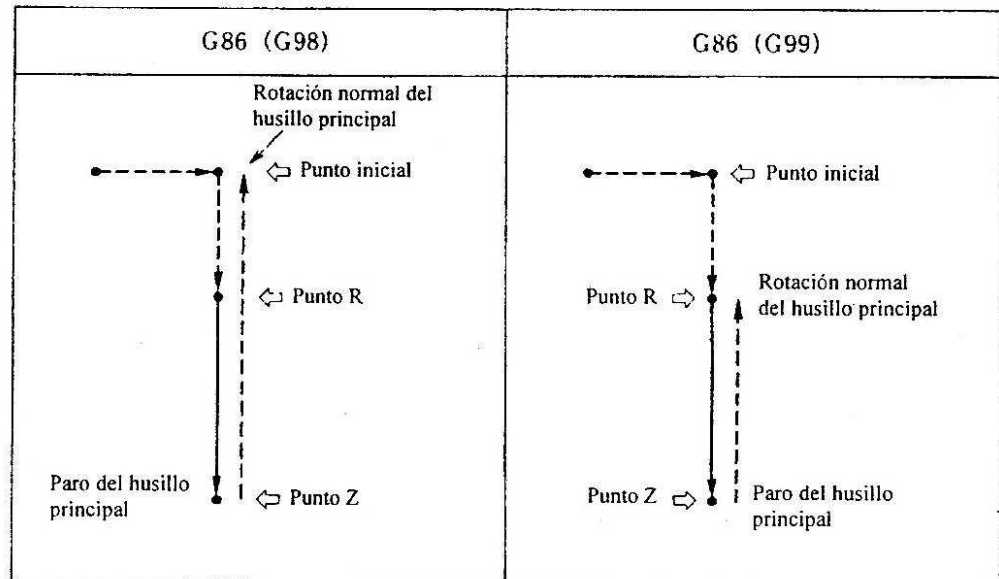
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 102

(8) **G86 (Ciclo de mandrinado)**

En este ciclo el movimiento del retorno de la herramienta se efectúa a una velocidad de movimiento rápido después de que el husillo principal se detiene, como se muestra en la figura 118.

Figura 118. Movimientos de G86

[Método de comando]: G86 X\_\_\_Y\_\_\_Z\_\_\_R\_\_\_F\_\_\_;



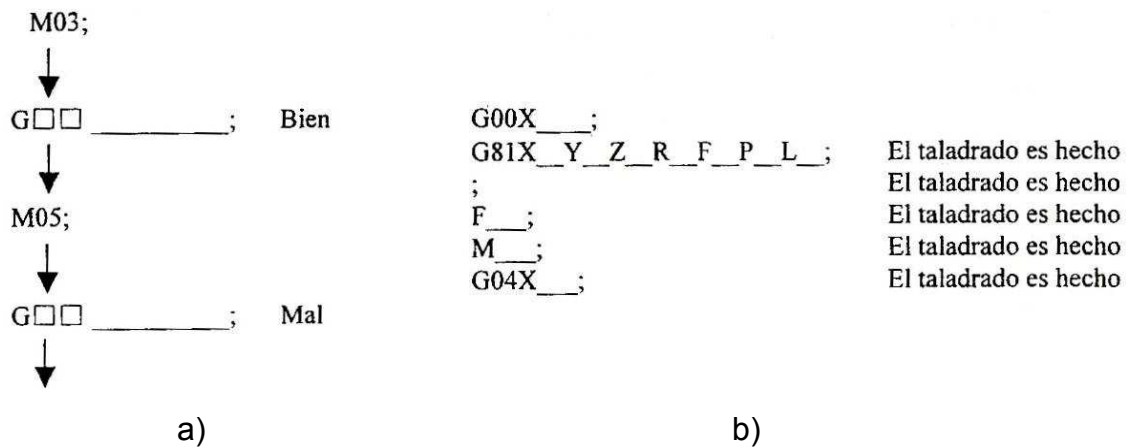
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 103

**f. Aspectos que se deben considerar independientemente de los ciclos fijos**

1. Antes de que sea comandado el ciclo fijo, es necesario que el husillo principal comience a girar. Cuando el husillo principal está sin girar, un ciclo fijo debe ser comandado después de haber sido comandado M03 o M04 (figura 119 a).

- En el modo de ciclo fijo, el movimiento de barrenado será ejecutado, siempre y cuando cualquiera de los comandos X, Y, Z y R hayan sido previamente comandados, por lo tanto, si cualquiera de éstos no fue comandado, el movimiento de barrenado no será realizado. También, cuando el intervalo de tiempo sea comandado mediante la dirección "X", tampoco será ejecutado dicho movimiento (figura 119 b).

Figura 119. a) Arranque paralelo del husillo principal en ciclos fijos, b) Movimientos de barrenado en el modo de ciclo fijo

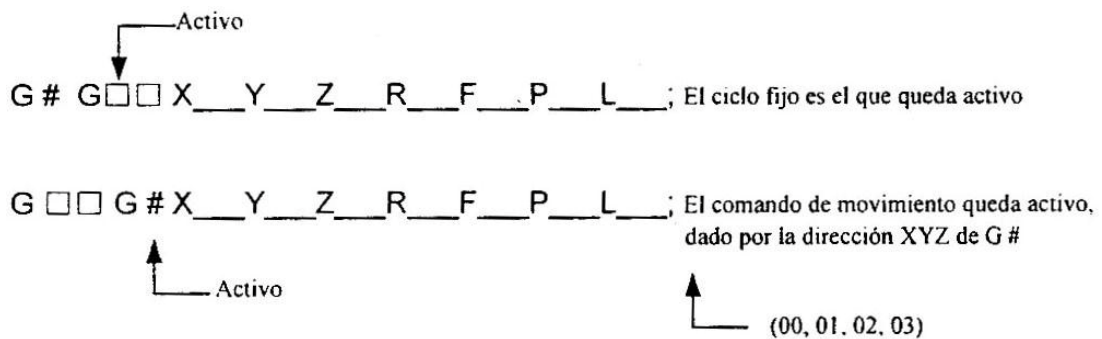


Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 104**

- Cuando un ciclo fijo cuenta con el comando G99 (retorno al punto R), la herramienta retornará a dicho punto R, sólo hasta después de haber terminado el barrenado.
- El posicionamiento de la herramienta por la dirección "X" y "Y" del dato del barrenado se hace a una velocidad de movimiento rápido.

- Los datos Q y P del taladrado deben ser comandados en un bloque que reúna los requisitos para que el movimiento del taladrado sea realizado; porque de lo contrario, si estos datos son comandados en un bloque que no efectúa ningún movimiento de taladrado, los datos Q y P no serán almacenados como datos modales.
- La figura 120 muestra un caso, en donde las funciones G de ciclo fijo y del grupo 01 (G01 a G03) son comandadas en el mismo bloque.

Figura 120. **Funciones G de ciclo fijo y funciones G del grupo 01**

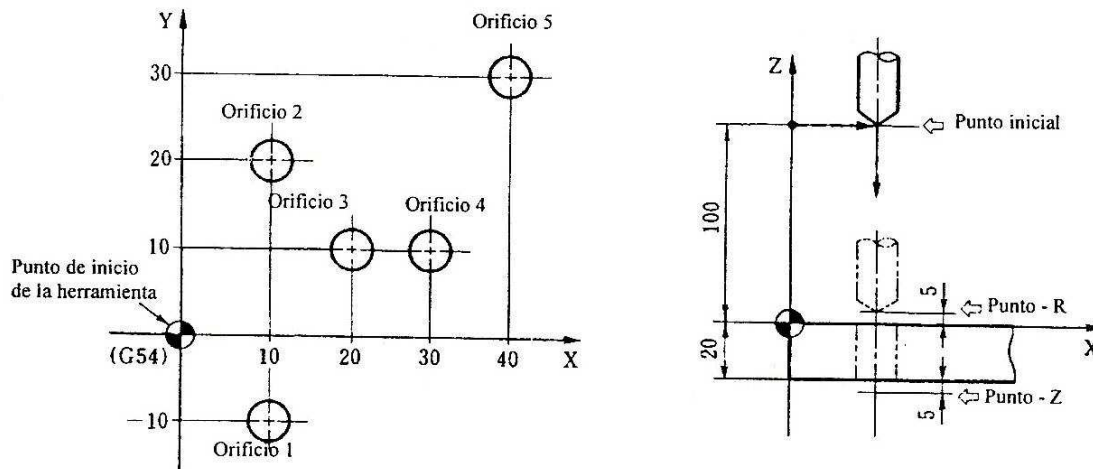


Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 104**

- La dirección "Z" escrita en el bloque G80 no es para comandar la posición del punto Z en el ciclo, sino para comandar el movimiento en el eje Z. En este caso, la función G del grupo 01 que fue comandada antes del ciclo fijo pasa a ser la efectiva.

En las figuras 121 y 122, se muestran ejemplos de programas de ciclo fijo.

Figura 121. Ejemplo de programa



### G83 (Comando incremental)

G83  
Modo ciclo fijo

Cancelación del ciclo fijo

```

G91 G00 S200 M03 ;
(Orificio 1) G99 G83 X10.0Y-10.0 Z-30.0 R-95.0 Q5.0 F150;
(Orificio 2) Y30.0 ;
(Orificio 3) X10.0 Y-10.0 ;
(Orificio 4) X10.0
(Orificio 5) G98 X10.0 Y20.0 ;
→ G80 X-40.0 Y-30.0 M05 ;
    
```

### G83 (Comando Absoluto)

G83  
Modo ciclo fijo

Cancelación del ciclo fijo

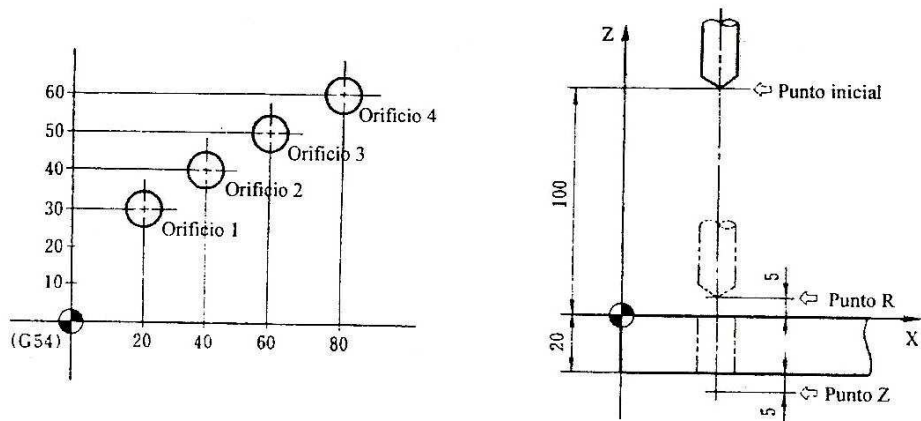
```

G90 G54 S200 M03 ;
(Orificio 1) G99 G83 X10.0Y-10.0 Z-25.0 R-5.0 Q5.0 F150;
(Orificio 2) Y20.0 ;
(Orificio 3) X20.0 Y10.0 ;
(Orificio 4) X30.0
(Orificio 5) G98 X40.0 Y30.0 ;
→ G80 X0 Y0 M05 ;
    
```

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 105



Figura 122. Ejemplo del programa



### G83 (Comando Incremental)

```

G82      { G91 G00 S200 M03 ;
Modo ciclo fijo  G99 G82 X20.0Y-30.0 Z-30.0 R-95.0 P1000 F120;
                  X20.0 Y10.0 L3;

Cancelación del ciclo fijo → G80 Z95.0;
                              X-80.0 Y-60.0 M05;
    
```

Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 106**

### 2.2.13 Programa principal y subprogramas

Un programa puede ser dividido en un programa principal y un subprograma. En este caso, el programa original es llamado programa principal, y aquel que es llamado y ejecutado por el programa principal se llama subprograma.

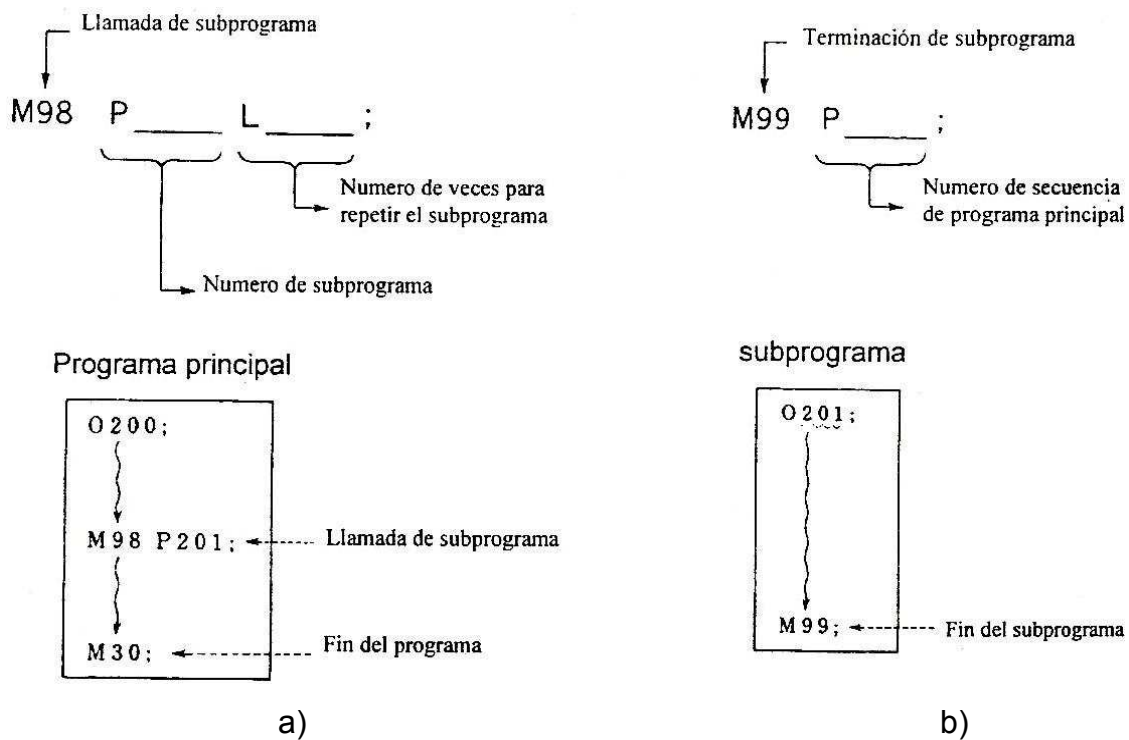
Si el programa de un modelo aparece repetidamente en un programa, se puede registrar en la memoria de la unidad de CN como un subprograma, y éste puede ser repetido cualquier número de veces al ser llamado por el programa principal.

Consecuentemente, esto hace posible simplificar el programa considerablemente. El programa principal y el subprograma son descritos a continuación:

**a. Método de comando**

Como se muestra en la figura 123 (a) es posible llamar y ejecutar un subprograma al comandar M98. También es posible continuar con la ejecución del programa principal, al adicionarle el comando M99 al subprograma que indica fin de éste, como se muestra en la figura 123 (b).

Figura 123. a) Método de comando de M98 y b) Método de comando de M99



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 109

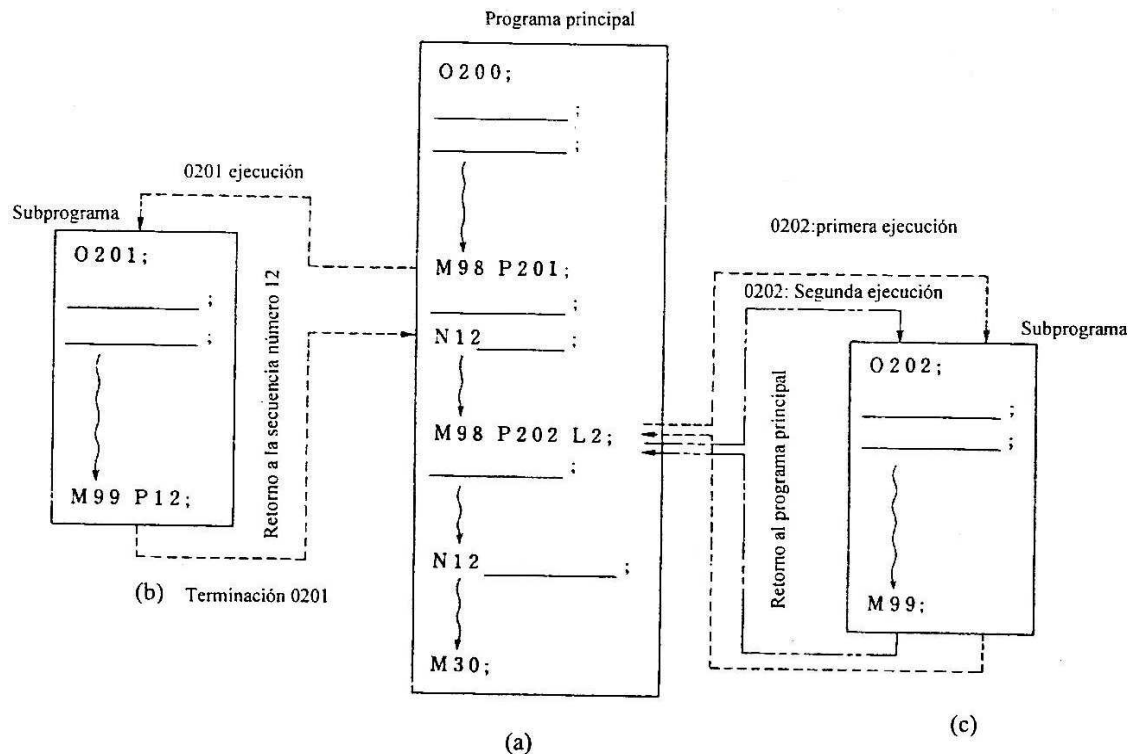
Para llamar a un subprograma, el número de éste comandado en el programa principal por la dirección "P" enseguida de M98, a continuación se comanda un valor numérico de 4 dígitos o menos siguiendo la dirección "L", y el subprograma será ejecutado el número "L" de veces comandado. Ahora, si el comando con la dirección "L" es omitido, el subprograma es ejecutado solo una vez.

Para terminar el subprograma, se comanda M99 en el último bloque de subprograma, y si a continuación se comanda el número de secuencia del programa principal mediante la dirección "P", éste retorna al número de secuencia designado del programa principal después de que el subprograma fue ejecutado.

#### **b. Ejecución de un programa**

La ejecución de un programa principal y un subprograma, es como se muestra en la figura 124. Si el bloque M98 es leído mientras el programa principal está siendo ejecutado, el subprograma con el número de programa comandado con M98 será llamado y ejecutado. [figura 124 (a)].

Figura 124. Diagrama de flujo del programa por los comandos M98 y M99

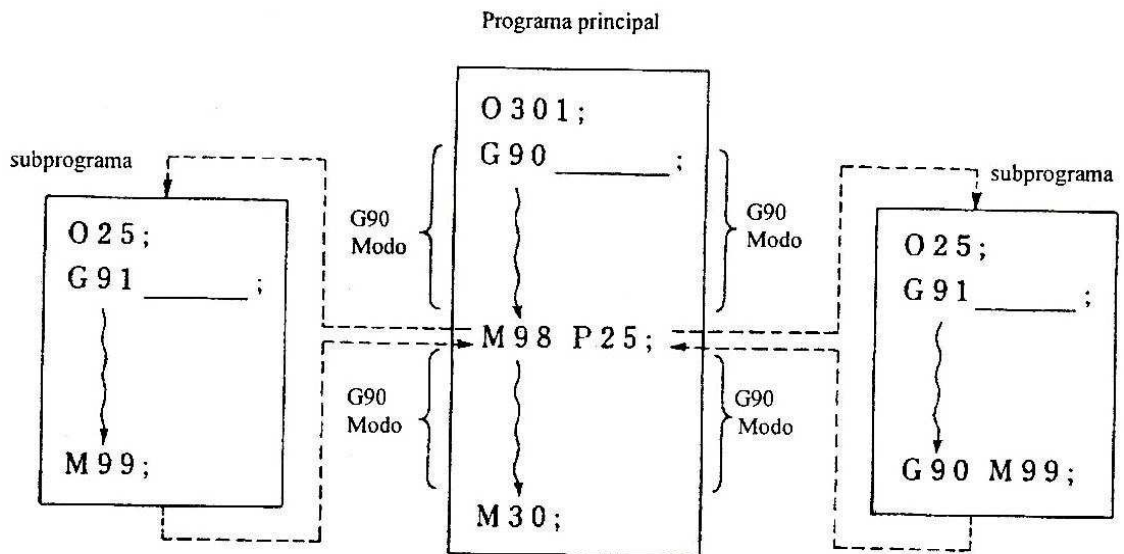


Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 110

Si el bloque M99 es leído mientras el subprograma está siendo ejecutado, el subprograma es terminado y éste retorna al número de secuencia del programa principal comandado mediante el bloque M99 [figura 124 (b)], o retorna al siguiente bloque, el cual fue comandado por M98 en el programa principal [figura 124 (c)], para que después continúe la ejecución del programa principal.

La información modal (funciones G, F, S) ha sido cambiada en el subprograma y continúa vigente después de que éste ha retornado al programa principal. Sin embargo, es recomendable regresar la información modal a su lugar de origen antes de que sea terminado el subprograma (figura 125).

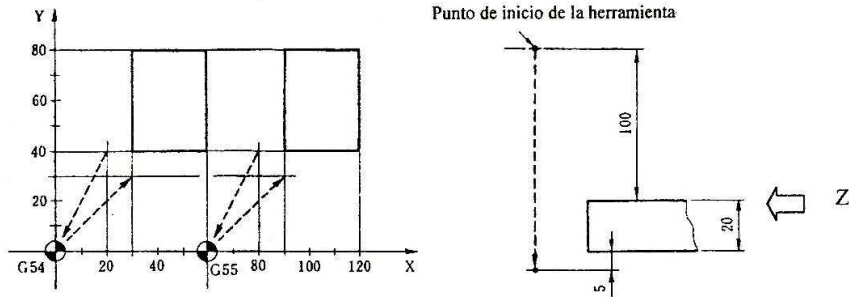
Figura 125. Ejecución del subprograma y la función modal G



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 111**

Además, el llamado de un subprograma en el modo de compensación del diámetro de la herramienta debe ser evitado. Las figuras 125 y 126 muestran ejemplos de programas.

Figura 126 (a). Ejemplo del programa



Comando incremental

Programa principal

```
O001 (PROGRAMA PRINCIPAL);
G17 G90 G00 S250 M03;
M98 P100;
X60.0;
M98 P100;
X-60.0 M05;
M30;
```

Subprograma

```
O100 (SUBPROGRAMA);
G41X30.0Y30.0 D01;
Z-125.0;
G01 Y50.0 F120;
X30.0; X-40.0
Y-40.0;
G00 Z125.0;
G40 X-20.0 Y-40.0;
M99;
```

Comando Absoluto

Programa principal

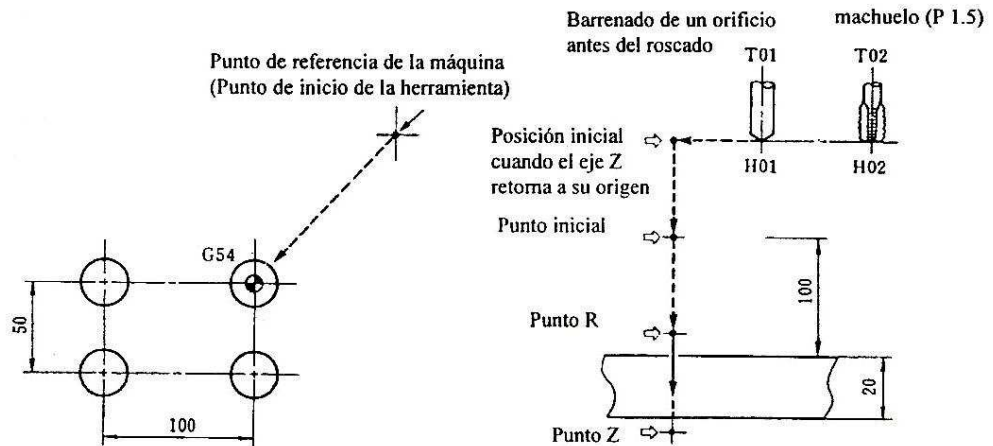
```
O001 (PROGRAMA PRINCIPAL);
G17 G90 G00 S250 M03;
G54 X0 Y0;
M98 P100;
G55 X0 Y0;
M98 P100;
G54 X0 Y0 M05;
M30;
```

Subprograma

```
O100 (SUBPROGRAMA);
G41X30.0Y30.0 D01;
Z-25.0;
G01 Y80.0 F120;
X60.0;
Y40.0;
X20.0;
G00 Z100.0;
G40 X0 Y0;
M99;
```

Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 112

Figura 126 (b). Ejemplo del programa



Comando Absoluto

Programa principal	Subprograma
(G17 G90) N201 (DRILL); T02 ; G54 G00 S780 M03 ; G43 Z100.0 H01 M08 ; G98 G81 X0 Y0 Z-25.0 R3.0 F200 ; M98 P103 ; M06 ;  N202 (TAP) ; T01 ; G54 G00 S780 M03 ; G43 Z100.0 H02 M08 ; G98 G84 X0 Y0 Z-25.0 R10.0 F300 ; M98 P103 ; M30 ;	O103 ; X-100.0 ; Y-50.0 ; X0 ; G80 G00 Z100.0 M09 ; G91 G28 Z0 M05 ; (G49 ;) G28 X0 Y0 ; M99 ;

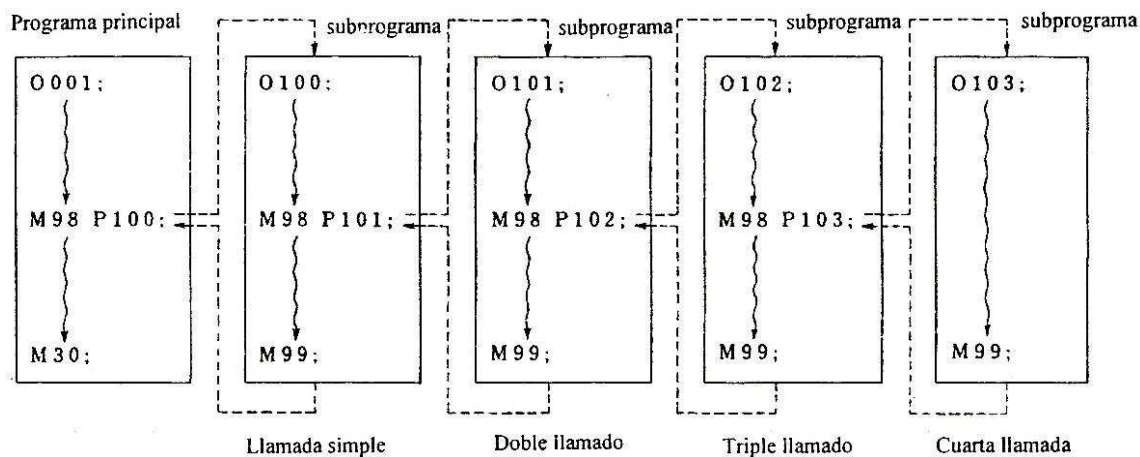
Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 113

### c. Ejemplos de aplicación de los comandos M98 y M99

#### (1) Anidado

El anidado permite llamar desde un subprograma otro subprograma y ejecutarlo. La figura 127 muestra el ejemplo. Generalmente, el número del anidado es de cuatro veces, aunque éste varía dependiendo del dispositivo de CN.

Figura 127. Llamado múltiple de subprogramas



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 114

#### (2) Operación interminable

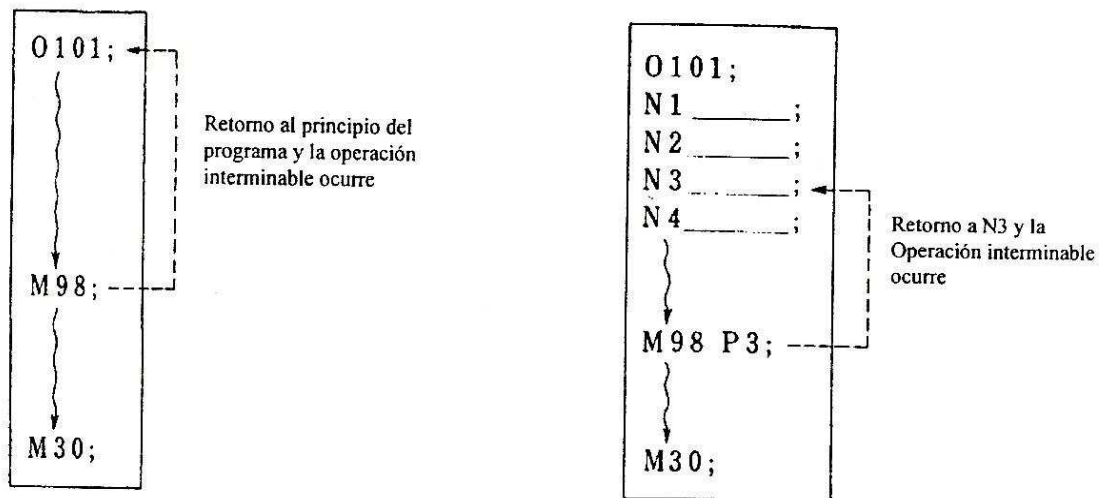
Si el número del programa que se quiere llamar no es comandado en el bloque M98 dentro del programa principal, entonces será llamado el encabezado del programa principal, y ocurrirán operaciones interminables, repitiendo el programa principal desde el encabezado hasta el bloque M98 infinitamente.



La figura 128 (a) muestra un ejemplo. Por otro lado, si el número de secuencia del programa principal es designado en lugar del número del programa como se muestra en la figura 128 (b), también ocurrirán operaciones interminables, repitiendo el programa principal desde el número de secuencia hasta el bloque M98.

Para eliminar la operación interminable por M98, se deberá agregar una diagonal (/) a la cabeza del bloque M98, como se muestra en la figura 129. Un bloque con la "/" puede ser ignorado, si el interruptor de salto de bloque opcional en la máquina se encuentra en la posición "ON". Esto es llamado función de salto de bloque opcional.

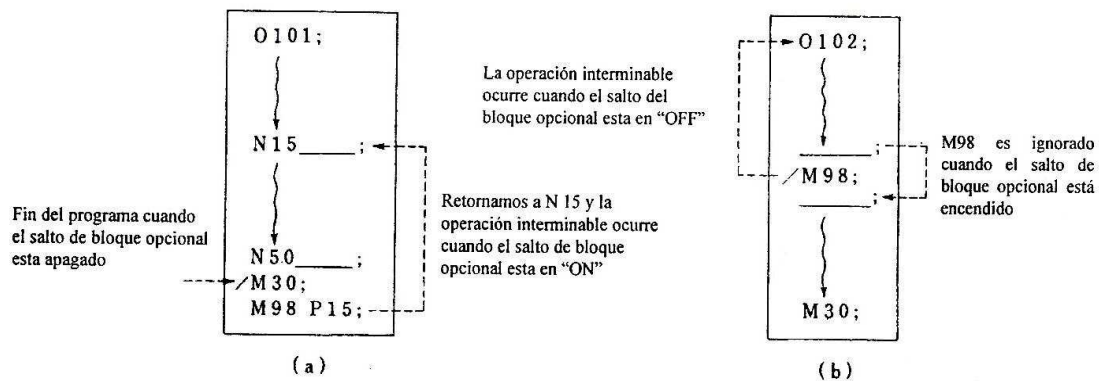
Figura 128. a) **Operación interminable mediante el comando M98 (1)** y b) **Operación interminable mediante el comando M98 (2)**



Fuente: Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 115

En el caso de la figura 129, la operación interminable puede ser cambiada sobre la operación normal, la cual ignora a M98 al ajustar el bloque de salto opcional en las posiciones ON u OFF.

Figura 129. **Función de salto de bloque opcional y operación interminable**



Fuente: **Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. Pag. 115**

### **3. PROGRAMAS DE CONTROL NUMÉRICO PARA CENTRO DE MAQUINADO**

#### **3.1 Manejo del *Software Power Shape***

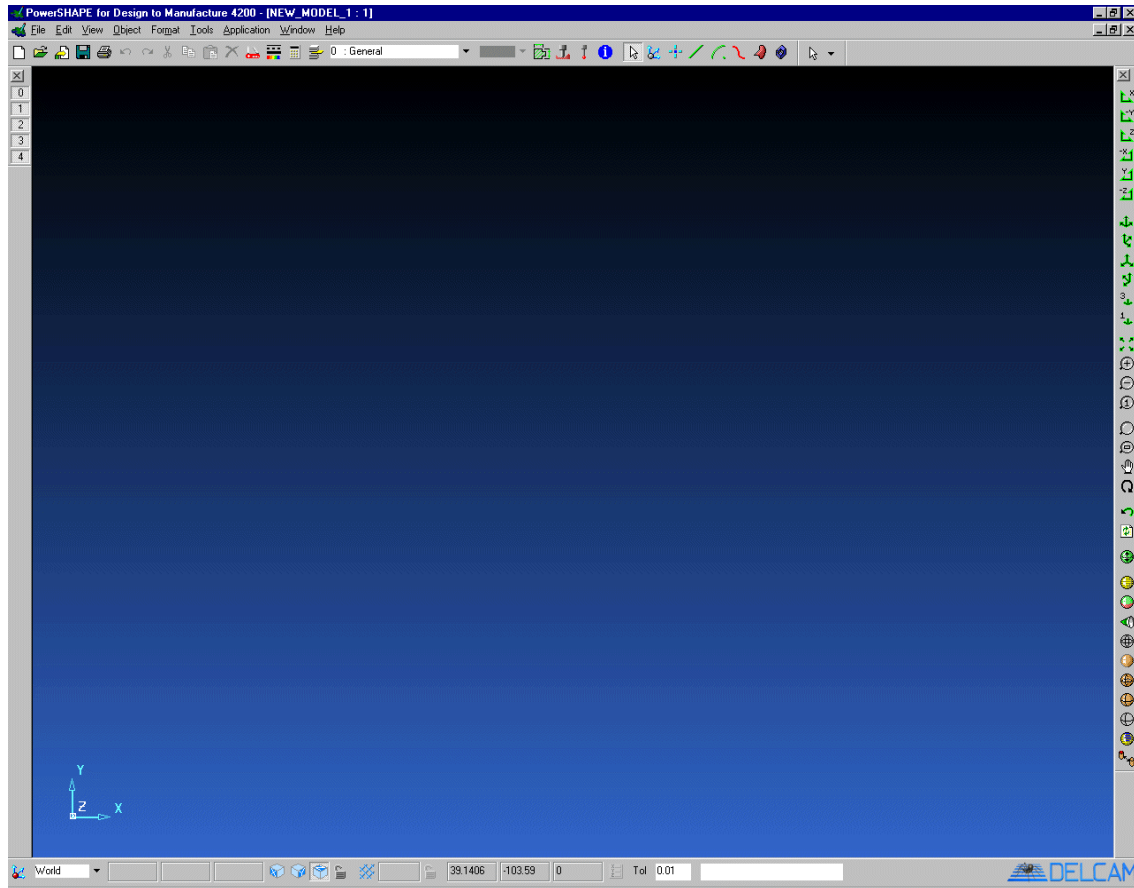
Para fabricar una pieza en el centro de maquinado se deben cubrir las siguientes etapas:

##### **3.1.1 Introducción**

PowerSHAPE es un programa de modelado tridimensional que aporta beneficios considerables respecto a los sistemas de CAD 3D tradicionales a la hora de diseñar formas complejas, proporcionando soluciones a los fabricantes de piezas y pensando en la fabricación posterior.

PowerSHAPE da al usuario las herramientas necesarias para producir un modelo, molde o matriz complejo partiendo de diseños 2D o de modelos de superficies o sólidos 3D.

Al entrar en PowerSHAPE aparece una pantalla como la que se muestra en la siguiente página:



PowerSHAPE automáticamente despliega un nuevo modelo para trabajar. Este modelo puede ser guardado con un nombre nuevo, y a la vez puede ser reabierto para trabajarlo. PowerSHAPE tiene la habilidad de abrir varios modelos y la información puede ser copiada de un archivo a otro.



Si selecciona uno de estos menús, por ejemplo, el menú archivo, utilizando el botón izquierdo del ratón, aparecerá desplegado el siguiente menú:

**Nuevo:** se abre un modelo vacío, **Abrir:** se dan modelos disponibles para elegir, **Dibujo Abierto:** está activo en el proyecto PS y **Cerrar:** cierra el modelo.

**Guardar:** guarda el modelo, **Guardar como:** para dar un nuevo nombre al modelo, **Guardar imágenes en miniatura:** toma una imagen de la pantalla y la guarda como imagen miniatura y **Propiedades:** provee las listas de entidades en el modelo.

**Ejemplos:** modelos cargados de una lista seleccionada. **Impresión:** opciones estándar de impresión, **Vista preliminar de impresión:** muestra el diseño de impresión, **Configuración de impresión:** la impresora estándar de creación de archivos e impresión de imágenes permite prestar e imprimir archivos que se guardan.

**Restablecer:** el modelo vuelve a la última posición guardada y **Borrar:** elimina el modelo de una lista seleccionada.

**Importación:** trae archivos externos (del navegador) para PowerSHAPE, **Exportación:** selecciona el modelo guardado en el formato de exportación.

**Salida:** lo saca del programa PowerSHAPE.

Muchas de las acciones que se pueden ejecutar desde los menús también son accesibles desde la barra de herramientas.



Debajo de los menús desplegables está la barra principal de herramientas. En ella aparecen iconos de acceso rápido a alguna de las órdenes más frecuentes (por ejemplo guardar el modelo).

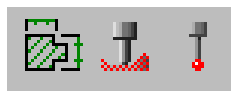


Si usted coloca el mouse sobre el ícono durante un segundo, aparecerá la descripción de dicho ícono.

Junto a los íconos de acceso rápido están los selectores de nivel y de color.



A la derecha de los selectores de nivel y color están los iconos de creación de planos de trabajo, puntos, líneas, arcos, curvas, superficies y sólidos, y los botones de enlace con PowerMILL, CopyCAD y PSDraft.



Seleccione el ícono PS-Draft, el cual cambiará todos los íconos en PowerSHAPE para recobrar la funcionalidad de PS-Draft. Para retornar a PowerSHAPE seleccione el ícono nuevamente. Con un modelo seleccionado, el ícono de PowerMILL abrirá PowerMILL con el modelo cargado. Con la información seleccionada, el ícono CopyCAD abrirá CopyCAD con los elementos seleccionados cargados en ella.

El icono de información le da detalles acerca de los objetos seleccionados.



Los iconos de creación son: selector, planos de trabajo, puntos, líneas, arcos, curvas, superficies y sólidos.

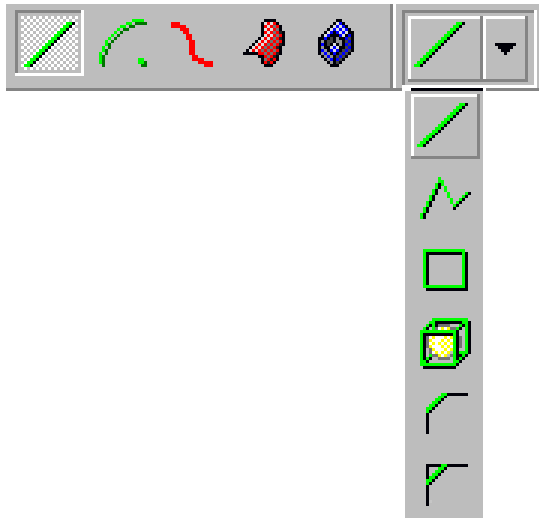


El último ícono contiene una lista de opciones para cada tipo de creación. Este cambio depende de la opción que se seleccione.

Seleccione el ícono del menú de creación de línea.



En la parte inferior de la pantalla aparece la barra de estado, el selector de plano de trabajo, la definición de la rejilla de dibujo, las ventanas que muestran las coordenadas de la posición del cursor, la tolerancia del dibujo y el formulario para indicar posiciones.



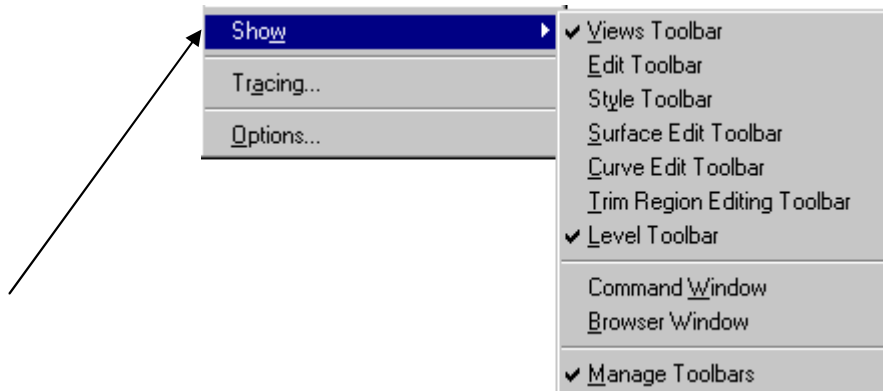
En la parte inferior de la pantalla está el plano de trabajo, el selector del plano principal, la definición de la red, la posición del cursor, la tolerancia y el área de entrada de la posición XYZ.



### **Barra de herramientas**

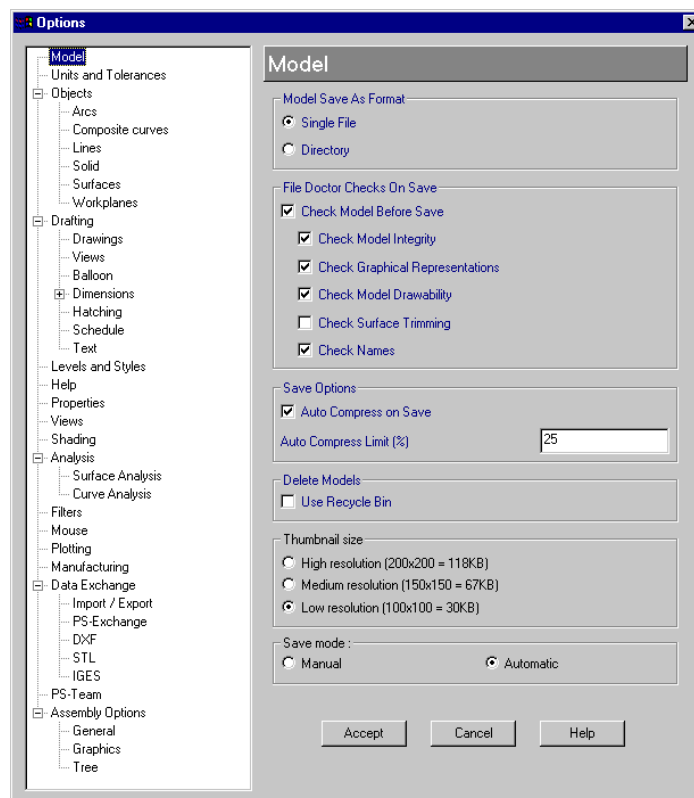
Todas las barras de herramienta, como la barra de vistas, pueden ser encendidas y apagadas mediante el ícono mostrar y a continuación seleccione la barra de herramientas o la ventana en el menú desplegable.





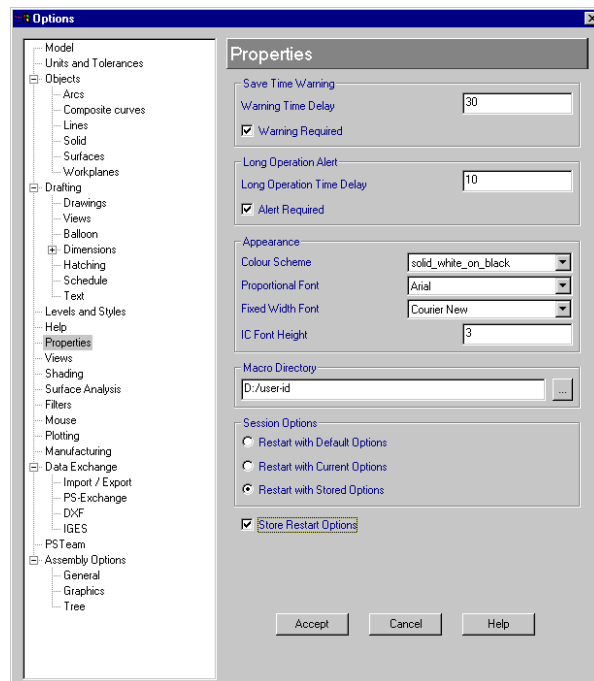
## Opciones de PowerSHAPE

La opción herramientas le permite configurar PowerSHAPE y cambiar la configuración.



Hay cuatro opciones importantes; **Objetos** (líneas, arcos, etc.), **Borrando** (usado en PS-Draft) **Intercambio de datos** (para importar y exportar) y **Ensamblaje** (para ensamblar sólidos). Los campos que se muestran en el texto azul se almacenan en el registro (configuración por defecto en PowerSHAPE) y campos que se muestran en texto negro se guardan dentro de ese modelo.

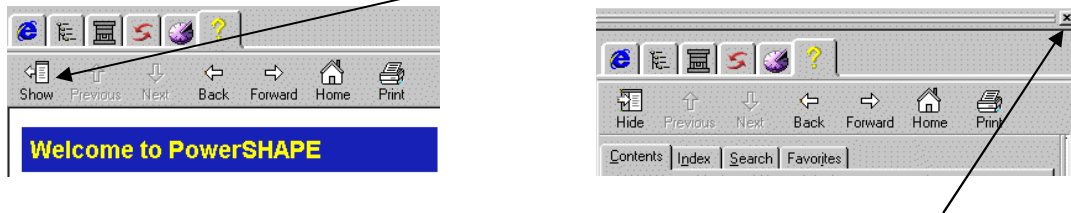
En el área de propiedades, puede cambiar el valor de fondo por defecto para que sea un sólido blanco sobre un fondo negro, y fijar el reinicio de modo que cada vez que inicie sesión haya por ejemplo un fondo negro.



## Ayuda en índice y contenido

PowerSHAPE tiene un extenso índice de la ayuda a la cual se puede acceder seleccionando la opción de ayuda en el menú o simplemente pulsando F1 en el teclado.

- Presione F1 en el teclado.
- Desde la página de bienvenida, seleccione el icono de mostrar para abrir el sumario.



Se encuentran disponibles cuatro pestañas para buscar la información requerida. El ícono mostrar se convierte ahora en ocultar.

- Seleccione el ícono ocultar para regresar a la página de bienvenida.
- Cierre la ventana utilizando el botón en la esquina superior derecha.

### Botones del ratón

Cada uno de los tres botones del ratón realiza una operación diferente en PowerSHAPE. Las operaciones Alt, Ctrl o mayúsculas se explican a continuación.

#### Botón izquierdo: (Posición y selección)



Este botón se utiliza para seleccionar *items* de los menús desplegables, introducir posiciones de puntos y seleccionar geometría y superficies.

### Botón medio o rueda: (Dinámico)



Este botón se utiliza para ampliar y reducir la vista (zoom) manteniendo presionado Ctrl y moviendo el ratón. Utilizado junto con la tecla SHIFT le permite desplazar la pieza y posicionarla en otro punto de la pantalla. Por sí solo permite girar la vista en todas direcciones.

### Botón derecho: (Menús especiales)

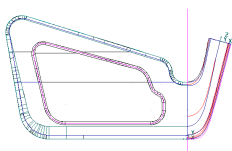


Este botón hace aparecer los menús emergentes. Si no hay nada seleccionado aparecerá el menú vista. Si hay alguna entidad seleccionada aparecerá el menú correspondiente a esa entidad (línea, superficie, etc.).

### Ejercicio 1: Controles dinámicos del ratón

Para este ejercicio se abrirá un modelo almacenado y luego se cambian los puntos de vista alrededor con la opción dinámica.

- Dele click en fichero, luego seleccione la opción ejemplos.
- De la lista que aparece seleccione SHOESOLE.

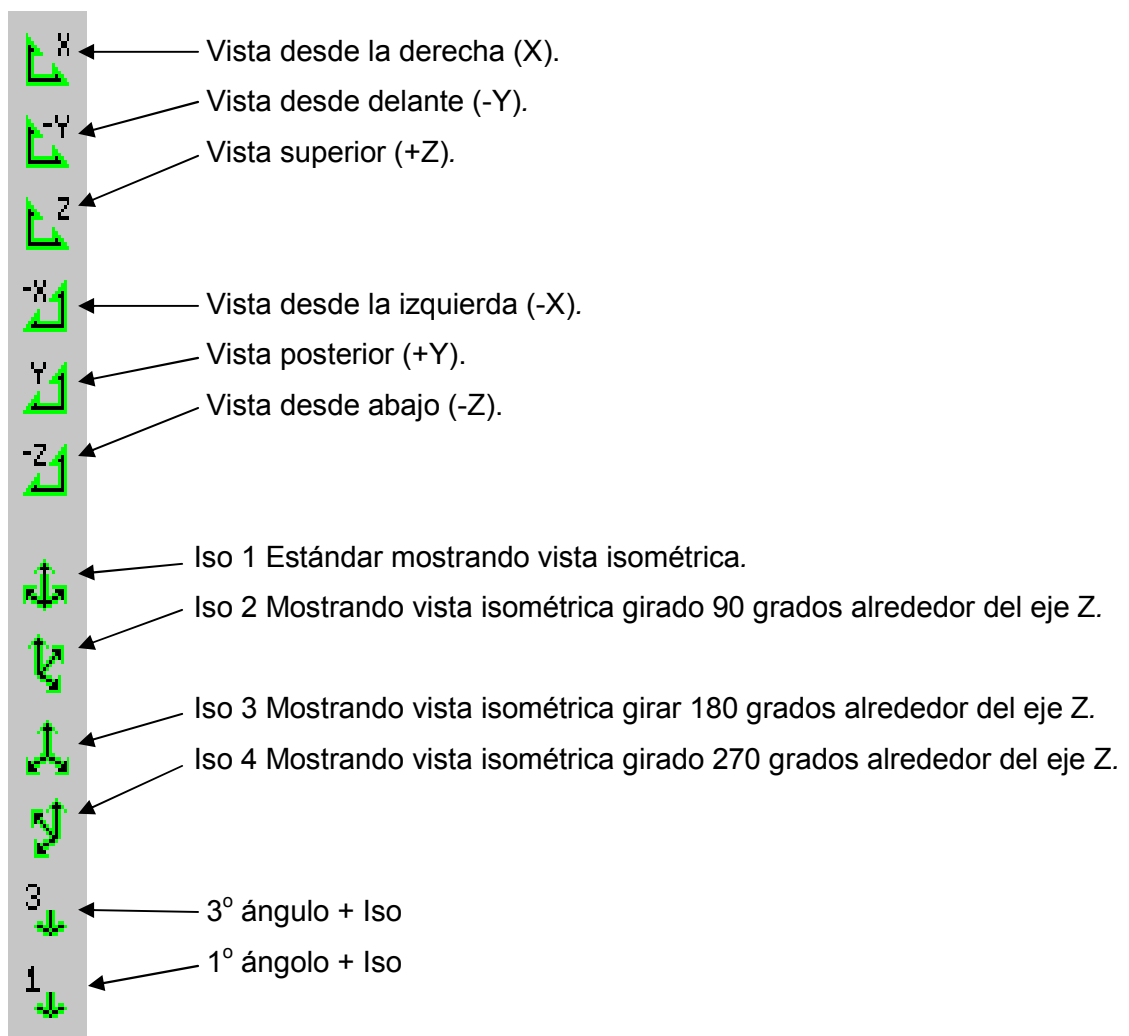


Cuando un modelo es abierto, se muestra en una vista del eje Z.

La barra de herramientas de vista, que se encuentra en el lado derecho de la ventana de PowerSHAPE puede dividirse en tres áreas principales: puntos de vista estándar, la dinámica y las sombras.

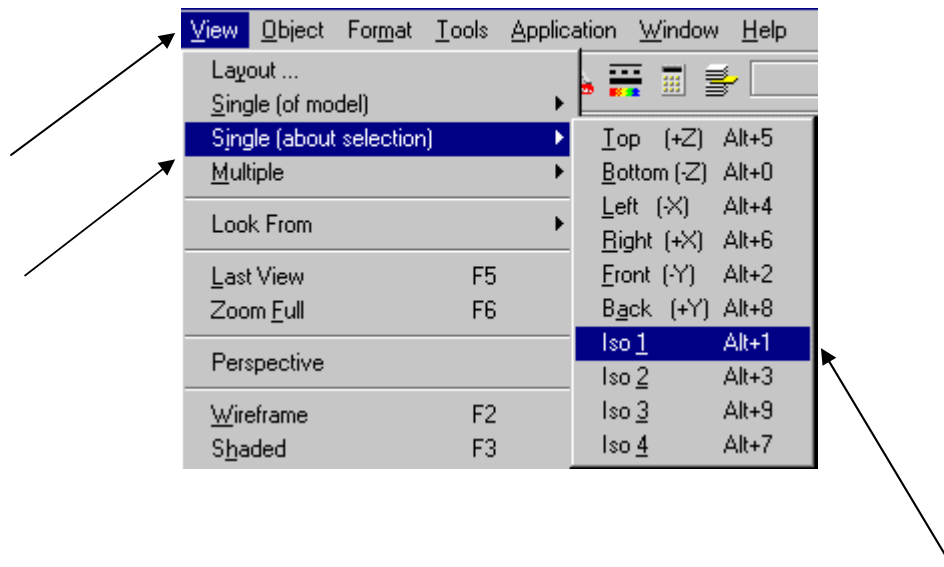
### Vistas estándar

Los 12 primeros iconos contienen puntos de vista estándar, ya sea buscando en el eje o en la dirección del eje en el que va, dependiendo del plano de trabajo activo o la orientación general. Cuando se pulsa el ícono del modelo se mostrará en esa posición.



Dividir la vista frontal que muestra las vistas: superior, lateral e isométrica utilizando el ángulo de proyección. Dividir la vista frontal que muestra las vistas: superior, lateral y 1 punto de vista isométrico utilizando proyección.

- Seleccione estos íconos de la vista.
- Seleccione vista y después única (de selección).

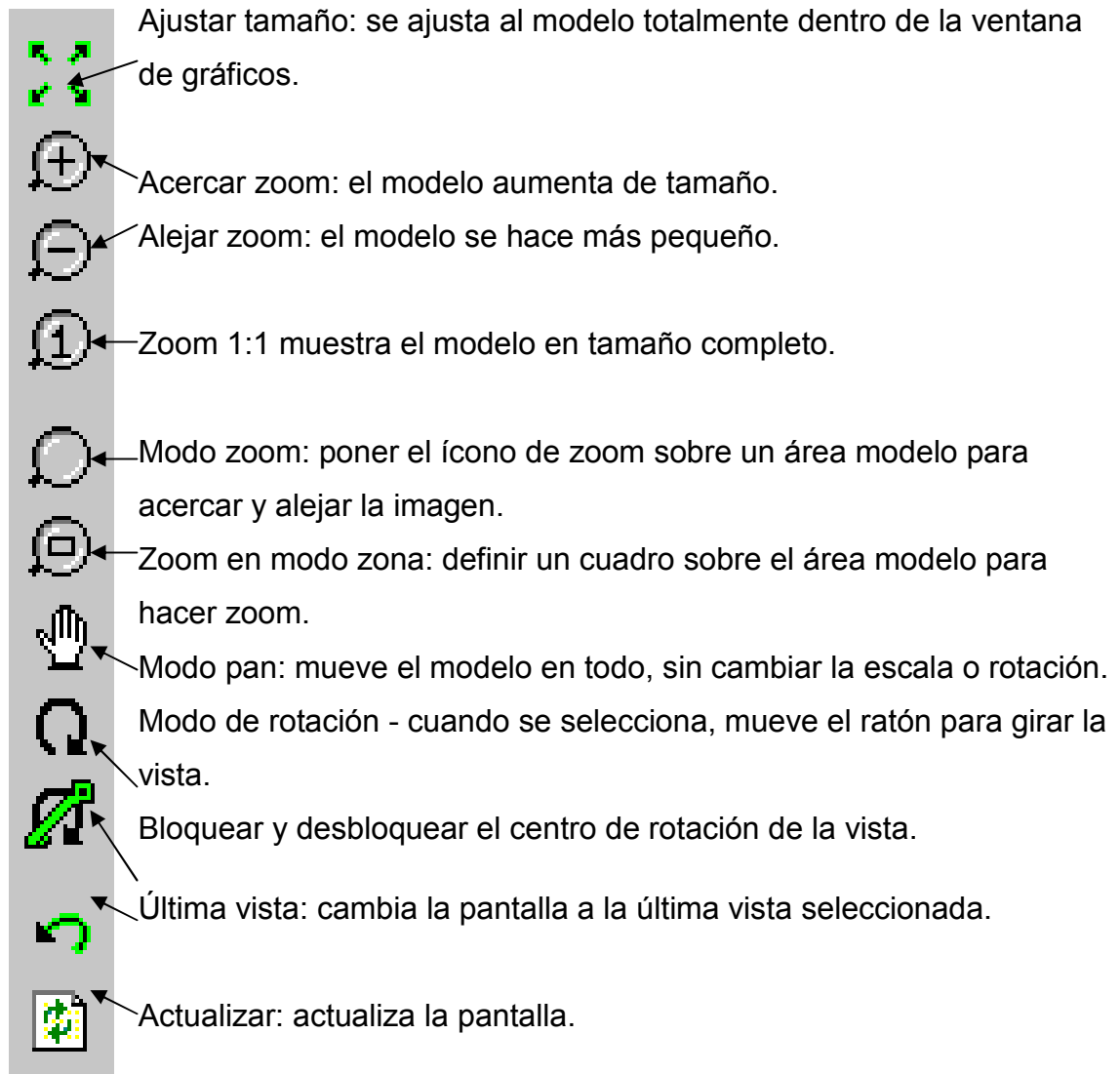


Otra forma de obtener las vistas, es tecleando Alt +1 para ISO 1 como aparece en el listado de vista única. Al activar el bloque numérico del teclado puede utilizar la tecla Alt para cambiar los puntos de vista.

Hay también una opción de modo de perspectiva que muestra el modelo en cualquier punto de vista como en la vida real con las partes más cercanas de la parte frontal, la cual se muestra más grande y las piezas más lejanas parecen ser más pequeñas.

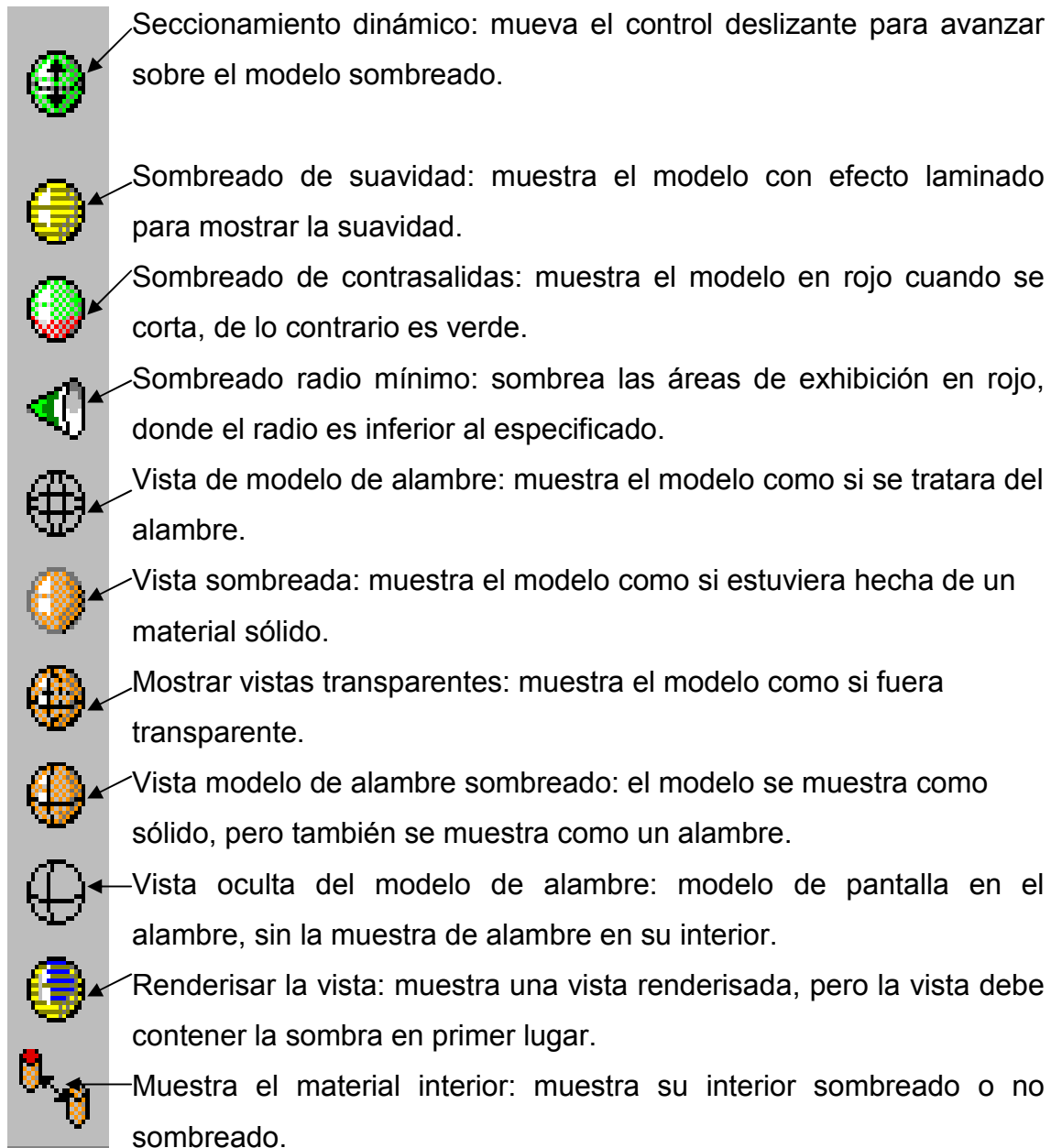
## Vistas del zoom

Los siguientes 10 íconos de vistas abarcan una variedad de opciones de visualización, incluyendo zoom y panorámica.



## Opciones de visualización de modelo

El último icono de control de cómo se mostrará el modelo.



- Experimente con estas opciones de visualización para conocerlas mejor.



## **Modelos de PowerSHAPE**

Los modelos de PowerSHAPE pueden consistir en una variedad de diferentes entidades, que se dividen en tres tipos principales: alambre, superficies y sólidos.

### **Modelo del alambre en PowerSHAPE**

Los modelos del alambre incluyen líneas, arcos, curvas, puntos, texto, dimensiones, etc. Estos pueden ser en 2D o 3D, y son esenciales para el dibujo, además de generar la mayoría de los tipos de superficies o sólidos.

### **Superficies en PowerSHAPE**

Las superficies pueden ser generadas a partir del modelo de alambre, creadas directamente como formas primitivas estándar o mediante la transformación de un modelo sólido. Una superficie es como una piel estirada a través de los cuatro elementos del lado de una red de alambre de soporte. Un modelo 3D creado como superficie se comporta como una forma hueca.

### **Sólidos en PowerSHAPE**

Los sólidos son generados directamente de alambre, creados directamente como formas primitivas estándar, o por la conversión de una selección de superficies. Un modelo 3D creado como un sólido se comporta como una masa cerrada.

## Teclas rápidas útiles

Para acelerar la aplicación de PowerSHAPE hay una variedad de combinaciones de atajos en el teclado. Una vez que algunos o todos estos se familiaricen son invariablemente más rápidos que ir a través de la estructura del menú.

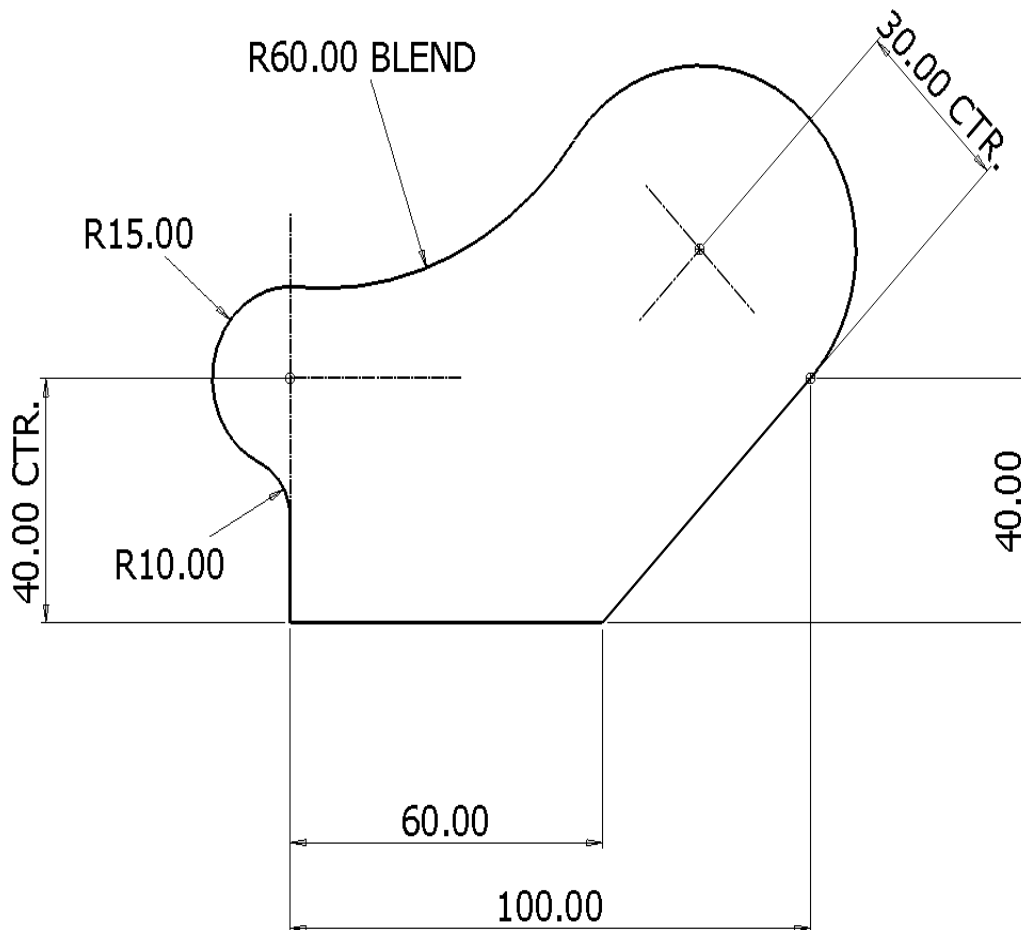
A continuación se muestra una tabla de algunos de los más frecuentemente utilizados del teclado de funciones cortas.

<b>Botones del teclado</b>	<b>Funciones de PowerSHAPE</b>
CTRL + Numlock + Keypad 0 - 9	Vistas diferentes
ALT + Botón izquierdo del ratón	Crear una curva compuesta
CTRL + ALT + D	Símbolo de diámetro
CTRL + ALT + S	Símbolo de grados
CTRL + ALT + P	Símbolo más/menos
CTRL A	Seleccionar todo
CTRL C	Copiar
CTRL E	Pegado especial
CTRL J	Blanquear
CTRL K	Blanquear una parte
CTRL L	Desblanquear
CTRL R	Actualizar

CTRL V	Pegar
CTRL Z	Deshacer
F1	Ayuda
F2	Vista de alambre
F3	Vista sombreada
F4	Vista transparent
F5	Ultima vista
F6	Zoom complete
ESC	Cancelar todo
Multiple ESC	Detener programa

### 3.1.2 Modelo de alambre



El modelo del alambre proporciona los medios para crear puntos, líneas, arcos y curvas, tanto en 2D como en 3D. En estas entidades se incluye la creación de ciertos tipos de superficies y sólidos, la geometría para el uso en el proyecto PS, PS Estimador o para la exportación a otro *software* como PowerMill.

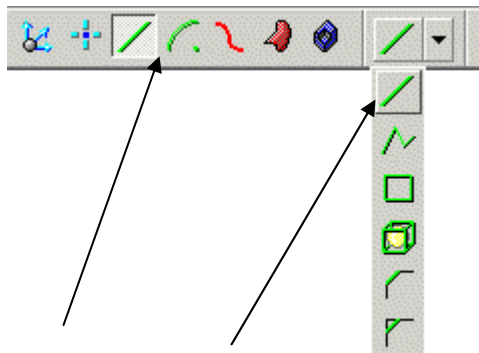


## Ejemplo realizado (manufacturado)

A continuación se mostrará el funcionamiento básico del modelo del alambre para recrear el perfil 2D que se muestra en el dibujo anterior.

### Líneas simples

- Abra un nuevo modelo.
- Seleccione inicio en la barra de herramientas  seguido del zoom a tamaño real 



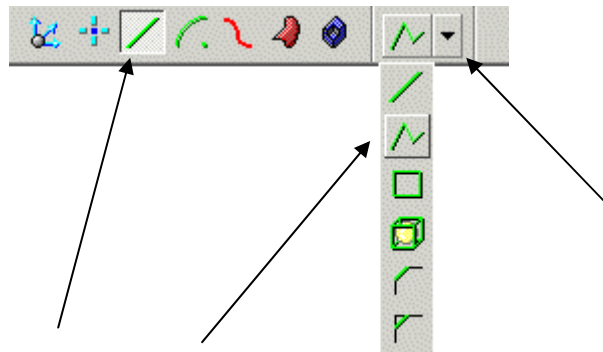
- En la barra de herramientas seleccione el ícono de la línea y asegúrela seleccionado el ícono de líneas sencillas en el menú secundario (la flecha hacia abajo muestra el sub-menú).
- Introduzca el valor 0 en el cuadro de mando de entrada en la parte inferior derecha de la zona de gráficos y presione enter.




No es necesario mover el cursor físicamente de los gráficos en el área de entrada de comandos.

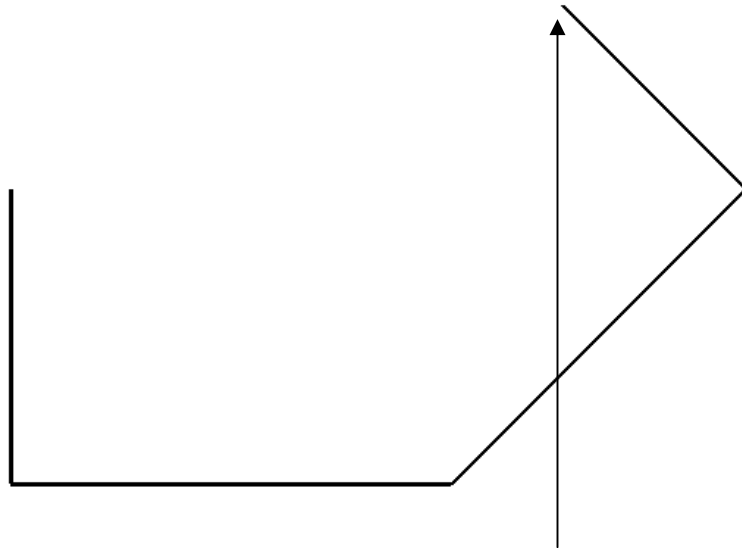
- Este valor es la coordenada X para el inicio de la línea y sin más datos de entrada PowerSHAPE ha supuesto 0 para las coordenadas de Y y Z.
- Ingrese los valores 0 y 40 en el cuadro de entrada de comandos y pulse return para crear el final de una única línea que va de xyz 0 a y 40.

### Líneas continuas



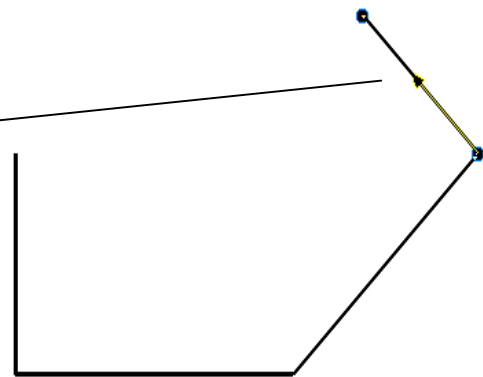
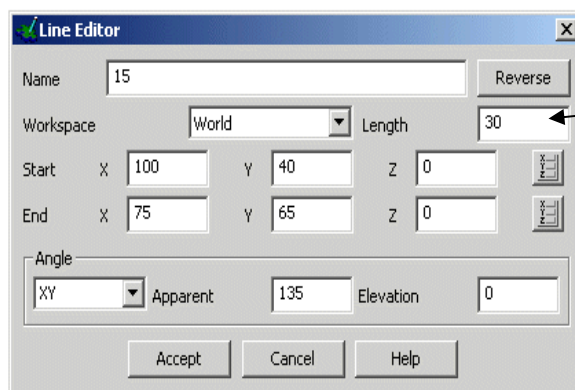
- En la barra de herramientas seleccione el ícono de la línea y asegúrese que la opción de líneas continuas esté seleccionada en el menú secundario (la flecha hacia abajo muestra el sub menú).
- Utilice el ratón para colocar el cursor sobre el punto de inicio de la línea existente (xyz 0) y cuando en el texto se muestre **Fin** haga clic con el botón izquierdo del ratón para tomar el punto de inicio de la nueva línea.
- Introduzca el valor 60 (en el cuadro de entrada de comandos), seguido de enter.
- Ingrese los valores 40 40 seguido de enter (que seguirá las líneas de la red de forma gradual a partir de la última coordenada ingresada).
- Ingrese los valores -25 25 seguido de enter, para continuar la red de líneas perpendiculares al último punto final.

- Cancelar la entrada de línea haciendo clic derecho en el ratón, en un área vacía de la gráfica o con el botón izquierdo del ratón haga clic en el icono seleccionar  en la barra principal de herramientas.



Para proporcionar la posición correcta para el arco central de la última línea debe modificarse a una longitud correcta.

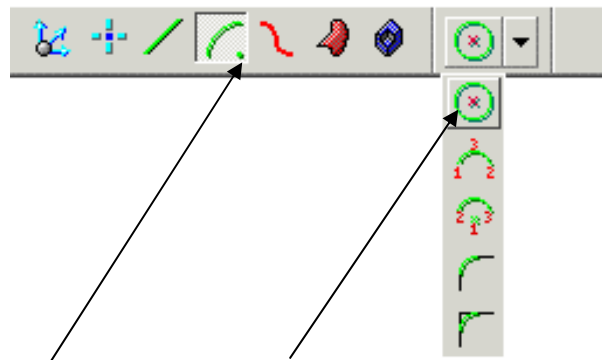
- Utilice el botón izquierdo del ratón haciendo doble clic en la línea para abrir el editor de línea y modificar la forma y la longitud a 30, acepte.



Tenga en cuenta que la forma anterior ofrece una amplia gama de opciones para modificar la línea. Si alguna entidad de PowerSHAPE se ha convertido haga doble clic rápidamente con el botón izquierdo del ratón, la clave editor aparecerá como un formulario o una barra de herramientas.

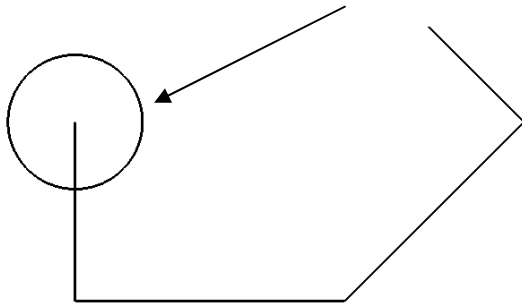
- Tómese el tiempo para observar y determinar si hay otras opciones disponibles para la edición de la línea.

### Crear un arco completo (Círculo)



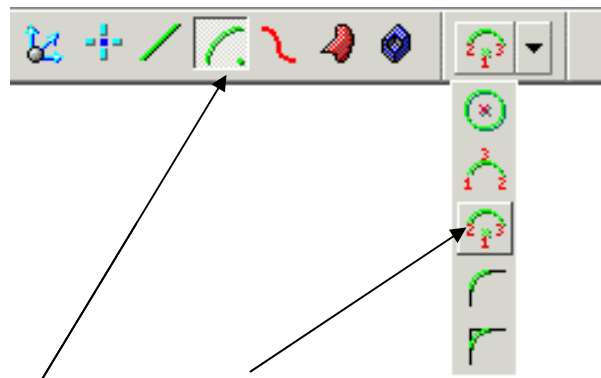
- En la barra de herramientas seleccione el ícono del arco, y asegúrese de crear un arco completo seleccionándolo en el menú secundario (la flecha hacia abajo muestra el sub-menú).
- Introduzca el valor de  $r$  15 en el comando de entrada de la caja en la parte inferior derecha de la zona de gráficos y pulse enter (esta cambia temporalmente el radio por defecto a 20).
- Utilice el ratón para colocar el cursor sobre el extremo abierto de la línea que va de 0 a y40, cuando el texto se muestre haga clic en el botón izquierdo del ratón para tomar posición en el círculo central.





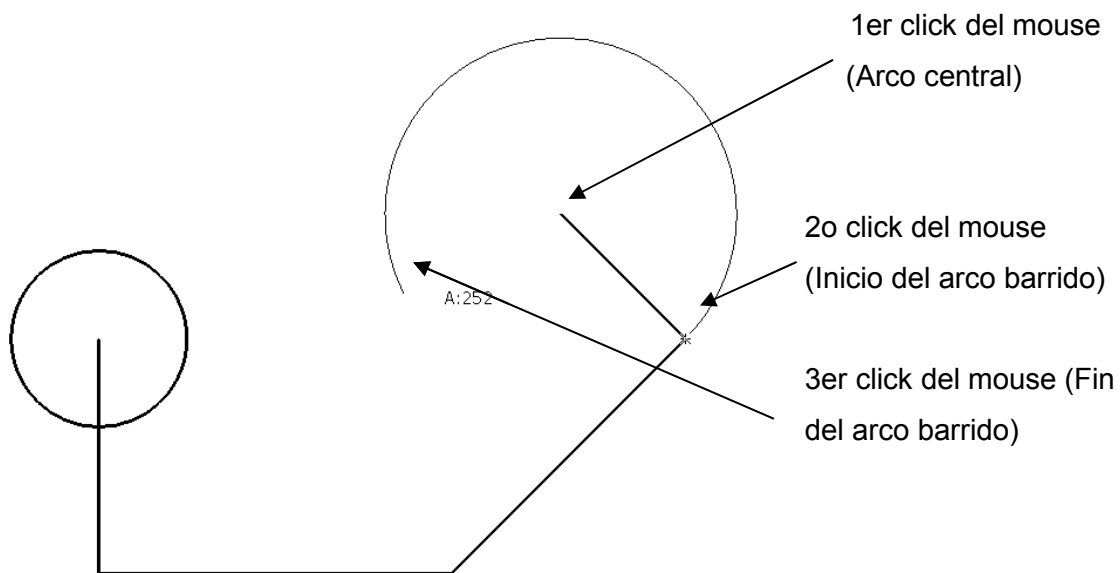
Si es preciso modificar el círculo, haga doble clic sobre él con rapidez con el botón izquierdo del ratón y la tecla correspondiente al editor de arco aparecerá el siguiente formulario.

### Crear un arco barrido

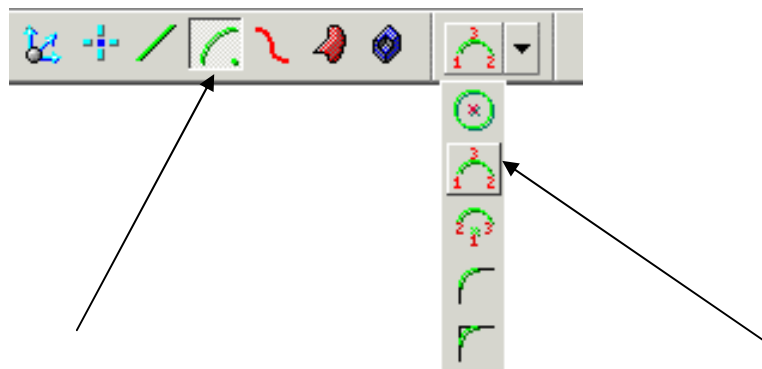


- En la barra de herramientas seleccione el ícono de arco, y asegúrese de crear un arco de barrido al seleccionar la opción en el menú secundario (la flecha hacia abajo muestra el sub-menú).
- Utilice el ratón para colocar el cursor sobre el extremo abierto de la línea que va de x100 y40 una distancia de 30 hasta el círculo central. Cuando el texto se muestre presione el botón izquierdo del ratón haciendo clic en la clave para tomar posición en el círculo central (ver diagrama siguiente 1 clic del ratón).

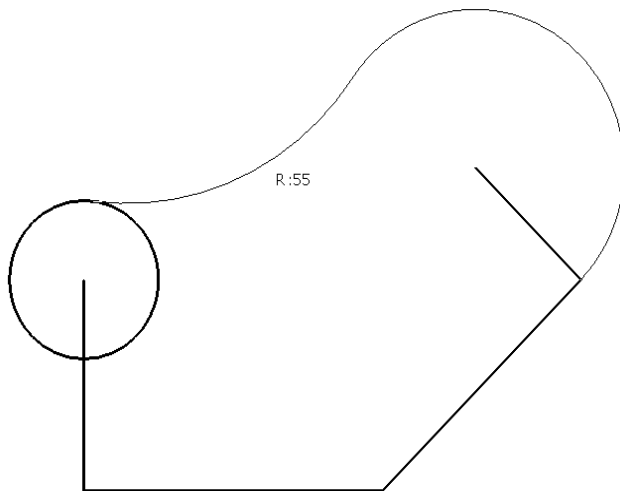
- Mueva el ratón al inicio de la línea (X100 y40) y presione el botón izquierdo del ratón para ajustar el inicio del barrido de arco (2º clic del ratón). Suelte el ratón y mueva el cursor en sentido anti horario y haga clic izquierdo de nuevo (3er clic del ratón) cuando un ángulo de más de 250 grados se muestre.



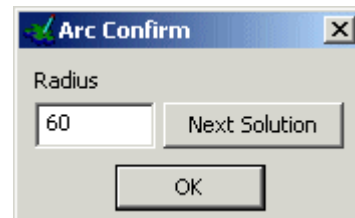
### Crear un arco equipado



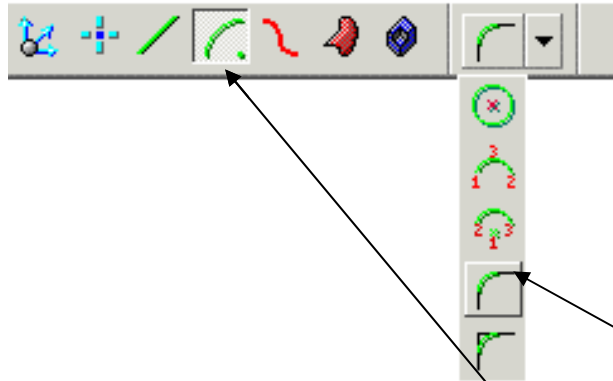
- En la barra de herramientas seleccione el ícono de arco y cree un arco ajustable seleccionando el menú secundario (la flecha hacia abajo muestra el sub menú).
- Utilice el ratón para mover el cursor a lo largo de Rad30 y ajuste el arco tangente cuando se muestre solo para definir el primer punto.
- Repetir la última instrucción, esta vez con Rad15 y defina el segundo punto (NOTA: el ajuste afectará a la posición inicial y la forma provista del arco ajustable).
- El tercer punto se definirá mediante la especificación del radio. Esto se logra mejor escribiendo el valor de 60 en la forma siguiente (también puede ser obtenido dinámicamente arrastrando el arco en la posición correcta hasta que el radio se muestre).
- La siguiente pestaña de soluciones permite al usuario alternar a través de todas las combinaciones posibles de tangencia para el radio especificado (una vez que el formulario está cerrado, este formulario no estará disponible para esta curva). Pruébalo geoméricamente hasta que se obtenga la solución correcta y a continuación pulse aceptar.



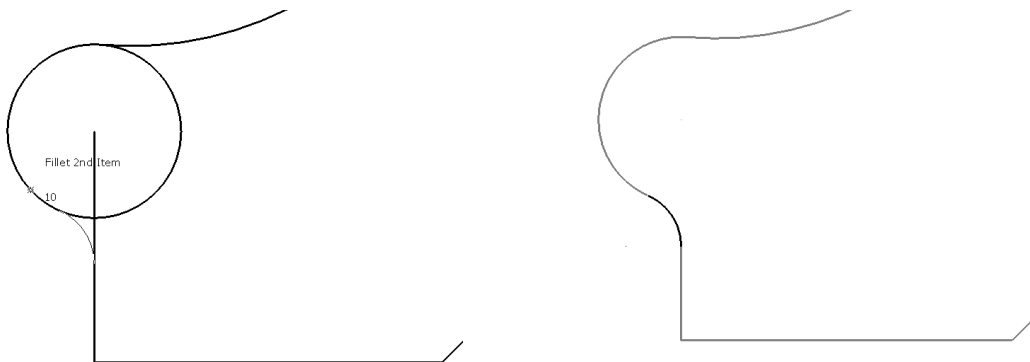
El arco ajustable prevé todas las combinaciones posibles del arco que pasa por los 3 puntos definidos.



## Crear un arco de filete

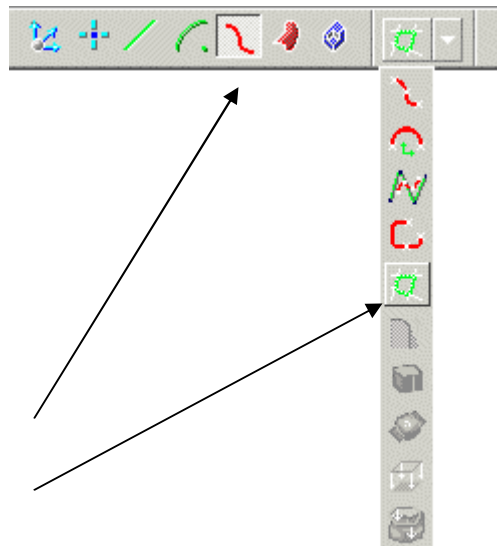


- En la barra de herramientas seleccione el ícono de arco, cree un arco de filete, seleccionando en el menú secundario (la flecha hacia abajo muestra el sub menú).
- Introduzca el valor de r 10 en el comando de la caja de entrada, en la parte inferior derecha de la zona de gráficos y pulse enter (Esto va a cambiar el valor por defecto para el radio de filete a 10).
- Ajustar a la línea que va de 0 a y 40 (Filete Tema 1) para definir la primera tangencia.
- Ajustar a lo largo de la parte izquierda del círculo rad15 (Filete Tema 2) para definir la segunda tangencia (NOTA: La geometría adyacente es recortada automáticamente y devuelta al filete).

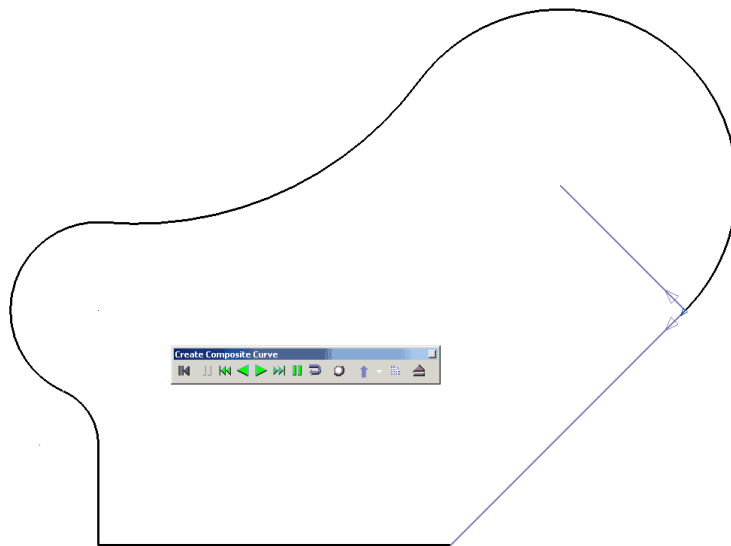




La siguiente etapa es la creación necesaria de un compuesto alrededor de la curva de contorno como se muestra en el dibujo original. Esto se puede lograr y controlar en una variedad de formas desde dentro de la curva de la barra de herramientas en la creación de compuestos. Si el usuario prefiere cualquier excedente, el modelo del alambre puede ser eliminado o recortado utilizando herramientas de la barra de edición (Se tratarán en la sección siguiente).

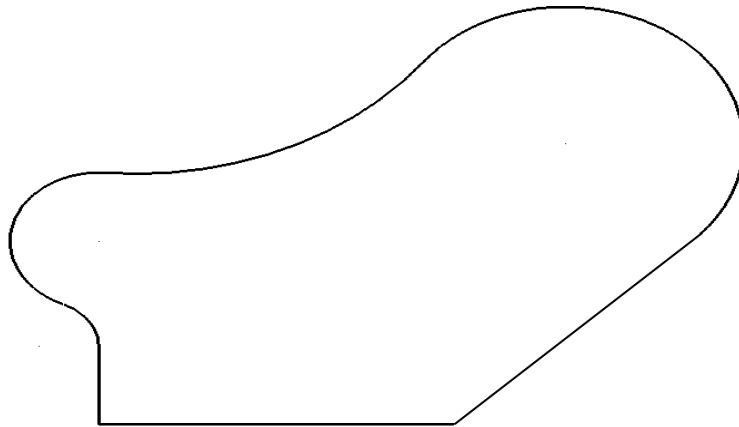
### Crear una curva compuesta



- En la barra de herramientas seleccione el ícono de la curva y cree una curva compuesta, seleccionándola en el menú secundario (la flecha hacia abajo muestra el sub menú).
- Una vez que ha aparecido la barra de herramientas de ajuste en uno de los elementos geométricos a lo largo del perfil requerido, el compuesto se genera a lo largo de la curva de la ruta hasta que llega a un punto en el que todas las ramas alternativas se distribuyen en todas direcciones y se cambia a color rosa para que el usuario pueda seleccionar la ruta correcta.



- Ajustar el último período y una vez que el compuesto forma una curva de circuito cerrado (identificado por un pequeño círculo azul que marca el inicio / final), haga clic en el botón guardar  que se encuentra en la barra de herramientas.
- Cierre la barra de herramientas haciendo clic en el ícono expulsar. 
- Por último seleccione y elimine la línea que no se utiliza como parte de la curva de creación de la curva compuesta (Barra principal de herramientas. Icono color negro en forma de cruz).



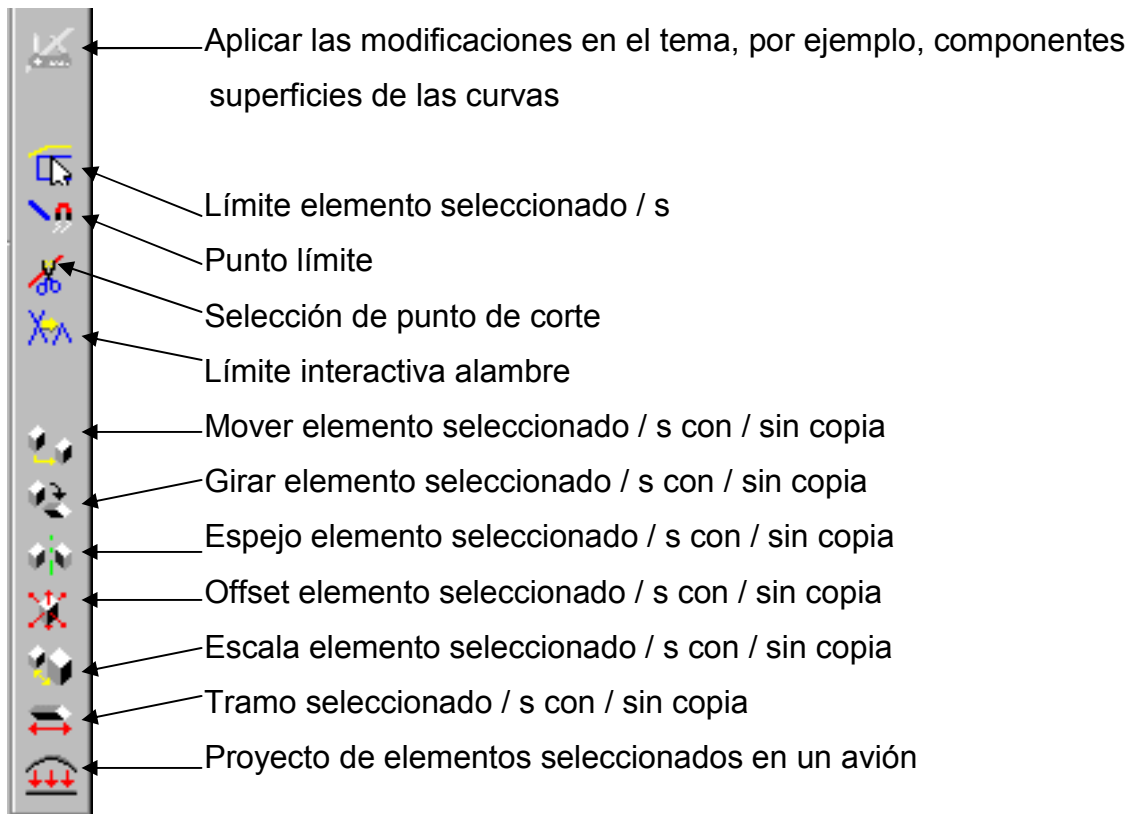
El tutorial (manual de la máquina) debe ayudar al usuario en la comprensión de los fundamentos del modelo de alambre y se espera ofrecer la confianza necesaria para investigar las otras opciones que no se utilizan en este ejemplo.

### Barra de herramientas de edición general

Seleccione el ícono de edición en la barra de herramientas. 



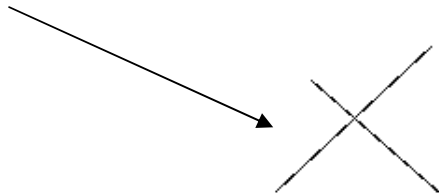
La barra de edición que aparece en la barra de herramientas y contiene los comandos de edición como se indica a continuación.




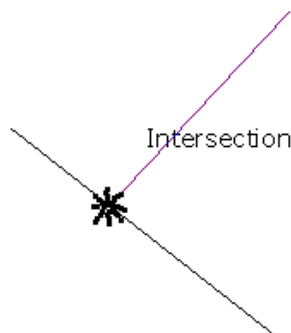
## Límite de punto

Se utiliza para limitar, ampliar o reducir dinámicamente entidades individuales de PowerSHAPE. También se puede utilizar con precisión los puntos de corte entre sí cuando se usa junto con el cursor inteligente.

- Crear dos líneas de alambre que cruzan como se muestra a continuación.




- Seleccione una de las líneas y, a continuación, el ícono  límite de punto de la barra de herramientas (el cursor se convierte en un imán que mueve más el modelo).
- Mueva el imán para el final de la línea seleccionada y haga clic con el botón izquierdo del ratón, manténgalo presionado hasta que se "bloquee" (cuando aparezca la palabra Fin).
- Mueva el ratón a lo largo de la línea o a lo largo de la línea no seleccionada y suéltelo una vez que se haya obtenido la longitud requerida o el punto clave.





## Limitar selección

Permite la eliminación de los elementos de geometría hasta o entre puntos de intersección dentro de un alambre. Fue hecho primeramente para crear un ejemplo de esta superposición de una serie de redes de líneas rectangulares.

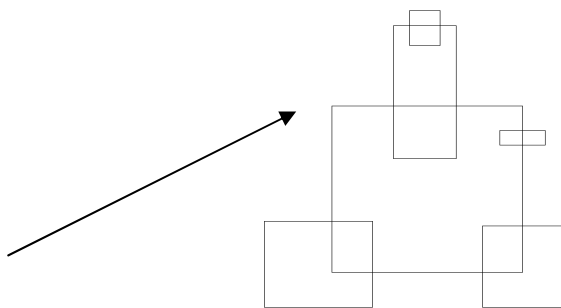
- Seleccione el ícono  de rectángulo en el menú.
- Seleccione la posición de la esquina inferior izquierda del rectángulo, escribiendo el valor 0 en el cuadro de mando de entrada en la parte inferior derecha del área de gráficos y pulse enter.



- Defina la posición de la esquina superior derecha del rectángulo escribiendo coordenadas XY 50 50 en la caja de entrada de comandos y pulse enter.

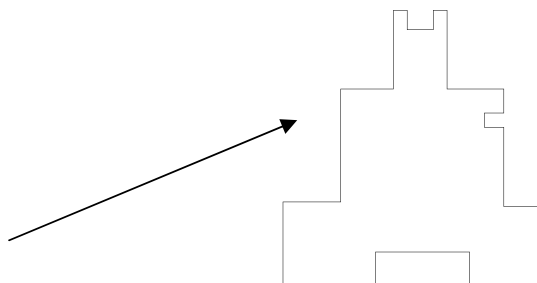
Las redes rectangulares de líneas también pueden ser creadas dinámicamente, en primer lugar por la aplicación de un clic izquierdo del ratón en el área gráfica para bloquear la primera esquina. Dele clic izquierdo al ratón en la segunda esquina del rectángulo que se extiende a cualquier posición a lo largo de las cuatro direcciones en diagonal (Las dimensiones se muestran durante el proceso como la forma rectangular se amplía o contrae).

- Completar el resto de rectángulos dinámicamente creados (con las dimensiones adecuadas) para representar una geometría similar a la que se muestra a continuación.




Esta forma será recortada de nuevo utilizando interactivamente el límite del modelo del alambre, que se encuentra en la barra de herramientas de edición.

- Seleccione el ícono y límite interactivo usando el botón izquierdo del ratón, haga clic en las partes de la red de líneas que deben eliminarse.



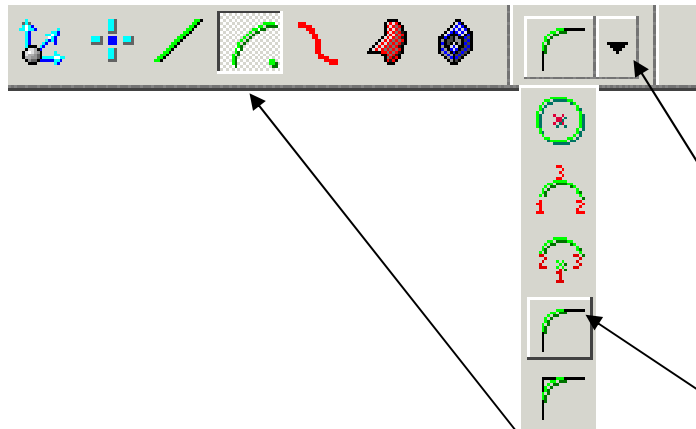
Aplique la herramienta interactiva límite para eliminar el exceso de geometría, como se muestra en el modelo.

- Cancelar la operación límite interactivo, haciendo clic derecho en el ratón en un área vacía de la gráfica o con el botón izquierdo del ratón haga clic en el ícono  seleccionar, el cual se encuentra en la barra principal de herramientas.

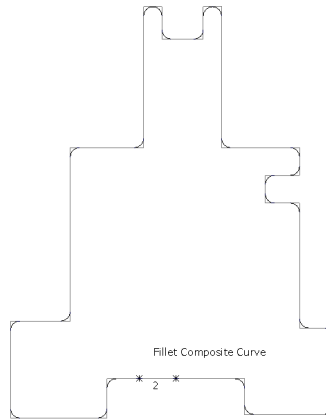
Por encima de la red de líneas se requiere un filete con radios (Rad 2) en todas las esquinas que, como se muestra en la siguiente sección pueden ser aplicados directamente, si la red de líneas se convierte en una única curva compuesta.

### Fileteando curvas compuestas

- Crear un compuesto alrededor de la curva de la red de líneas usando el método descrito anteriormente o simplemente manteniendo la tecla Alt mientras da clic izquierdo con el ratón en un punto de la ruta.



- En la barra de herramientas seleccione el icono de arco de filete seleccionándolo en el menú secundario (la flecha hacia abajo muestra el sub menú).
- Introduzca el valor de r 2 en el cuadro de mando de entrada en la parte inferior derecha de la zona de gráficos y pulse retornar (Esto va a cambiar el valor por defecto para el filete de radio hasta 2).
- Mueva el ratón por encima de la curva compuesta y observe el radio especificado con el nombre 'filete fantasma' en todas las esquinas. Dele clic izquierdo al ratón y dele aceptar.



Tenga en cuenta que si alguno de los rincones requiere un radio diferente a estos, tendrían que ser aplicados por separado o entre líneas adyacentes de arco antes de la conversión de la curva compuesta.

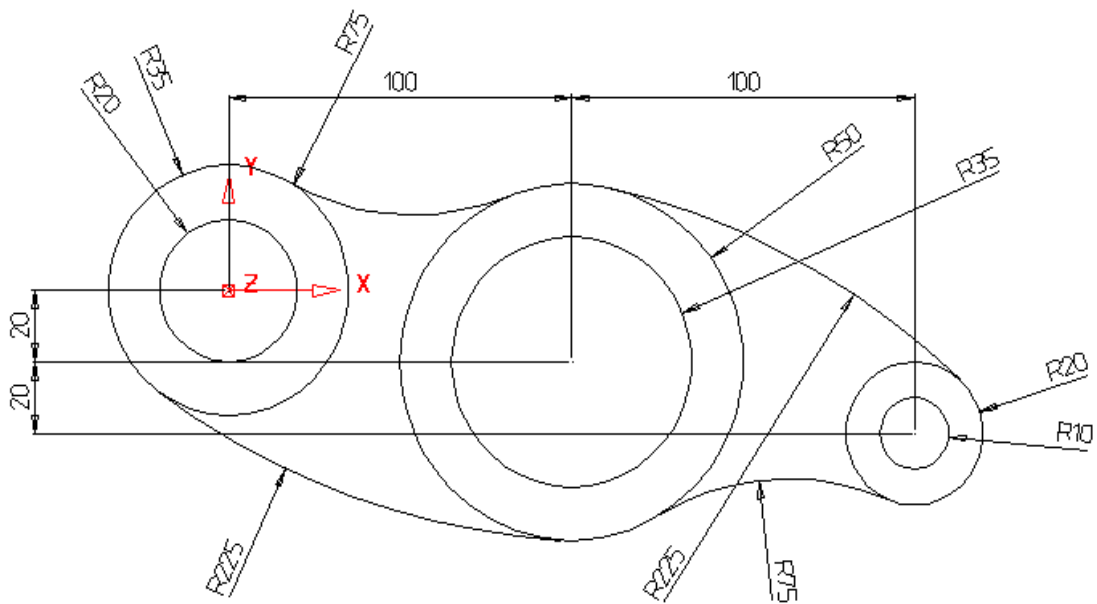
### **Ejemplo de arco con el modelo del alambre**

Son generados arcos en el plano Z y por defecto son planos. Para permitir que se construyan arcos en el plano X o Y, el ajuste se puede seleccionar desde los íconos que se encuentran directamente debajo del área de gráficos.

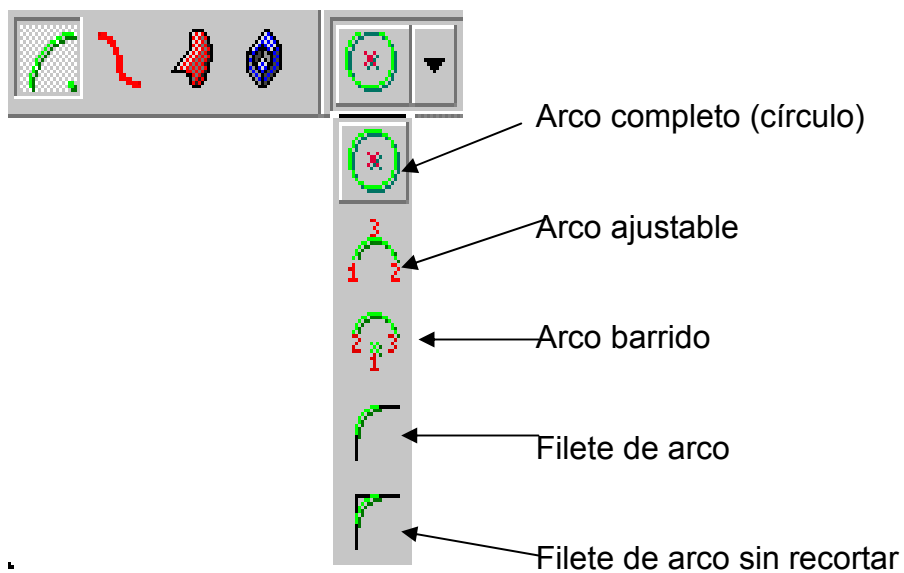


### **Ejemplo de una leva**

El siguiente ejemplo muestra el uso de arcos para crear una leva.



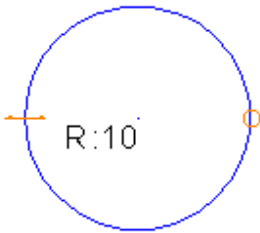
- Abrir un nuevo modelo, haga clic en el icono del nuevo modelo.
- Seleccione una vista en el eje Z y ajuste el plano actual (Z).
- Seleccione el ícono crear arco y seguidamente seleccione el ícono de arco completo.




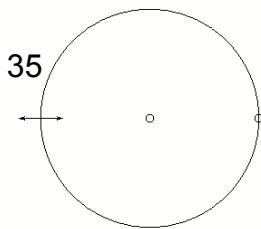
- En el cuadro de mando de entrada ingrese 0 (cero) para entrar en el círculo central.



Un círculo se ha generado con un radio basado en el valor por defecto. Una vez que el círculo se ha creado el radio se puede cambiar dinámicamente haciendo doble clic para abrir la forma de edición.

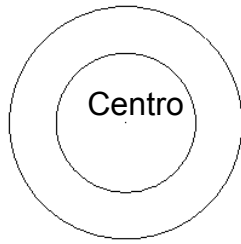


- Seleccione el ícono  de la flecha o el botón derecho del ratón en el área gráfica para salir del modo de creación.
- Descanse el cursor sobre el círculo recién creado entonces aparecerá un ícono en forma de mano.
- Con el círculo seleccionado haga clic y mantenga las flechas, y mueva el ratón para arrastrar un nuevo radio de 35.



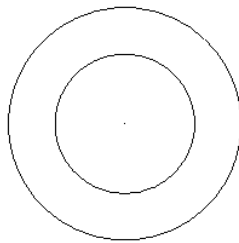
El círculo tiene ahora el radio correcto. Este método puede ser usado para crear el segundo círculo en el centro de la misma posición, utilizando el cursor inteligente.

- Seleccione el ícono del círculo y la posición del cursor en el centro del primer círculo de modo que la palabra **centro** aparezca.
- Haga clic en el botón izquierdo del ratón para colocar el centro del nuevo círculo.



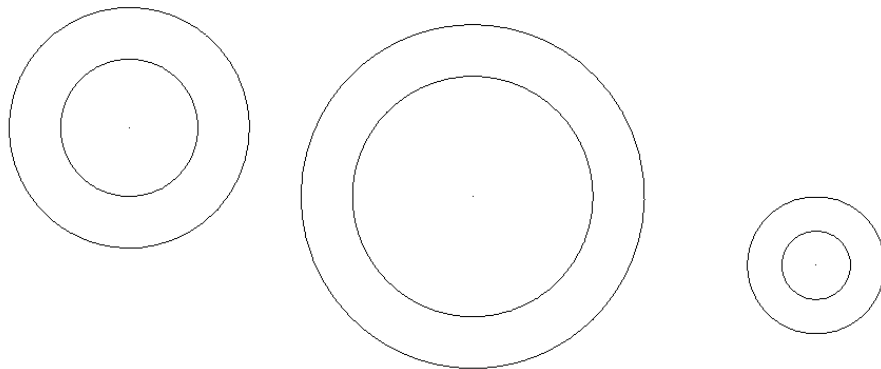
Este nuevo círculo tiene exactamente el mismo radio inicial del primer círculo. Para cambiar temporalmente el radio por defecto, puede introducir un nuevo valor en el radio de entrada de la ventana de comandos, es decir R 25.

- Salga de la creación de un círculo y arrastre el segundo círculo con un radio de 20 mm.



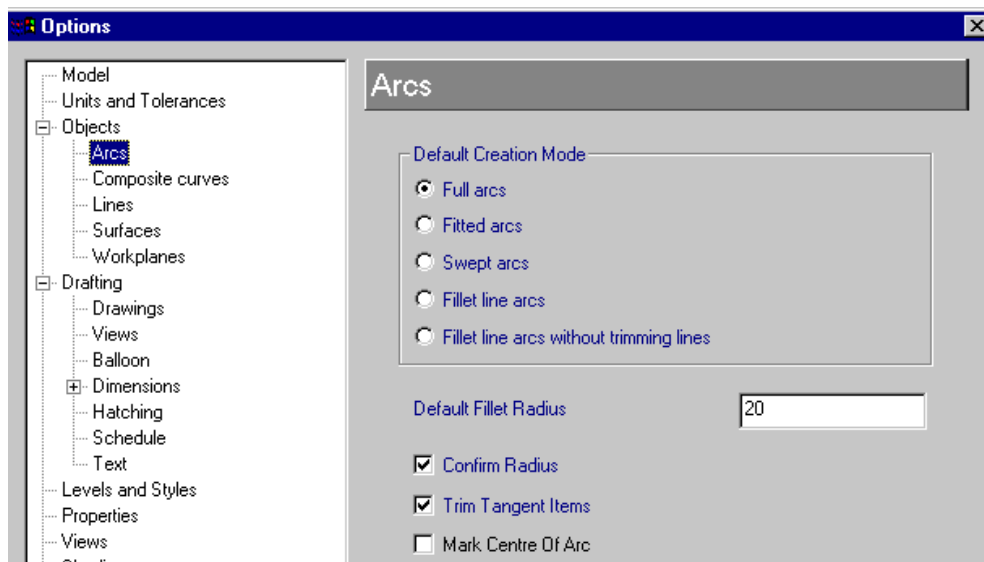
Los dos círculos se completan. Son necesarios más círculos para este modelo.

- Crear un círculo en el centro 100 -20 0 con un radio de 50 mm.
- Crear un círculo en el centro 100 -20 0 con un radio de 35 mm.
- Crear un círculo en el centro 200 -40 0 con un radio de 20 mm.
- Crear un círculo en el centro 200 -40 0 con un radio de 10 mm.




La opción por defecto, cuando se crea, es de arco tangente para recortar de nuevo la geometría asociada. En este caso, no se quiere hacer esto, por lo que hay que deseleccionar Trimar Entidades Tangentes. Esta se encuentra en opciones de herramientas en la parte superior de la pantalla.

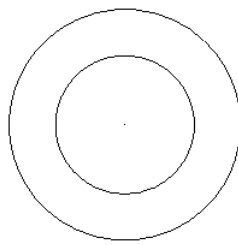
- Seleccione opciones de herramienta, seleccione objetos y a continuación, seleccione arcos.



- Apague Trimar Entidades Tangentes (que se muestra en forma marcada). Por la tangente de arcos, la opción de arco equipado es la más adecuada, ya que proporciona pleno control dinámico a través de todas las combinaciones posibles.

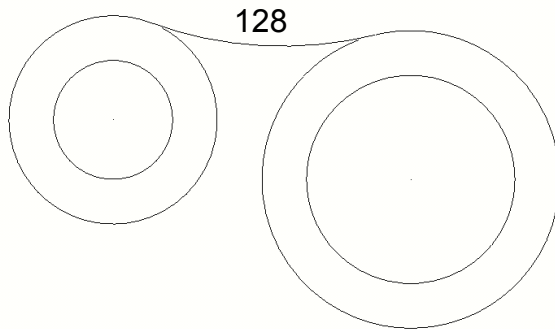
- Seleccione el ícono  crear un arco desde el menú de arcos.
- Sitúe el cursor sobre el círculo exterior de la izquierda hasta que aparezca la palabra tangente y pulse el botón izquierdo del ratón.





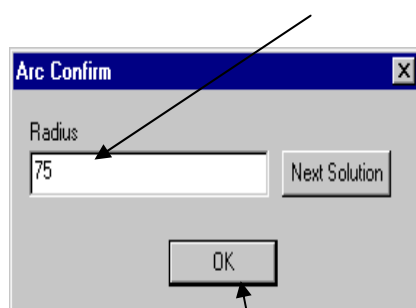
Tangente

- Coloque el cursor sobre el medio círculo exterior de manera tangente, seguido aparece la palabra y pulse el botón izquierdo del ratón.



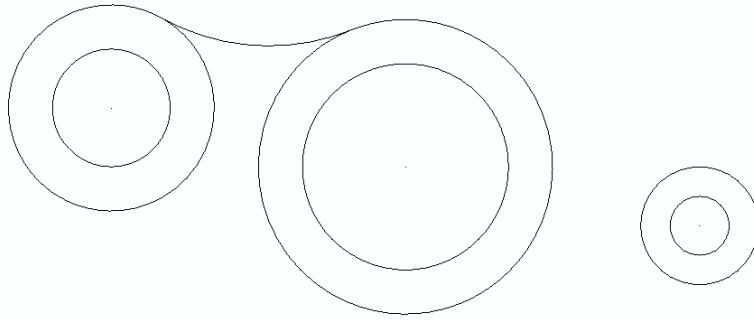
Moviendo el cursor se extiende dinámicamente un radio entre los dos puntos.

- Mueva el cursor hasta un arco de radio de 75 (como se muestra) y pulse el botón izquierdo del ratón.

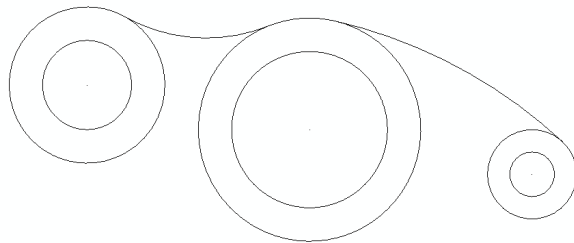


El formulario confirmar arco aparece, y permite al usuario introducir directamente el valor de un radio y si es necesario para alternar las soluciones de todas las variaciones de las opciones de tangencia.

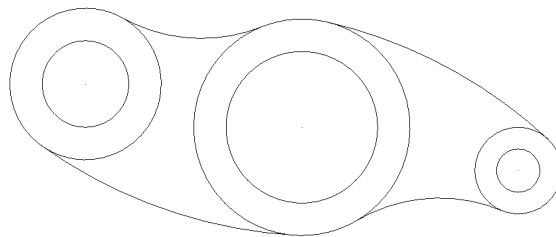
- Seleccione OK con un radio de 75 y la opción tangente como se muestra.



- Crear un arco tangente empotrado del centro del círculo grande tangente, a un círculo tangente a la derecha del círculo exterior.
- Ajuste el radio a 225 y use solución siguiente para obtener la solución convexa que se muestra.



- Crear un arco tangente empotrado entre el círculo de la izquierda y la mitad de la superficie exterior con un radio de 225mm.
- Crear un arco tangente empotrado entre el círculo derecho y el círculo de la mitad de la superficie exterior con un radio de 75 mm.



## Importante\*

Seleccione opciones en el menú desplegable de herramienta. En la zona de arcos haga clic en el Trimar Entidades Tangentes y acepte la forma para poner PowerSHAPE en su modo por defecto.

### 3.1.3 Herramientas de edición

PowerSHAPE y PS-Proyecto proporcionan sofisticadas herramientas de edición, así como de borrar y eliminar. Los siguientes ejemplos muestran estas herramientas.

#### Blanquear


Es una herramienta muy útil en PowerSHAPE. Cuando un número de elementos se elimina de la pantalla sin borrarlos. Para que vuelvan todos los objetos a la pantalla, se utiliza la opción desblanquear. Esto es útil cuando se tiene un modelo complejo en la pantalla.

- Seleccione el menú desplegable vista.

Blank Selected	Ctrl+J	←	Blanquear seleccionado.
Blank Except	Ctrl+K	←	Blanquear excepto.
Blank Toggle	Ctrl+Y	←	Blanquear.
Unblank	Ctrl+L	←	Desblanquear.

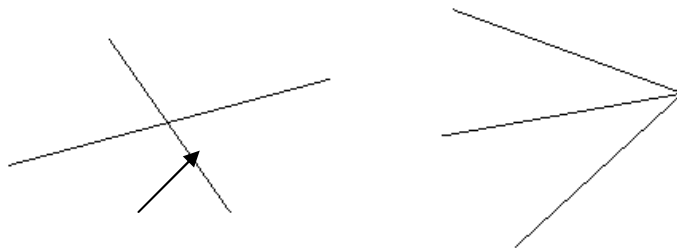
Las dos opciones de blanqueado son: Blanquear seleccionado y Blanquear excepto.

Blanquear seleccionado puede esconder todos los objetos seleccionados. Blanquear excepto puede esconder todos los demás, excepto los objetos seleccionados. Esto muestra los atajos del teclado.

- Guardar el modelo utilizando el ícono  guardar.
- Cambie el tamaño de la vista y experimente con las opciones de blanqueo.

### Eliminando líneas

- Elimine cualquier superficie izquierda y cree unas líneas como se muestra.

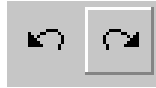


- Para borrar una línea, selecciónela usando el botón izquierdo del ratón.
- Mantenga pulsado el botón derecho del ratón hasta que aparezca el menú editar línea.
- Seleccione eliminar en el menú y la línea desaparece.

Si ha cometido un error puede irse al menú edición y seleccione deshacer, o seleccione el ícono deshacer en la parte superior de la barra de herramientas.



Una vez que el icono deshacer se ha utilizado, el ícono a la derecha de él (rehacer) se activa, por lo que puede rehacer el comando que se ha eliminado.

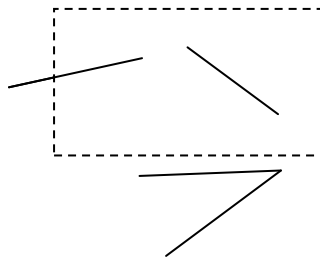


Esto le permite ir hacia delante y hacia atrás dentro de PowerSHAPE. También puede usar la tecla suprimir del teclado o el ícono eliminar de la barra de herramientas superior para borrar los elementos seleccionados.



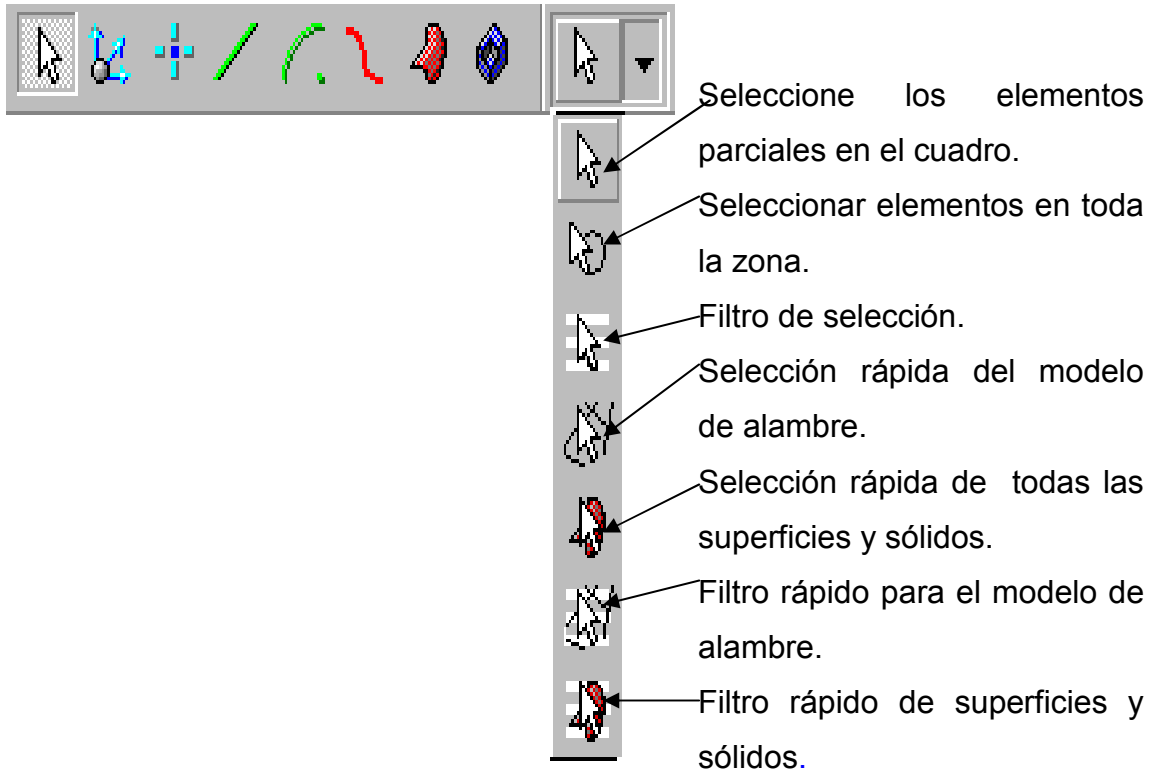
Si ya dispone de una línea seleccionada y desea seleccionar otra para borrarla, mantenga pulsada la tecla mayúscula y elija la otra línea. Ambas líneas están seleccionadas.

- Estiramiento de un cuadro sobre la geometría utilizando el botón izquierdo del ratón.

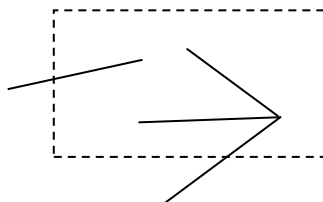


El comando por defecto es para seleccionar todo lo que pasa a través o dentro de la zona. Si pulsa ahora borrar, eliminaría todas estas líneas. El comando de caja entera selecciona sólo los elementos contenidos en toda la zona.

- Seleccione el ícono de selección y elija el ícono del cuadro general.



- Estire un cuadro sobre la geometría con el botón izquierdo del ratón.



Sólo las dos líneas completamente dentro de la caja son seleccionadas.

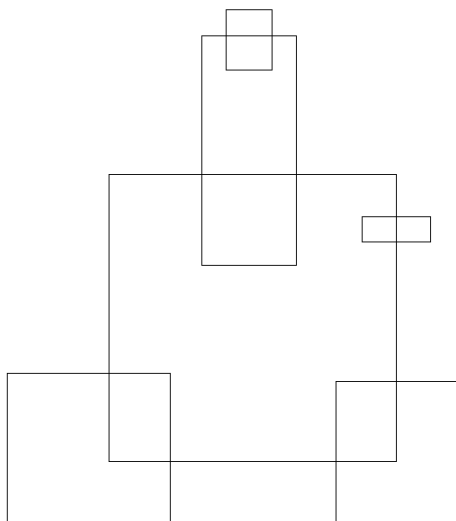
### Limitado interactivamente

Le permite sacar las secciones de la geometría que se cruzan entre sí, o conjunto de artículos.

- Seleccione el ícono de rectángulo en el menú.
- Seleccione la posición de la esquina inferior izquierda del rectángulo usando el botón izquierdo del ratón, o escribiendo un valor.

El tamaño del rectángulo se puede estirar de forma interactiva con el ratón. Las dimensiones del rectángulo se muestran como los cambios de tamaño.

- Haga clic en el botón izquierdo del ratón de nuevo para completar el rectángulo.
- Completar el resto de los rectángulos para representar a la geometría.

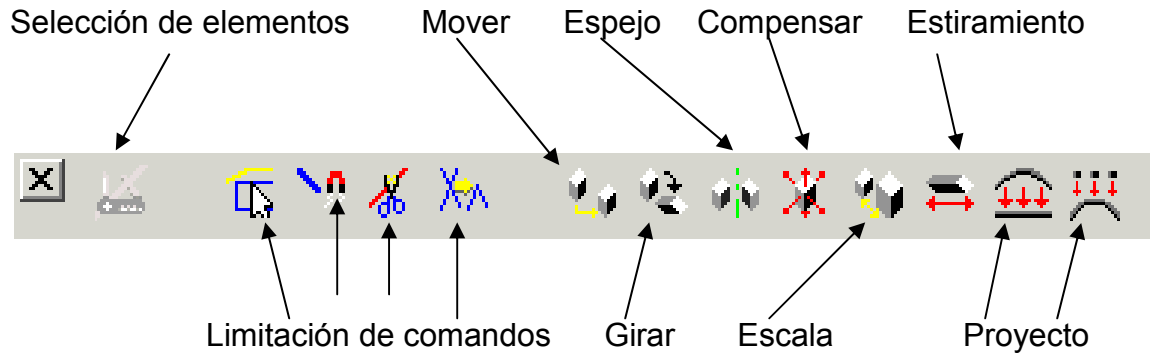



Esta forma inicial recortará de nuevo usando el modo limitar interactivo, que se encuentra en la barra de herramientas.

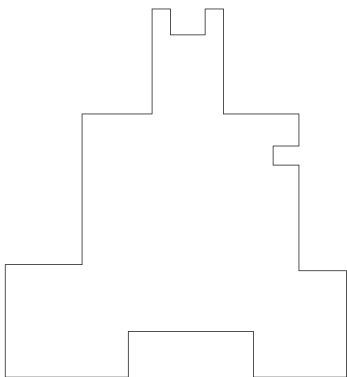
- Seleccione el ícono de la barra de herramientas de edición.



La barra de herramientas de edición contiene los siguientes comandos:



- Seleccione el ícono de límite interactivo. 
- Use el botón izquierdo del ratón, y haga clic en la parte de las líneas para eliminar.



Elimine la geometría del modelo, como se muestra en la figura.

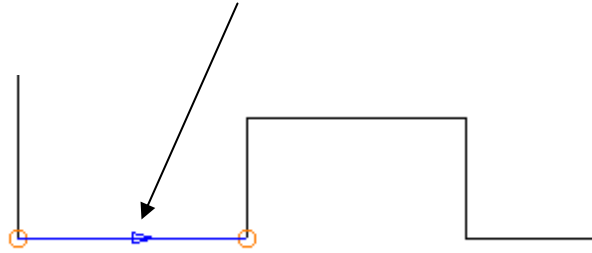
- Seleccione el ícono selector para salir del modo de limitación.


### Punto límite

Es un comando útil, que puede ser usado para ampliar o reducir los elementos individuales. También se puede utilizar para reducir los temas juntos, en relación con el cursor inteligente.



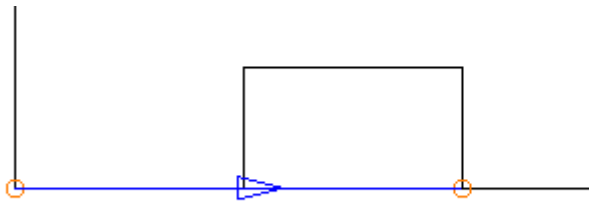
- Seleccione la línea inferior, como se muestra.



- Seleccione el ícono de punto límite en la barra de  herramientas.

El cursor se convierte en un imán al pasar de nuevo sobre el modelo.

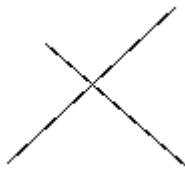
- Mueva el imán para el final de la línea seleccionada y mantenga presionado el botón izquierdo del ratón y arrastre hacia la derecha para cerrar la brecha.
- Suelte el botón del ratón.



### **Mover/Copiar**

Esta opción le permite mover un grupo de objetos o múltiples de copias de ellos con un desplazamiento especificado.

- Haga la siguiente geometría.



- Seleccione las dos líneas y seleccione el icono mover.



La barra de herramientas se extiende para mostrar las opciones. El modo predeterminado es para no hacer copias de los objetos seleccionados. El botón mantener original está desactivado y el número de copias está inactivo.

- Seleccione el botón mantener originales.
- Introduzca 2 en el cuadro de número de copias y con el cursor en el espacio modelo ingrese las coordenadas 20 0 0.

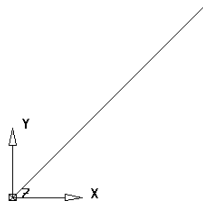


Dinámicamente puede mover un objeto arrastrándolo con el ratón. El punto más cercano del objeto seleccionado se ha seleccionado como una ubicación para que pueda ser trasladado a otro punto clave. Una sola copia puede ser arrastrada de la misma forma, manteniendo pulsada la tecla CTRL.

## Rotar

Esta opción hace girar un grupo de objetos en un determinado ángulo. Los objetos giran alrededor de un eje normal al plano principal, por ejemplo, si el plano principal es XY, los objetos giran alrededor del eje Z.

- Cree la línea y a continuación se muestra el plano de trabajo, en el eje Z.



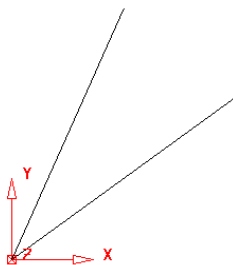
- Seleccione la línea y haga clic en el ícono rotar.



- Pulse sobre la opción de mantener original.
- En el cuadro de ángulo, introduzca un valor de 30 y presione enter.



Esto girará la línea de 30 grados sobre el eje Z desde el origen en el plano de trabajo.

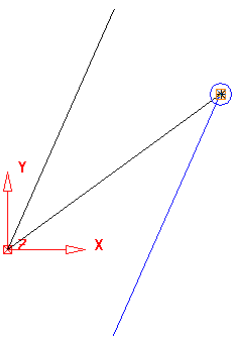


Si se desea un origen diferente, entonces esto puede lograrse cambiándola posición del eje de rotación.

- Seleccione la línea de la copia original.
- Haga clic en el ícono de cambiar la posición del eje de rotación.



- Haga clic en el extremo superior de la línea.
- Escriba 30 en el cuadro de ángulo.

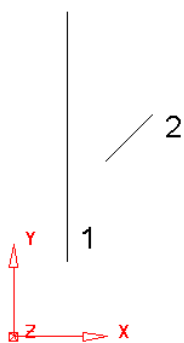


Esta vez la línea rota 30 grados sobre la parte superior de la línea.

Si el eje de rotación no es Z entonces el plano principal debe ser modificado. Se pueden hacer múltiples rotaciones introduciendo un valor en el cuadro número de copias.

## Espejo

- Crear dos líneas similares en el eje Z, como se muestra a continuación.

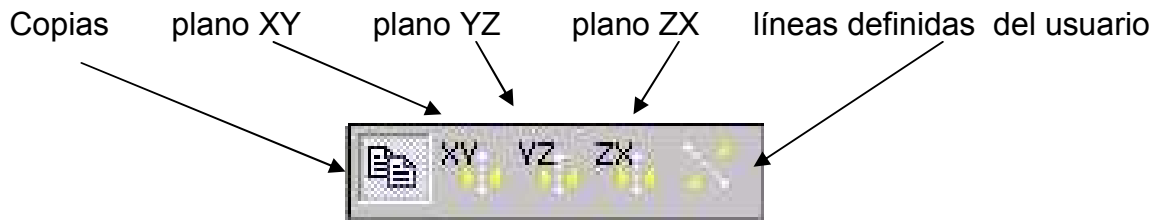




La línea 1 es la línea de espejo, que se compensa a partir del plano de trabajo. La línea 2 es el objeto a ser reflejado. Uno o varios de los objetos pueden ser reflejados en un momento en torno a una determinada línea o plano de trabajo.

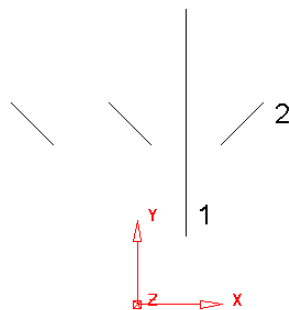
- Seleccione la línea 2.
- Seleccione el ícono espejo.



Esta herramienta muestra el espejo. El cursor del ratón cambia a un icono de espejo.




- Haga clic en el ícono plano YZ. 
- Pulse seleccionar y, a continuación, seleccione la línea 2; seguidamente seleccione nuevamente espejo.
- Haga clic en el ícono de la línea definida por el usuario. 
- Haga clic y mantenga pulsado el ratón al final de la línea 1 y arrastre la línea hasta el espejo. Se mostrará una imagen de la copia.
- Suelte el botón del ratón.

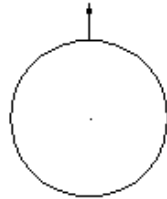


## Compensación

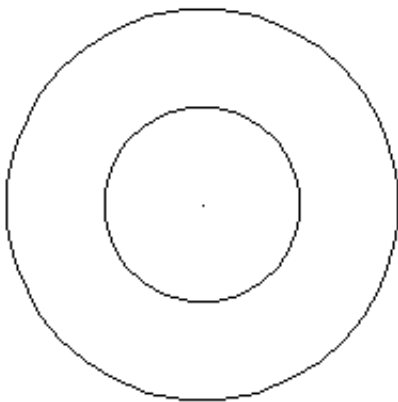
El objeto a desplazar se coloca a lo largo de su plano normal Z. Cuando el desplazamiento es seleccionado, aparecen una o más flechas sobre el objeto mostrando la dirección positiva. Para invertir la dirección de desplazamiento, haga clic en la flecha compensar.

- Cree un círculo en el plano Z. 
- Seleccione el ícono de compensación.

El círculo aparecerá con una flecha de desplazamiento, este muestra la dirección positiva de desplazamiento. Para cambiar la dirección de desplazamiento, haga clic en la flecha o ingrese un valor negativo.



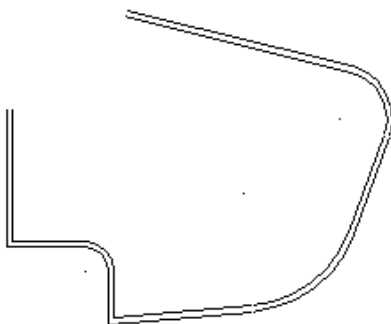
- Introduzca un valor de 10 y presione enter.



Mantenga el original y en número de copias de trabajo de una forma similar a las otras funciones de edición.

El comando de desplazamiento sólo compensará un artículo, así que para una más complicada, la forma tiene que ser transformada en una curva compuesta.

Este modelo de alambre se convirtió en una curva compuesta antes de la compensación. La curva compuesta puede ser abierta o cerrada.

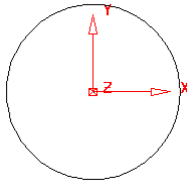


Compensar demasiado los arcos y las esquinas puede hacer que desaparezcan, por lo cual existen opciones y estrategias de compensación.

## Ajuste de escala

La opción de escala permite que los objetos sean hechos más pequeños o más grandes. La ampliación se produce en torno al plano de trabajo o a un lugar determinado. Dentro de los dibujos, el origen tendrá que ser trasladado a un lugar apropiado.

- Cree un plano de trabajo y un círculo en el plano XY.



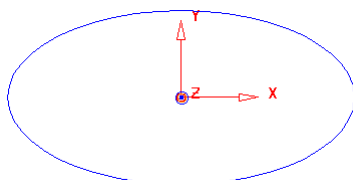
Este círculo se estira en el eje X. De manera predeterminada, todas las escalas se centran en el plano de trabajo activo.

- Seleccione el ícono escala.



Esta barra de herramientas le permite ampliar uniformemente, es decir, por un factor, o no uniformemente, es decir, por diferentes factores en cada eje. El candado le permite bloquear el eje de una escala de 1, para que pueda ampliar un solo eje.

- Bloqueo de los ejes Y y Z.
- Introduzca un valor de 2 y pulse enter.

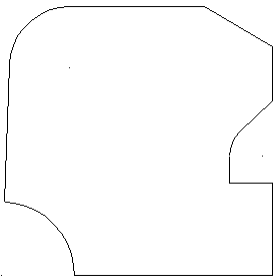


El círculo se ha estirado en el eje X y sólo ha cambiado en una curva.


## Estirar objeto

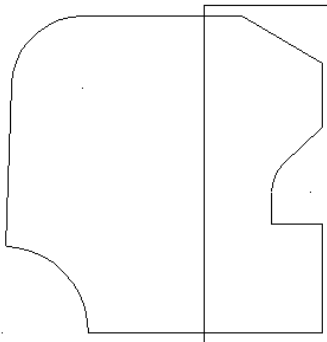
La opción seleccionada se mueve sobre puntos seleccionados sobre el modelo de alambre, por lo tanto se extienden los objetos. Para utilizar la opción de estiramiento, debe seleccionar la casilla de selección de objetos de manera que los puntos dentro de la caja se muevan y los de fuera permanezcan fijos.

- Cree la siguiente forma simple.



Esta forma debe ser expandida en el centro mediante el estiramiento de un cuadro.

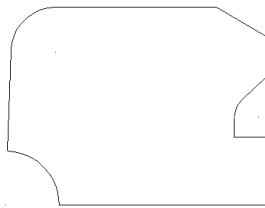
- Seleccione el extremo derecho de la caja y, a continuación haga clic en el ícono  estirar.



En este modelo se seleccionaran los elementos finales.

- Introduzca un movimiento de 30 0.





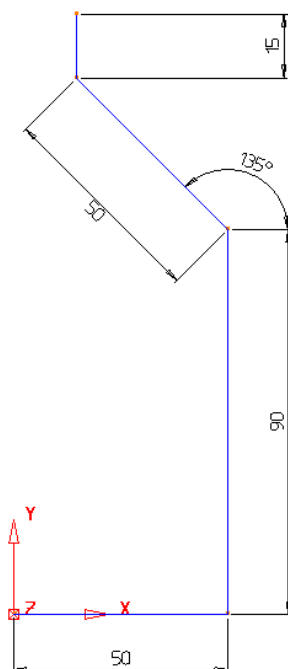
La geometría se ha estirado sin distorsionar la información.

### 3.1.4 Superficies

Una superficie de revolución o una revolución es la creación de sólidos mediante la geometría única giratoria o una curva compuesta en torno a un plano determinado.



#### Ejemplo

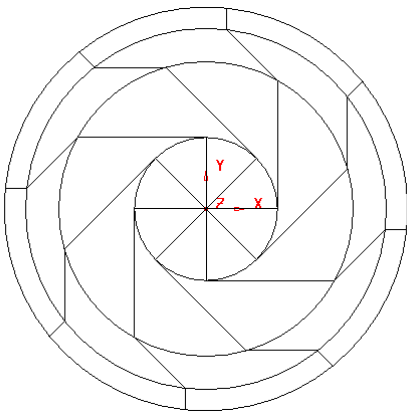
- Crear un plano de trabajo a 0 y crear la geometría de la sección de una botella.



Esta forma estará conectada junto a una curva compuesta. Esta curva se giró 360 grados alrededor del plano de trabajo para generar una superficie.

Cuando una superficie de revolución se genera se produce alrededor del plano principal, que por defecto se establece en el eje Z.

- Cree una curva compuesta de la sección geométrica. 
- Seleccione la curva compuesta y el ícono de superficie. 
- Seleccione la opción revolución de las superficies en el menú.



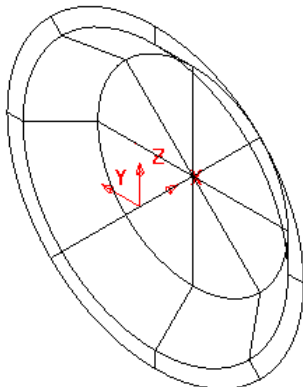
La superficie que se ha producido es una figura plana en el plano XY y tiene una forma de disco plano en lugar de la forma de botella deseada.

Por defecto PowerSHAPE siempre producirá una revolución de 360 grados. Esto se puede cambiar mediante la modificación de la superficie haciendo doble clic sobre él y cambiando el ángulo.


- Seleccione el ícono de deshacer para volver a su estado original

- Seleccione el plano X. 

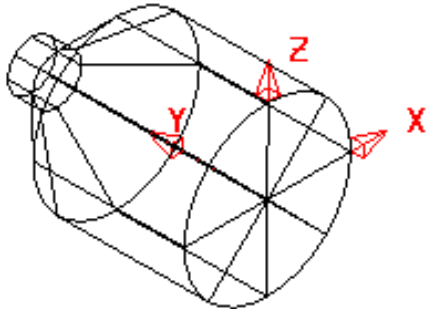
- Seleccione nuevamente el ícono de la superficie de revolución. 



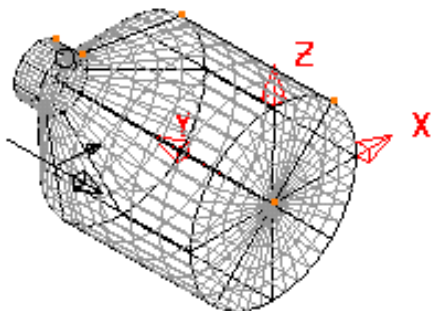
Esta superficie gira ahora alrededor del eje X.

- Seleccione el ícono deshacer. 
- Cambie el plano principal a Y.
- Seleccione la curva compuesta y genere una superficie de revolución.

La forma de la botella deseada es producida.



- Haga clic en la superficie usando el botón derecho del ratón y seleccione convertir la superficie en las opciones del menú. La superficie es ahora una superficie sólida y posee capacidades de edición completas. Posteriormente no se puede cambiar la superficie de revolución de nuevo a un estilo primitivo.
- Seleccione la superficie con la tecla izquierda del ratón y aparecerá como se muestra a continuación.

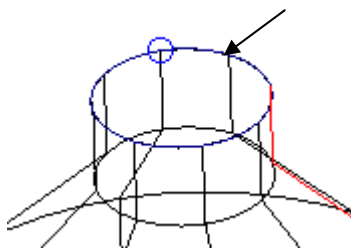


Cuando se selecciona una superficie individual, se muestran más detalles con las líneas grises, que pone de manifiesto la forma de la superficie. Esto aplica para una sola superficie.

La parte superior de la superficie de la botella está abierta. Se puede generar una superficie plana de la parte superior, utilizando la curva de superficie superior y el relleno en el mando de la

superficie. El comando de superficie de relleno funciona con una curva compuesta.

- Seleccione el ícono de la curva compuesta y haga clic en la parte superior de la botella.

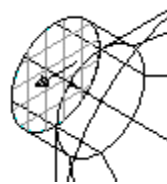
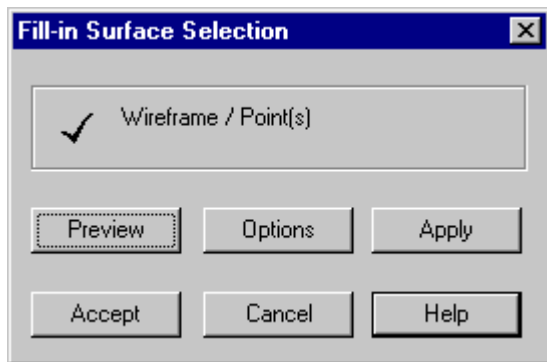


El comando de curva compuesta traza huellas en todo el borde y finalmente se cierra.

- Haga clic en guardar y, a continuación expulsar (en el menú).
- Desde el menú seleccione la superficie de relleno en el ícono.



La superficie de relleno aparece y muestra como la superficie final será similar.

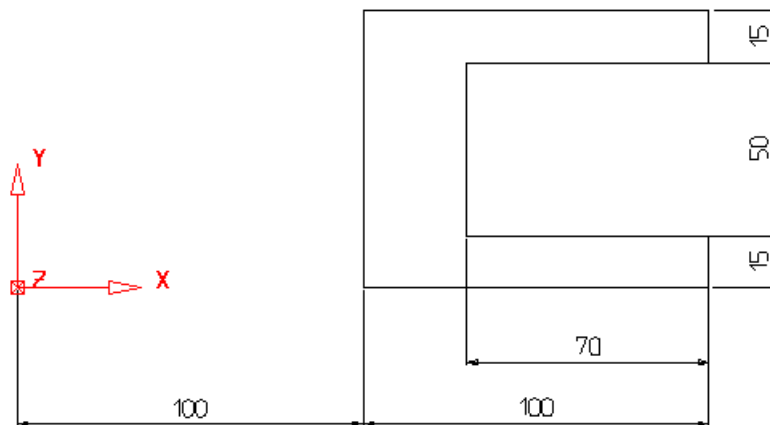


- Acepte la forma de generar la superficie.

## Ejemplo de ruedas

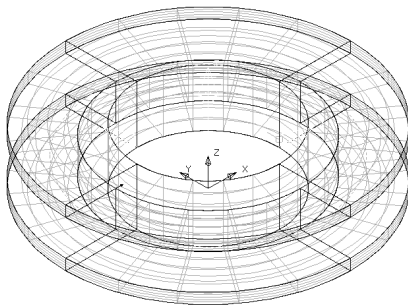
Cree la forma de rueda siguiente. Esta será alterada con distintos comandos.

- Genere la forma de la base con el modelo de alambre.



- Generar una curva compuesta con el modelo del alambre.
- Seleccione el plano Y y genere una superficie de revolución.

La superficie se genera.

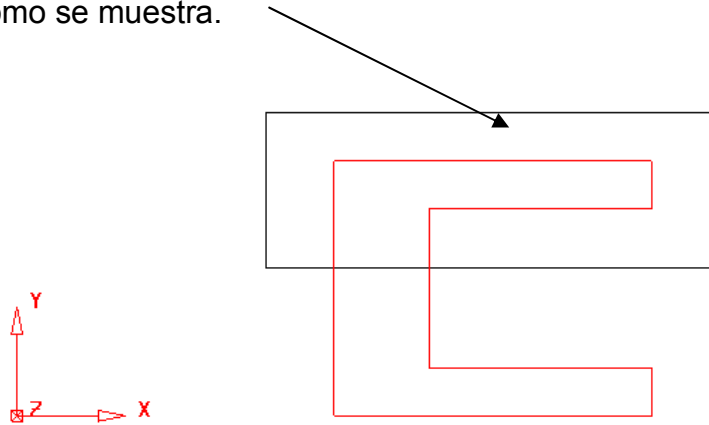


Para ampliar la brecha en el centro de la rueda, la malla original puede ser estirada y una nueva superficie de revolución se ha creado.

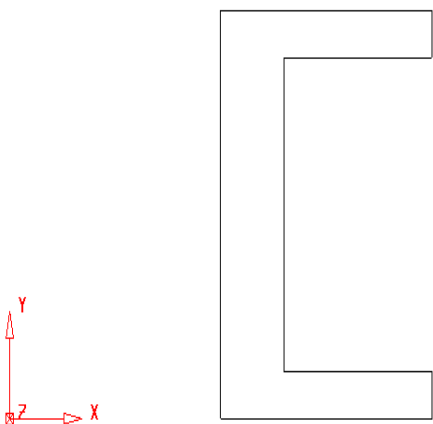
- Haga clic en deshacer para volver a la malla original.
- Seleccione el ícono de expansión desde la barra de edición.



- Seleccione la parte superior de la forma, arrastrando un cuadro sobre ella como se muestra.

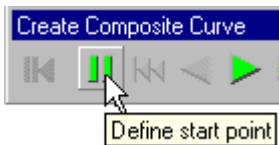


- Introduzca 0 50 el cual sólo mueve las partes seleccionadas 50 mm en el eje Y, que se extiende por la pared posterior e interior.



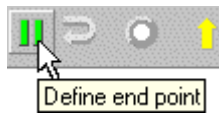
Usando esta forma, podría ser hecha una nueva superficie de revolución con característica en la parte interna con el inicio y final de las curvas de función compuestas. Esta inicia y detiene la función cuando se da la orden para generar la curva compuesta, dando un mayor control sobre la selección.

- Seleccione el ícono de la curva compuesta.
- Seleccione el ícono de punto de inicio en la barra de herramientas.



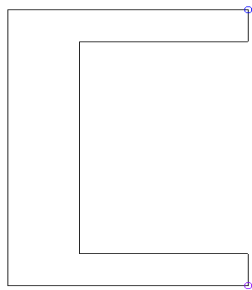
El cursor se convierte en dos barras verticales como el ícono que define el punto de inicio. Un círculo que marca el punto de inicio es seleccionado.

- Ajuste está en la gama baja del modelo.
- Seleccione el ícono de punto final.



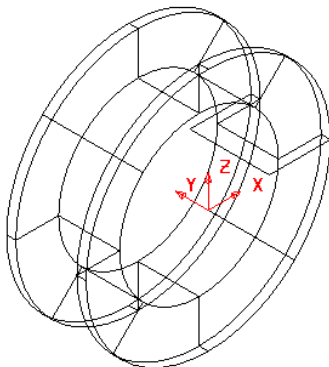
El cursor se convierte en dos barras verticales, como el ícono que define el punto final. Un círculo que marca el punto final es seleccionado.

- Ajuste esto a la parte superior del modelo para el punto de inicio de la curva compuesta.



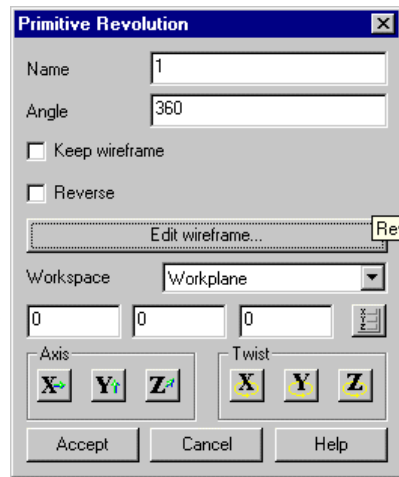
Seleccione cualquier punto entre el punto inicial y final para hacer la curva compuesta.

- Seleccione entre los dos círculos para generar la curva compuesta interior.
- Guarde la curva compuesta.
- Genere una nueva superficie o revolución alrededor del eje Y.



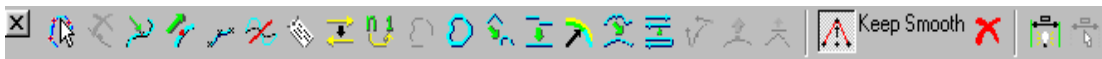
Solo se produce la superficie interna.

El modelo del alambre se puede editar haciendo doble clic en la superficie y seleccionando editar carcasa. Esto pone a PowerSHAPE en un modo especial de edición, con la barra de herramientas pertinentes activa, como la curva de editar. Cuando la edición se haya completado, pulse el botón editar para actualizar la superficie y PowerSHAPE volverá a la normalidad.

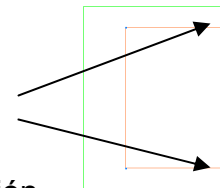


- Haga doble clic en la superficie para que aparezca la forma.
- Seleccione el botón editar modelo de alambre.

La superficie va a desaparecer de la vista dejando sólo la malla. La barra de herramientas de edición de curvas también aparecerá permitiendo la posterior edición de los puntos del modelo de alambre.



- Mantenga presionada la tecla *shift* y seleccione los dos puntos en azul de la figura.
- En la ventana de comandos ingrese -5 y a continuación, pulse aceptar.




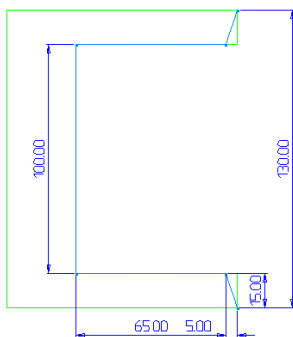


Los puntos del modelo de alambre se han movido en X -5 modificando la forma.

- Seleccione nuevamente el botón editar carcasa del modelo de alambre para ver la superficie modificada.
- Acepte la forma.

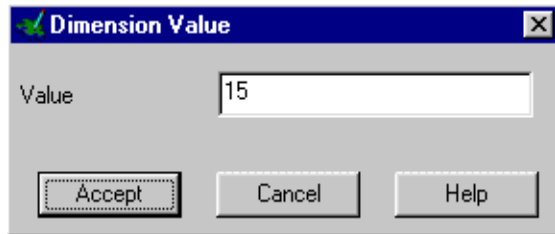
La edición posterior de la malla se hará utilizando la función establecer dimensión activa, la cual se encuentra en la barra de edición de curvas. Esta función le dará la posibilidad de activar el cambio de forma y las dimensiones de alambre que PowerSHAPE proporciona.

- Haga doble clic en la superficie y seleccione el botón editar carcasa del modelo de alambre. 
- Desde la barra de edición de curvas seleccione el ícono activar dimensiones.



PowerSHAPE dimensionará la malla individualmente seleccionando uno a la vez, y modificará los valores en el caso que sea necesario.

- Haga doble clic para aceptar el aumento de la dimensión a 15 que es el nuevo valor.



- Modifique el valor a 20 y pulse aceptar.
- Haga doble clic en 100 y cambie el valor a 90, luego pulse aceptar.
- Seleccione el botón editar carcasa del modelo de alambre y acepte la forma.



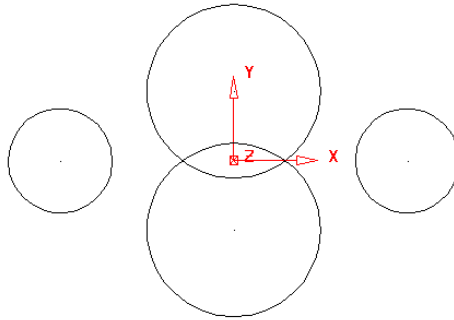
La superficie se ha modificado para adaptarse a los cambios de la carcasa del modelo de alambre.

La función dimensión conjunta activa puede ser utilizada en la mayoría de las curvas compuestas creadas en PowerSHAPE y es ideal cuando se requieren cambios de menor importancia en el diseño.

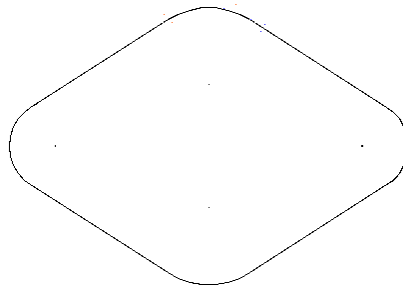
### **Ejemplo de botella**

Usando circunferencias, genere una forma de botella comenzando por la base.

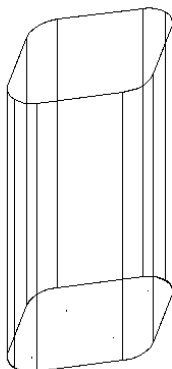
- En un nuevo modelo, cree un plano de trabajo desde 0.
- Generar dos círculos con radio de 15 a 50 0 y -50 a 0.




- Genere dos círculos con radios de 25 a 0 20 y 0 a -20.
- Seleccione la opción de línea y seleccione el modo de línea simple.
- Mueva el ratón sobre cada círculo hasta que diga "Tangente" y haga clic para formar las líneas tangentes.

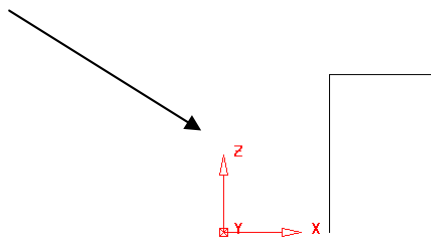


- Genere una curva compuesta y una superficie de extrusión de una longitud de 200mm (Tenga en cuenta las opciones por defecto porque la curva puede ser eliminada).

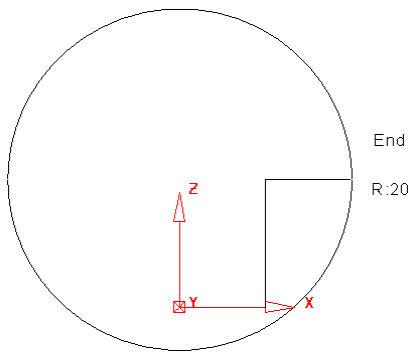


Las paredes laterales de la botella se han generado. La siguiente etapa es la creación del relleno de las superficies en la parte superior y la base de la botella.

- Cree curvas compuestas y rellene  la superficie en los bordes superior e inferior (el relleno de superficies se detalla más adelante).
- Cree un plano de trabajo a 0 0 200 y seleccione el plano Y.
- Seleccione una vista debajo del eje Y, y blanquee la superficie.
- Cree una línea de 10 0 0 a 0 0 15 y luego a 10 0 0 para producir la forma dada.



- Seleccione el ícono de arco por centro y puntos e ingrese una posición de 0 0 15.
- Arrastre el círculo fuera del cursor inteligente.

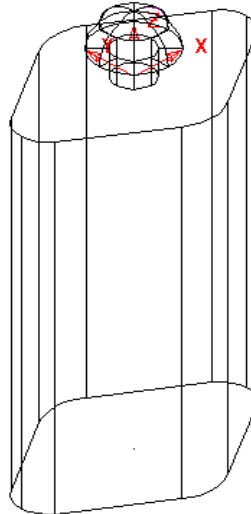


El arco por centro y puntos se utiliza cuando el punto central es conocido, junto con un punto de inicio definido y / o el valor del radio. Toda la posición angular final se puede barrer desde un punto de inicio y se quebrará en el área de gráficos o elementos de la geometría existente.

Los arcos pueden ser modificados por el movimiento dinámico de los extremos en todo el radio.

- Arrastre un período en sentido contrario y haga clic cuando se muestren 90 grados.

- Cree una curva compuesta de la sección de la tapa.
- Cambie el plano principal de vuelta al eje Z y genere una superficie de revolución.




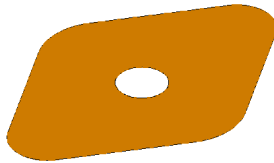
- No cierre el modelo ya que se requiere para el siguiente ejemplo.

### **Rellenando las superficies**

Una superficie rellena parece visualmente romper la regla de que una superficie debe consistir de cuatro lados en una red de alambre. Este no es el caso de que la superficie se recorta de nuevo a la frontera definida por el original de las curvas de las demás áreas que se hagan de manera eficaz invisibles. El relleno en la superficie creado anteriormente, en la parte superior de la botella no incluye un agujero en la intersección con la forma de la tapa.

- Elimine el relleno existente de la superficie en la parte superior de la botella.
- Genere una curva compuesta alrededor de la base con forma de cuello.

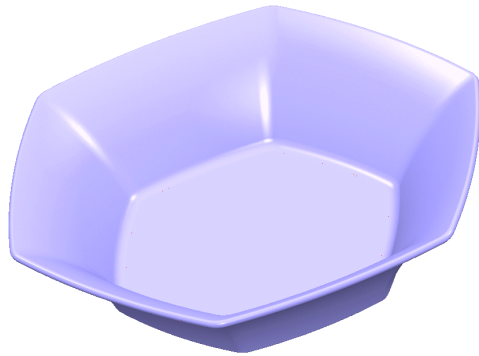
- Seleccione la nueva curva, además de la curva de compuestos originales que definan la parte superior de las paredes laterales de la botella.
- Blanquee todas las demás entidades, excepto las dos curvas compuestas de arriba.
- Haga un relleno en la superficie con las dos curvas compuestas seleccionadas. 



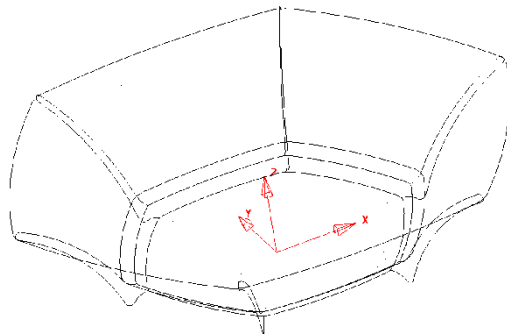
### 3.1.4.1 Práctica No. 1

#### BANDEJA HEXAGONAL

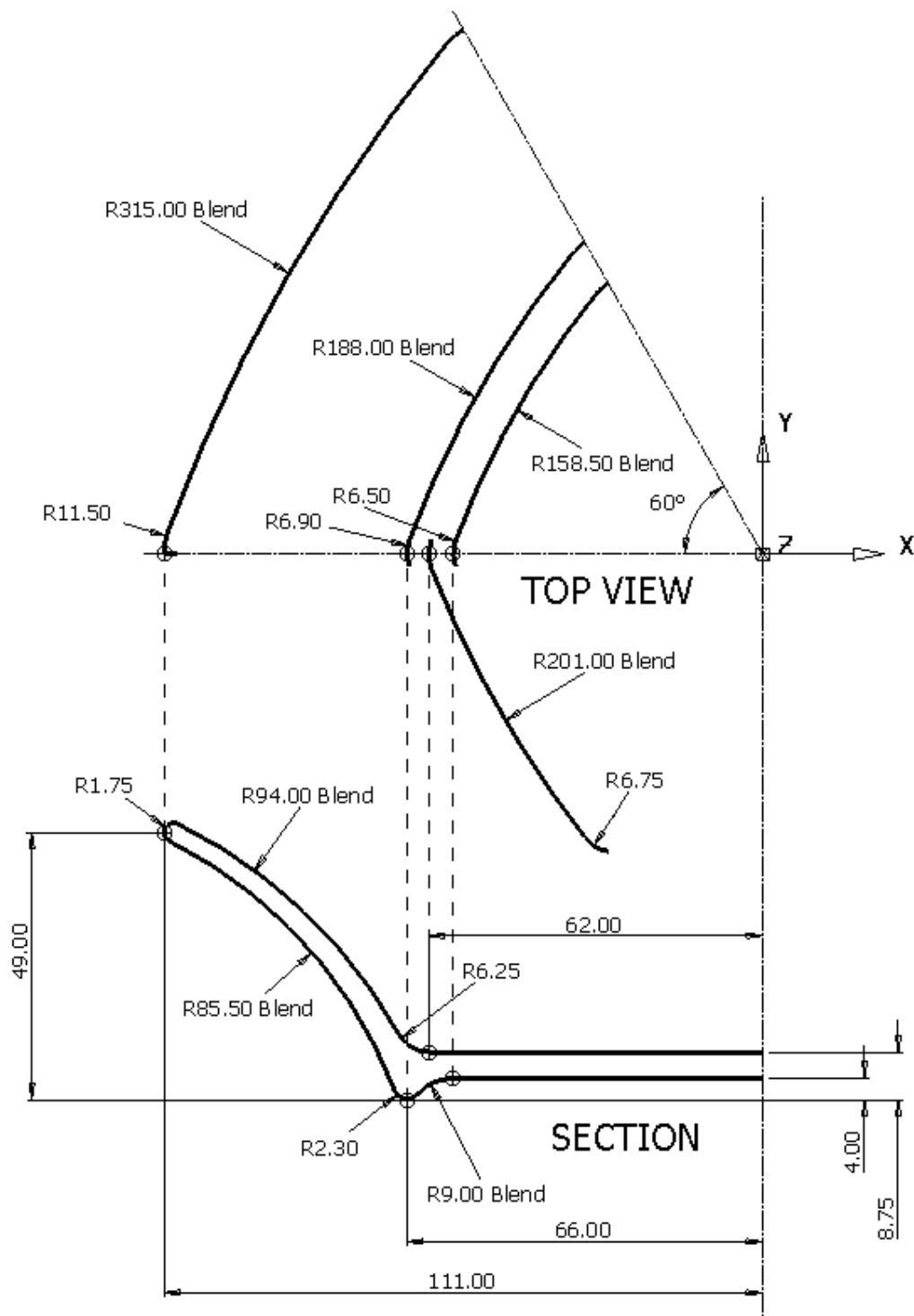
El objeto de este ejemplo es ilustrar en la medida de lo posible los temas tratados durante el presente trabajo de graduación. En realidad, los métodos empleados son unos cuantos de los muchos que variarán en función de los diseños individuales y técnicas preferidas del usuario.






La primera operación es la creación de la geometría definida por el plano acotado de la página siguiente.

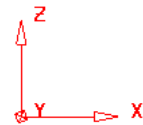
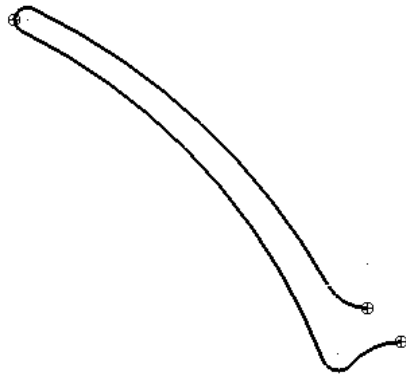


Vista aérea y frontal de una sección del tazón.

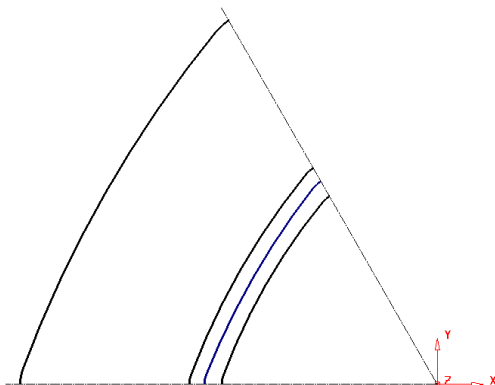






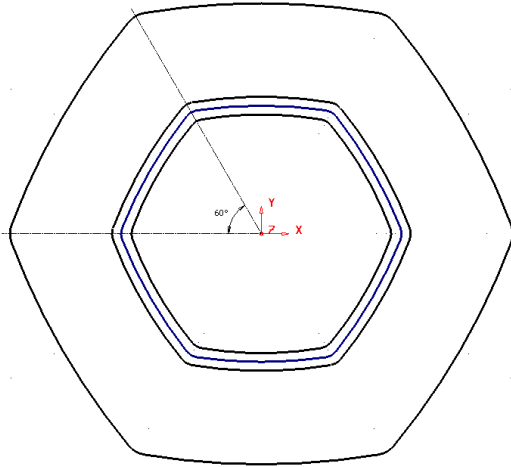
- Abra un nuevo modelo y cree un plano de trabajo  en el dato (0).
- En la barra de herramientas (vistas) seleccione una vista hacia el eje Z.
- Construya la sección principal (vista frontal) y cree 2 curvas compuestas a lo largo de la malla entre los puntos (que se muestra en la figura de abajo).
- Usando la barra de edición , gire  la geometría 90 grados sobre el eje X.



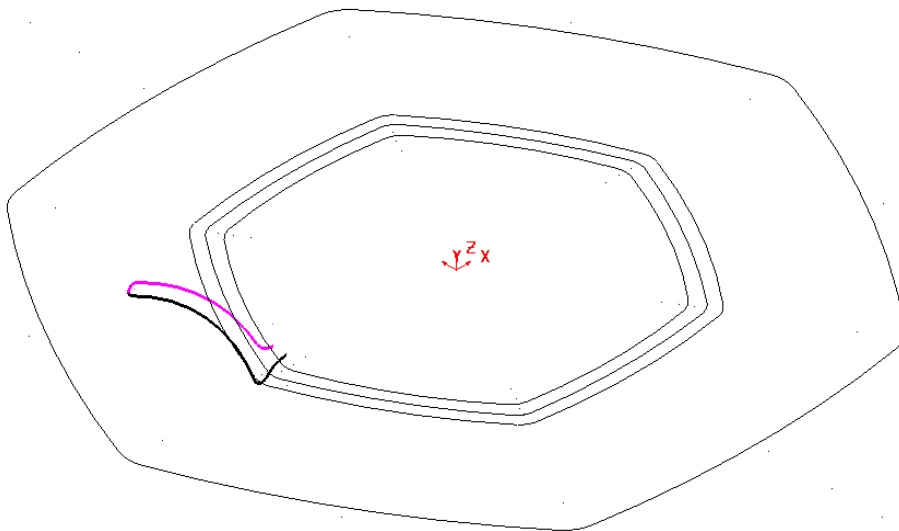
- Construya la geometría de la sección de conducción a lo largo de 60 grados (vista superior) y convierta las 4 curvas compuestas como se muestra a continuación.





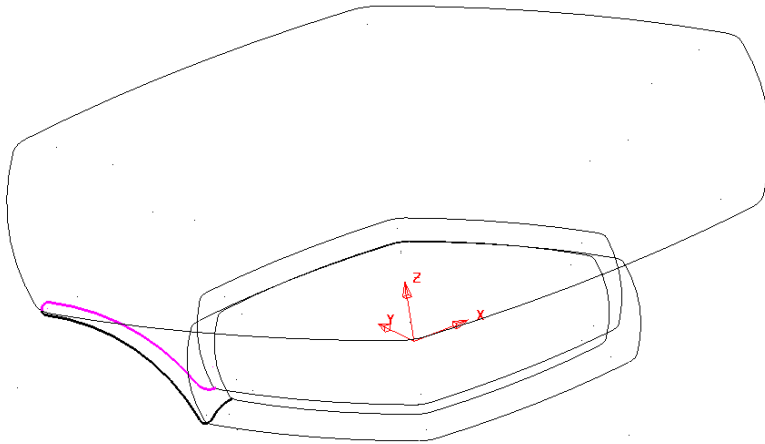
- Las 4 curvas compuestas son seleccionadas y utilizando la barra de edición  , gire  5 copias sobre el eje Z, de forma incremental de 60 grados (como se muestra en la figura).





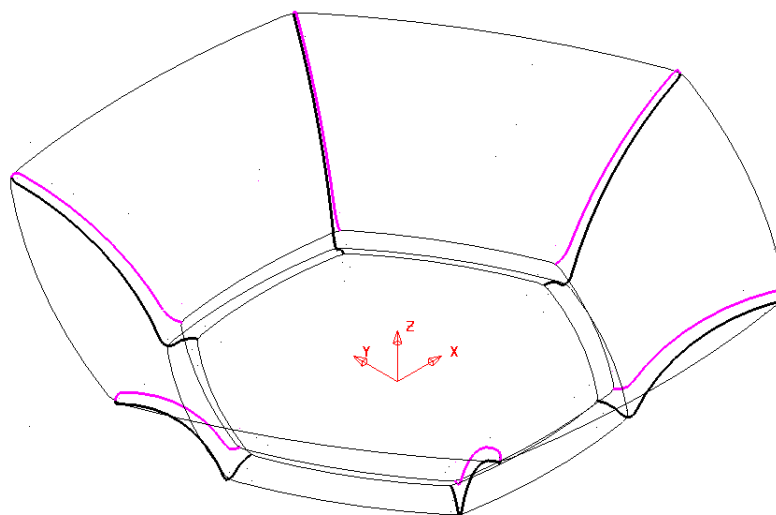
El conjunto completo de curvas compuestas se muestra a continuación en una visión ISO1 con 3 de las curvas hexagonales, listas para ser movidas a lo largo del eje Z a la intersección de sus posiciones en la sección principal.






- Use la barra de edición  , mueva  las 4 curvas compuestas a su altura correspondiente sobre la intersección de la sección principal (como se muestra en la figura).

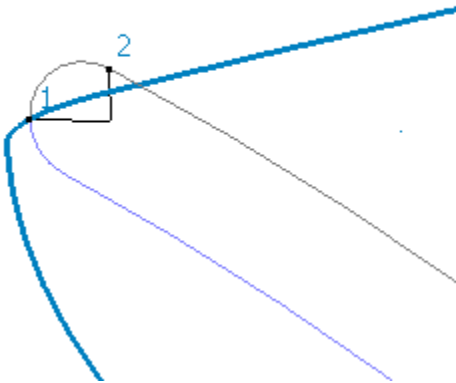


- Las 2 curvas compuestas que definen la sección principal se seleccionan y se utiliza la barra de edición  , girar  5 copias sobre el eje Z, de forma incremental a 60 grados.





Para controlar con precisión la forma alrededor del borde inferior y del filete, se necesitan 2 curvas adicionales compuestas que se obtienen por compensación de una copia de las curvas existentes, y poner en el eje Z los puntos de nodo correspondiente. Los valores necesarios se obtienen mediante la construcción de líneas temporales para proporcionar el valor correcto para la impresión, el desplazamiento y el levantado.

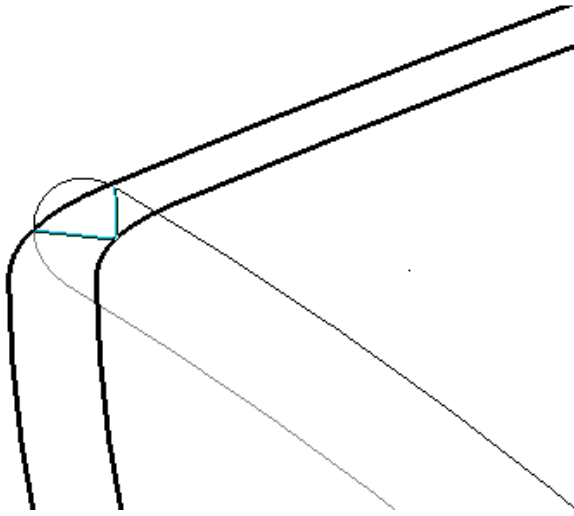
- Establezca y fije el eje operativo en Y 
- Construya una línea a lo largo del eje X desde el punto de intersección (1) en el borde exterior seguida por una línea vertical en el eje Z desde el punto de nodo (2) en la sección principal.
- Usando la barra de edición  , recorte las líneas de nuevo mediante la aplicación límite del marco del modelo de alambre. 






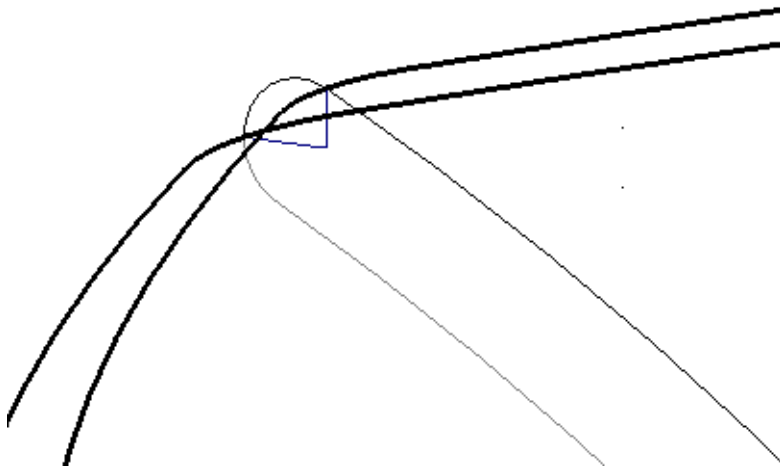
- Abra la forma |de edición para la línea horizontal (haga doble clic izquierdo en el ratón).

Name	101			Reverse
Workspace	Workplane		Length	2.512393
Start	X	-111	Y	0
			Z	49
End	X	-108.487€	Y	0
			Z	49
Angle				
		ZX	Apparent	90
			Elevation	0
Accept		Cancel		Help

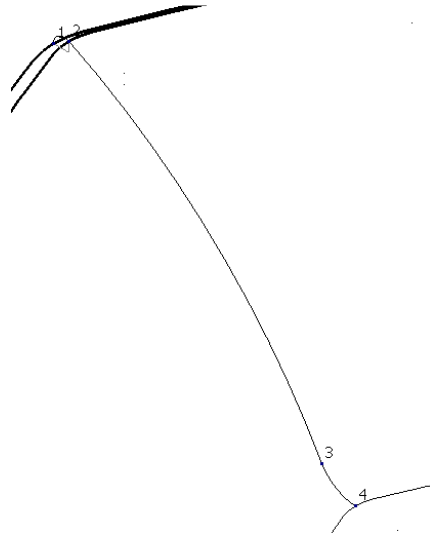
- Resalte el contenido de la casilla duración y presione Ctrl C para copiar el valor en el portapapeles y acepte la forma.
- Seleccione la curva (flecha arriba) y desde el ícono de la barra de edición  compensar  seleccione el número de copias que se establece en 1.
- Pegue el contenido del portapapeles en la ventana de distancia y compruebe el sentido positivo del desplazamiento como se muestra con una flecha sobre la curva.
- Si es necesario, importe una entrada en forma de V en la parte delantera del valor despegado y pulse enter.



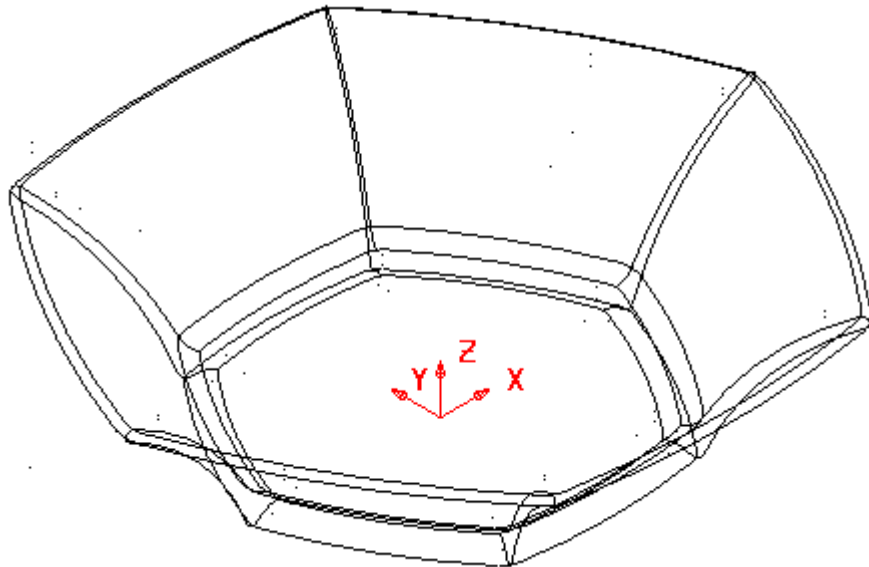
- Con la curva seleccionada en la barra de edición , seleccione el icono mover  y haga clic en el ícono de mover al origen. 
- Ajuste a la parte inferior de la línea vertical y luego seleccione la parte superior para pasar la curva a la posición correcta en Z.





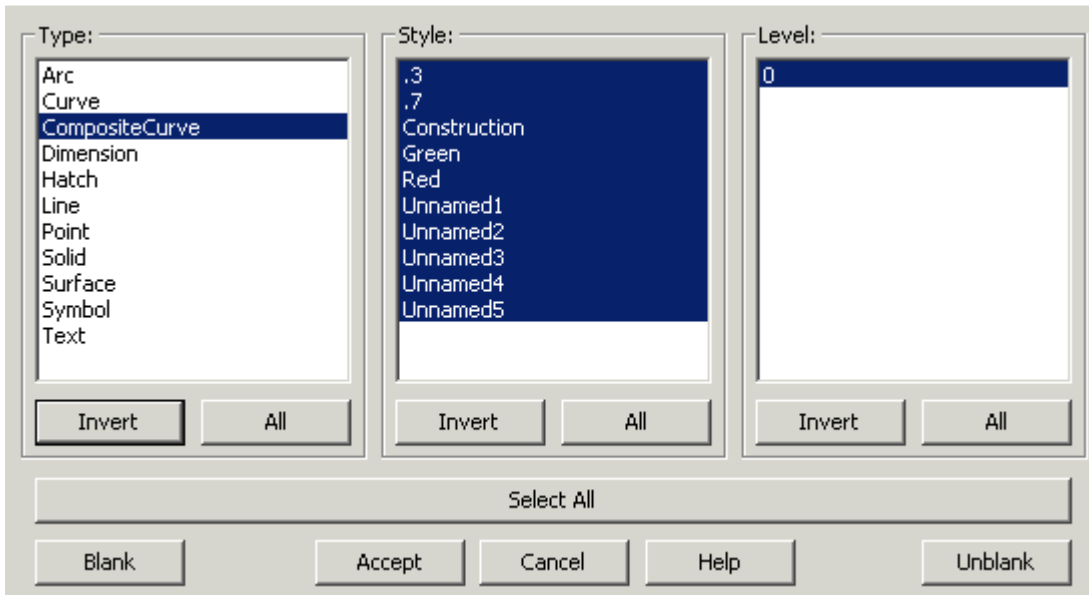
- Repita el último proceso en el extremo inferior de la curva dentro de la sección principal, por compensación y mueva una copia de la curva horizontal inferior desde el punto 4 hacia el punto 3 (abajo).



- Elimine las 4 líneas temporales.

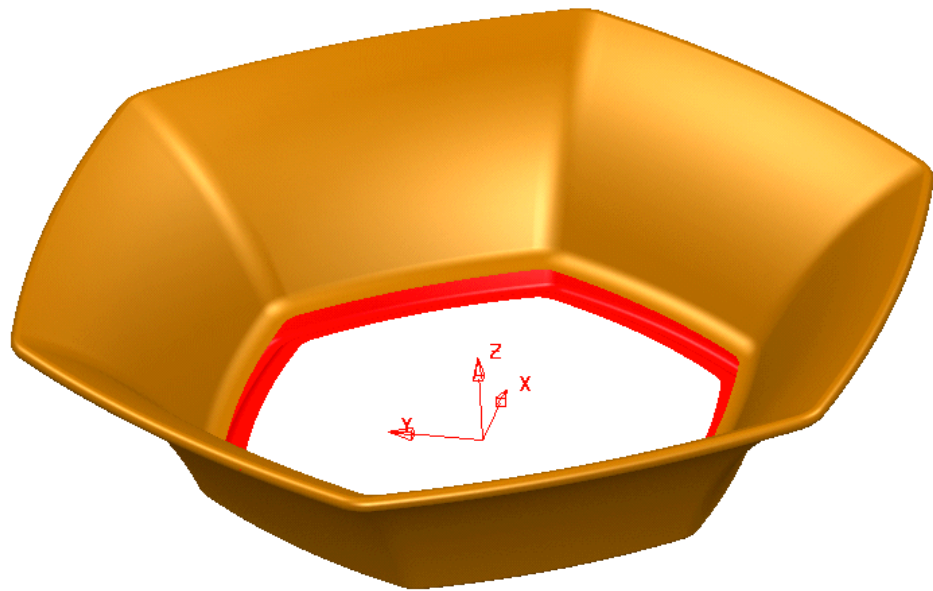



- Use seleccionar  y accese a filtro de selección  (mostrado a continuación).

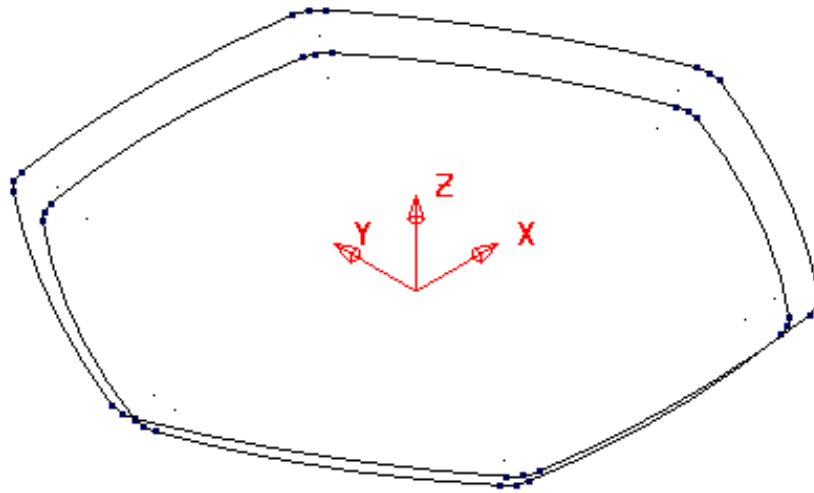


- Seleccione escribir curva compuesta, haga clic en invertir y seguido seleccione todo y acepte la figura (sólo las curvas compuestas serán seleccionadas).
- Blanquee (Ctrl K) todas las entidades además de los compuestos necesarios para la creación de curvas de superficie.
- El modelo de alambre está listo ahora para ser utilizado y crear una forma exterior con la opción de crear la superficie de la red de curvas.
- Con el resto de curvas seleccionadas aplique creación de formas de superficies para producir la siguiente.

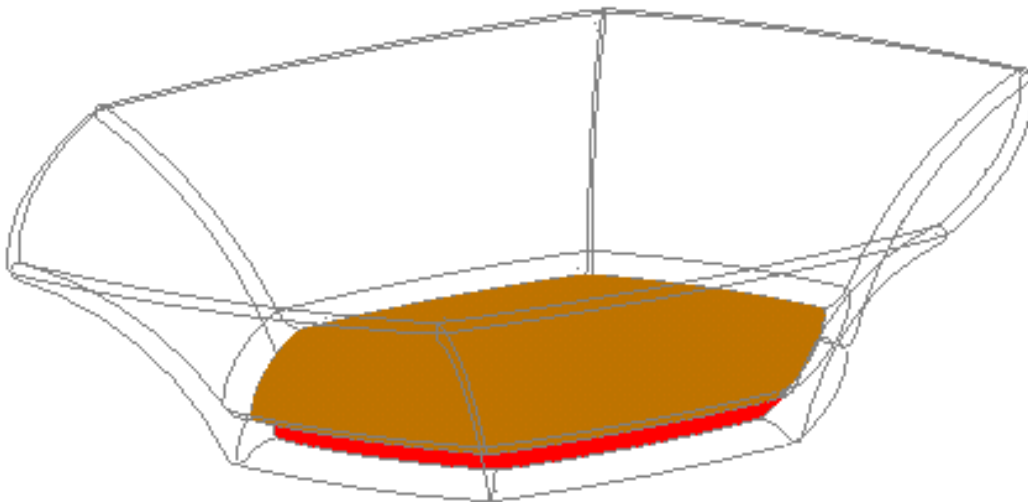






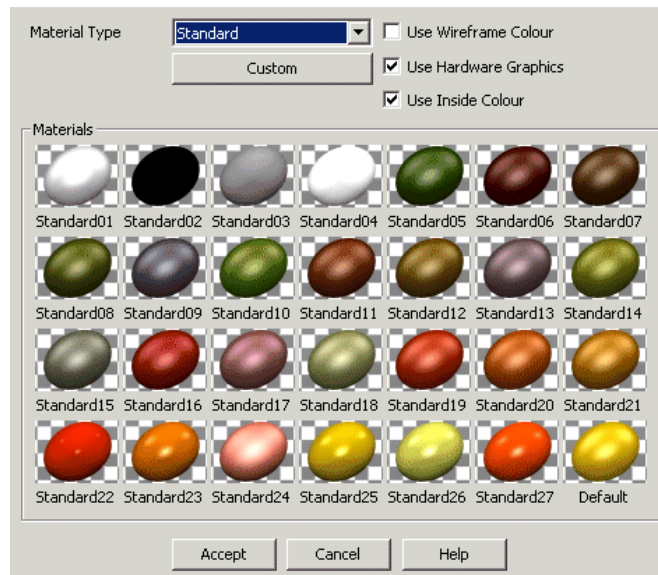
- Las superficies superior e inferior se crean mediante la selección de las curvas y de la definición de los bordes interiores. Blanquee (Ctrl K) todas las demás entidades de la vista.
- Seleccione una de las curvas, aplique crear relleno en la superficie con la opción del modelo del alambre  y luego repita el proceso en la otra curva.



NOTA: Si las dos curvas son seleccionadas conjuntamente, se creará un relleno en la superficie entre las 2 curvas y no la solución correcta en superficies separadas dentro de las curvas individuales.

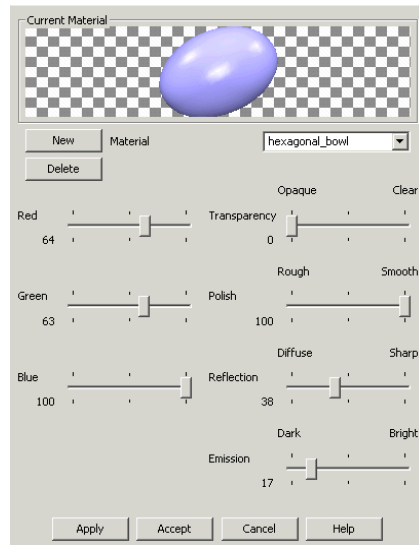


- Desblanquee todos los datos (Ctrl L) y use seleccionar  para acceder rápidamente. Seleccione todas las superficies y sólidos  y blanquéelas, excepto las seleccionadas (Ctrl K), de modo que las superficies sólo sean mostradas.
- Con las superficies seleccionadas abra el menú desplegable formato y haga clic en materiales para abrir el menú selección del material.

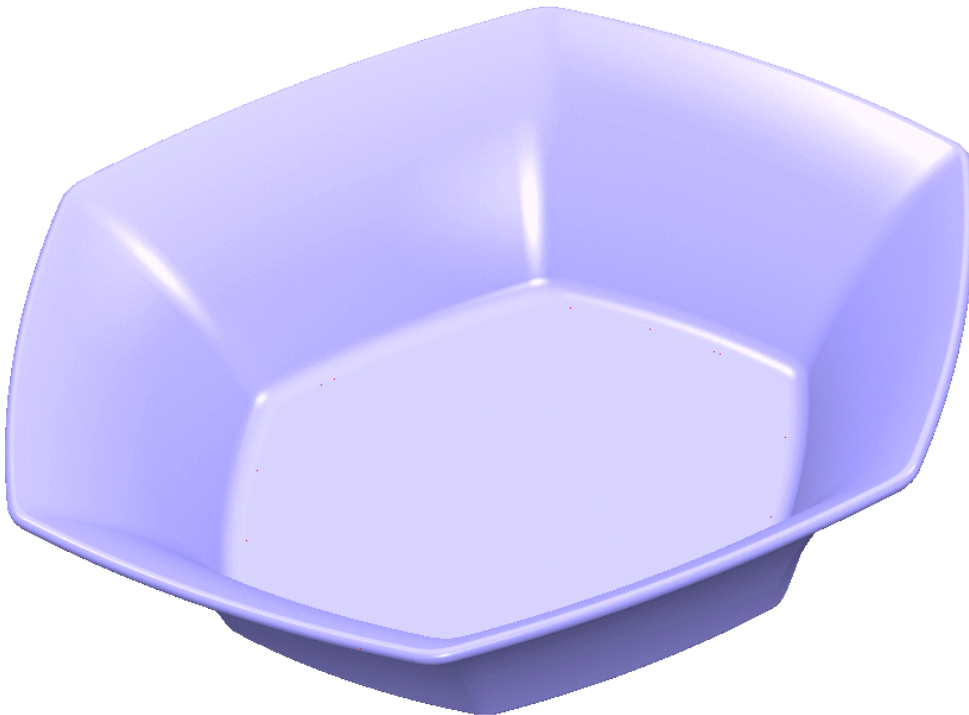


Los materiales estándar pueden no proporcionar el acabado exacto que se requiera y el cual pueda ser modificado.

- Seleccione la pestaña personalizar para abrir el editor de material (como se muestra a continuación).



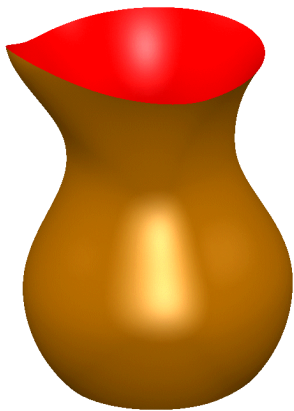
- Ajuste el control deslizante para producir un acabado más adecuado en el material (la configuración produce un acabado de color lila pálido, como se muestra a continuación).



### 3.1.4.2 Práctica No. 2

## JARRÓN

El objeto de ésta práctica es ilustrar en la medida de lo posible las soluciones a los problemas de diseño que se puedan presentar en determinado tiempo. Los métodos empleados son tan solo algunos de los muchos que variarán en función de los diseños individuales y técnicas que el usuario prefiera.



**ETAPA 1**






**ETAPA 2**





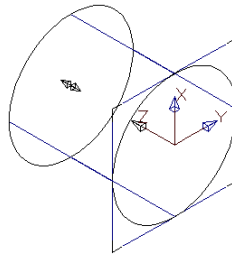
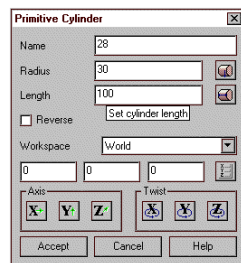
**ETAPA 3**

### **ETAPA 1. Cuerpo externo principal**

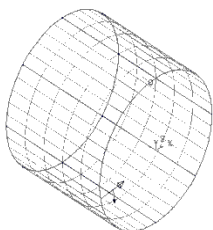
En esta práctica se iniciará con la superficie de un cilindro primitivo. Durante el proceso se insertarán curvas adicionales en lugares especificados en la forma deseada y creada por compensación a nivel local a los diámetros especificados. La forma de la jarra puede ser perfectamente cambiada mediante el ajuste de los puntos de la superficie. Esto demostrará la capacidad de aplicar localmente "modificaciones" a las curvas seleccionadas o puntos en una superficie.

- Abra un nuevo modelo y cree un plano de trabajo en el dato (0) 
- En la barra de herramientas, seleccione una vista isométrica ISO 1. 
- Cambie el eje de funcionamiento al Y (por debajo de los íconos gráficos de la ventana) 

- Abra los íconos  de la superficie y cree una superficie primitiva cilíndrica del cilindro  en el dato (0).
- Haga doble clic rápidamente con el botón izquierdo del ratón en la superficie para acceder a la forma primitiva del editor de superficies.



- Introduzca un radio de 30 y una longitud de 100 en la forma exacta como se muestra y haga clic en aceptar.
- Haga clic en la superficie con el botón derecho del ratón, y en el menú seleccione convertir la superficie para cambiar el cilindro primitivo en una superficie de poder.



Una superficie primitiva no puede cambiar de forma, sólo las dimensiones del principio puede ser modificadas dinámicamente a través de un forma fácil de utilizar, editando la forma primitiva (que se mostró previamente).


Una superficie de alimentación se puede hacer para cambiar de forma y se edita de forma dinámica, o bien a través de una barra de herramientas de edición muy completa. Esto permite la modificación y el movimiento de las curvas de superficie y los puntos junto con muchas otras funciones de edición avanzadas.

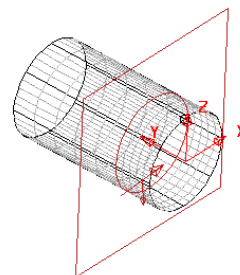
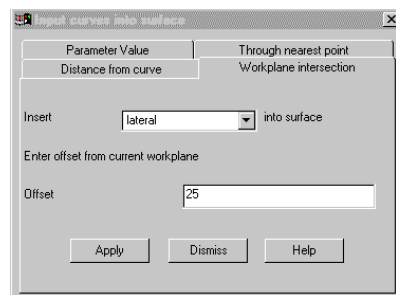
- Haga doble clic rápidamente sobre la superficie con la tecla izquierda del ratón para acceder a la barra de herramientas de edición de superficies.



- Si una de las curvas de la superficie está bajo el cursor, entonces el editor de curvas se abrirá al mismo tiempo.

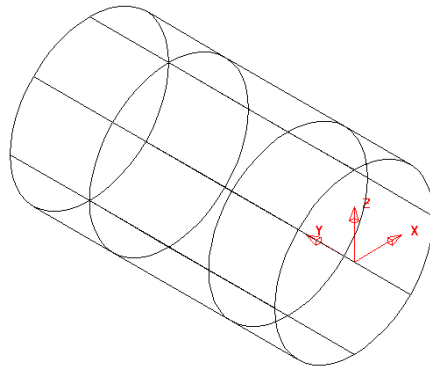



- Desde la barra de edición de superficies, seleccione el ícono  agregar curva para abrir la siguiente forma.





- En el menú de arriba, seleccione la pestaña intersección del plano de trabajo, establezca la opción insertar al lateral, introduzca un valor de 25 y haga clic en aplicar.

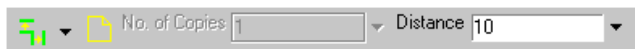
- Repita, escriba otro lateral, con un valor de 70 y haga clic en aplicar seguido de descartar.



- Seleccione 2 laterales posicionados en Y 25 (haga un solo clic izquierdo en el ratón) y de la barra de herramientas seleccione el ícono de la barra de edición para acceder a las opciones de edición siguiente. 

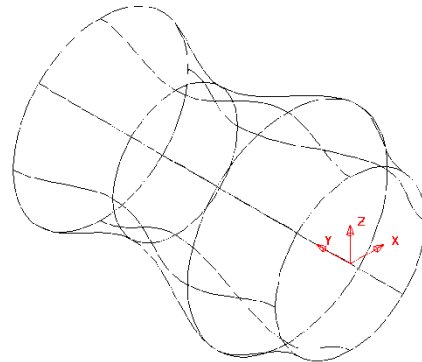
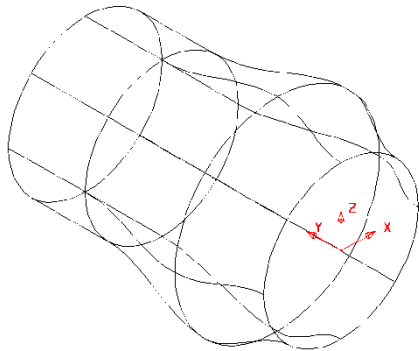




- Seleccione el ícono  para hacer modificaciones a los componentes, seguido por el ícono del objeto de desplazamiento  para acceder a las opciones que aparecen inmediatamente a la derecha de la barra de herramientas de edición.

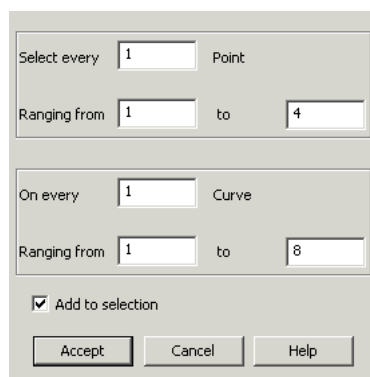




- Introduzca un valor de distancia a compensar de 10 del lateral hacia el exterior como se muestra abajo a la izquierda (busque la flecha que apunta a la superficie para la dirección de desplazamiento).

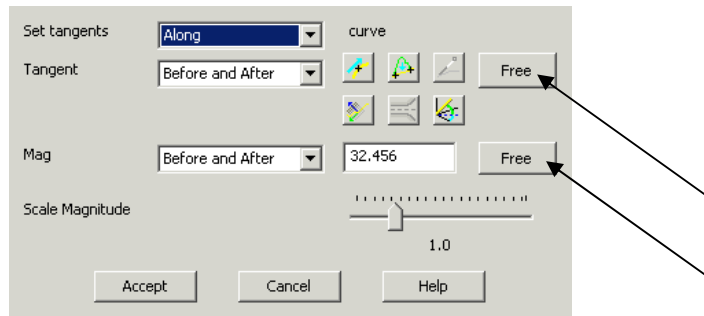


- Repita el proceso en el lateral 3 y 4, introduzca los valores de desplazamiento de -5 y 5, respectivamente, para producir la superficie que se muestra arriba a la derecha.
- Haga doble clic rápidamente en la superficie con la tecla izquierda del ratón para acceder a la barra de herramientas de edición.
- Establezca las opciones de dirección longitudinal  y seleccione el ícono patrón de puntos  seleccione el ícono para acceder al siguiente menú.

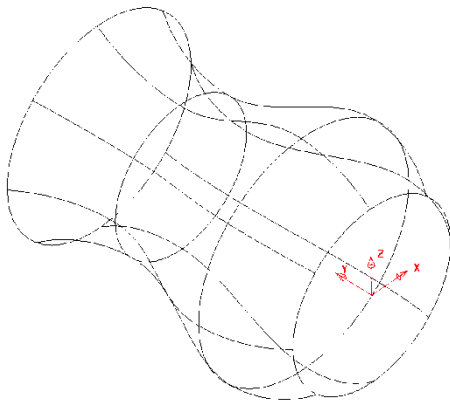


- Haga clic en aceptar para seleccionar todos los puntos en la superficie.

- Desde la barra de edición de curvas, seleccione el ícono de edición de ángulos tangentes para abrir el siguiente menú.




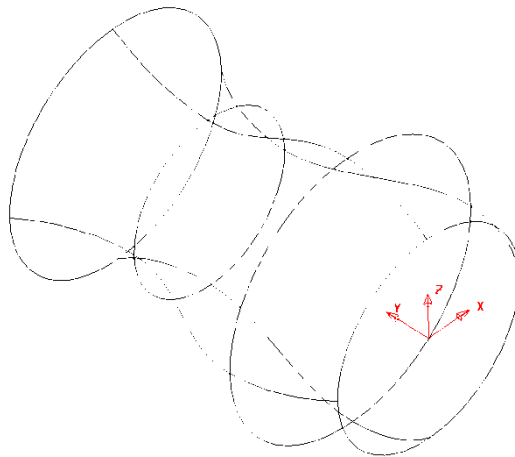
- Haga clic en ambos íconos de tangente - Libre y Mag - libre (flecha) para liberar a la transición a través de los puntos de la forma (dirección longitudinal) y haga clic en aceptar.



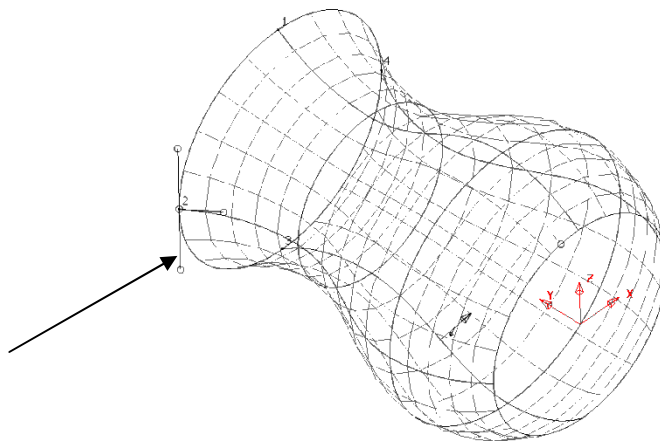
La superficie de las curvas a lo largo del cuerpo principal son suavizadas en la dirección longitudinal para producir una forma más aceptable.

Antes de formar el pico es necesario quitar dos curvas de la superficie (longitudinales) para simplificar el proceso de creación.

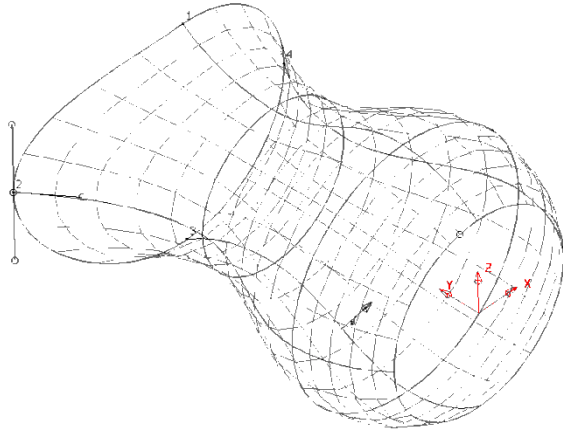
- Haga doble clic rápidamente en la superficie para abrir la barra de edición y seleccione el ícono de aproximación de superficies  para eliminar las curvas no requeridas para mantener la forma general (esto sucede a fin de incluir las dos curvas para su eliminación antes mencionado).



- Seleccione el punto de la superficie indicado con la flecha, usando la tecla izquierda del ratón.



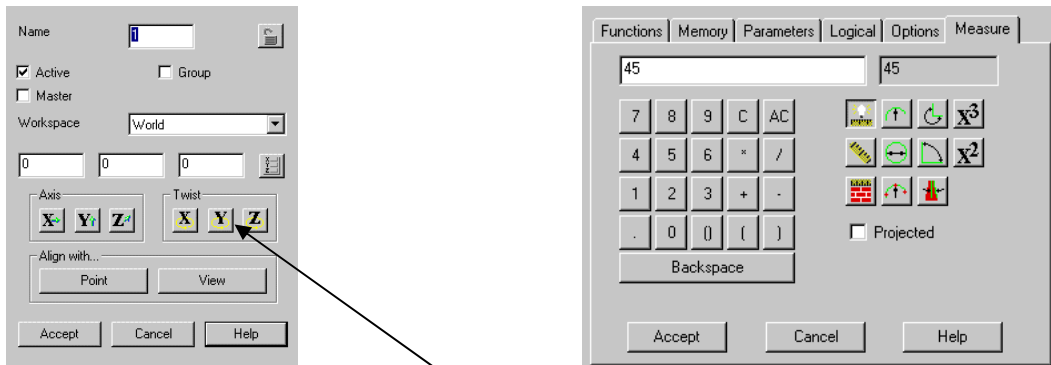
- Introduzca los valores -10 15 en el cuadro de comandos de entrada (por debajo de la ventana de gráficos) para mover de forma incremental el punto seleccionado de la superficie.



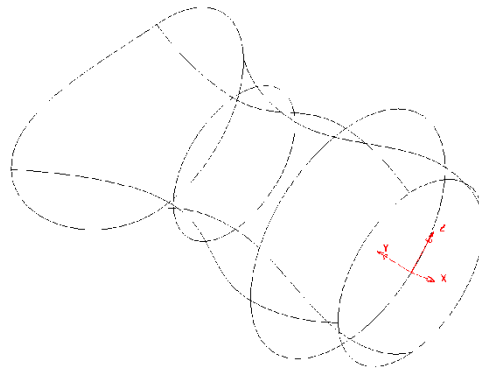
La posición final de la boquilla se define ahora manteniendo la misma tangencia a través del punto de la superficie.



La modificación de 4 del lateral será necesaria más adelante para producir una transición más delgada hacia el final del pico.

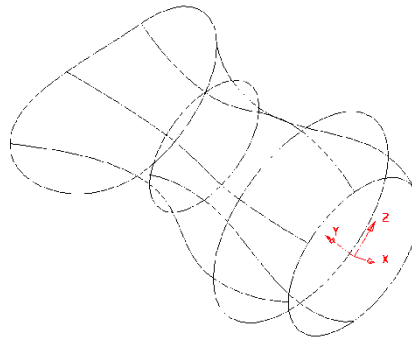
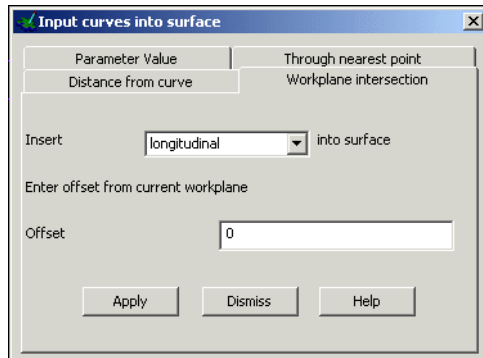
- Seleccione y rápidamente haga doble clic sobre el plano de trabajo con la tecla izquierda del ratón para abrir la forma que se muestra abajo a la izquierda. (NOTA: los planos de trabajo son deliberadamente más difíciles de seleccionar que otras entidades).

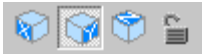


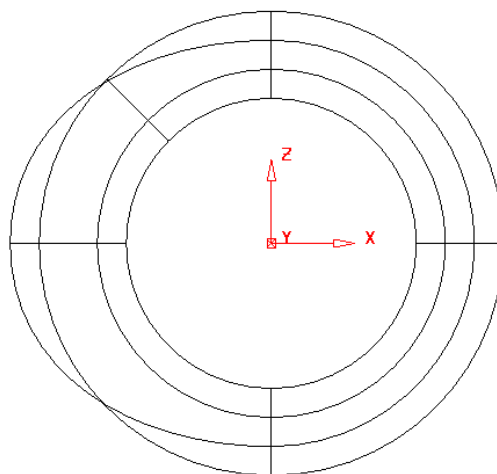
- Seleccione la pestaña Y (flecha) bajo la opción de Twist, introduzca el valor 45 en la calculadora, que se muestra arriba a la derecha y haga clic en aceptar en ambas formas.



- Cambie el eje de funcionamiento al Z (por debajo de los íconos gráficos de la ventana) .
- Desde la barra de edición de superficies, seleccione el ícono agregar curva  para abrir el siguiente formulario.



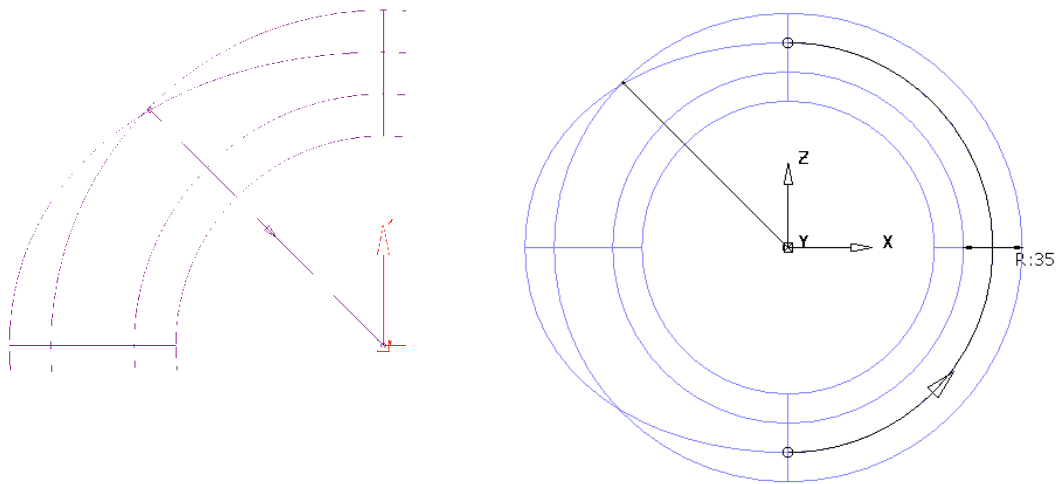
- En el formulario de arriba, seleccione la pestaña inserción de plano de trabajo, establezca la opción insertar para longitudinal, introduzca un valor de 0 y haga clic en aplicar.
- Seleccione y rápidamente haga doble clic izquierdo en el ratón sobre el plano de trabajo, para acceder nuevamente a la edición de un nuevo plano de trabajo y aplique un giro en Y de -45.
- Cambie el eje de funcionamiento a Y (por debajo de los íconos gráficos de la ventana)  y seleccione una vista a lo largo del eje Y.



- Bloquee el eje operativo haciendo clic en el ícono del candado





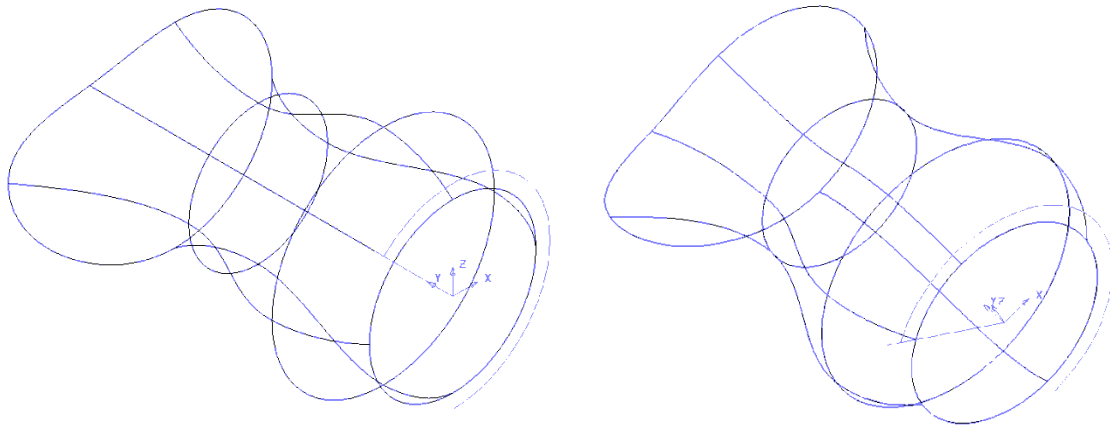
- Tome una línea alámbrica, desde el punto de intersección en la parte superior lateral de la jarra y la nueva línea longitudinal introducida de 45 grados como se muestra abajo a la izquierda.



La línea del arco del modelo del alambre está bloqueada en el nivel de Y0.

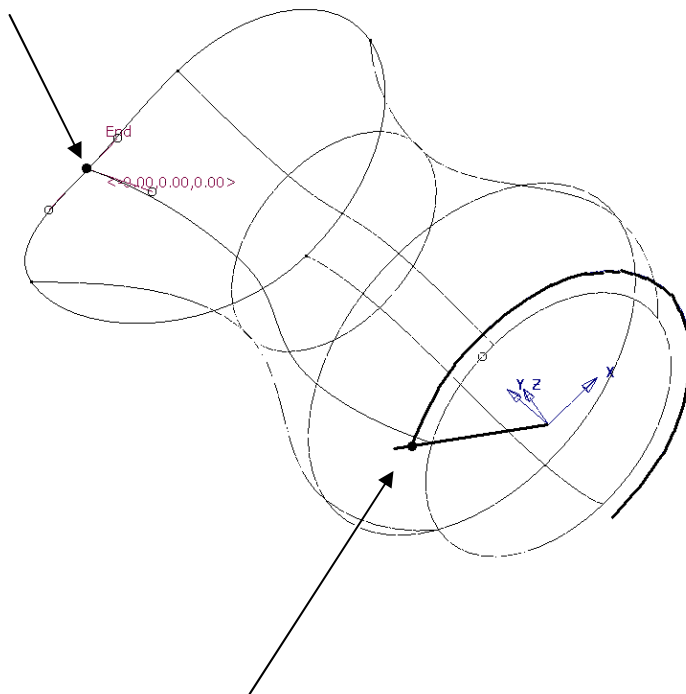
- Cree un modelo de alambre equipado de un arco para romperse en 3 puntos de intersección (inferior, superior y derecha) en todo el arco R35 superior como se muestra arriba a la derecha.
- Seleccione y blanquee (CTRL J) la superficie para quitarla de la vista.
- Agarre el círculo en la parte superior del arco con la tecla izquierda del ratón y manteniéndolo presionado tire de él en sentido anti horario hasta que se rompa a la línea (On).

- Desde la barra principal de herramientas seleccione el ícono editar  seguido de la opción interactiva límite de líneas de alambre  y rompa la línea en el plano de trabajo del lado de la intersección para limitar esta al arco (ver imagen superior derecha).
- Desblanquee (CTR L) la superficie y seleccione una vista ISO 1 (abajo a la izquierda).



- Gire la vista de forma dinámica (con el ratón) para exponer el arco de intersección de la línea (arriba a la derecha).
- Seleccione la superficie, a punto de ser trasladada (flecha) y mantenga pulsada la tecla izquierda del ratón rompiendo la intersección de la línea del arco de alambre (flecha).





El punto seleccionado se trasladará solamente a la intersección de alambre en las coordenadas ZX, debido a que el eje Y queda operativo. Por lo tanto, el punto seleccionado de la superficie conserva su coordenada original en Y.

Para ahorrar tiempo, la línea longitudinal modificada se define como una curva compuesta reflejada a través del plano XY para volver a introducirla como longitudinal.

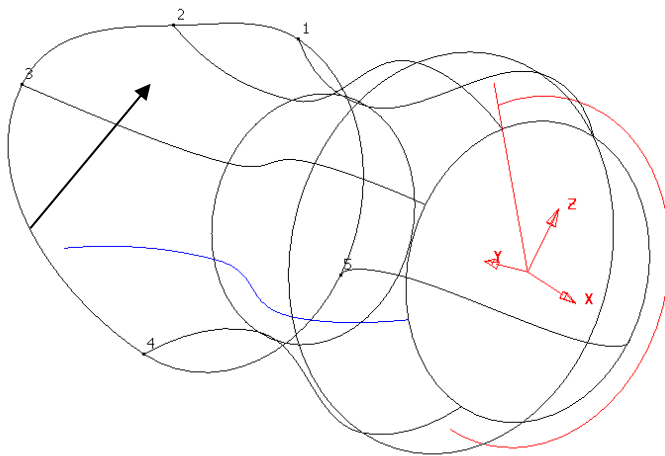
- Seleccione la nueva línea longitudinal con el botón izquierdo del ratón mientras es presionada la tecla ALT y entonces se copiará en una curva compuesta.
- Desde la barra de herramientas principal, seleccione el ícono de editar




seguida por espejo

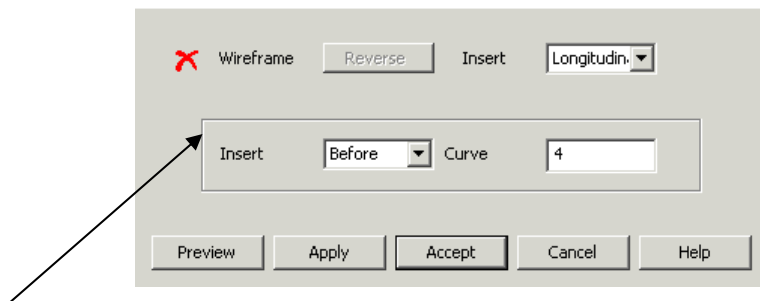


y XY.

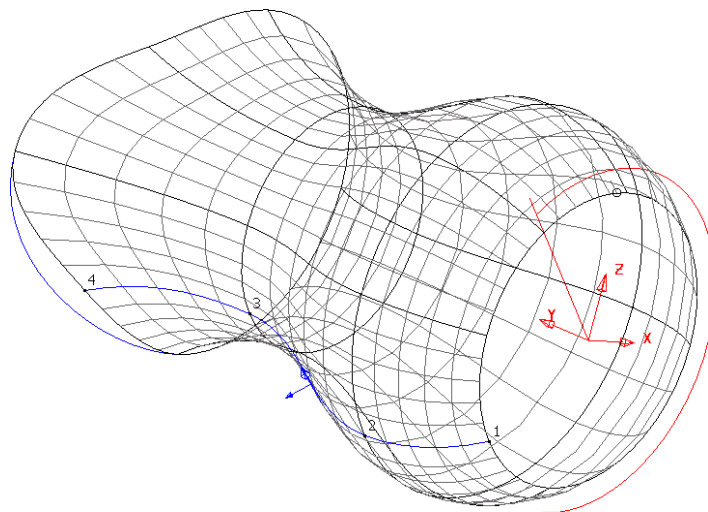


Una copia de la curva compuesta (flecha) aparece reflejada en el plano XY.

- Haga doble click rápidamente sobre la superficie con la tecla izquierda del ratón para acceder a la barra de edición de superficies, seguido del ícono insertar curva del modelo de alambre  para abrir la siguiente forma.

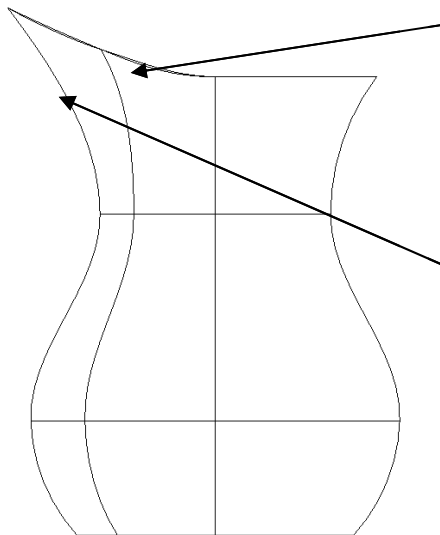


- Llene la forma tal y como se muestra arriba.
- Seleccione el espejo curva compuesta (que cambiará de color a rosa) y seleccione aplicar seguido de aceptar.




Una nueva línea longitudinal es insertada entre 3 y 4 con la misma forma geométrica como la curva de compuestos seleccionados.

- Seleccione una vista hacia el eje Z y compruebe visualmente la forma de la superficie.



Tenga en cuenta la simetría desigual en el borde lateral por causa de la reubicación y la inserción de nuevos datos sobre la superficie.

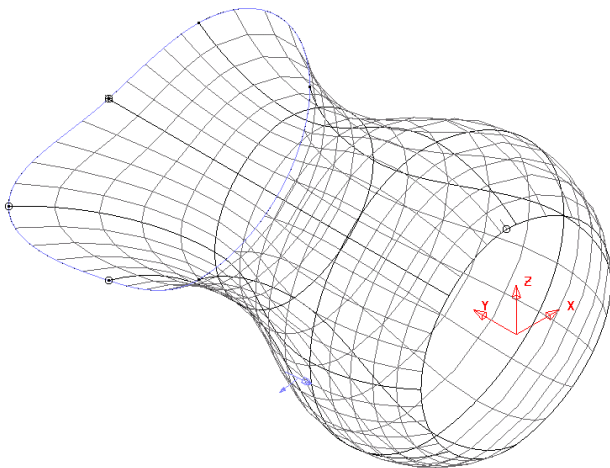
También el funcionamiento longitudinal en el extremo del pico es muy grave y puede que sea beneficiado por ser más pronunciado.

- Seleccione una vista ISO 1 .
- Seleccione la superficie y blanquee todas las demás entidades (CTRL K) de la vista.


- Haga doble clic rápidamente en la curva superior de la superficie con la tecla izquierda del ratón para tener acceso a la superficie y a la barra de edición de curvas.
- En la barra de edición de superficies establezca dirección lateral

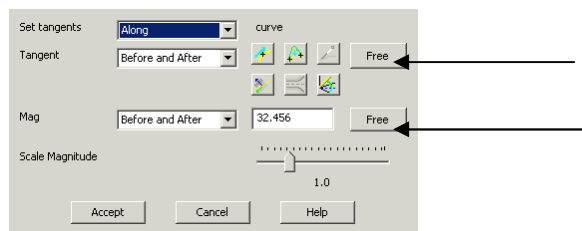


- Seleccione los 3 puntos que definen la superficie de la boquilla (use el botón izquierdo del ratón y la tecla CTRL junto a multi selección).

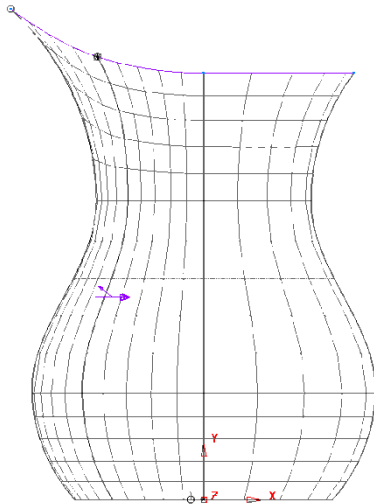


Los 3 puntos seleccionados en la superficie se pondrán en relieve por los círculos de color rosa.

- En la barra de herramientas, seleccione el ícono de edición de ángulos tangentes  para abrir la siguiente ventana.



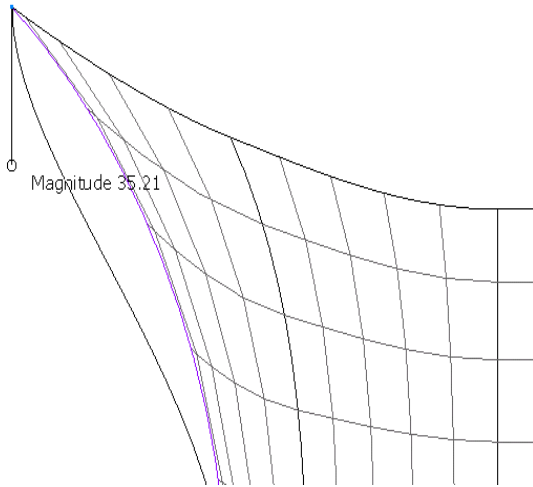
- Haga clic en ambos botones: Libre tangente y Libre Mag (flecha) para liberar a la transición a través de los puntos de la forma (en dirección lateral) y haga clic en aceptar.
- Seleccione una vista hacia el eje Z y compruebe visualmente (de nuevo) la forma de la superficie.
- Bloquee el eje operativo haciendo clic en el ícono de candado



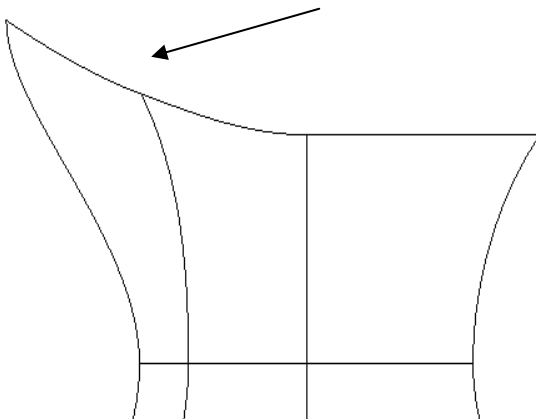
La curva de la superficie alrededor de la curva está localmente suavizada (en el sentido lateral) para producir la forma simétrica que se muestra a la izquierda.

Como se mencionó anteriormente el pico es demasiado empinado y se modifica dinámicamente en la dirección XY solamente.

- Seleccione el punto de la superficie en el extremo del pico con la tecla izquierda del ratón.
- Seleccione el círculo rosa al final de la línea que fluye hacia abajo por debajo del punto de la superficie, y manteniendo presionada la tecla izquierda del ratón, arrástrelo hacia abajo de la forma dinámica hasta que el punto tenga la forma deseada.

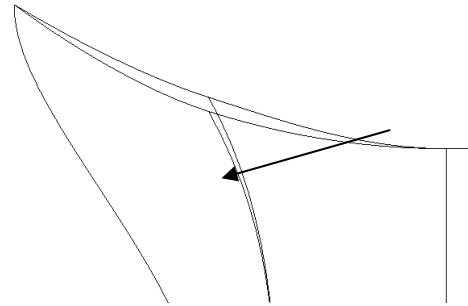
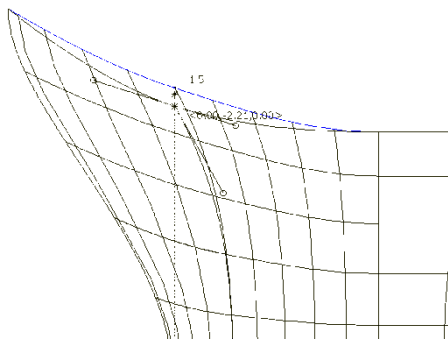


El ejemplo puede ser afinado para utilizar los valores exactos tanto de la dirección y la magnitud utilizando edición de ángulos tangentes en la barra de edición de curvas. El método dinámico de introducción de datos descrito anteriormente debe ser perfectamente adecuado para la mayoría de aplicaciones de cerámica.

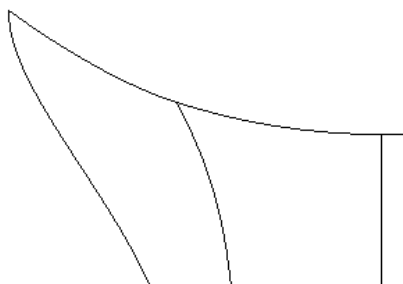


El flujo de la parte plana de la circunferencia hasta el final del pico, a pesar de ser simétrica no es muy suave. El mismo método anterior se aplicará a los 2 puntos (flechas) para producir una mayor fluidez dinámica en este punto, sin permitir el movimiento en la dirección Z.


- Seleccione uno de los puntos de la superficie (flecha arriba) manteniendo presionada la tecla izquierda del mouse mientras se mueve a una nueva posición.

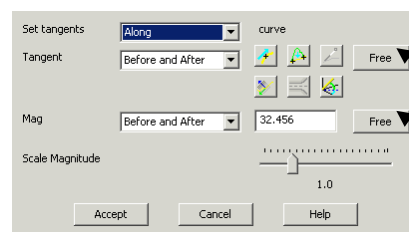


- Seleccione el punto de otra superficie (flecha) y de nuevo manteniendo la tecla izquierda del ratón presionada, muévalo hasta colocarlo sobre el otro punto.

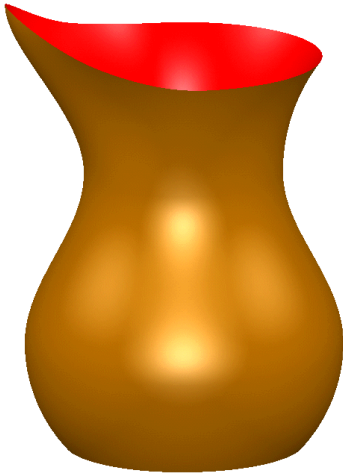


Los puntos de tangencia a través de la superficie no se modificarán y, en consecuencia, se recomienda que la dirección y magnitud sean liberadas para proporcionar la más suave transición a lo largo del borde.

- Seleccione los puntos de reposición de superficie (use el botón izquierdo del ratón y la tecla CTRL).
- En la barra de herramientas, seleccione el ícono de editar ángulos tangentes  para abrir el siguiente formulario.

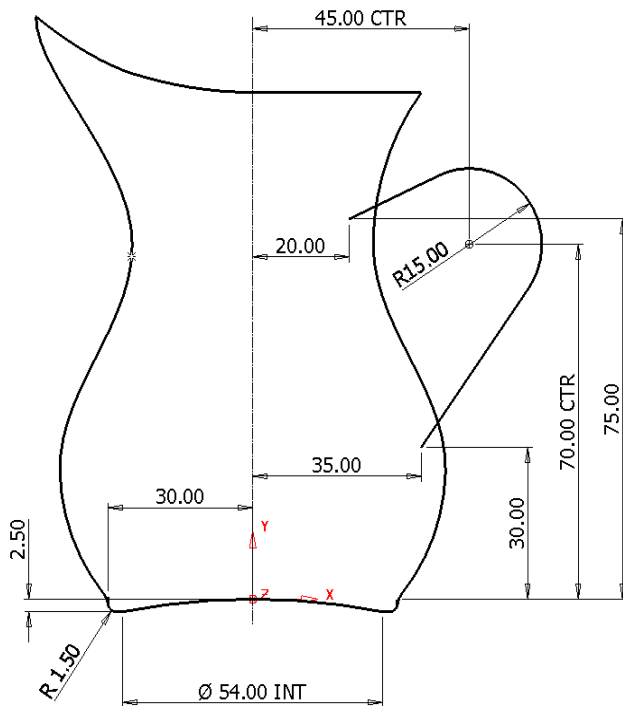


- Haga clic en ambos íconos: tangente - Libre y Mag - libre (flecha) para liberar la transición a través de los puntos de la forma (en dirección lateral) y haga clic en aceptar.



**ETAPA 1** se ha completado; el cuerpo principal es como el que aparece a la izquierda. La próxima etapa incluirá la adición de una base adecuada, mango agarrador, y la eliminación de las intersecciones del ángulo agudo.

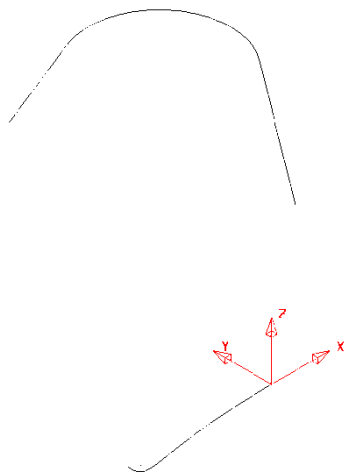
## ETAPA 2 . Base, empuñadura, filetes






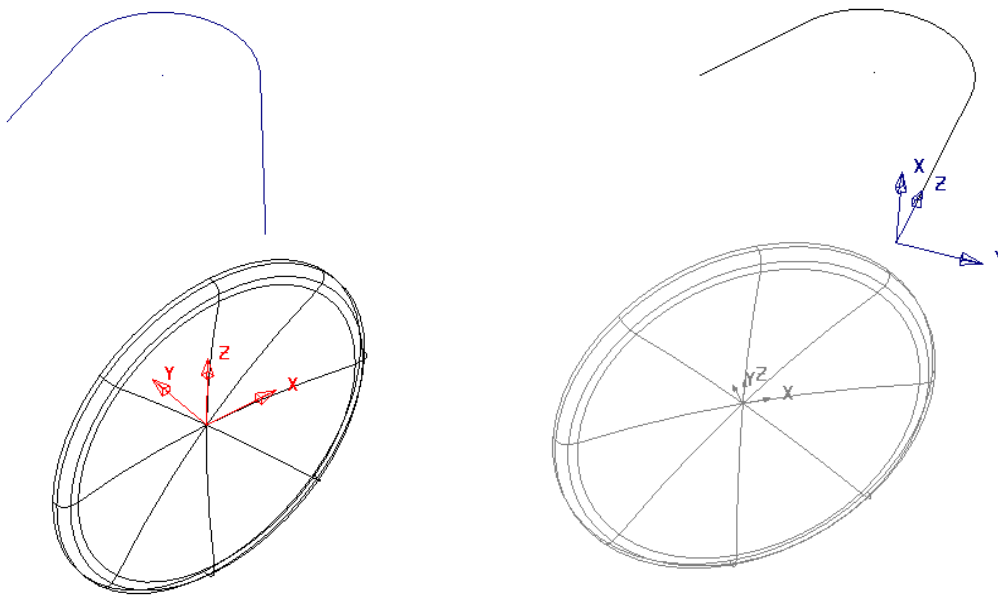
NOTA: la columna vertebral para el mango puede ser construida con la mano libre, si prefiere.






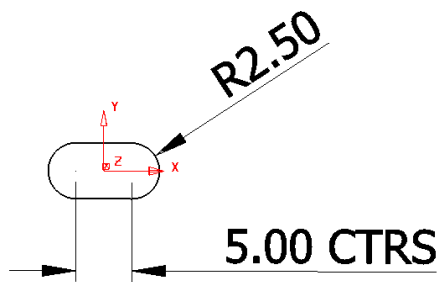
- Construya la geometría del modelo del alambre de la base y la columna vertebral de la manija con las dimensiones indicadas en el dibujo anterior.
- Cree de curvas compuestas (abajo) con la información del modelo del alambre para proporcionar la mitad izquierda de la forma de la base y la columna completa para el mango.




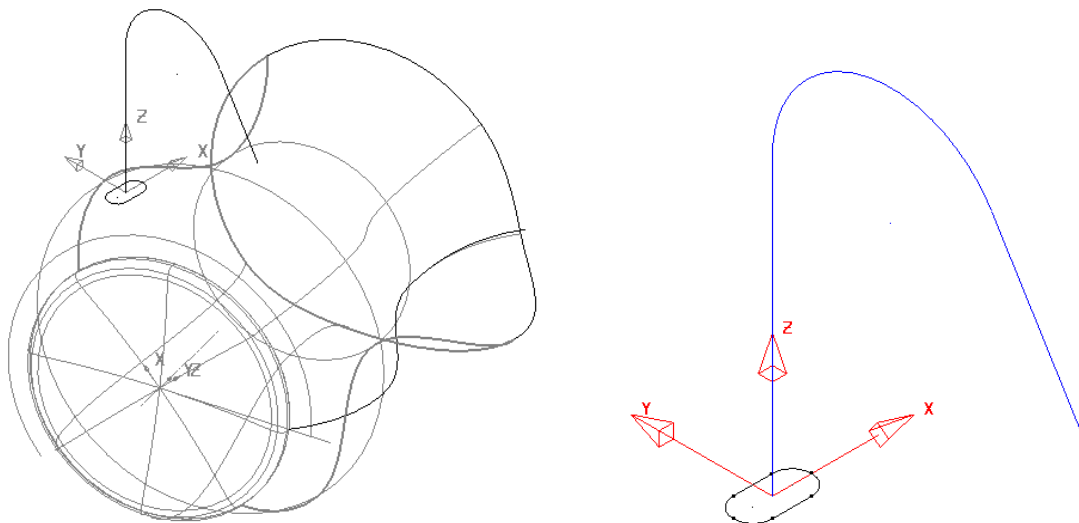
- Seleccione la base de la curva compuesta y establezca el eje operativo de Y .
- Haga clic en el ícono de la superficie  seguido de la superficie de revolución  para crear la superficie, como se muestra en la figura de la izquierda (siguiente página).





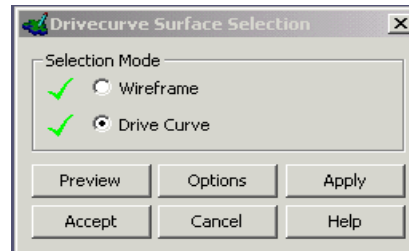
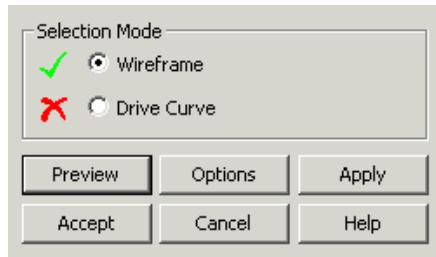
- Haga clic en el ícono plano de trabajo  en la barra principal de herramientas, seleccione el plano de trabajo individual alineado la opción de geometría , y el complemento hasta el final de la manija de la curva compuesta como se muestra arriba a la derecha.
- Cambie el eje de funcionamiento al Z (por debajo de los íconos gráficos de la ventana)  .
- Blanquee todo excepto el plano de trabajo nuevo (encape todas las entidades y CTRL J).
- Utilice el constructor de alambre para crear la geometría siguiente para definir la sección transversal de la manija.



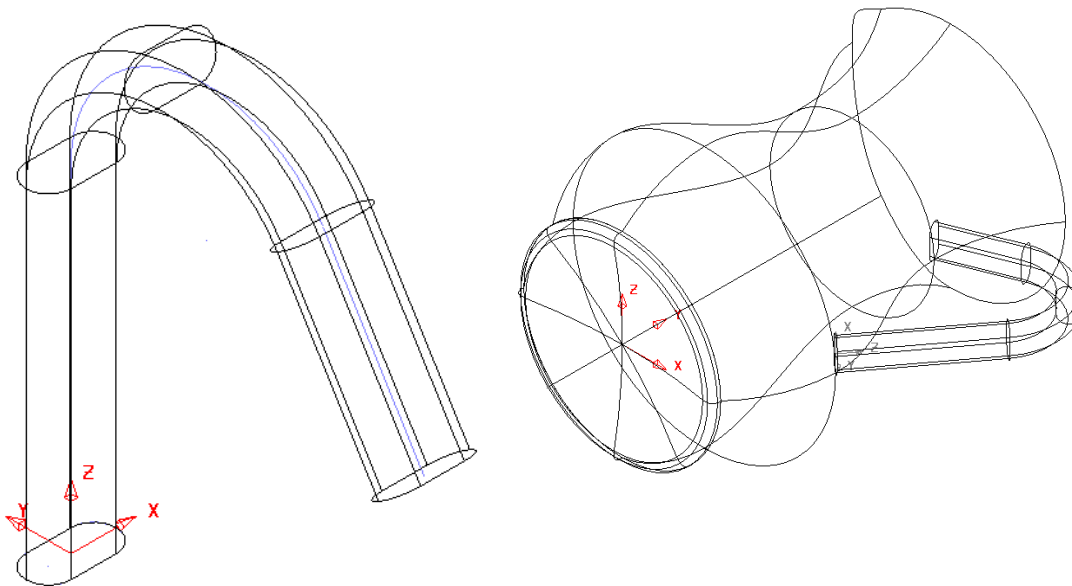
- Utilice el ratón y la tecla ALT izquierda en la malla para crear una curva oval compuesta.
- Seleccione una vista ISO 1 .
- Desblanquee todas las demás entidades (Ctrl L) vuelva a la pantalla y blanquee todas las entidades, incluyendo la curva de la columna vertebral, la curva de la sección, y el plano de trabajo.








- Seleccione la curva de sección y haga clic en el ícono  de la superficie seguido por crear la unidad de superficie curva de alambre  para abrir el siguiente formulario.

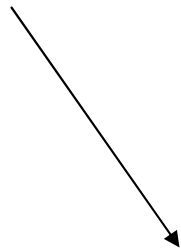


- Haga clic en la casilla de unidad de curva y seleccione la curva de la definición de la columna vertebral (que cambiará a color rosa).
- Acepte la forma de generar la unidad de superficie curva (como se muestra en la página siguiente).



- Desbloquee todas las demás entidades (Ctrl L) vuelva a la pantalla y, a continuación blanquee, excepto todas las entidades aparte de las superficies (seleccione  selección rápida de todas las superficies y los sólidos  seguida de CTRL K).

- Los datos de superficie se muestra en la vista de un ISO 2 encima del derecho y está listo para la creación adecuada de los filetes de superficies.
- Seleccione el ícono  ver sombreadas en la barra de vistas y revierta cualquier superficie que sea de color rojo en el exterior.
- Una vez que todas las superficies son de color oro vuelva a la vista del plano de trabajo y seleccione todos.
- Haga clic en el ícono de la superficie  seguido por la superficie de filete  para abrir el siguiente formulario.



Fillet Radius




Concave  
 Convex

Trim  Fillet along creases  
 Fillet all routes

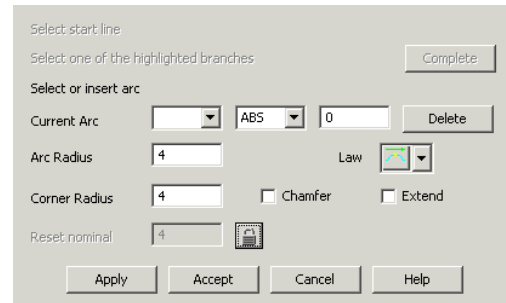
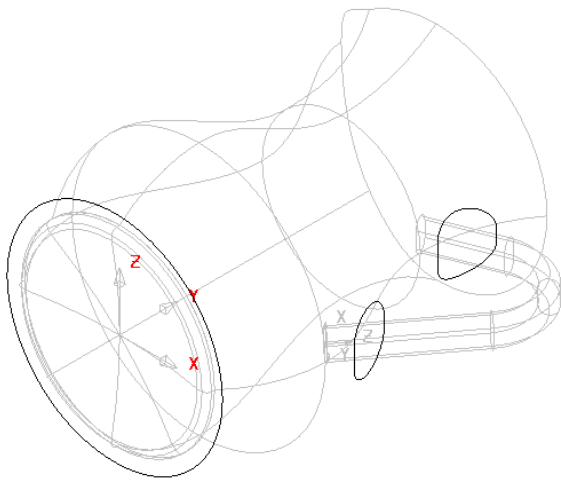
Corner Type

Fullness

Selection

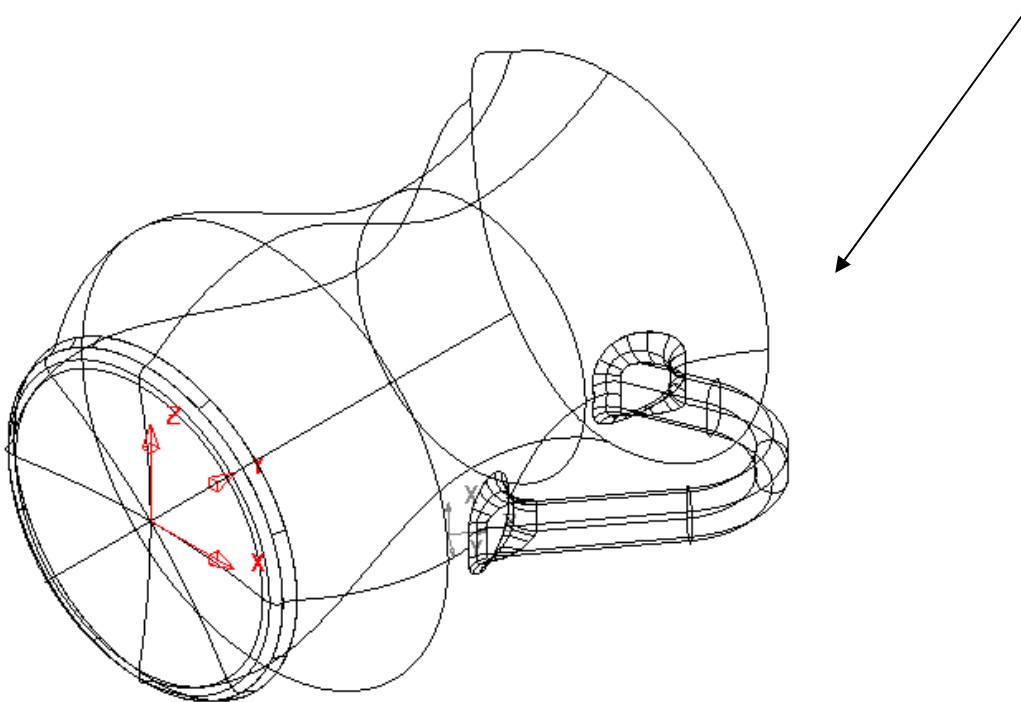
<input type="checkbox"/> Primary	<input checked="" type="checkbox"/> Secondary
Surfaces 	Surfaces 
	Wireframe 

- Introduzca un filete de radio 4 y acepte en el formulario de arriba para crear rutas de filete.




- Seleccione una de las 3 rutas y haga clic en aplicar en la segunda forma.
- Repita lo anterior en las otras 2 rutas de los filetes y, finalmente, acepte la forma de crear el modelo siguiente recortado.


**ETAPA 2.** Se ha completado el cuerpo principal como el que aparece abajo.



### ETAPA 3. Forma interna

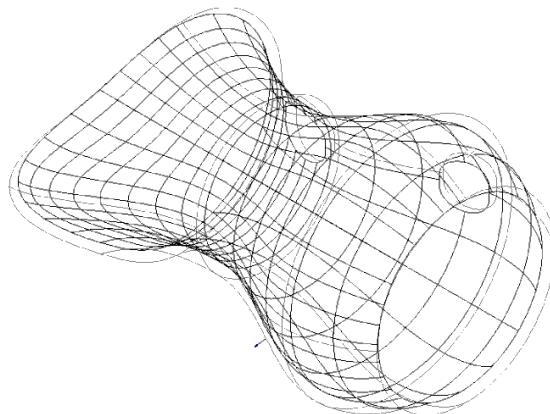
- Seleccione la superficie del cuerpo principal y blanquee todas las demás entidades (CTRL K).
- Desde la barra de herramientas principal, seleccione el ícono de la barra de edición  para acceder a las opciones siguientes de edición.



- Seleccione el ícono del objeto de desplazamiento  para acceder a las opciones que aparecen inmediatamente a la derecha de la barra de herramientas de edición.



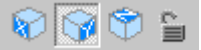



- Introduzca un valor de distancia de -3 para compensar una copia de la superficie hacia el interior, como se muestra abajo a la izquierda (busque la flecha que apunta en la superficie de + ve dirección de desplazamiento).

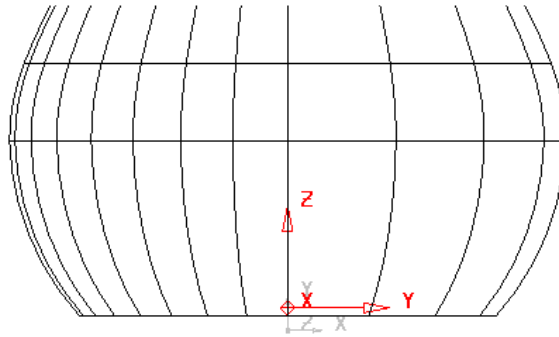




- Blanquee el exterior (seleccionado) de la superficie (CTRL J) y haga clic derecho con el ratón en la superficie interna para acceder al menú local desplegable.
- En el menú local, seleccione edición de arreglo de la región para acceder a la barra de herramientas siguiente.



- Haga clic en el ícono seleccionar todas las curvas-p (flecha), seguido por el ícono de eliminar una curva de recorte-p  para eliminar todos los recortes heredados de la forma externa.
- Retire la barra de herramientas haciendo clic en la cruz de color negro que se encuentra a la izquierda.
- Haga doble clic rápidamente en la superficie para abrir la barra de ediciones y seleccione el ícono de aproximación de las superficies  para eliminar las curvas que no son requeridas para mantener la forma general.
- Blanquee todos los artículos, excepto la superficie interior y el plano de trabajo principal y establezca el eje operativo en Y  .
- Mire debajo del eje Z y seleccione el ícono plano de trabajo  en la barra principal de herramientas y seleccione la opción plano de trabajo individual e introduzca las coordenadas 0 3 0 a la posición del nuevo plano de trabajo.

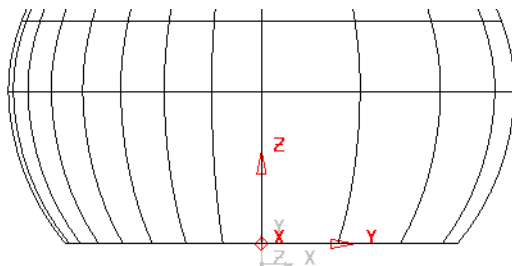





- Ajuste el eje de funcionamiento al Z .
- Seleccione el nuevo plano de trabajo y seleccione el ícono  de la barra de edición para acceder a las opciones siguientes.

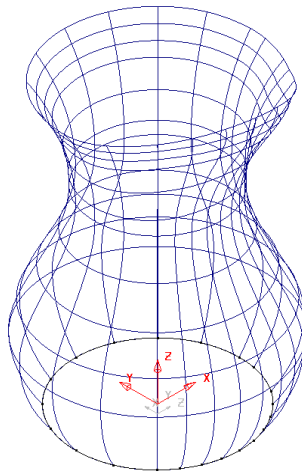









- Pulse selección de límite (flecha), seguida por la superficie interna para recortar su zona, ya sea por encima o por debajo del plano de trabajo.
- Si la parte superior se elimina, seleccione la opción solución siguiente (flecha abajo) a la derecha de la barra de herramientas de arriba.

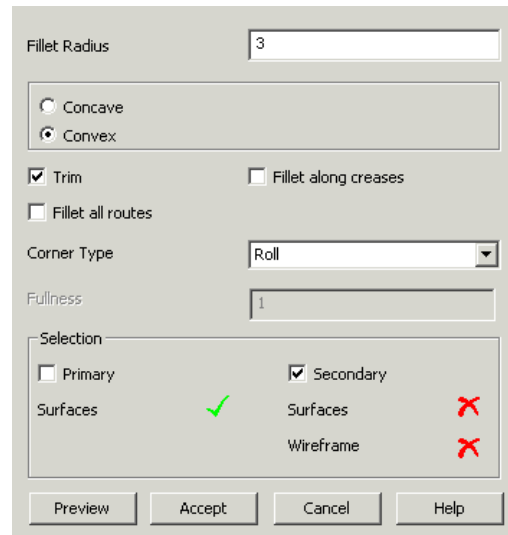


La superficie interior final es como se muestra recortada, limitada por encima del plano de trabajo a lo largo del eje Z.

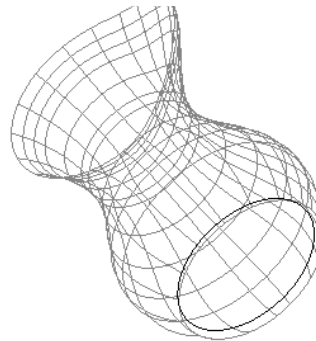
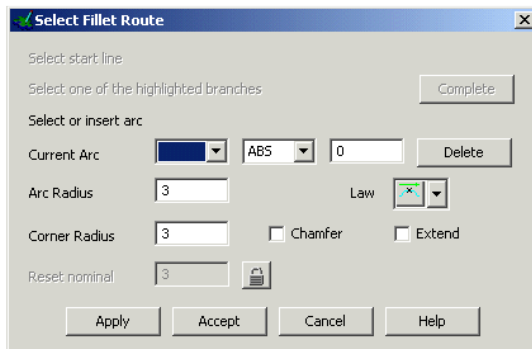
- Retire la barra de edición por medio de la cruz de color negro a la izquierda.
- Seleccione una vista ISO 1  y con la tecla ALT seleccione el borde de la superficie en la base para crear una curva compuesta.



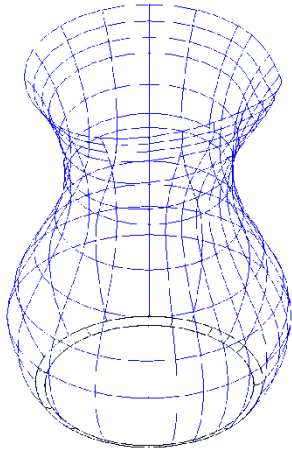
- Haga clic en el ícono de la superficie  seguido de crear relleno en la superficie de alambre  para crear una superficie de base de la curva compuesta seleccionada.
- Desde seleccionar  use selección rápida para todas las superficies y los sólidos  seguido de CTRL K.
- Seleccione el ícono ver sombreadas  en la barra de puntos de vista y revertir cualquier superficie que sea de color rojo en el exterior.
- Una vez que ambas superficies son de color oro, regrese a la vista de la línea del modelo de alambre y seleccione a todos.
- Haga clic en el ícono de la superficie  seguido por la superficie de filete  para abrir el siguiente formulario.





- Introduzca un radio 3 del filete, haga clic en la casilla convexo, y acepte el formulario de arriba para crear la ruta de filete (que se muestra a continuación).

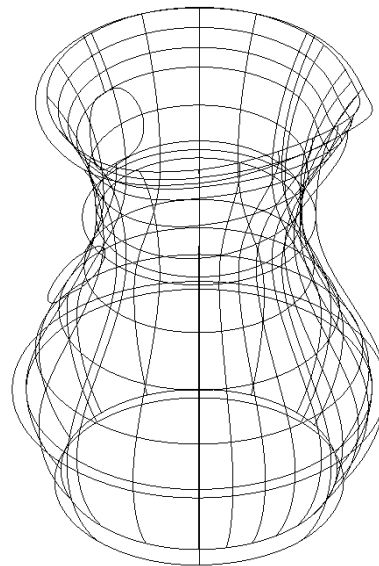
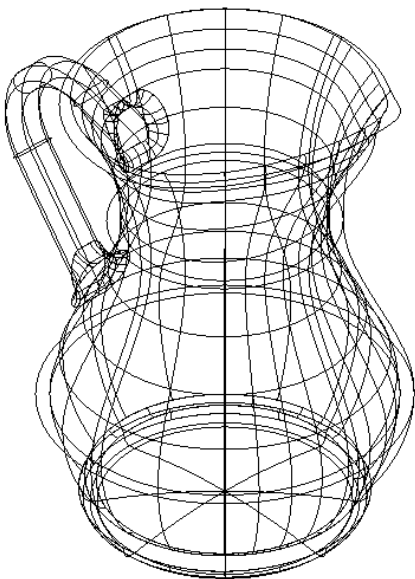


- Seleccione aceptar para generar el filete a lo largo de la única ruta disponible.




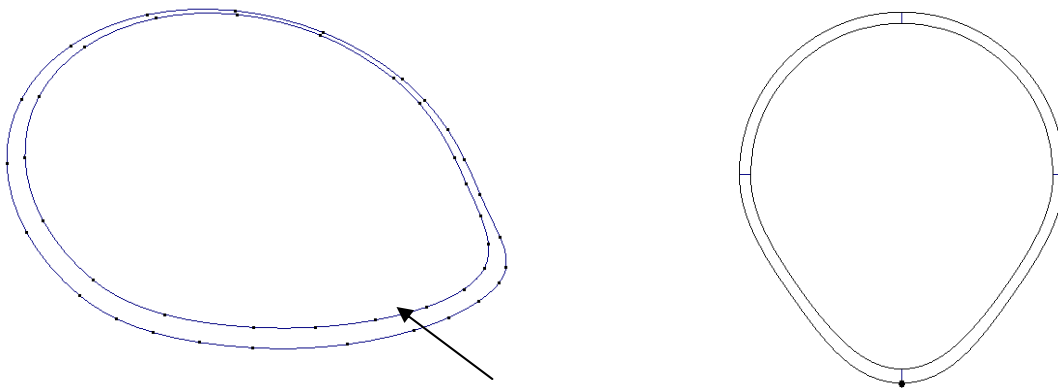
La forma interna ya está completa y la operación final es crear una superficie de mezcla adecuada entre el borde y las formas interior y exterior. Para esta operación sólo es necesario tener el cuerpo principal y las superficies interna y externa solicitadas.

- Desblanquee todos los elementos (Ctrl L) y pulse  selección rápida de todas las superficies y los sólidos  seguida por (CTRL K) como se muestra abajo a la izquierda.

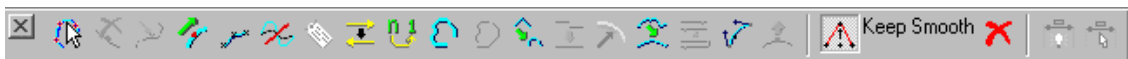




- Seleccione ambas interior y exterior y blanquee y todos los demás datos (CTRL K) como se muestra arriba a la derecha.

- Agrade la zona circular del borde y cree una curva compuesta alrededor del borde superior de cada superficie con el botón izquierdo del ratón mientras suelta la tecla ALT.
- Blanquee ambas superficies utilizando elección rápida de todas las superficies y sólidos  seguida por (CTRL J).



- Cree varias líneas de alambre a través de las curvas compuestas en lugares estratégicos (es decir, alineados con los ejes principales) para proporcionar suficiente información y poder aplicar con éxito y más adelante, la opción crear forma de superficie de red de curvas.
- Haga doble clic rápidamente fuera de la curva compuesta con la tecla izquierda del ratón para acceder a la barra de edición de curvas.



- Traslade el punto de etiquetado (flecha) y seleccione el punto al final de la boquilla (flecha derecha).
- En la barra de herramientas de curvas, seleccione la opción cambiar curva  seguido por re apuntar  para abrir el siguiente formulario.

Redistribute between points



Start point

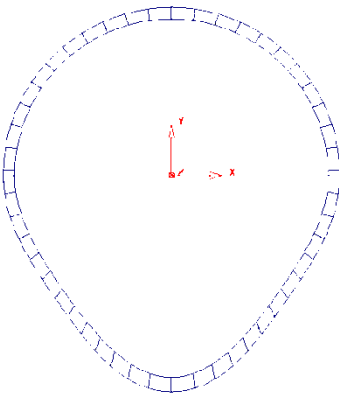
End point

Number of points in range   
(including start and end points)


Behaviour at Corners

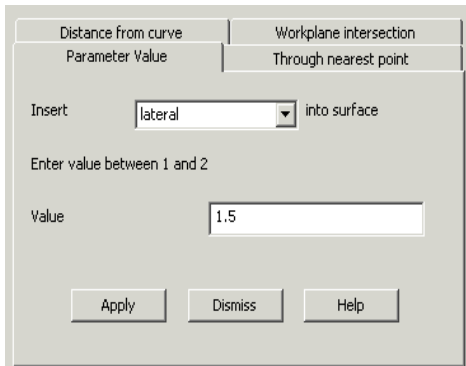
Preview Accept Cancel Help

- Introduzca un valor adecuado (48) para crear ese número de puntos equiespaciados alrededor de la curva compuesta sin perder la forma original.
- Repita el interior de la curva compuesta, creando el mismo número de puntos equiespaciados.
- Seleccione las dos curvas compuestas y todas las líneas de unión, abra los íconos de la superficie  y aplique crear superficie de la red de curvas. .




NOTA: El punto de distribución contribuye a proporcionar las curvas de la superficie a través de la superficie, para ser lo más perpendicularmente posible, como se muestra a continuación.



- Use (CTRL K) para blanquear todas las entidades, aparte de la superficie anterior (seleccionada) y rápidamente haga doble clic con la tecla izquierda del ratón para acceder a la barra de edición.
- Seleccione el ícono agregar curva  para abrir el siguiente formulario.

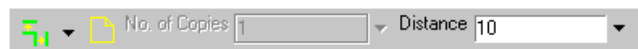


La dirección lateral o la longitudinal se identifican con el zoom en el círculo pequeño, ubicado a una corta distancia a lo largo de la primera lateral en la superficie.

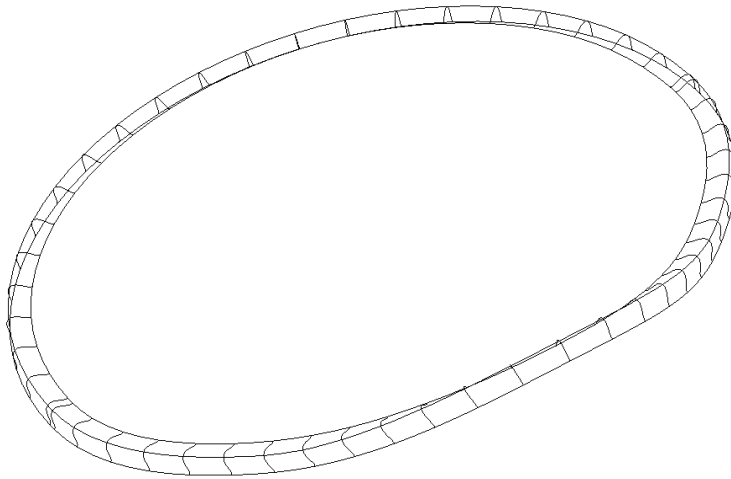
- Seleccione lateral o longitudinal, y en el cuadro insertar que se muestra introduzca un valor entre 1 y 2 en la zona de abajo.
- Introduzca un valor de 1,5 para insertar una superficie de curva, centrada entre la superficie de las curvas que definen de los bordes de la circunferencia.
- Seleccione una vista ISO 1.
- Con la nueva curva de superficie central seleccionada, de la barra de herramientas principal, seleccione el ícono de la barra de edición  para acceder a las opciones de edición siguiente.





- Seleccione el ícono de aplicación y edición de componentes,  seguido por el ícono del objeto de desplazamiento  para acceder a las opciones que aparecen inmediatamente a la derecha de la barra de herramientas de edición.



- Introduzca un valor de distancia de 1,5 para compensar una copia de la curva de superficie central hacia el exterior, como se muestra en la siguiente página (busque la flecha que apunta en la dirección de la superficie + ve de desplazamiento).



La dirección y la magnitud en toda la superficie ahora deben ser liberadas para crear una mezcla suave alrededor de la parte superior de la jarra.

- Haga doble clic rápidamente en la superficie con la tecla izquierda del ratón para acceder a la barra de edición de superficies.
- Establezca las opciones de dirección longitudinal  y seleccione el ícono de patrón de puntos  para acceder al siguiente formulario.



Select every  Point

Ranging from  to

On every  Curve

Ranging from  to

Add to selection

- Haga clic en aceptar para seleccionar todos los puntos en la superficie.
- Desde la barra de edición de curvas, seleccione el ícono edición de ángulos tangentes para abrir el siguiente formulario.

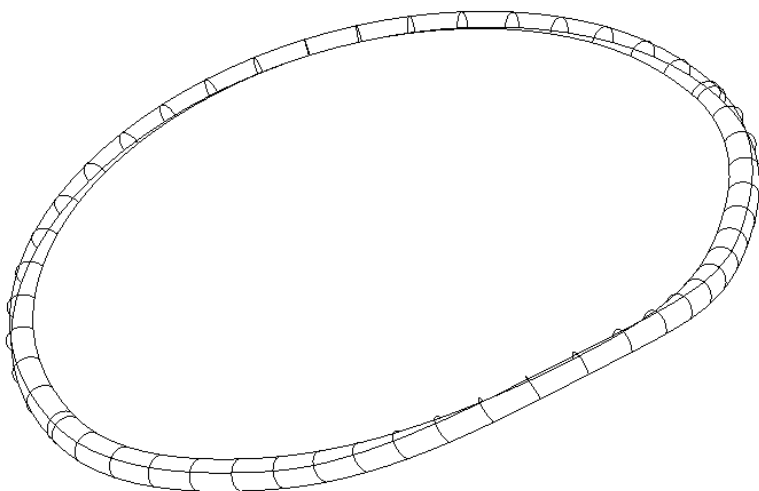
Set tangents  curve

Tangent

Mag

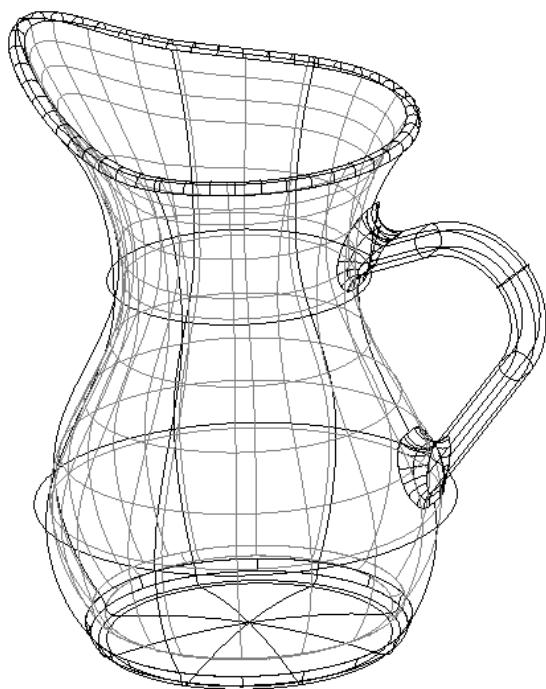
Scale Magnitude

- Haga clic en ambos botones: Libre tangente Libre Mag (flecha) para liberar a la transición a través de los puntos de la forma (dirección longitudinal) y haga clic en aceptar.



Las curvas de superficie alisadas formaran un borde circular alrededor del borde superior de la jarra, tangentes con las paredes interior y exterior.

El diseño del recipiente está acabado; el modelo completo quedará como se muestra a continuación.



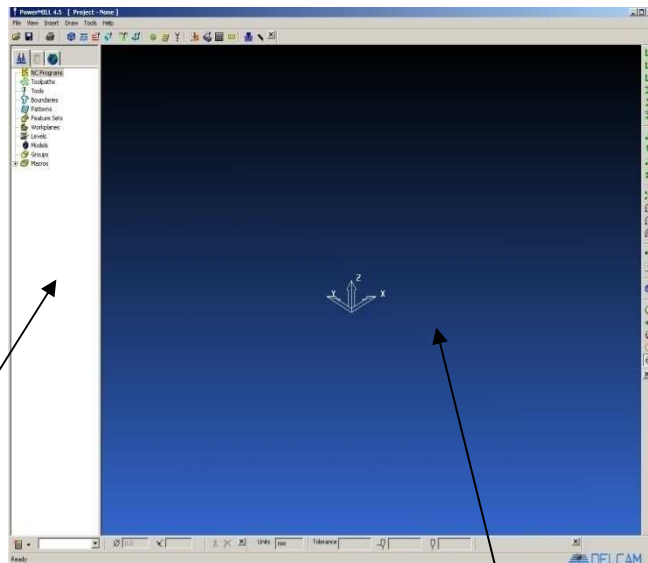
## 3.2 Manejo del Software Power Mill

### 3.2.1 Introducción

PowerMILL es un paquete independiente de mecanizado que puede crear rápidamente trayectorias de corte libre, basado en modelos importados. Estos modelos pueden ser las superficies de otros paquetes, los archivos IGES, archivos STL, los archivos de triángulo, los modelos de OLE o modelos (sólido o superficie) de PowerSHAPE.

### Interfaz de PowerMILL

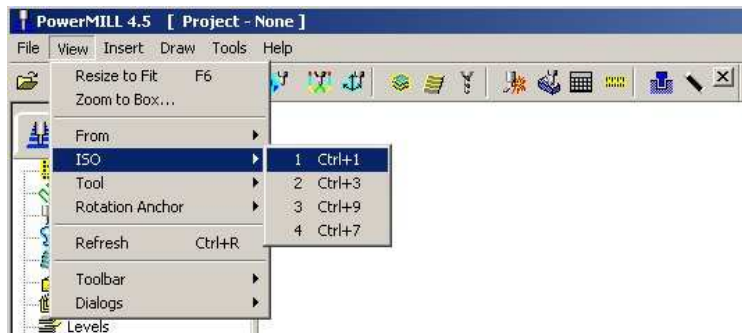
- Haga doble clic en el ícono de PowerMILL.



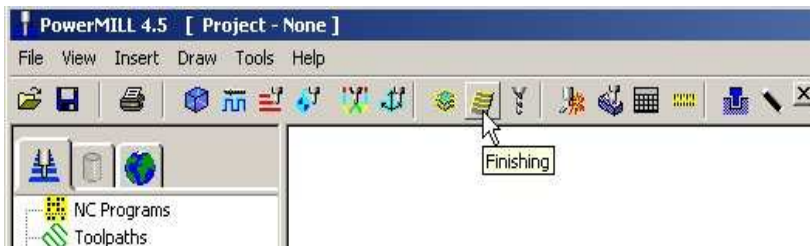
Área de exploración.

Área de gráficas.

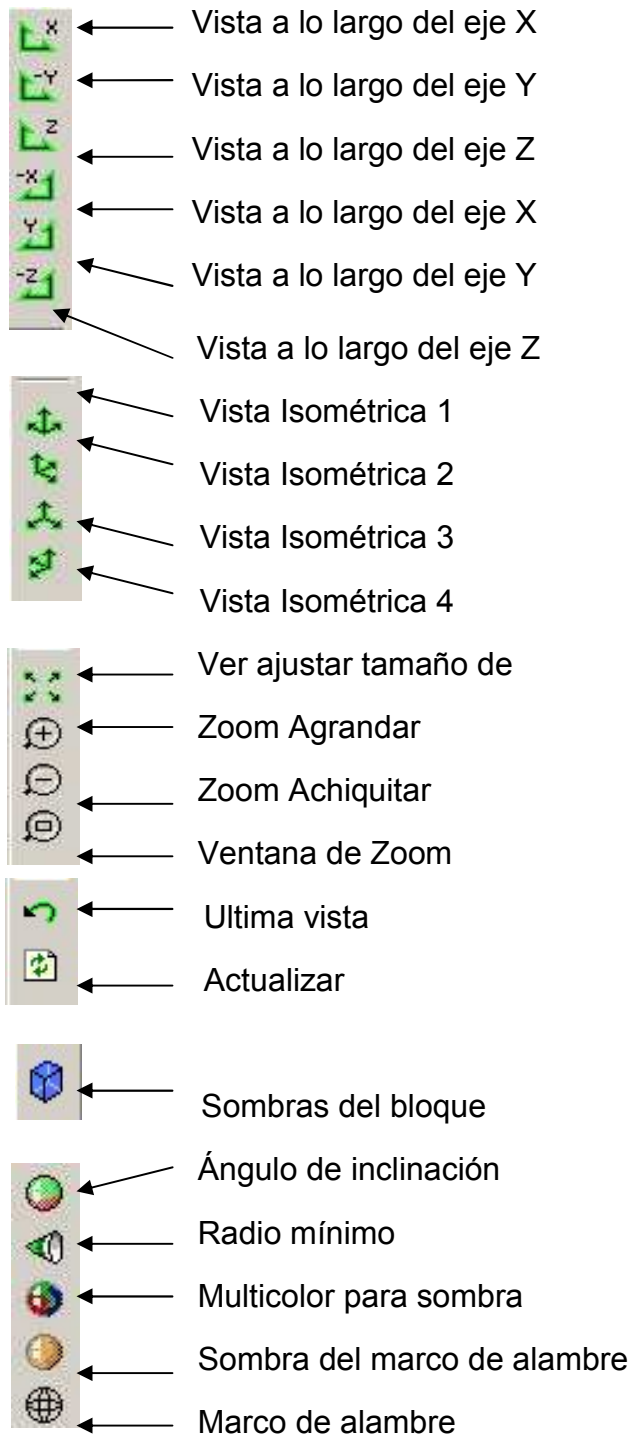
Los menús desplegables se encuentran en la parte superior de PowerMILL. Al colocar el ratón sobre el menú y haciendo clic con la tecla izquierda del ratón, esto hará que los submenús aparezcan. Una selección más detallada se puede hacer al mover el cursor a lo largo de una flecha de la derecha.



Los íconos más utilizados en PowerMILL son los que se muestra en la figura siguiente. Cada ícono tiene una función, manteniendo el cursor sobre el ícono elegido aparecerá una descripción de la información sobre la herramientas o de dicho ícono.



En el lado derecho de la pantalla se encuentra la barra de herramientas. Al seleccionar uno de los íconos se muestra una visión diferente del modelo global de transformación y se muestra en el área central ó de gráficos.



## Botones del *Mouse* (Ratón)

Cada uno de los tres botones del ratón realiza una operación diferente en PowerMILL.

### Botón de ratón 1: Recolección y selección



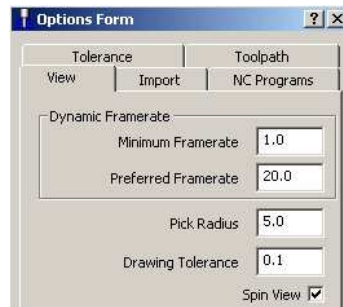
Este botón se utiliza para la selección de proyectos fuera de los menús principales, dentro de las formas selecciona la geometría.

### Botón del ratón 2: Dinámica



**Acercarse y alejarse:** Mantenga presionada la tecla CTRL y el botón 2. Mueva el ratón hacia arriba y hacia abajo para acercar y alejar. **Pan alrededor del modelo:** Mantenga presionada la tecla SHIFT con el botón 2. Mueva el ratón en la dirección requerida. **Cuadro de Zoom:** mantenga presionada la tecla Ctrl y la tecla de mayúsculas, arrastre una caja alrededor de la zona para acercar usando el botón central del ratón. **Modo de rotación:** mantenga pulsado el botón 2 del ratón y mover el ratón, y la rotación se centra sobre el rastreador de bola.

**Girador dinámico:** gire dinámicamente la vista y rápidamente suelte el ratón. Cuanto más rápido se mueve el ratón más rápido se gira. Esta opción está desactivada por defecto.



- Primero seleccione opciones de herramienta, ahora seleccione la pestaña ver y active la opción ver giro.

### Botón del ratón 3: Menús especiales y opciones de PowerMILL Explorer

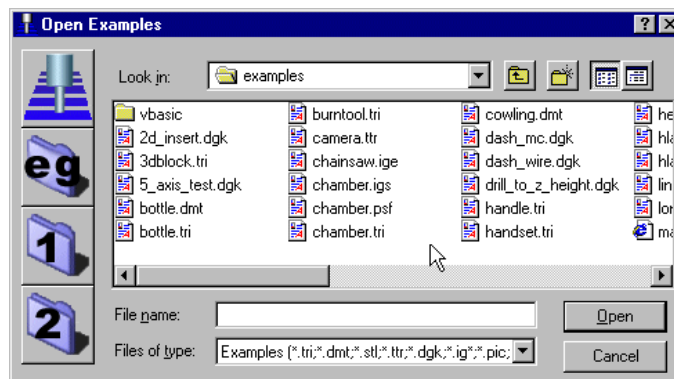


Cuando este botón se pulsa, se despliega un nuevo menú basado en lo que está sobre el ratón, como trayectorias de herramientas en el explorador de PowerMILL. Si no se selecciona nada, el menú Ver aparece.


#### Ejemplo 1

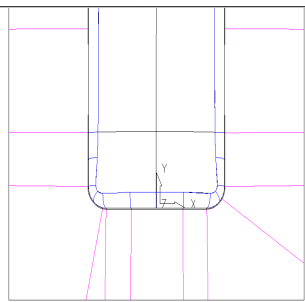
Para este primer ejercicio se va a utilizar un modelo guardado.

- Seleccione el archivo de ejemplos.



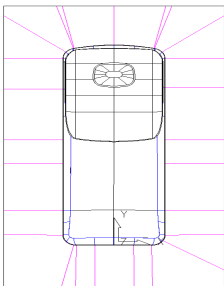
La forma de ejemplos aparece con pre configurar las opciones que le permitirán encontrar rápidamente los modelos de ejemplo. El ícono de la carpeta con "ejemplo", es el área principal donde se almacenan los ejemplos.

- Haga clic en el ícono  ejemplo.
- Seleccione el modelo de phone.dgk y haga clic en abrir.



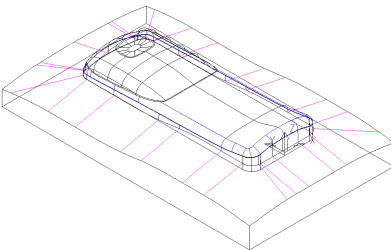
El modelo de teléfono se muestra en el modelo del alambre mirando hacia el eje Z, pero sólo se puede ver parte del modelo, ya que es demasiado grande para la vista actual. Para mostrar todo el modelo, puede ser utilizado el cambio de tamaño del modelo para ajustarse a la pantalla.

- Seleccione el ícono redimensionar.




El modelo se muestra completo en la pantalla.

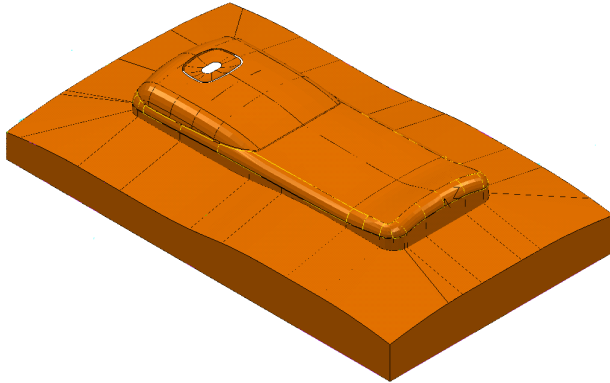
- Seleccione el ícono de ISO 1.



Ahora puede ver todo el modelo con bastante claridad en una vista isométrica con el modelo del alambre. Para ver la sombra tiene que seleccionar la opción de cable de sombra.

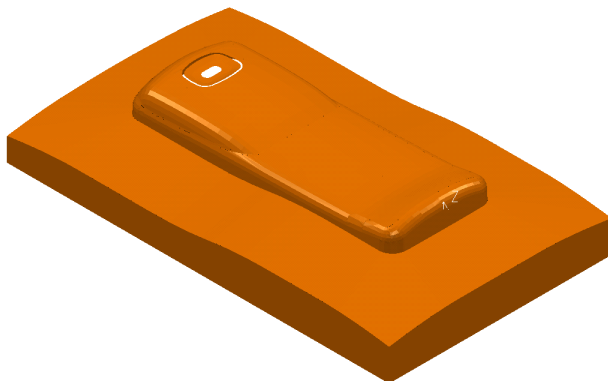


- Seleccione el ícono sombreado de  modelo.



Esto muestra el sombreado en la parte superior del cable. Para quitar la vista de modelo de alambre y mostrar el modelo como única sombra, haga clic en presionado en el botón del alambre.

- Seleccione el ícono modelo del alambre.



Pulsando nuevamente el ícono de modelo de alambre, este se oculta, mostrando únicamente la sombra del modelo.

- Haga clic en el ícono del modelo sombreado y, a continuación, haga clic en el ícono de vista de modelo del alambre.
- Practique con los íconos de vista diferente.

### 3.2.2 Selección del bloque de trabajo

Este es el tamaño del bloque inicial que PowerMILL usa para limitar los movimientos de la herramienta. Puede ser pensado como el material de *stock*. Existen otros métodos avanzados para limitar los movimientos de la herramienta.

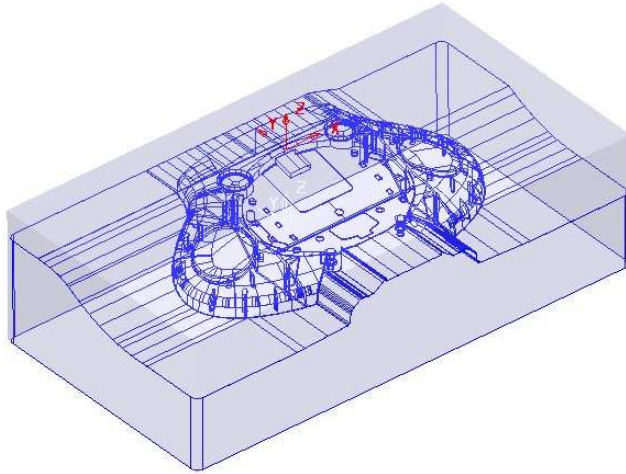
- Haga clic en el ícono de bloque.




La forma de bloque aparece. Este formulario le permite definir el tamaño de bloque al entrar en los valores mínimo y máximo de X, Y y Z.

Alternativamente, usted puede pedir PowerMILL para medir el tamaño de forma automática mediante el botón calcular. Los valores resultantes se pueden editar de forma individual o en bloque (en gris) según sea el caso, además de ser calculado como una compensación por entrar en un valor adecuado en la casilla de expansión.

- Haga clic en el botón calcular.
- Haga click en aceptar.



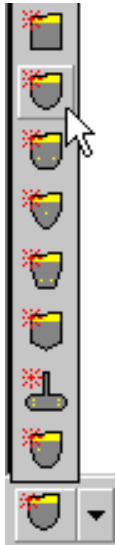
El bloque se muestra sombreado por defecto. Esto puede ser mostrado parcialmente transparente y en un alambre azul, mediante el regulador de opacidad en forma de bloque.

El bloque se puede desactivar gráficamente seleccionando el ícono de bloqueo en la barra de herramientas a la derecha de la pantalla. 

### 3.2.3 Selección de herramienta


Las formas de definición de la herramienta son accesadas a través de los íconos en la barra de herramientas situada en la esquina inferior izquierda del área de gráficos.

- Haga clic en la flecha hacia abajo para mostrar todos los íconos de creación de herramientas.



Todos los tipos de herramienta aparecen como íconos.

Al colocar el cursor sobre un ícono se abrirá una pequeña caja con una descripción del tipo de herramienta.

- Seleccione el radio de la herramienta en el ícono. 

Tip Radiused Tool Form

Geometry Cutting Data

Name tr60x100x5

Geometry

Length 100.0

Tip Radius 5.0

Diameter 60.0

Tool Status Valid

Tool Number 1

Tool ID tr60x100x5

Number of Flutes 1

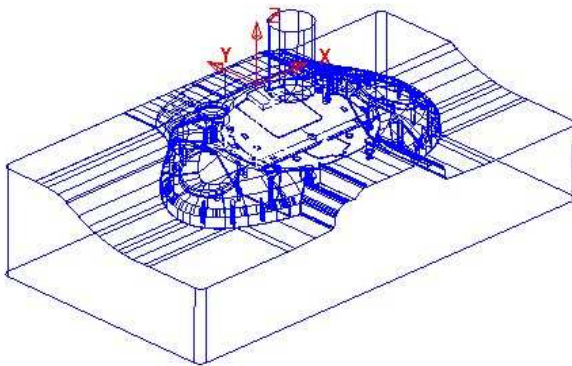
Accept Cancel

Aparece el formulario de herramientas. Aquí es donde puede definir los valores de la herramienta. Cuando un diámetro se introduce, la longitud de la herramienta es automática por defecto a cinco veces el diámetro, y esto se puede cambiar si no es deseable.

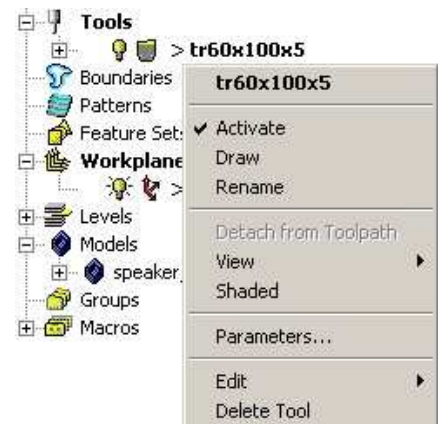
Es una buena idea nombrar la herramienta con una descripción. Esta herramienta, por ejemplo, con un diámetro de 60, una longitud de 100 y un radio de punta de 5 podría ser llamado tr60x100x5.

El número de la herramienta será la salida del número real en el programa de CN. Si la máquina dispone de un cambiador de herramientas que representará el número de carrusel.

- Introduzca un diámetro de 60 y cambie la longitud a 100.
- Introduzca tr60x100 en la casilla nombre.
- Indique el número de herramienta.
- Dele clic en cerrar.



La herramienta está ahora en la pantalla y aparece también como una entidad en la sección de herramientas del explorador.



Cualquier modificación futura de la herramienta se iniciará a través del explorador. Para desactivar la herramienta, haga clic en el ícono de color amarillo.

Para desactivar la herramienta pulse el botón derecho del ratón en cualquier lugar de la herramienta en el explorador y haga clic en el nombre de activo. Seleccionando los parámetros se abrirá la opción para definir la forma de la herramienta.

- Defina una herramienta de diámetro 40, con un radio de largo 100 y nombrarlo tr40x100.

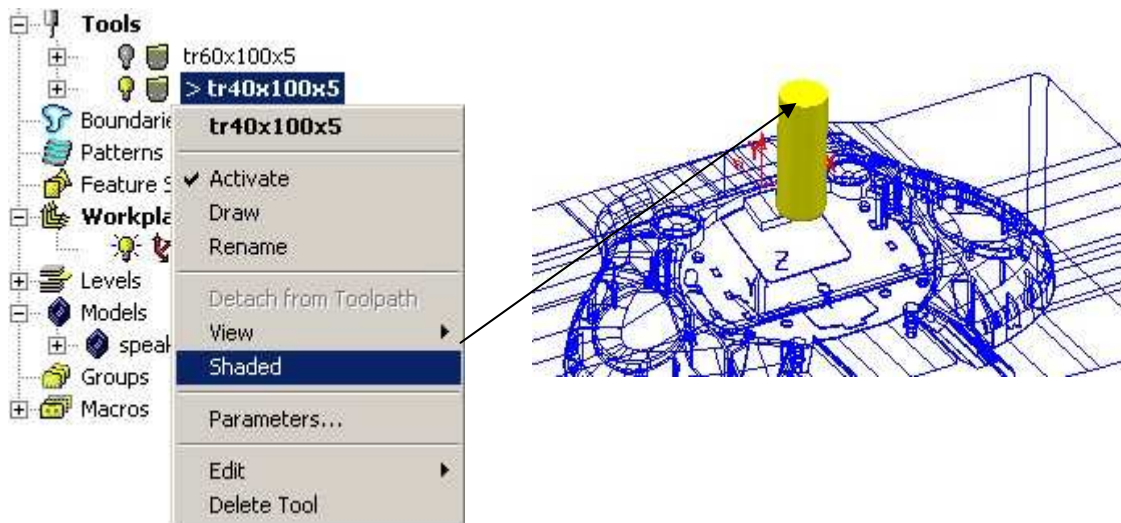


El explorador se actualizará de la siguiente manera con la nueva herramienta tr40x100 activada.

NOTA: En el formulario de definición de la herramienta son accesibles un conjunto de opciones haciendo clic en el cuadro de datos de corte. Esto permite una variedad de parámetros de corte como la velocidad de alimentación básica y la velocidad del husillo para ser almacenado, con la herramienta.


La herramienta puede ser vista tanto con el modelo del alambre o en sombra, en la ventana de gráficos.

- Haga clic derecho sobre la herramienta en el explorador y seleccione las áreas sombreadas.



### 3.2.4 Selección de parámetros de corte

La velocidad y la frecuencia de la alimentación deben ser definidas.

- Haga clic en el ícono de las tasas de  alimentación.

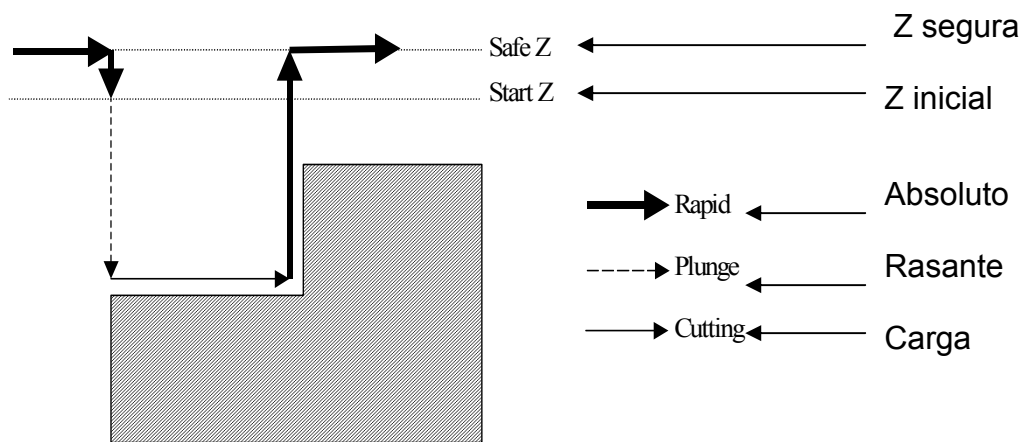
Aparece la tasa de forma de alimentación. Este formulario le permite establecer el avance y la tasa de velocidad para cualquier trayectoria calculada.

Alternativamente la velocidad de corte y la velocidad del husillo se pueden almacenar en la herramienta definida haciendo clic en el cuadro de carga de herramienta activa.

- Deje la configuración por defecto y haga clic en aceptar.

### 3.2.5 Creación de las trayectorias de desbaste y acabado

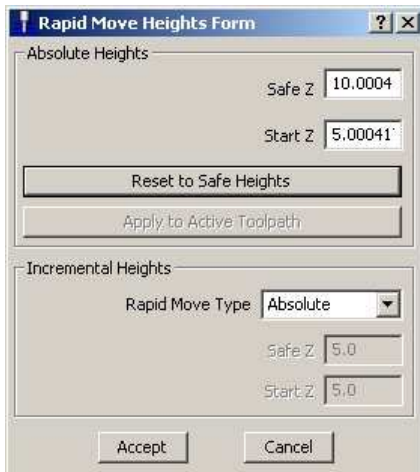
Las alturas de seguridad en el eje Z deben ser fijadas ya que la herramienta puede viajar a velocidades de avance rápido y sin contacto con el componente o la posesión de los dispositivos de trabajo.



Z segura es la altura a la cual la herramienta se retrae para los movimientos rápidos de todo el trabajo. Z inicial es la altura a la cual la herramienta descenderá, en la velocidad de avance rápido antes de aplicar la velocidad de paso de avance.

- Haga clic en el ícono mover alturas rápidamente.
- Seleccione el botón ajustar a alturas de seguridad.
- Haga clic en aceptar.





El mismo principio también se puede definir de forma incremental para permitir un movimiento rápido y seguro, dentro del componente. En la sección de etiquetado de la forma incremental, hay tres opciones adicionales disponibles de absoluto, rasante y carga.

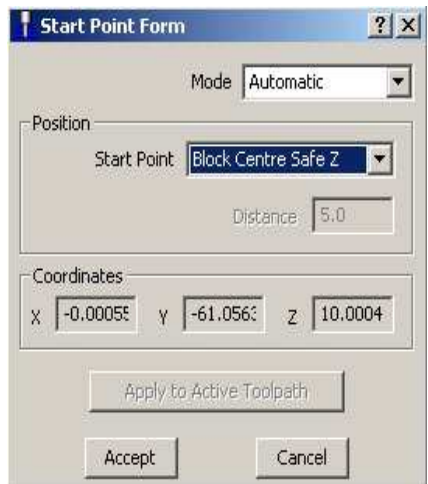
La forma rasante permitirá el paso rápido para seguir a una distancia específica de la parte inferior de los movimientos antes de los recortes de la velocidad de avance.

La forma carga operará en la misma forma que la forma rasante, pero también se moverá horizontalmente a una altura especificada por encima de las características locales a lo largo de la ruta de acceso dentro del componente.

### **Punto de inicio de la herramienta**

Este es un lugar seguro para la herramienta para ubicarse antes y después de cada cambio o en la operación de mecanizado. Dependiendo del tipo de máquina herramienta, así puede ser la posición de cambio de herramienta.

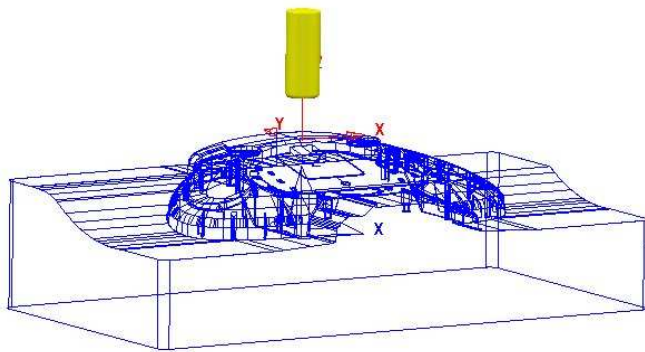
- Haga clic en el ícono de la herramienta punto de inicio.



Aparece la herramienta de punto de inicio, mostrando los valores de la posición inicial de la herramienta.

Por defecto, la posición de la herramienta se ajusta automáticamente en el centro de bloque. Si desea seleccionar su propia posición, a continuación puede seleccionar la opción fijo, en el área de modo.

- Ajuste el modo fijo.
- Establezca las coordenadas como X0, Y0 y Z 50.
- Haga clic en aceptar.




La herramienta se encuentra ahora en la nueva posición de inicio por encima de la herramienta activa del plano de trabajo.

La creación es ahora completa y PowerMILL está listo para iniciar la generación de las trayectorias de la herramienta.

### 3.2.6 Simulación

ViewMill proporciona una simulación gráfica 3D que permite observar las trayectorias antes que sean mecanizadas. ViewMill se ha separado de la barra de herramientas y se ha creado su propio ícono al cual se puede acceder desde el botón de ViewMill en la barra de herramientas superior.

- Seleccione el ícono ViewMill que se encuentra junto al ícono de la calculadora en la parte superior  de la pantalla.

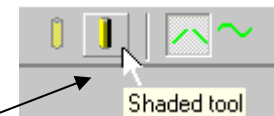
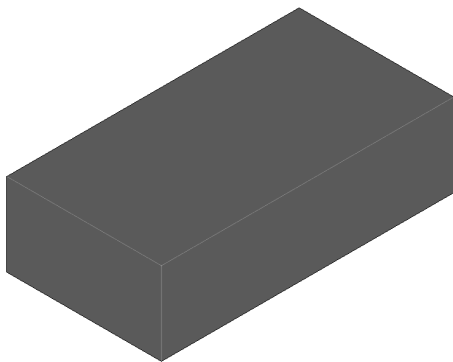
En este momento aparece la barra de herramientas.



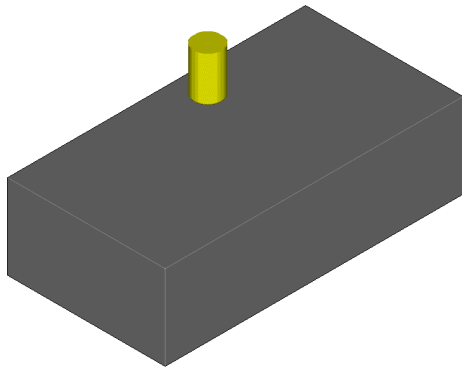
- Seleccione ver ISO 1 para el modelo.
- Seleccione el ícono de alternar ViewMill.



Esto cambia la pantalla con su entorno, entonces ViewMill genera un bloque sombreado.

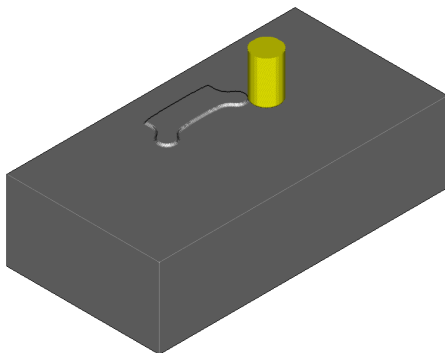
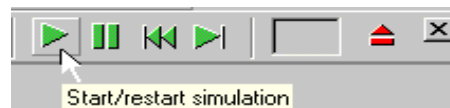


- Seleccione el ícono de sombreado de herramientas.



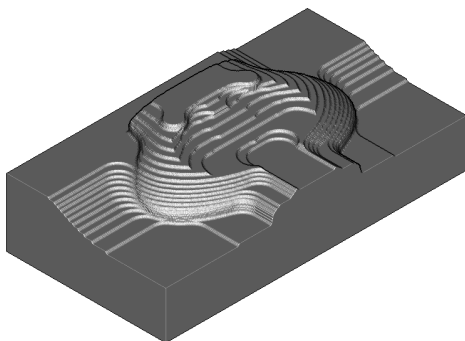
Con la herramienta de sombreado, es evidente que la posición de referencia es la herramienta. Si se está simulando una trayectoria de herramienta muy fina, a continuación se ejecutará a través de la simulación más rápido, si no se muestra la herramienta.

- Seleccione el ícono reiniciar.



La herramienta es simulada removiendo material del bloque de material sólido de trabajo.

Seleccione nuevamente el ícono sombreado de herramienta para acelerar la simulación.

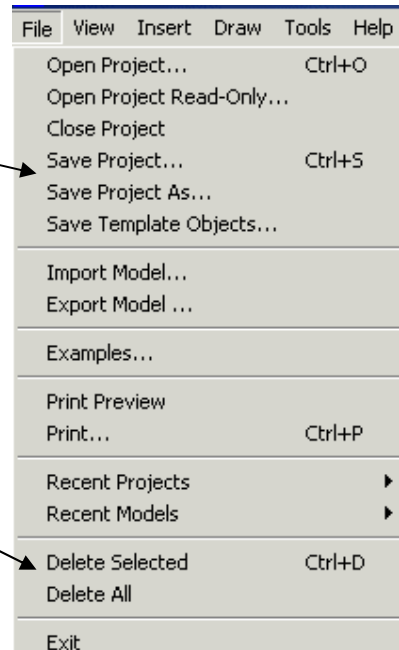


El bloque de mecanizado completo.

- Seleccione el ícono ViewMill para volver a la sesión PowerMILL.



- Seleccione archivo en la barra de herramientas superior. Guarde el proyecto para actualizar los datos almacenados.



Más adelante se verá este proyecto.

- Seleccione eliminar todo en la barra de herramientas.



- En la parte superior, seleccione herramientas y luego seleccione el sub menú resetear formularios.

Una vez reiniciado, PowerMILL está listo para empezar un nuevo proyecto o leerlo en otro ya existente.

### 3.2.7 Desarrollo del programa control numérico

Esta parte de desarrollo del programa del control numérico lo haremos por medio de dos prácticas (No. 3 y No. 4), las cuales pueden ejecutarse en el laboratorio de computación y con el *software* pertinente para el CNC BRIDGEPORT 2216.

### 3.2.7.1 Prácticas No. 3

## CARCASA PARA CÁMARA FOTOGRÁFICA

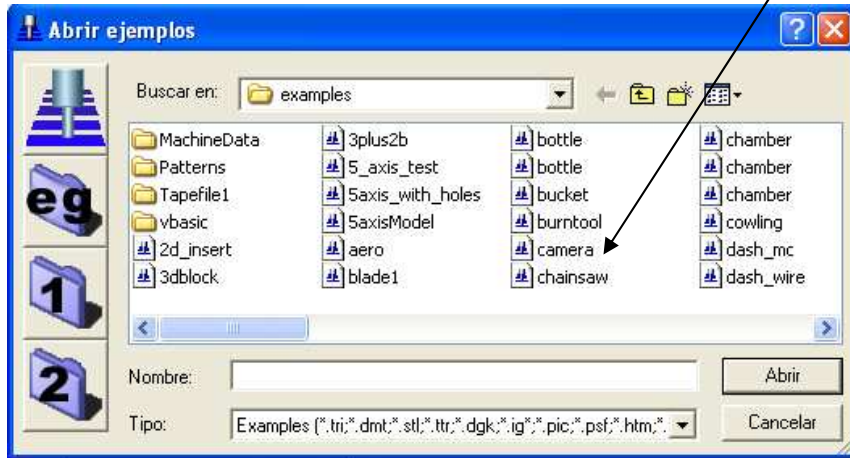
1. Abra el programa Power Mill métrico.
2. Con el *mouse* de un clic izquierdo en la opción fichero, en este momento se desplegará un formulario.



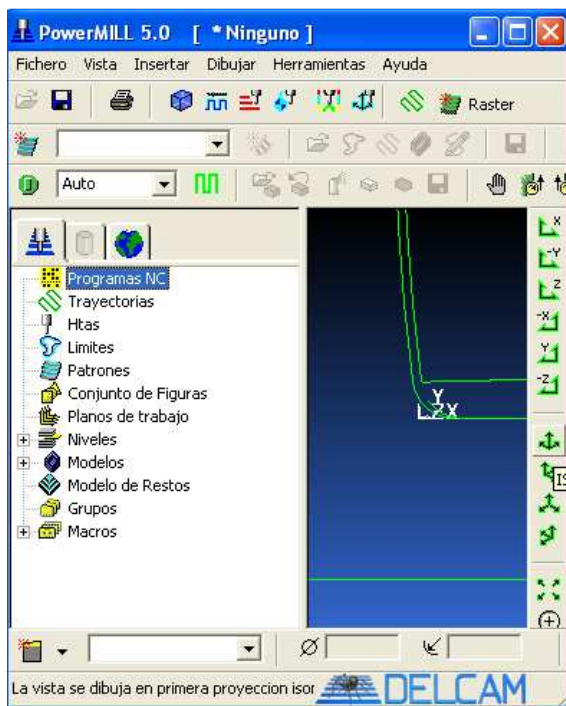
3. Seleccione ejemplos y a continuación se abrirá una nueva ventana.



4. Seleccione camera, haciendo doble clic con el botón izquierdo del ratón y aparecerá la carcasa de la cámara en la pantalla.



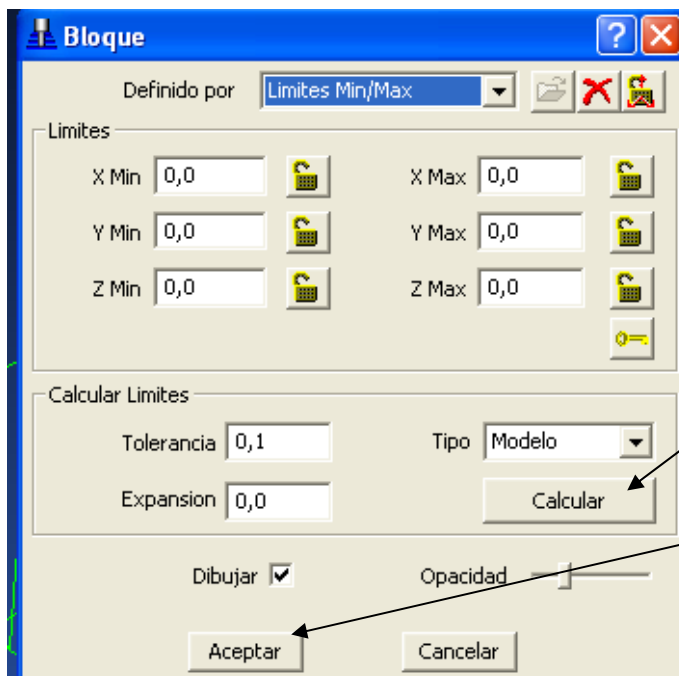
5. Presione ISO 1.



6. Presione el ícono bloque de trabajo en la barra de edición, entonces aparecerá un nuevo formulario.

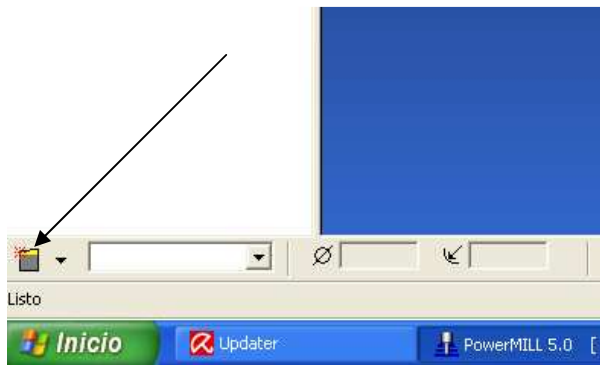


7. De un clic izquierdo en el botón de calcular y aparecerá un bloque gris (en 3D) envolviendo la carcasa. Seguidamente debe aceptar el cuadro.

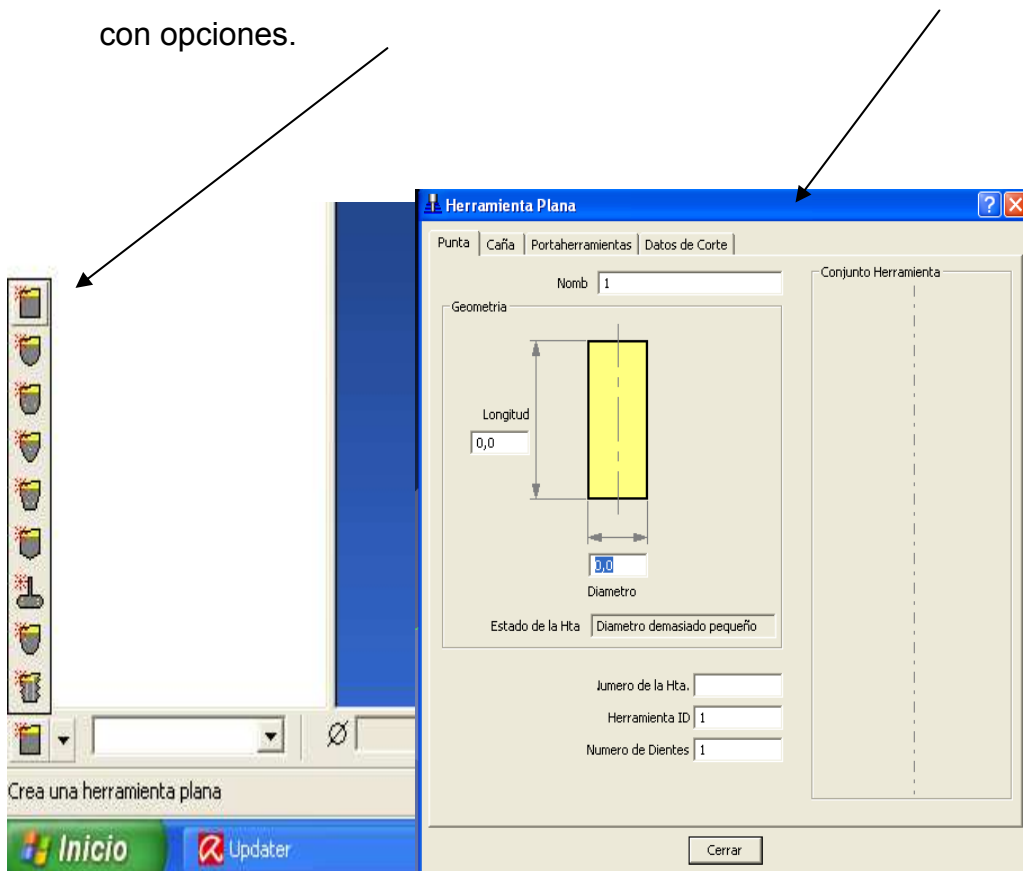




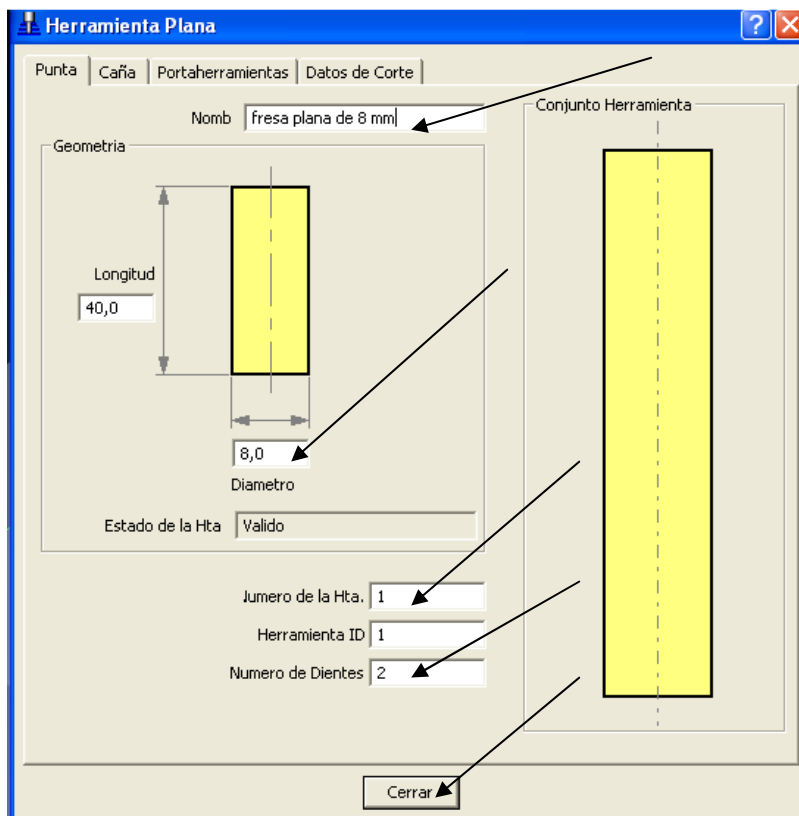
8. Presione el ícono para desplegar las opciones de herramientas que aparece en la parte inferior izquierda de la pantalla.



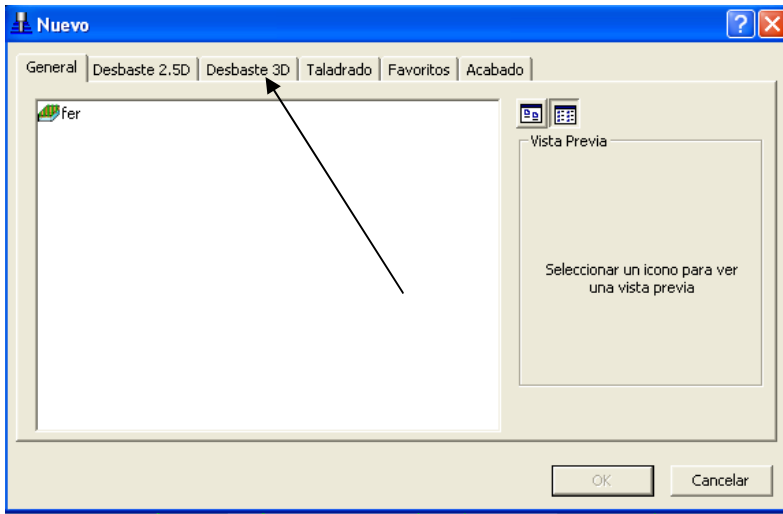
9. Presione el ícono de la primera herramienta (superior), la cual crea una herramienta plana; en este momento se desplegará una nueva pantalla con opciones.



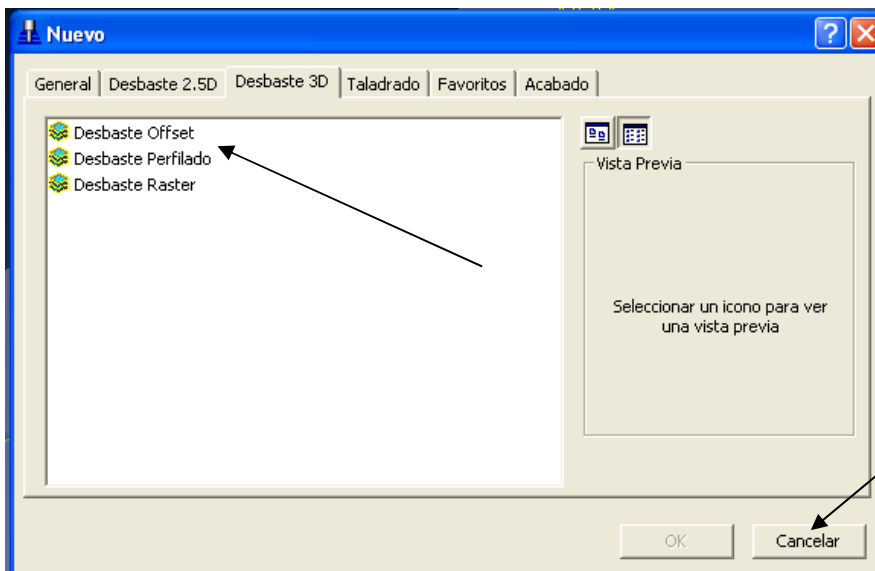
10. Ingrese un diámetro de 8 mm. En el número de herramienta coloque el número 1. En el número de dientes coloque 2. En el nombre coloque fresa plana de 8 mm (como aparece en la siguiente figura). Posteriormente haga clic en cerrar y aparecerá la herramienta sobre el bloque de trabajo. La longitud de la herramienta será asignada automáticamente por el programa.

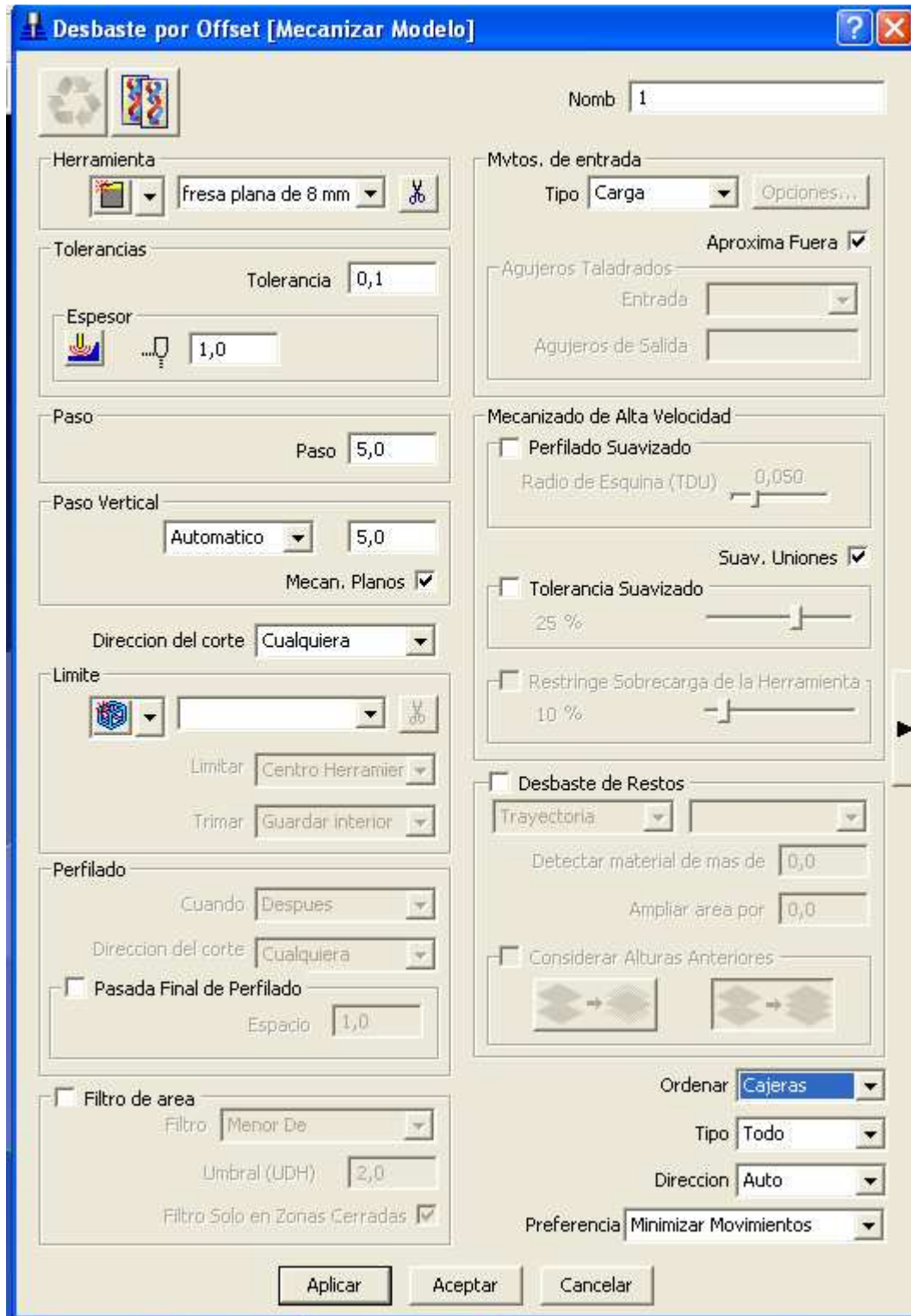


11. Presione el ícono de estrategias de trayectoria. A continuación se desplegará otra ventana con el nombre "nuevo". Presionar el icono del folder con nombre "desbaste 3D" y aparecerán 3 opciones (*offset*, *perfilado* y *raster*).

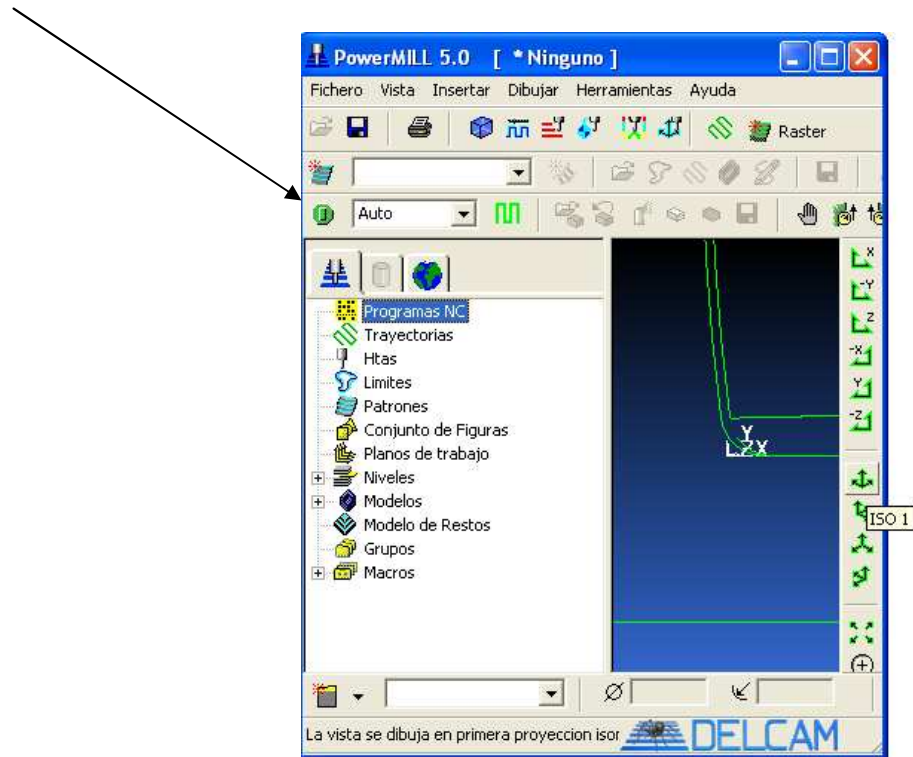


12. Hacer clic en la opción de desbaste *offset*. Se desplegará una nueva ventana. En este cuadro aparecerá ya indicada la fresa plana de 8 mm. Dele clic en aplicar y empezará a cargar, al terminar hacer clic en cancelar. Aparecerá la trayectoria de desbaste en el bloque de trabajo.

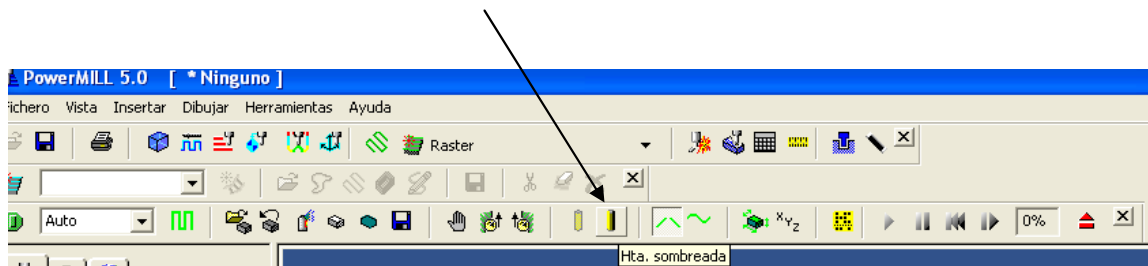


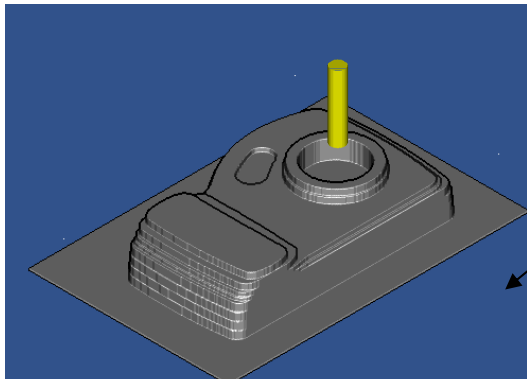
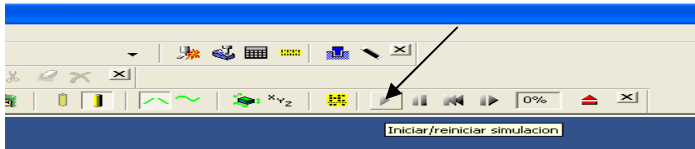


13. Seleccione el ícono de mostrar o no mostrar ventana ViewMill, entonces aparecerá un bloque sólido.



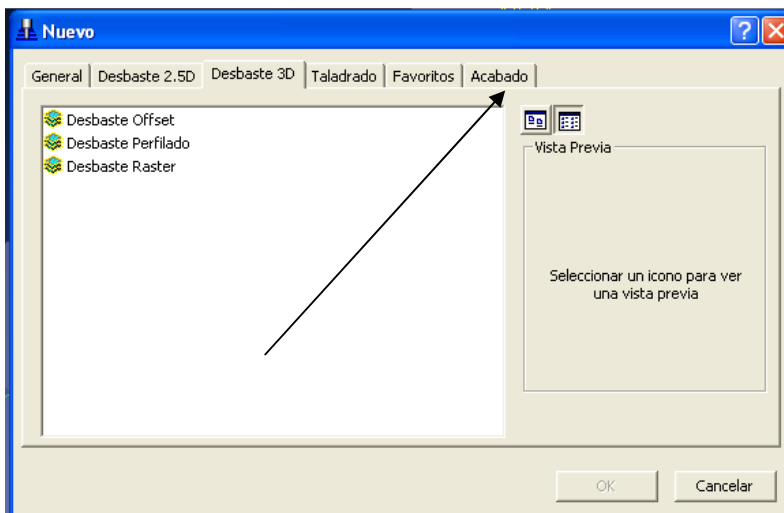
14. Presione el ícono de herramienta sombreada y aparecerá en la pantalla la herramienta plana de 8 mm. Seleccione el ícono de iniciar/reiniciar simulación (PLAY) y se iniciará la simulación del desbaste de la carcasa (según la figura).



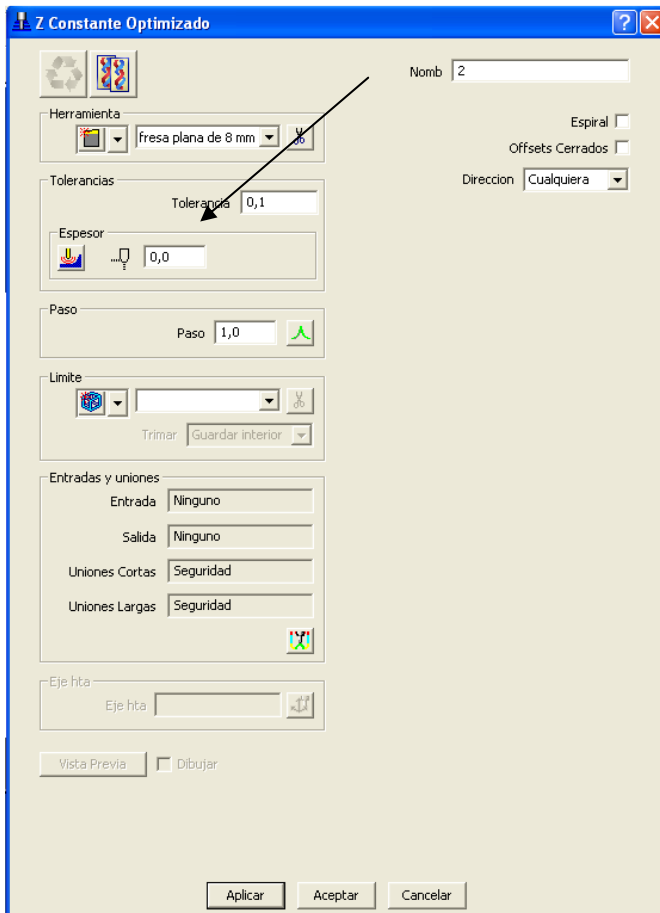
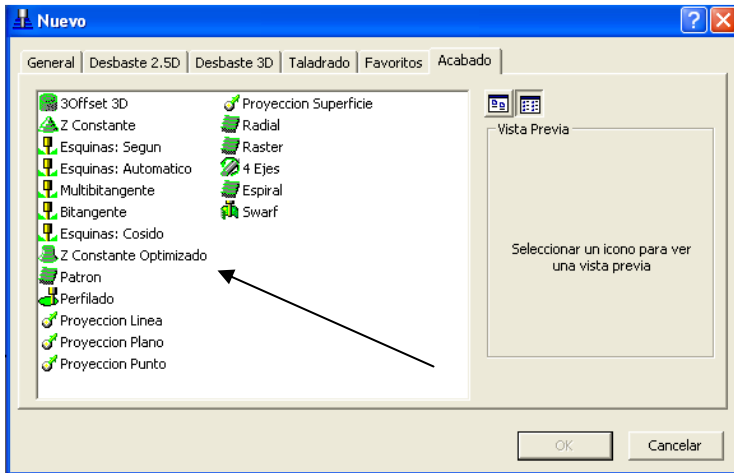


Desbaste de la carcasa.

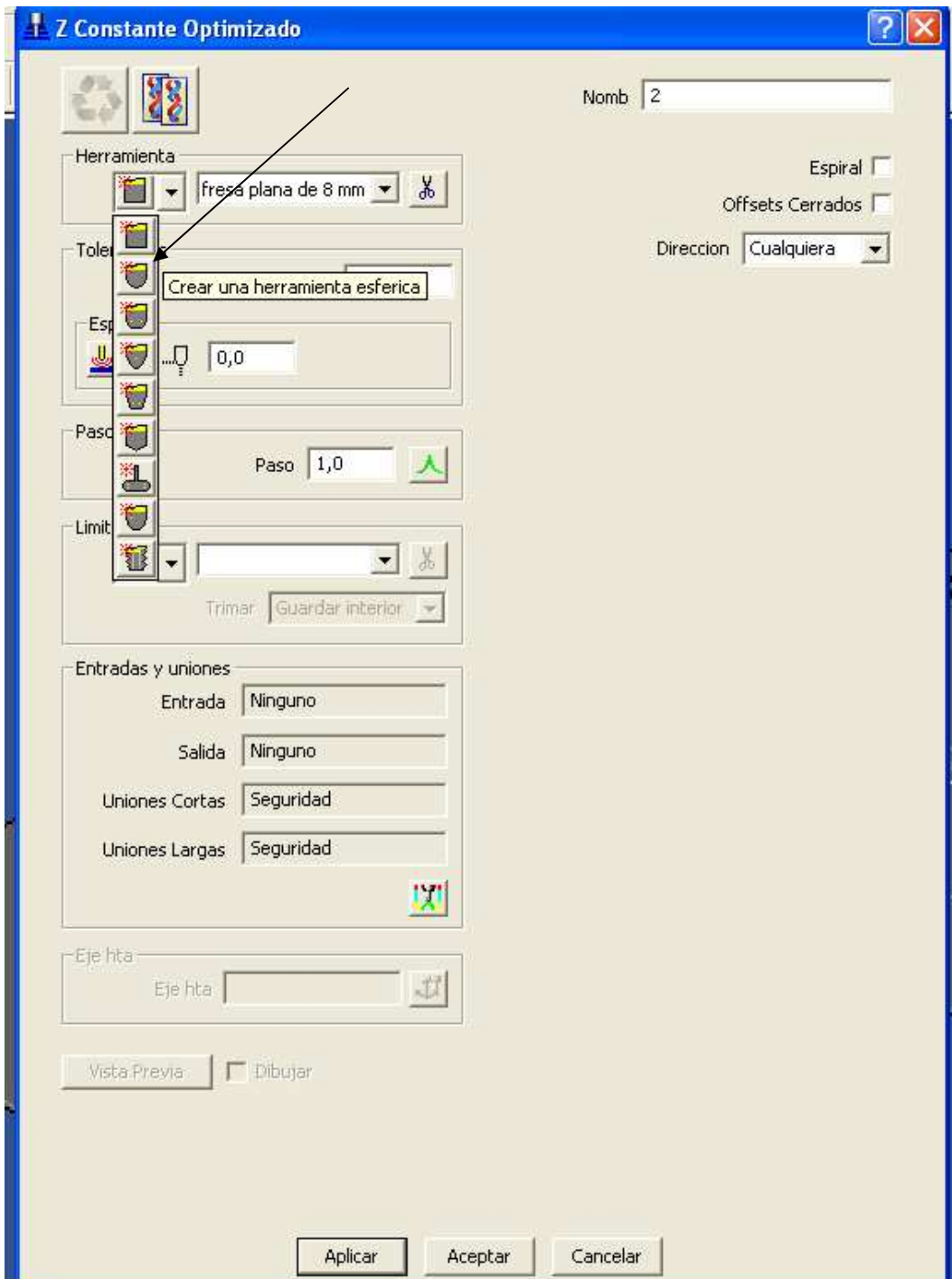
15. Haga click nuevamente en el ícono de estrategias de trayectoria y aparecerá un formulario nuevo con 3 opciones, ahora haga clic en el folder de acabado y a continuación se desplegará un formulario con opciones de desbaste de acabado.



16. Seleccione Z constante optimizado y aparecerá otro formulario con dicho nombre.



17. Seleccione el ícono para crear una herramienta y seleccione la herramienta esférica. Aparecerá otro formulario de nombre forma de la herramienta esférica.





Forma de la hta. esferica

Punta | Caña | Portaherramientas | Datos de Corte

Nomb 1

Geometria

Longitud 40,0

Diametro 3,0

Estado de la Hta Valido

Numero de la Hta. 1

Herramienta ID 1

Numero de Dientes 2

Conjunto Herramienta

Cerrar

18. Coloque un nuevo diámetro de herramienta de 6 mm y en el ícono de número de herramienta coloque herramienta No. 2. En el nombre escriba fresa esférica de 6 mm y cierre el formulario. Aparecerá indicada la fresa esférica de 6 mm en el formulario de Z constante optimizado.

Forma de la hta. esferica

Punta | Caña | Portaherramientas | Datos de Corte

Nomb fresa esferica de 6 mm

Geometria

Longitud 30,0

Diametro 6,0

Estado de la Hta Valido

Numero de la Hta. 2

Herramienta ID 1

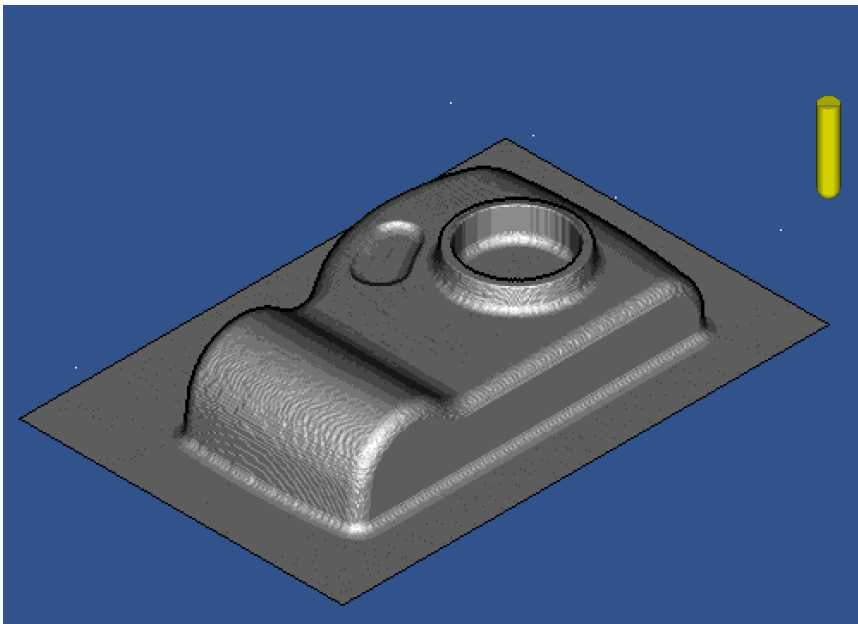
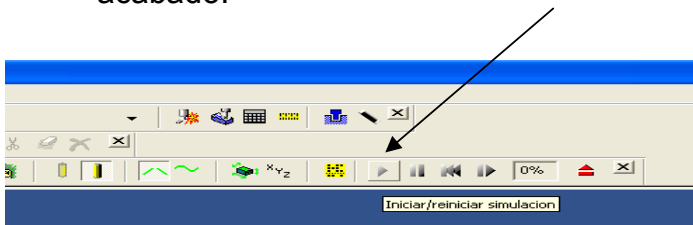
Numero de Dientes 2

Conjunto Herramienta

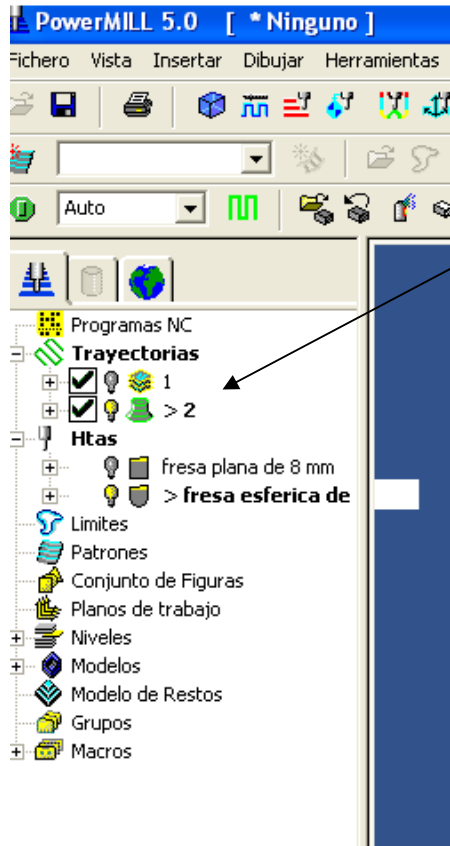
Cerrar

19. Seleccione la opción aplicar y después de haber hecho el proceso, seleccione la opción de cancelar. Con esto se ha desarrollado la trayectoria de acabado.

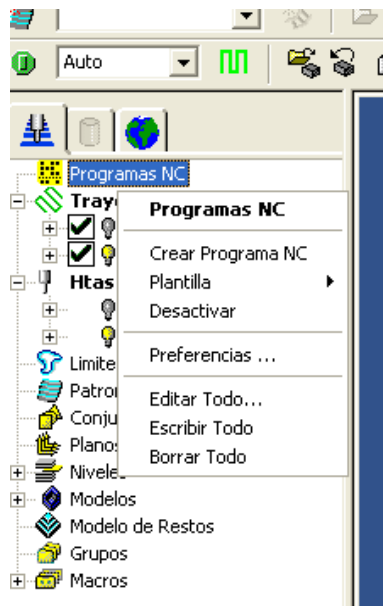
20. Seleccione el ícono de *play* para hacer la simulación de la trayectoria de acabado.



21. Seleccione el ícono + de trayectoria y de herramienta, entonces aparecerán las dos trayectorias que se hicieron y las dos herramientas que se configuraron.



22. Con el *mouse* se hace un clic derecho en la opción de programa NC.



23. Seleccione crear programa NC y aparecerá un formulario de nombre Programa NC: 1

Trayectoria	Numero	Diametro	Punta	Longitud	Saliente	Herramienta ID	Tipo
-------------	--------	----------	-------	----------	----------	----------------	------

24. Cambie en el formulario el fichero de salida, seleccionando el folder y aparecerá otro formulario con el nombre "seleccione fichero de salida".

Guardar en: temp

Nombre:

Tipo: NC Programs (\*.tap)

25. Seleccione guardar en mis documentos, después busque la carpeta con su nombre y su carnet previamente ingresados y selecciónelo. Ahora seleccionar el ícono de abrir y coloque el nombre del proyecto (Carcasa para Cámara) y guarde.



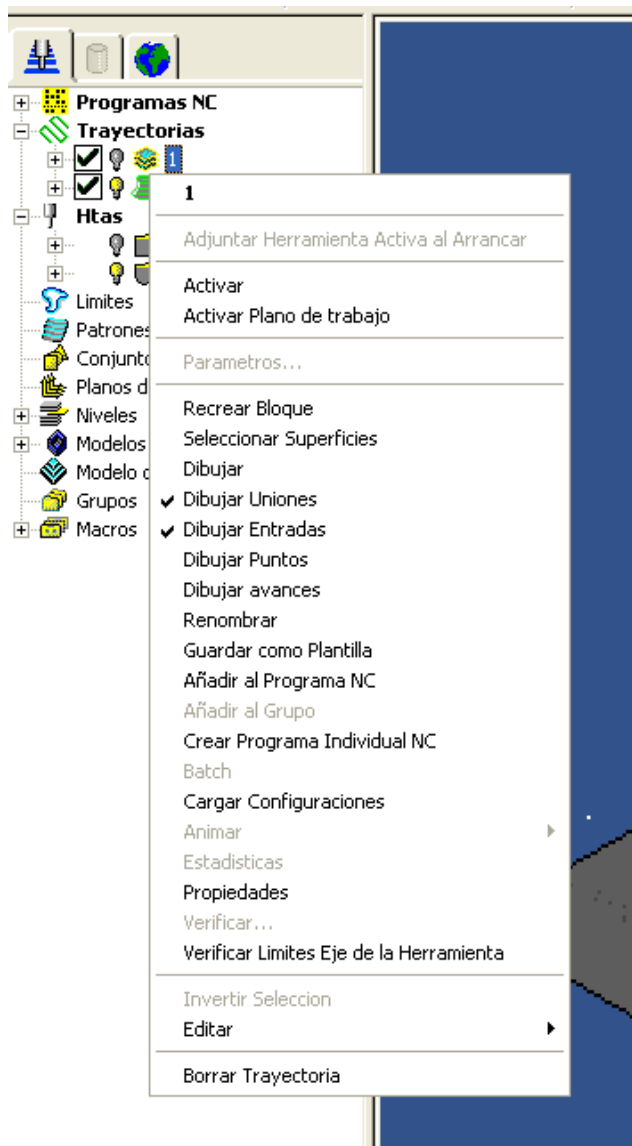
26. Se selecciona la opción de: "fichero de opción de máquina" en el Formulario Programa NC: 1 y aparecerá el formulario de opciones de máquina.



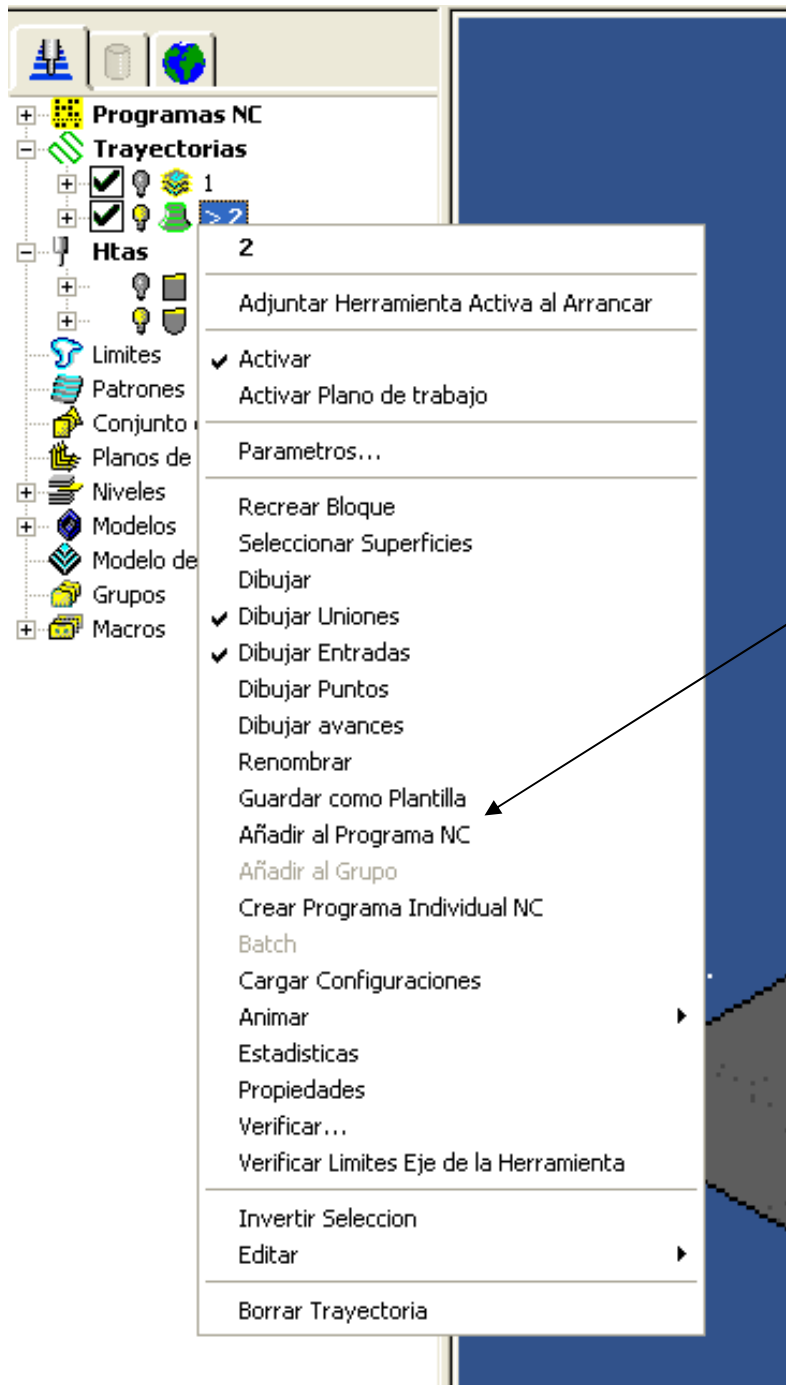
27. Seleccione la opción fanuc.opt y haga clic en abrir.

28. Cierre el formulario Programa NC: 1

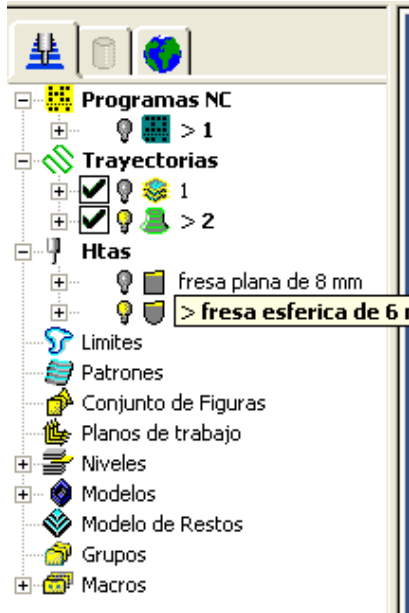
29. Con el *mouse* haga clic derecho en la trayectoria 1 y en el formulario que se despliega seleccione la opción de añadir al programa NC con un clic izquierdo.



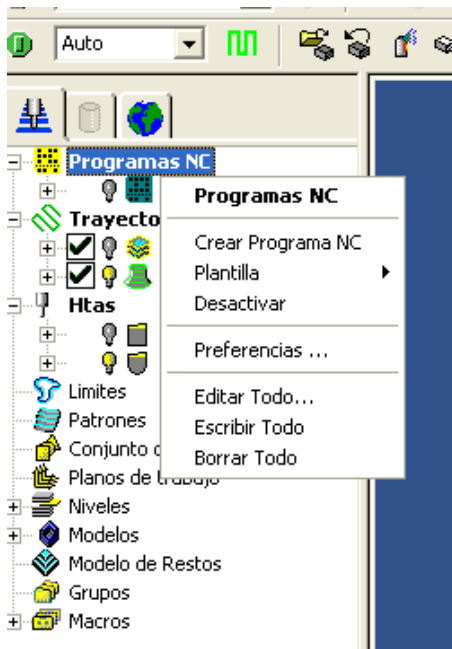
30. Con el mouse hacemos clic derecho en la trayectoria 2 y en el formulario que se despliega seleccionamos la opción de añadir al programa NC con un clic izquierdo.



31. Haga clic en el ícono + del programa NC y aparecerá el programa NC 1.

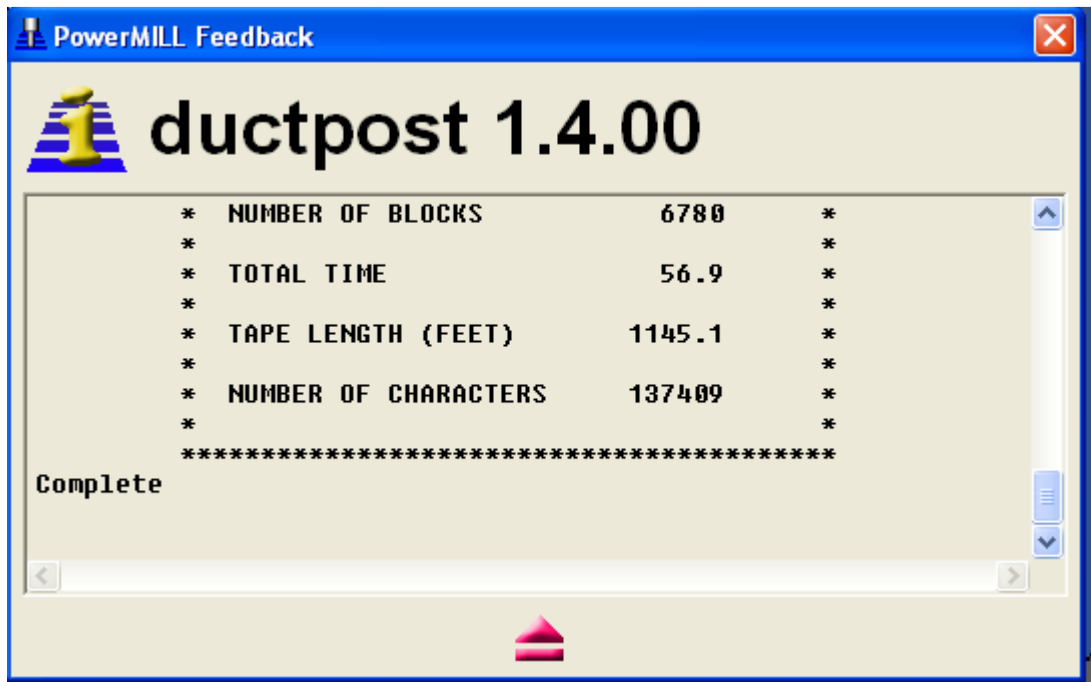


32. Con el *mouse* haga clic derecho a programas NC, ahora se desplegará un nuevo formulario y seleccione la opción escribir todo. Entonces aparecerá otro formulario donde se ha creado el programa NC.

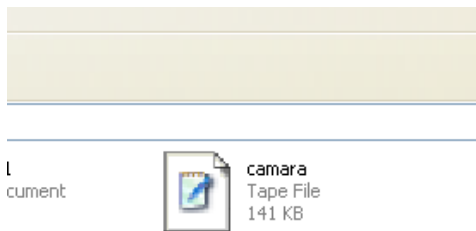




33. Dele clic seleccionado la flecha roja para cerrar el diálogo, hágalo de nuevo.



34. Minimice el programa PowerMILL y busque la carpeta con sus datos. Encuentre el archivo cámara.tape y abra el documento haciendo doble clic y se desplegará el programa NC (como el que se muestra en la página siguiente).



```

camara - WordPad
Archivo Edición Ver Insertar Formato Ayuda
[Icons]
%
:0001
N10G91G28X0Y0Z0
N20G40G17G80G49
N30G0G90Z40.759
N40T1M6
N50G54G90
N60( Nombre de trayec.: 1,000)
N70( Salida:)
N80( UNIDADES: MILIMETROS)
N90( COORDENADAS DE HTA: PUNTA)
N100( REFRIGERANTE: ACTIVADO)
N110( NUM. DE HTA.: 1)
N120( Bloque:)
N130( MIN X: -25)
N140( MIN Y: -19,4)
N150( MIN Z: -0,00876618)
N160( MAX X: 155)
N170( MAX Y: 100,6)
N180( MAX Z: 30,7594)
N190( SISTEMA COORDENADAS: PLANO DE TRABAJO)
N200( Origen - Hta. Torica:)
N210( X: 65,000)
N220( Y: 40,600)
N230( Z: 40,759)
N240( Herramienta: ENDMILL)
N250( Longitud de la herramienta necesaria: 40,000)
N260( Herramienta ID: fresa plana de 8 mm)
N270( Numero de Dientes: 2)
N280( DIAMETRO: 8)
N290( Seguridad:)
N300( Movimientos Corte Herramienta: No Colisiones Seguridad)
N310( Entrada Herramienta: No Colisiones Seguridad)
N320( Uniones Herramienta: No Colisiones Seguridad)
N330( Movimientos Corte Portaherramientas: Colisiones No Verificadas)
N340( Entradas Portaherramientas: Colisiones No Verificadas)
N350( Uniones Portaherramientas: Colisiones No Verificadas)
N360( Trayectoria : OFFSET Roughing)
N370( PASO: 5)
N380( TOLERANCIA: 0,1)
N390( ESPESOR: 1)
N400( Estadísticas de trayectoria:)
N410( LONGITUD: 28492,3)
N420( TIEMPO: 0/54/42)
N430( LEVANTADAS: 16)
N440X159.2Y75.364S1500M3
N450G43Z35.759H1M8
N460G1Z27.109F500

```

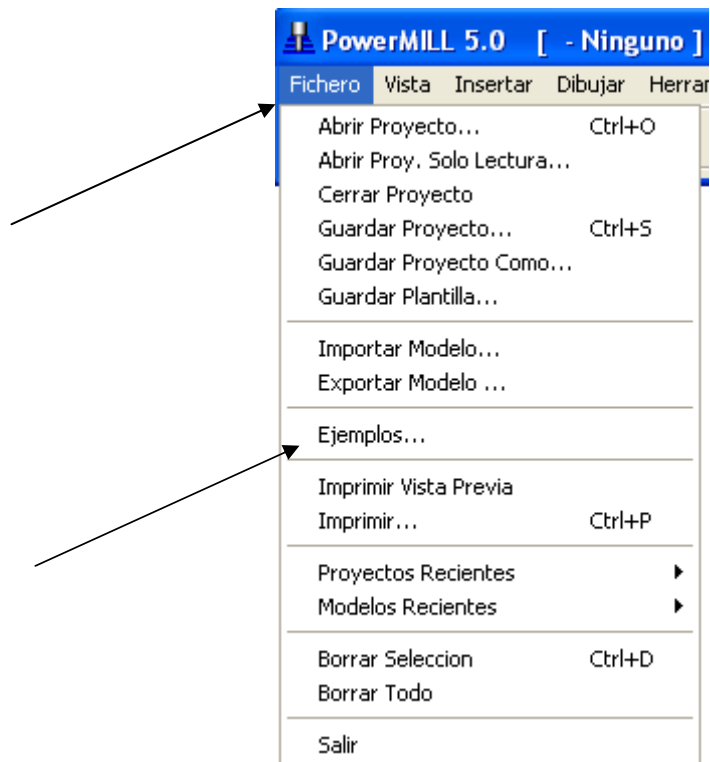
### 3.2.7.2 Prácticas No. 4

## CARCASA PARA TELÉFONO DE PLANTA

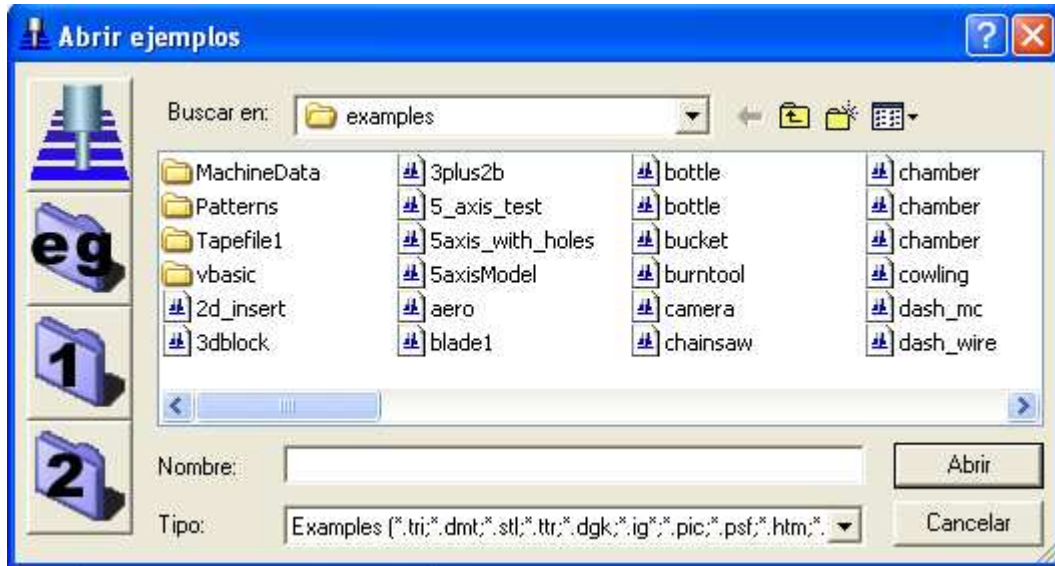
1. Abra el programa PowerMill métrico



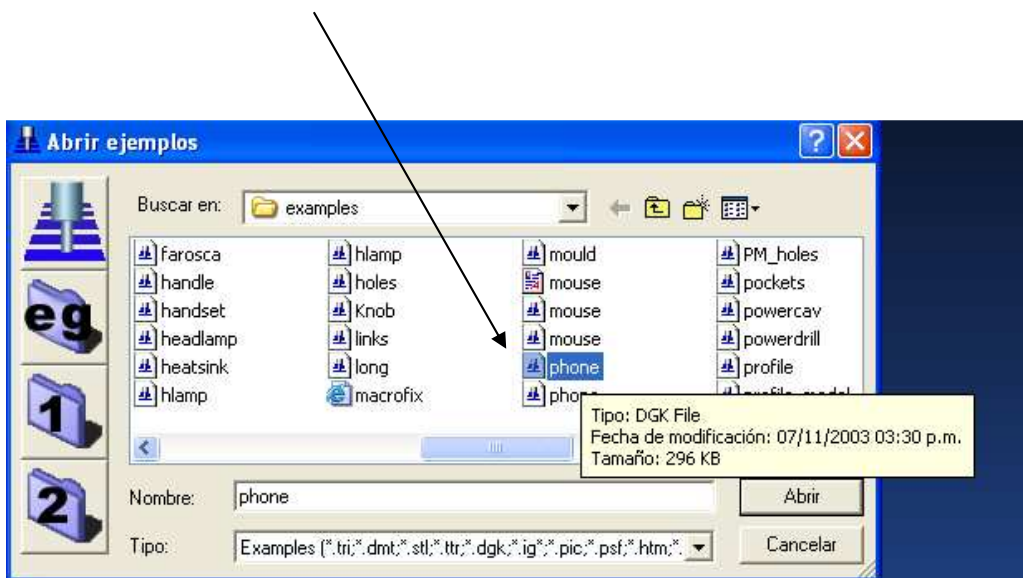
2. Con el mouse de un clic izquierdo a la opción fichero. Se desplegará un submenú.



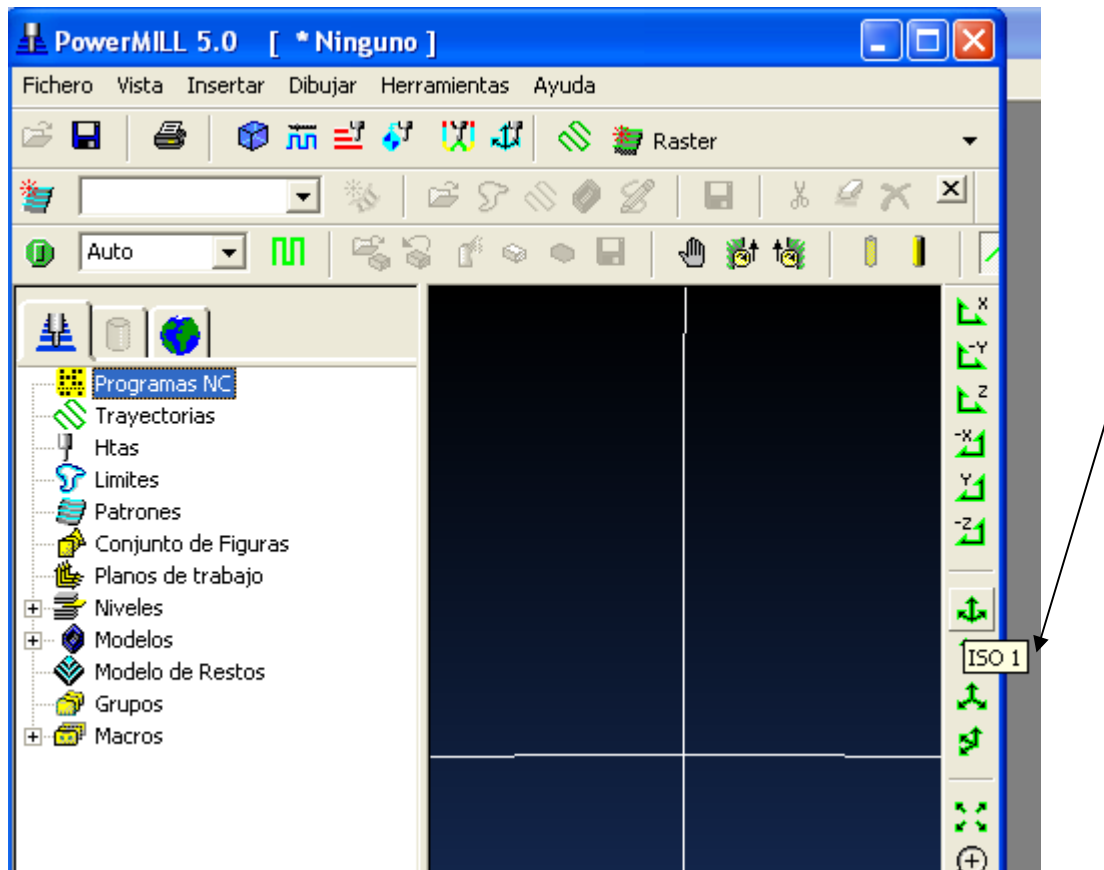
3. Seleccione ejemplos y a continuación se abrirá una nueva ventana



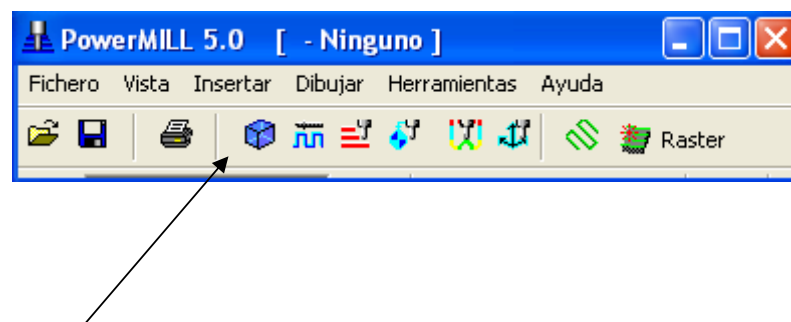
4. Seleccionar pone (archivo DGK) haciendo doble clic con el botón izquierdo del ratón y aparecerá la carcasa de la cámara en la pantalla



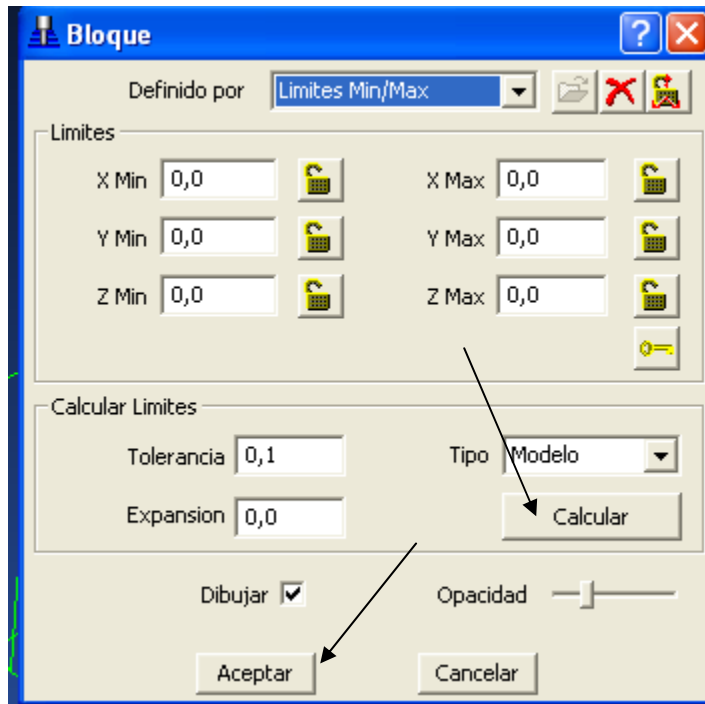
5. Presione ISO 1.



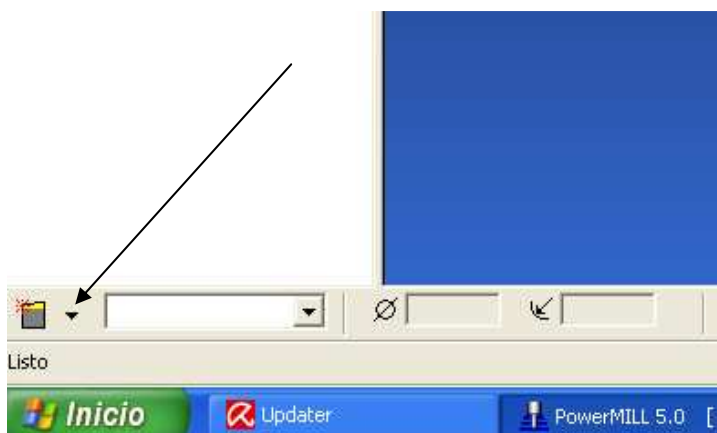
6. Presione el ícono bloque de trabajo en la barra de edición, entonces aparecerá una nueva ventana.



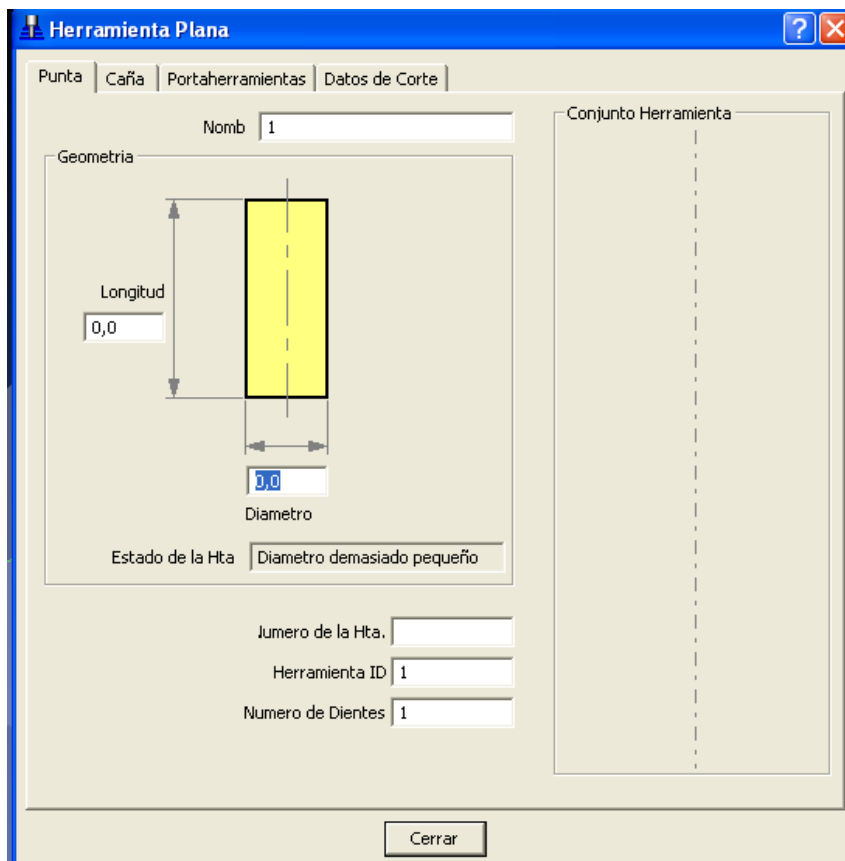
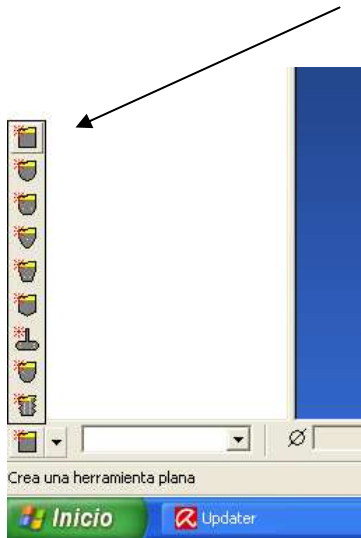
- De clic izquierdo en el botón de calcular y aparecerá un bloque gris (en 3D) envolviendo la carcasa. Dele aceptar en el cuadro inferior.



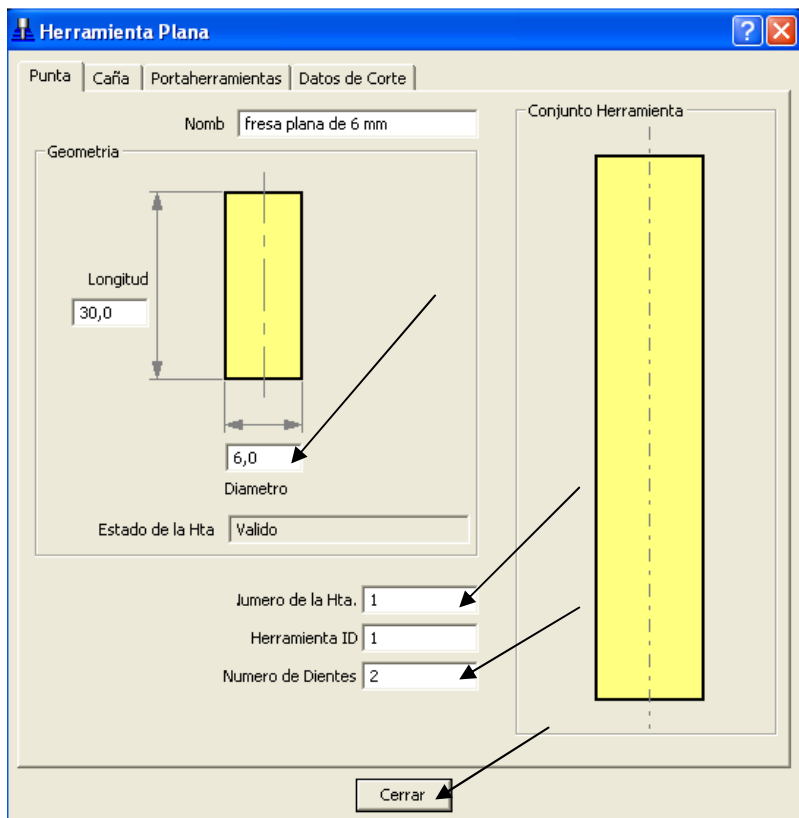
- Presione el ícono para desplegar las opciones de herramientas que aparece en la parte inferior izquierda de la pantalla.



9. Presione el ícono de la primera herramienta (superior) que crea una herramienta plana. Se desplegará una nueva pantalla con opciones.



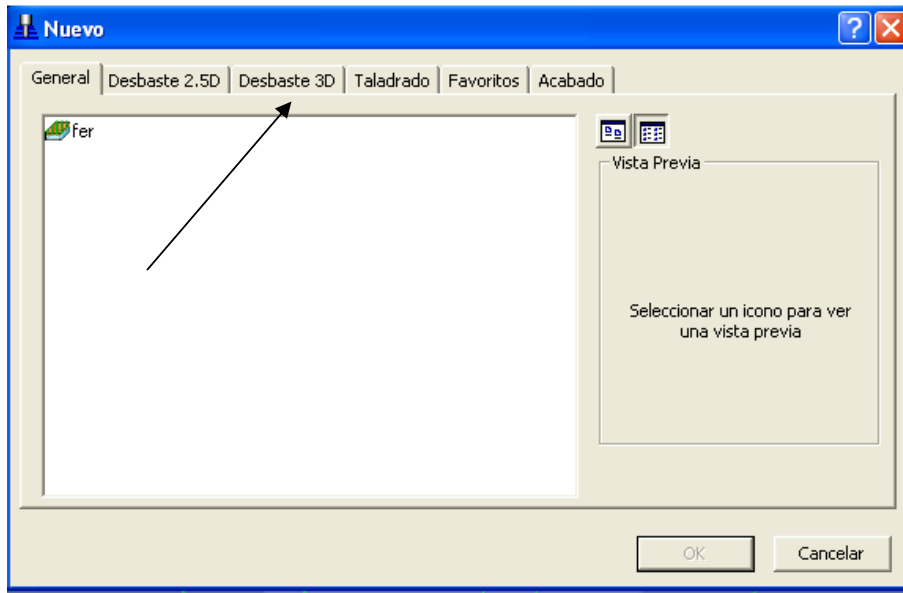
10. Ingrese un diámetro de 6 mm. En el número de herramientas coloque la número 1. En número de dientes coloque 2. En nombre póngale fresa plana de 6 mm. Posteriormente haga clic en cerrar y en ese momento aparecerá la herramienta sobre el bloque de trabajo



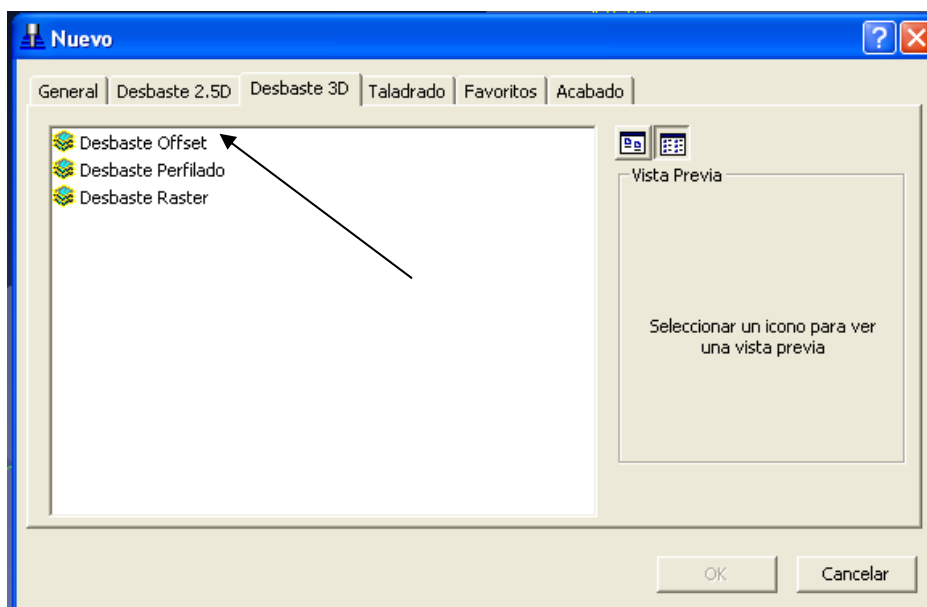
11. Presione el ícono de estrategias de trayectoria y se desplegará otra ventana con el nombre "nuevo". Presione el ícono del folder con nombre "desbaste 3D" y aparecerán 3 opciones (offset, perfilado y raster).

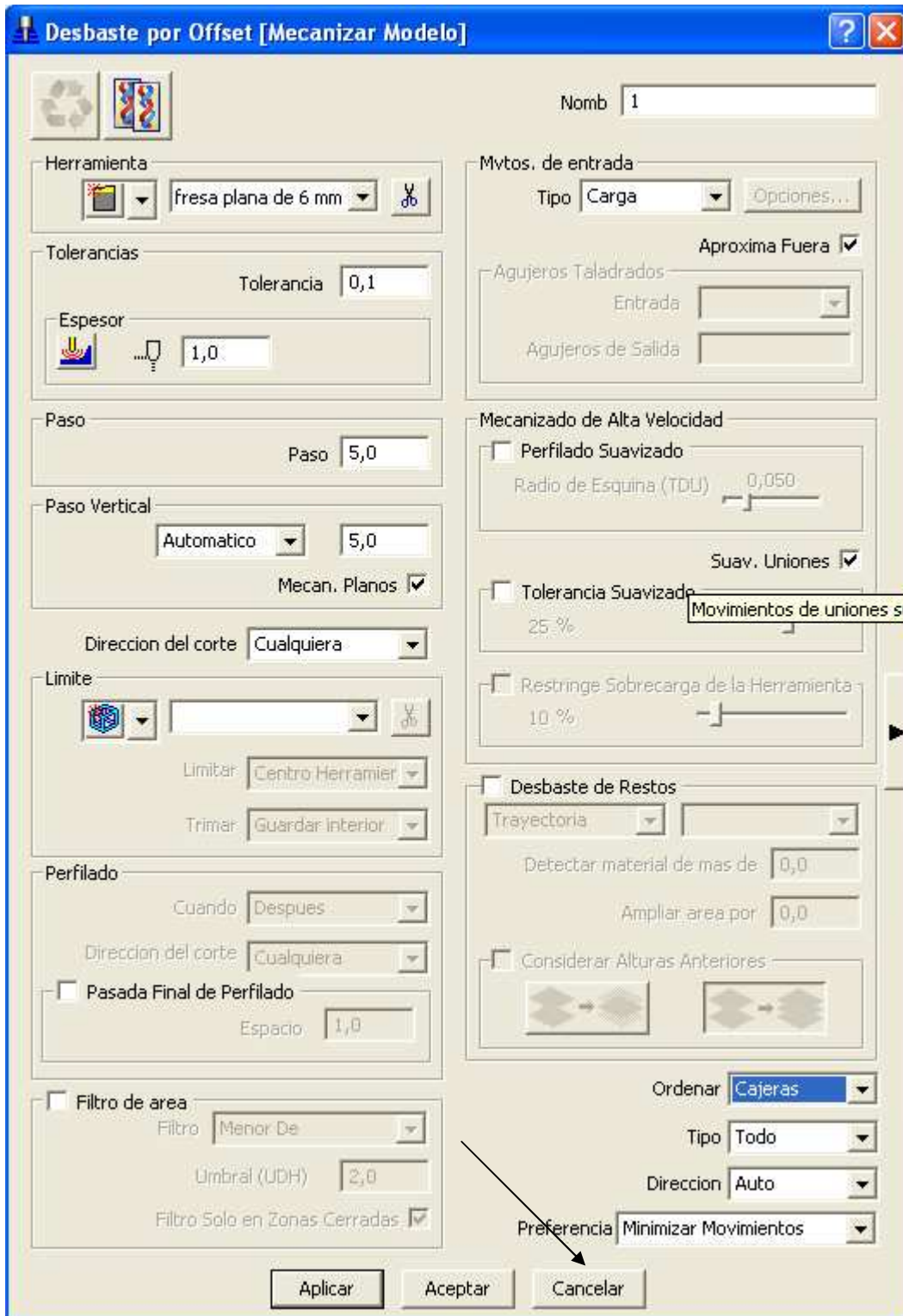


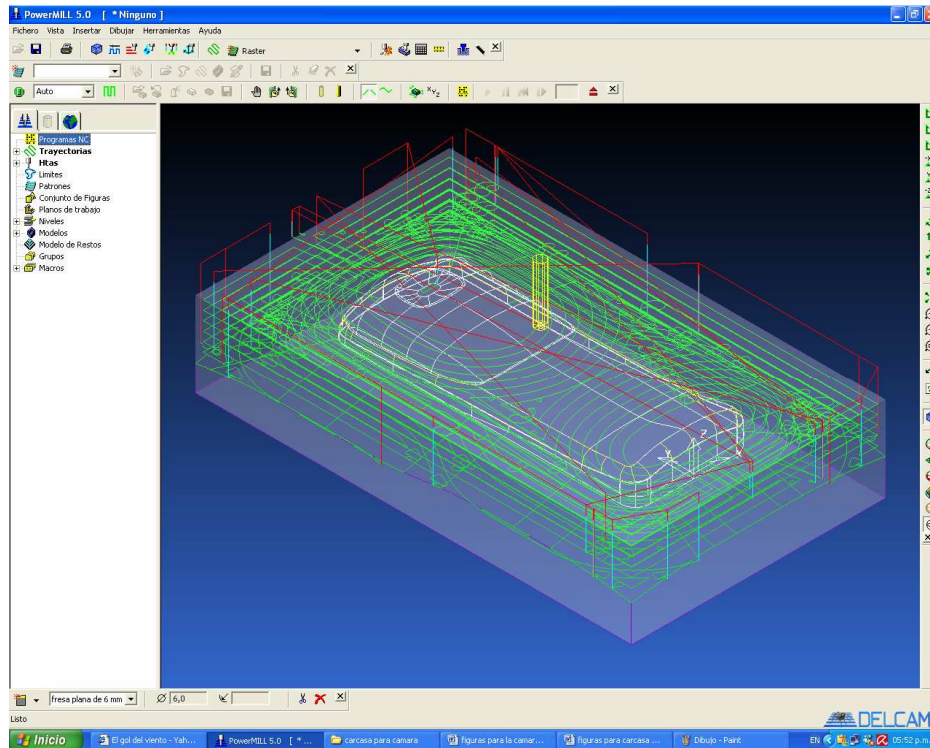




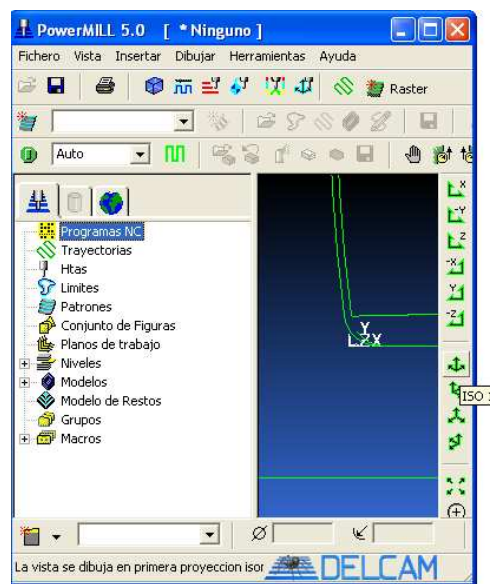
12. Haga clic en la opción de desbaste *offset*. Se desplegará una nueva ventana. En este cuadro aparecerá ya indicada la fresa plana de 6 mm. Dele clic en aplicar (empezará a cargar) al terminar haga clic en cancelar. Aparecerá la trayectoria de desbaste en el bloque de trabajo.



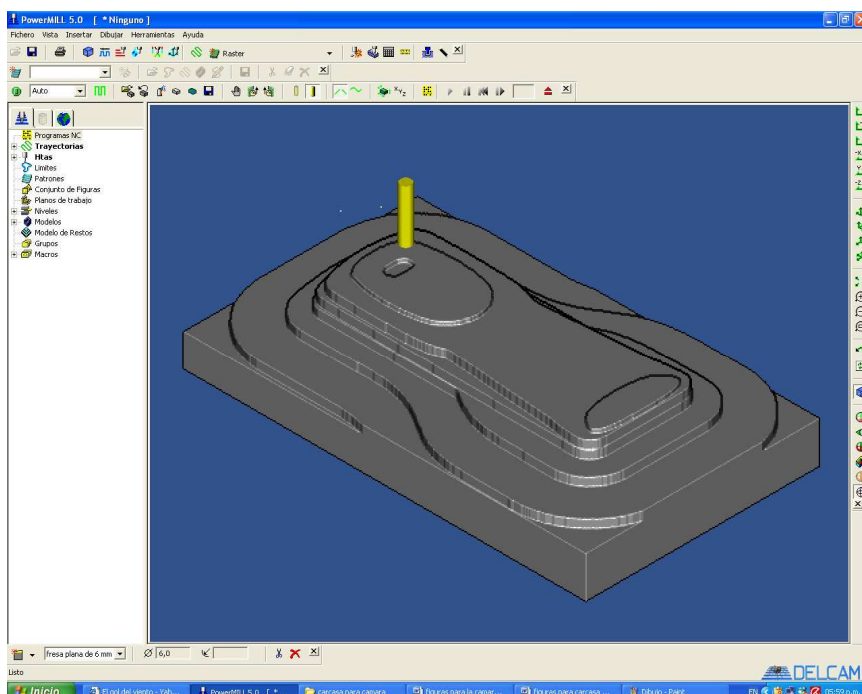
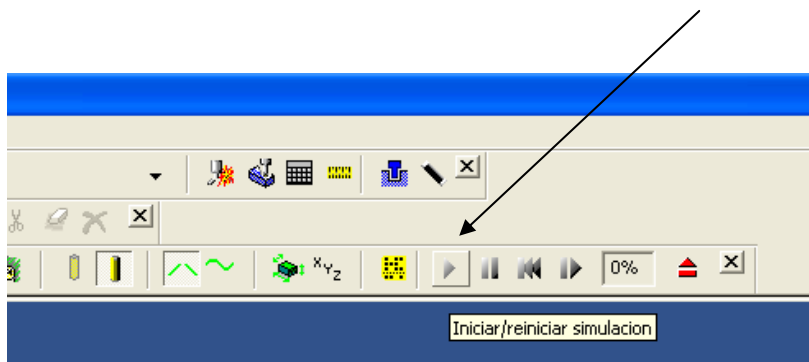
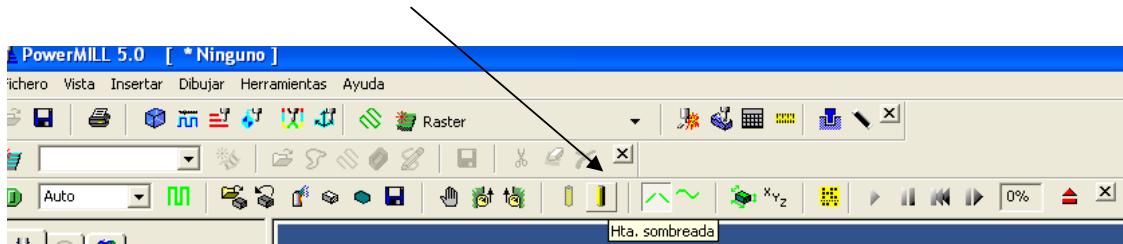




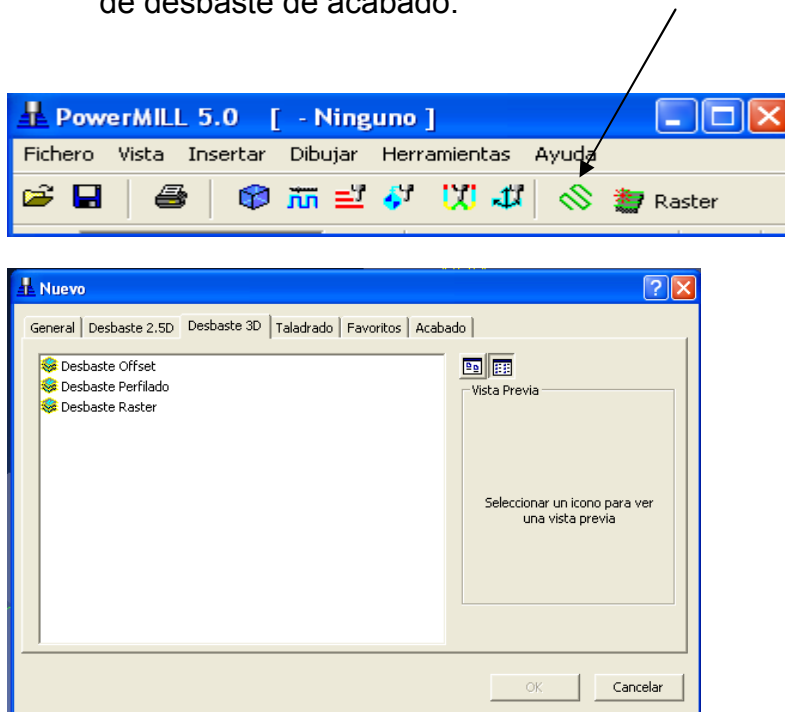
13. Seleccione el ícono de mostrar o no mostrar ventana ViewMill, entonces aparecerá un bloque sólido.



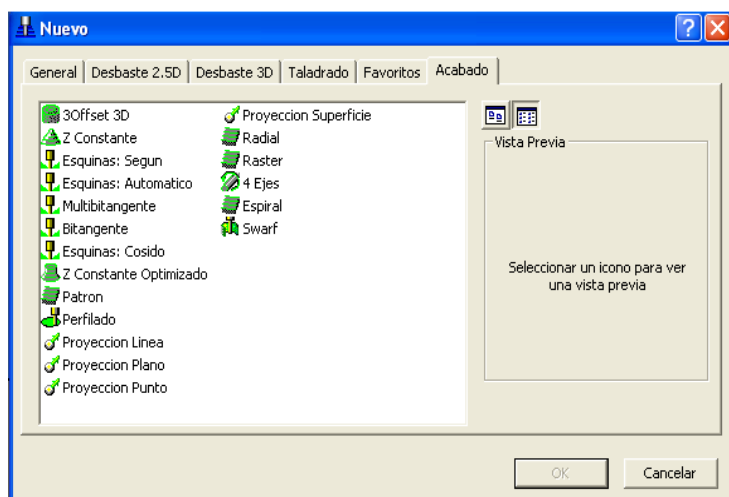
14. Presione el ícono de herramienta sombreada y aparecerá en la pantalla la herramienta plana de 6 mm. Seleccione el ícono de iniciar/reiniciar simulación (PLAY) y se iniciará la simulación del desbaste de la carcasa.

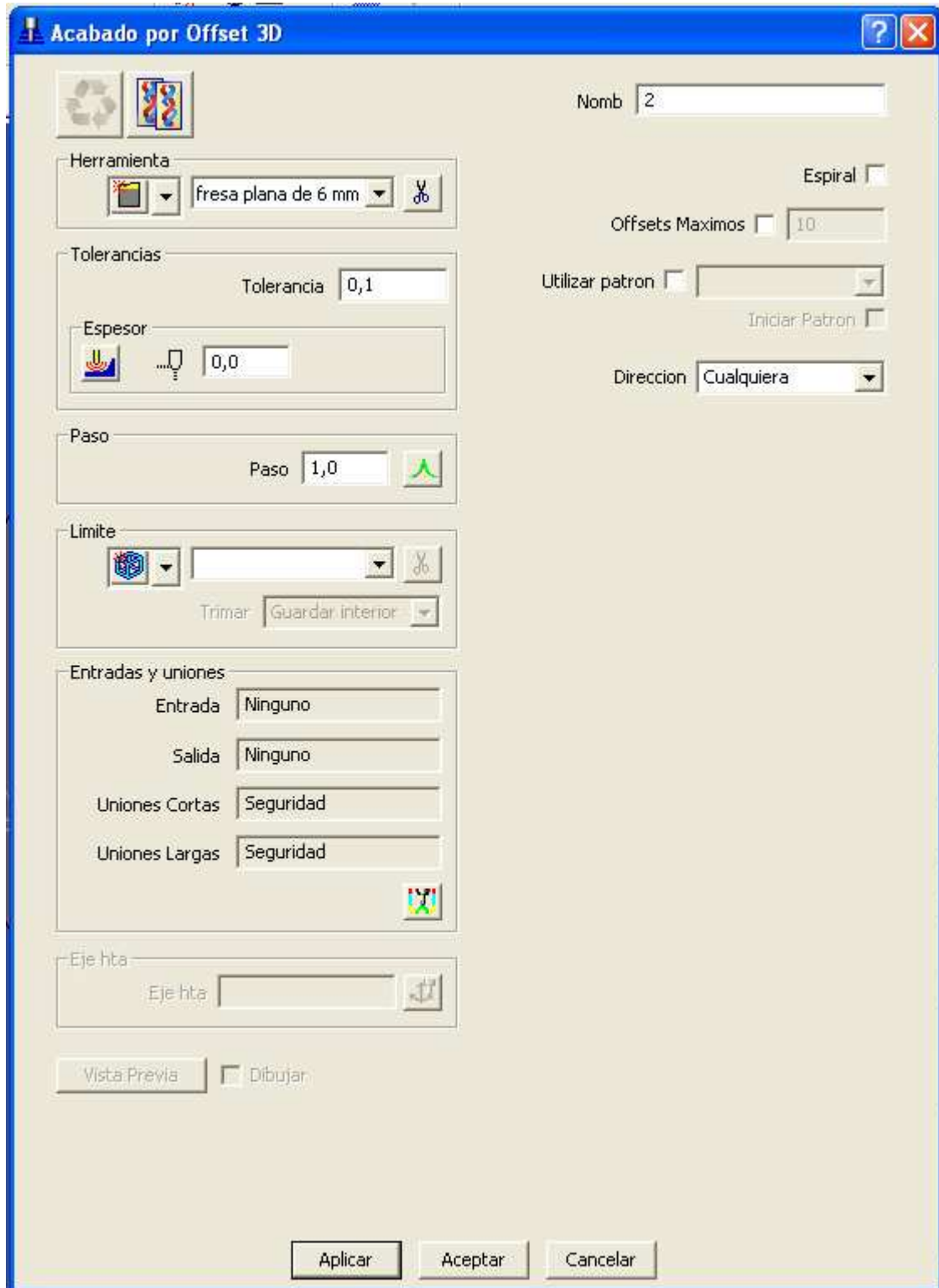


15. Haga clic nuevamente en el ícono de estrategias de trayectoria y aparecerá un formulario nuevo con varias opciones, haga clic en el folder de acabado y a continuación se desplegará un formulario con opciones de desbaste de acabado.

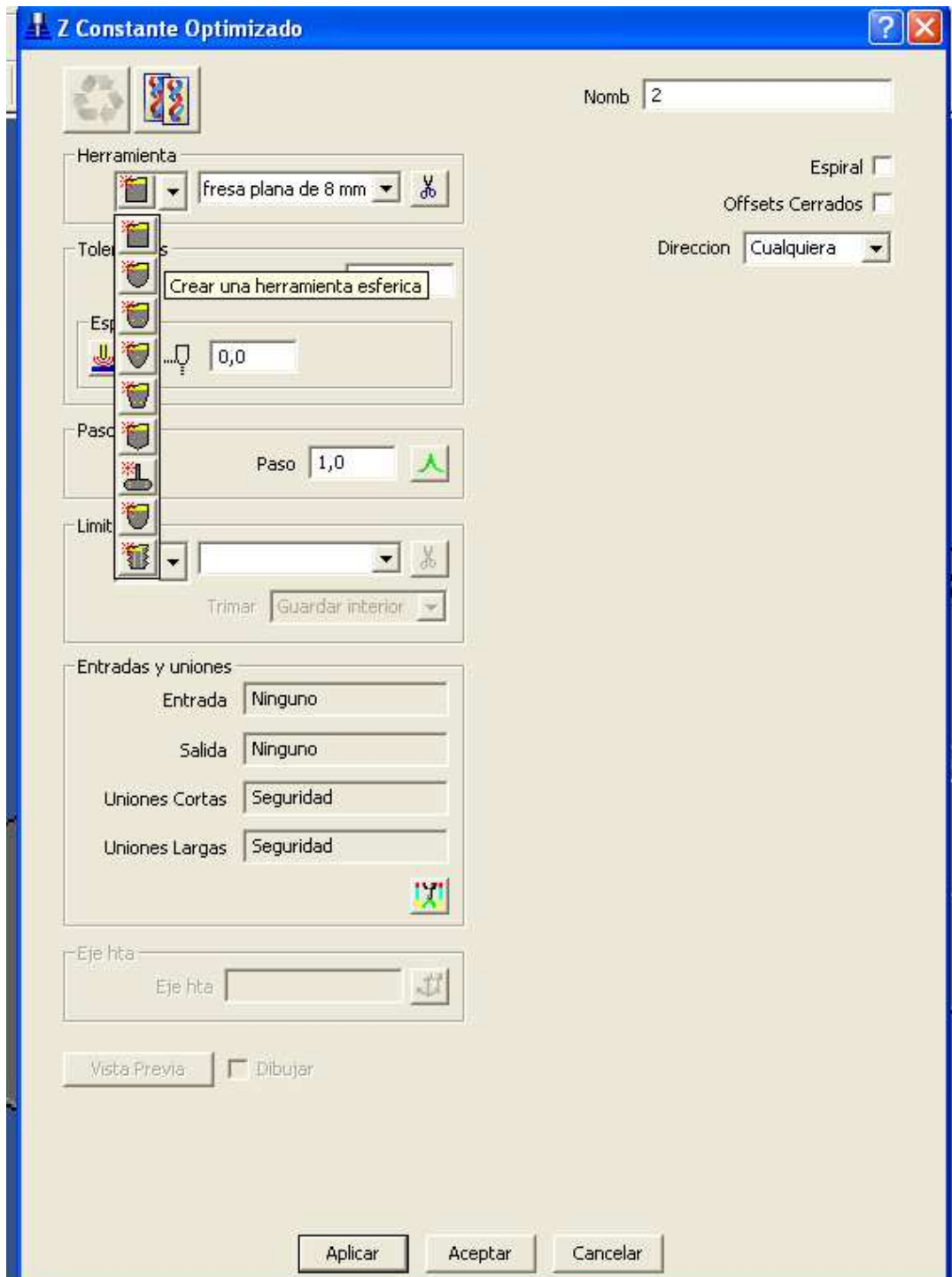


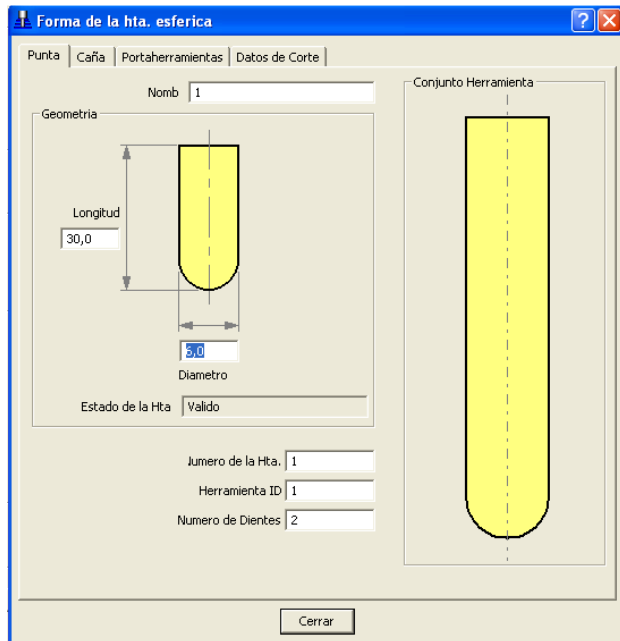
16. Seleccionar Offset 3D y aparecerá otro formulario con dicho nombre.



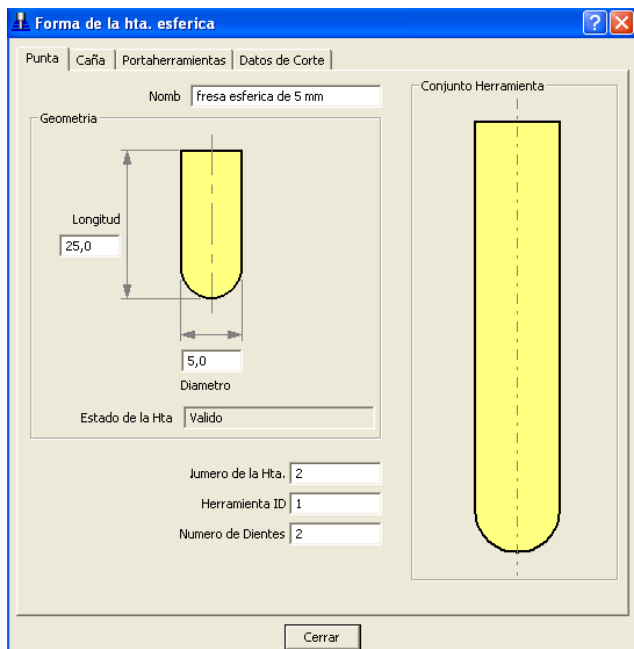


17. Seleccione el ícono para crear herramienta y seleccione la herramienta esférica. Aparecerá otro formulario de nombre "forma de la herramienta esférica".



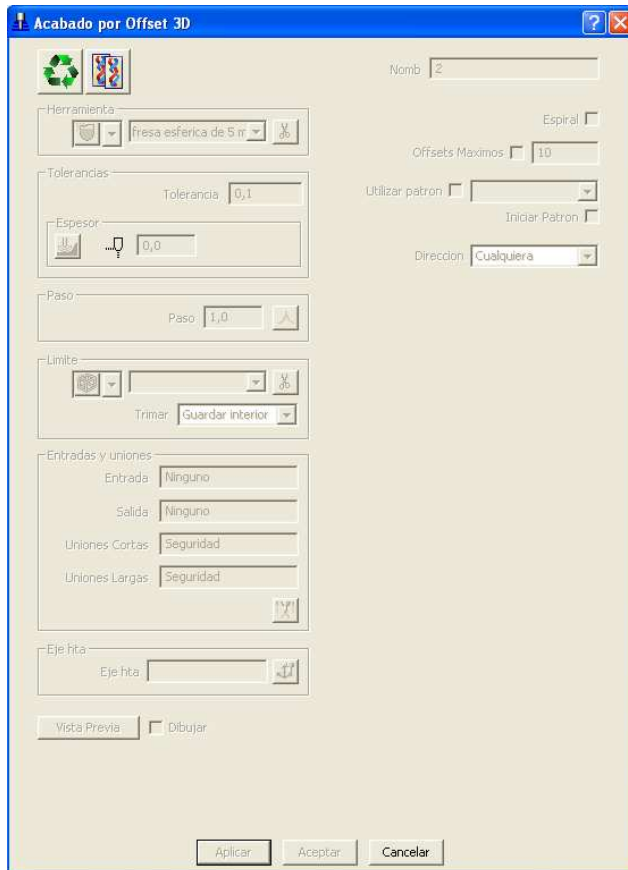


18. Coloque un nuevo diámetro de herramienta de 5 mm y en el ícono de número de herramienta coloque herramienta No. 2. En el nombre escriba fresa esférica de 5 mm y cierre el formulario. En este momento aparecerá en el formulario de Offset 3D y la fresa esférica de 5 mm.

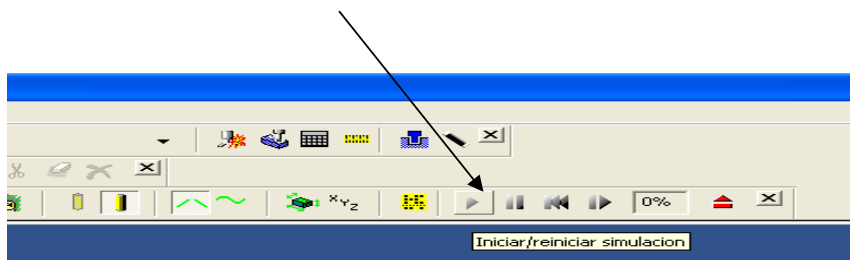


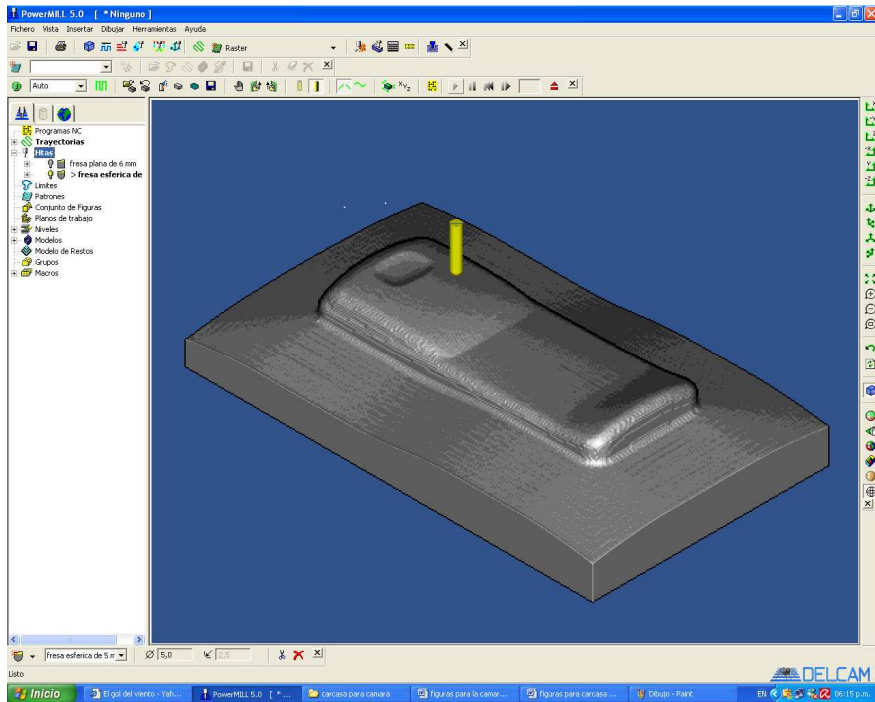


19. Seleccione la opción aplicar, y después de haber hecho el proceso, seleccione la opción de cancelar; con esto se ha desarrollado la trayectoria de acabado.

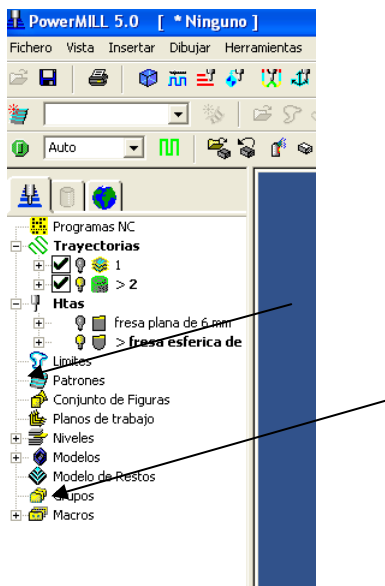


20. Seleccione el ícono de play para hacer la simulación de la trayectoria de acabado. Según la figura.

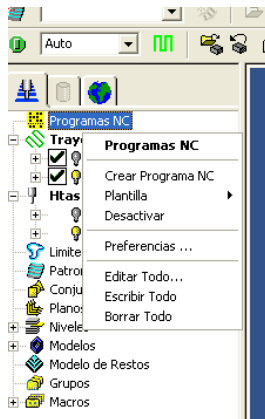




21. Seleccione el ícono + de trayectoria y de herramienta y aparecerán las dos trayectorias que se hicieron y las dos herramientas que se configuraron.



22. Con el mouse haga clic derecho en la opción de programa NC.



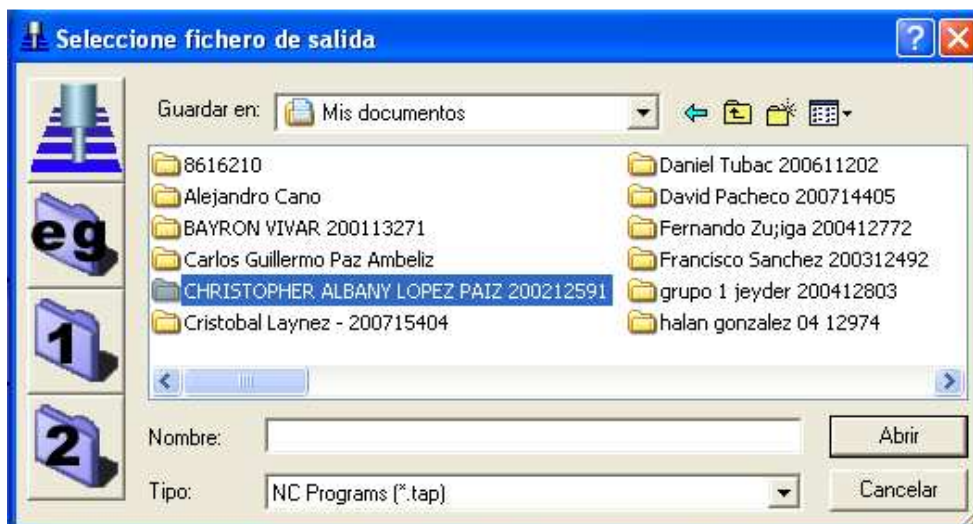
23. Seleccione crear programa NC y aparecerá un formulario con nombre Programa NC: 1.

A screenshot of the 'Programa NC : 1' dialog box. The dialog contains several input fields and dropdown menus for configuring a CNC program. The fields are: 'Nomb' (1), 'Fichero de Salida' (C:/temp/[ncprogram].tap), 'Fichero Opc. Maquina' (standard), 'Salida P. de Trabajo' (dropdown), 'Nombre de la pieza' (1), 'Compensacion Maquina 3D' (Desar), 'Ref. de Hta.' (Punta), 'Alineacion Autom. de Hta.' (Activ), and 'Mytos. Conexion' (Mover, Rotar). Below these is a table with columns: Trayectoria, Numero, Diametro, Punta, Longitud, Saliente, Herramienta ID, and Tipo. At the bottom are buttons for 'Resetear', 'Cambio Hta' (dropdown), 'Numerar Hta' (dropdown), and a section for 'Herramienta' (Numero de la Hta., Longitud Hta., Herramienta ID), 'Compensacion de Hta' (Longitud, Radio), 'Ajustar por Arcos', 'Refrigerante', 'Salida de Ciclo de Taladrado', and 'Comentarios...'. The 'Fichero de Salida' field is at the bottom left, and buttons 'Escribir', 'Aplicar', 'Aceptar', and 'Cerrar' are at the bottom.

24. Cambie en el formulario el fichero de salida, seleccionando el folder y aparecerá otro formulario de nombre seleccione fichero de salida.



25. Seleccione guardar en mis documentos, después busque la carpeta con su nombre y su carnet previamente ingresados y selecciónelo. Seleccione el ícono de abrir y coloque el nombre del proyecto (Carcasa para teléfono de planta) y guarde.



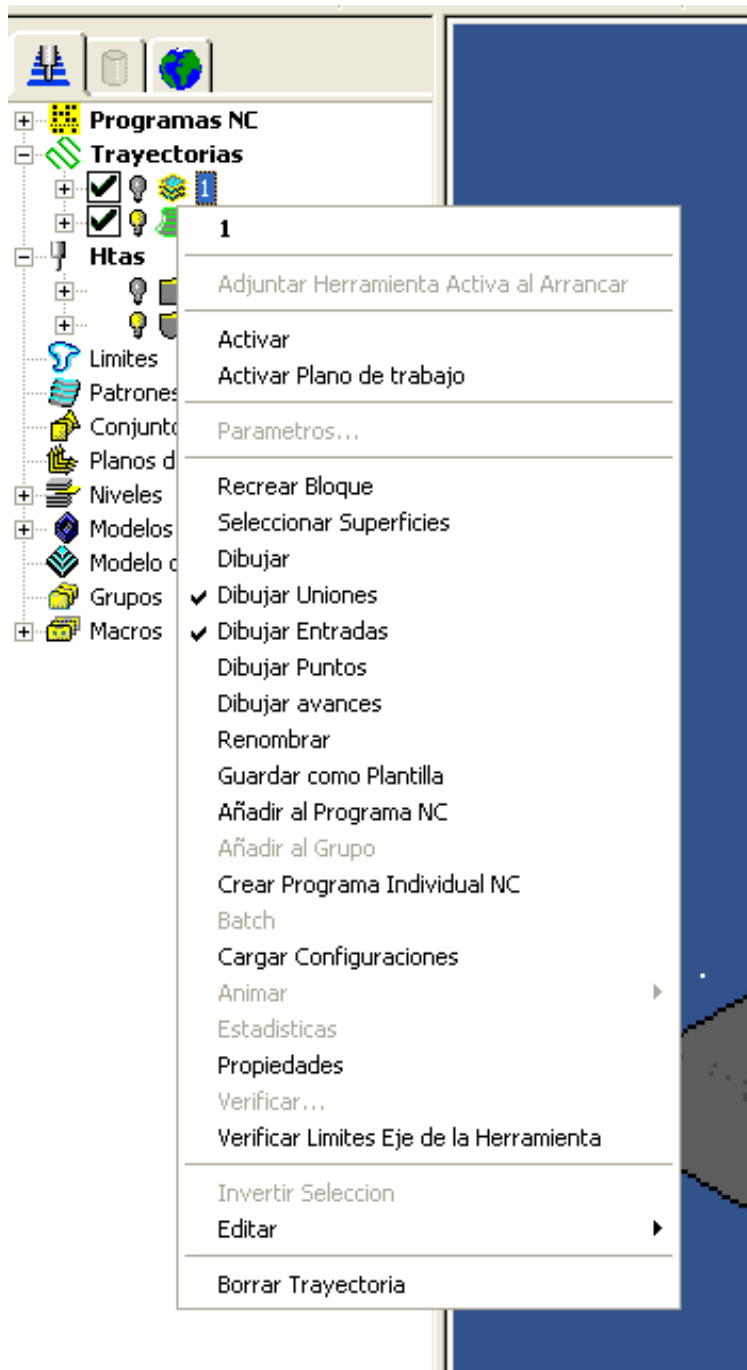


26. Seleccione la opción de: "fichero de opción de máquina" en el formulario Programa NC: 1 y aparecerá el formulario de opciones de máquina.

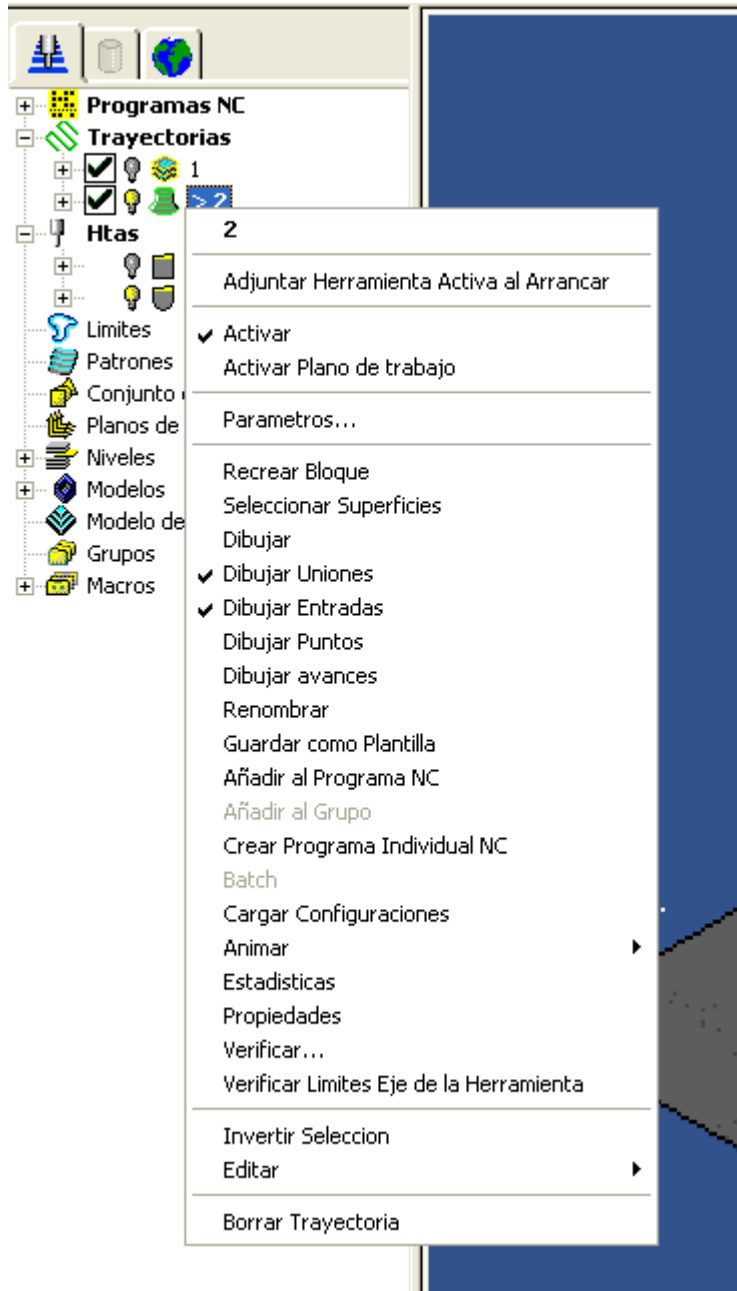


27. Seleccione la opción fanuc.opt y haga clic en abrir.
28. Cierre el formulario Programa NC: 1.

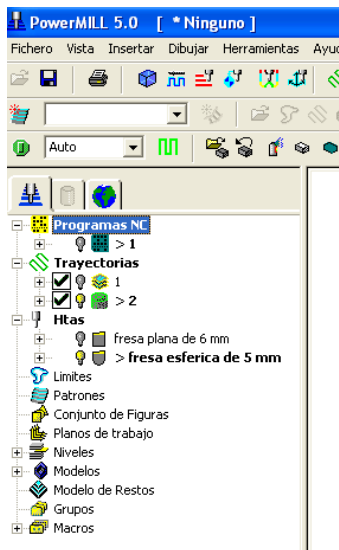
29. Con el mouse haga clic derecho en la trayectoria 1 y en el formulario que se despliega seleccione la opción de añadir al programa NC con un clic izquierdo.



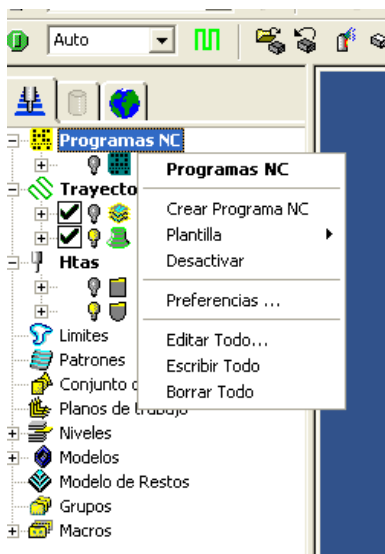
30. Con el mouse haga clic derecho en la trayectoria 2 y en el formulario que se despliega seleccione la opción de añadir al programa NC con un clic izquierdo.



31. De clic en el ícono + del programa NC y aparecerá el programa NC 1.

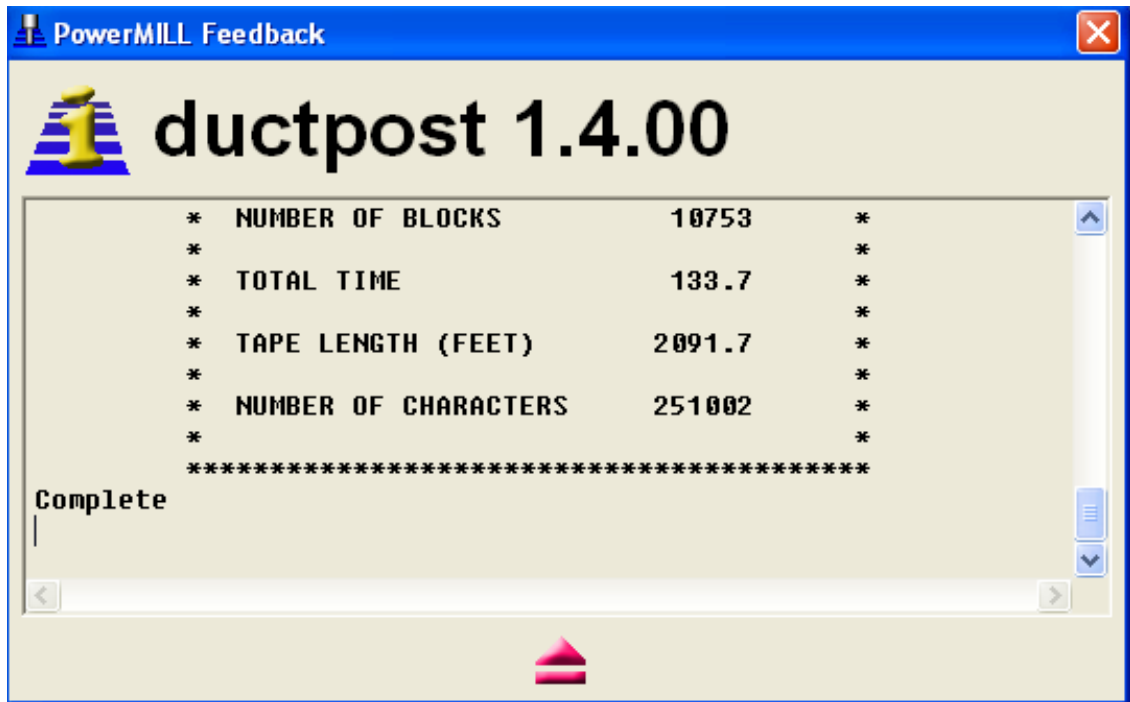


32. Con el *mouse* haga clic derecho en programas NC, entonces se desplegará un nuevo formulario y a continuación seleccione la opción escribir todo. Entonces aparecerá otro formulario donde indica que se ha creado el programa NC.

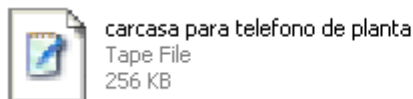


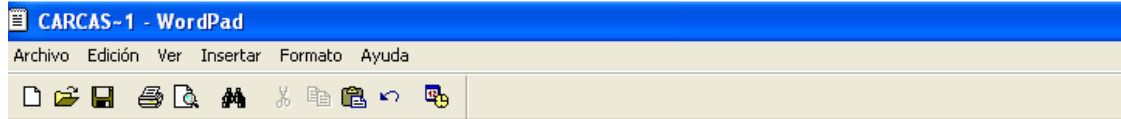


33. De clic seleccionado la flecha roja para cerrar el diálogo, y hágalo nuevamente.



34. Minimice el programa PowerMILL y busque la carpeta con sus datos. Encuentre el archivo carcasa para teléfono de planta y abra el documento haciendo doble clic y se desplegará el programa NC (como el que se muestra en la página siguiente).





```
:0001
N10G91G28X0Y0Z0
N20G40G17G80G49
N30G0G90Z29.566
N40T1M6
N50G54G90
N60( Nombre de trayec.: 1,000)
N70( Salida:)
N80( UNIDADES: MILIMETROS)
N90( COORDENADAS DE HTA: PUNTA)
N100( REFRIGERANTE: ACTIVADO)
N110( NUM. DE HTA.: 1)
N120( Bloque:)
N130( MIN X: -66,2509)
N140( MIN Y: -33,7537)
N150( MIN Z: -25)
N160( MAX X: 66,2505)
N170( MAX Y: 193,756)
N180( MAX Z: 19,5659)
N190( SISTEMA COORDENADAS: PLANO DE TRABAJO)
N200( Origen - Hta. Torica:)
N210( X: -0,000)
N220( Y: 80,001)
N230( Z: 29,566)
N240( Herramienta: ENDMILL)
N250( Longitud de la herramienta necesaria: 30,000)
N260( Herramienta ID: fresa plana de 6 mm)
N270( Numero de Dientes: 2)
N280( DIAMETRO: 6)
N290( Seguridad:)
N300( Movimientos Corte Herramienta: No Colisiones Seguridad)
N310( Entrada Herramienta: No Colisiones Seguridad)
N320( Uniones Herramienta: No Colisiones Seguridad)
N330( Movimientos Corte Portaherramientas: Colisiones No Verificadas)
N340( Entradas Portaherramientas: Colisiones No Verificadas)
N350( Uniones Portaherramientas: Colisiones No Verificadas)
N360( Trayectoria : OFFSET Roughing)
N370( PASO: 5)
N380( TOLERANCIA: 0,1)
N390( ESPESOR: 1)
N400( Estadísticas de trayectoria:)
N410( LONGITUD: 28524,1)
N420( TIEMPO: 0/50/32)
N430( LEVANTADAS: 29)
N440X-9.164Y196.906S1500M3
N450G43Z24.566H1M8
N460G1Z17.458F500
```

## **4. FABRICACIÓN DE PIEZAS EN UN CENTRO DE MAQUINADO**

### **4.1 Manejo del centro de maquinado**

Para fabricar una pieza en el centro de maquinado se deben cubrir las siguientes etapas:

- Encender y preparar el centro de maquinado
- Montar la pieza de trabajo y las herramientas
- Establecer el sistema de coordenadas de trabajo
- Transferir el programa de control numérico a la memoria de la máquina
- Establecer las compensaciones de altura y diámetro de las herramientas
- Maquinar la pieza

#### **4.1.1 Encendido de la máquina**

Para realizar el encendido de la máquina, es necesario realizar paso a paso la práctica No.5.

#### **4.1.1.1 Práctica No. 5**

### **ENCENDIDO Y PREPARACIÓN DEL CENTRO DE MAQUINADO BRIDGEPORT 2216**

#### **OBJETIVO**

Ejecutar el procedimiento correcto para el encendido y preparación del centro de maquinado BRIDGEPORT 2216.

#### **DESARROLLO**

1. Energizar los interruptores del centro de maquinado y del compresor, que se encuentran en el tablero de flipones general del laboratorio.
2. Verificar la alimentación de aire comprimido de la siguiente manera:
  - Purgar el sistema de aire (para eliminar la humedad)
  - Llaves de paso abiertas
  - Verificar que la presión neumática en el manómetro de la unidad de mantenimiento esté en el rango apropiado (80 psi).
3. Verificar que el nivel de refrigerante y de los aceites lubricantes de la máquina se encuentren en el rango apropiado. En caso de ser necesario suministrar el aceite correspondiente.
4. Quitar el candado del interruptor, y girar éste a la posición ON, para energizar la máquina.
5. Encender la unidad de control numérico y preparar la máquina de la siguiente manera:
  - Oprima el botón verde de *POWER ON*
  - Verificar que el botón de paro de emergencia esté desactivado

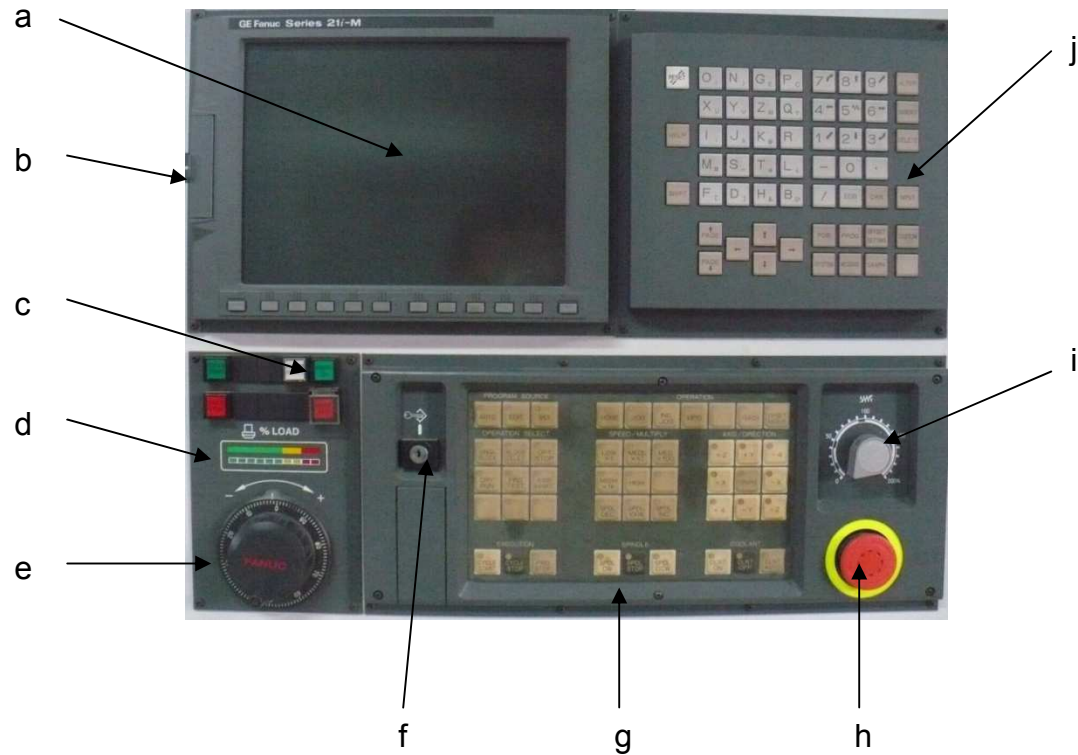
- Esperar a leer el mensaje de máquina no referenciada
- 6. Se verifica que los ejes estén retirados de "inicio" aproximadamente 50 mm, si no es así se retiran en forma manual.
- 7. Se presionan las teclas *HOME* y *JOG*.
- 8. Se comprueba que los ejes alcanzan el "inicio" cuando en la pantalla de control se encuentren los comandos  $X=0$ ,  $Y=0$  y  $Z=0$ .
- 9. Por último, se retiran de este punto de referencia de la máquina "inicio" los dos ejes X y Y en el sentido negativo, en forma manual.

#### **4.1.2 Operación de la máquina**

Para operar el centro de maquinado marca BRIDGEPORT 2216, es necesario conocer el panel de control y las funciones que realiza cada uno de sus componentes. La figura 130 muestra el panel de control, y a continuación se explican algunas de sus funciones.

La consola del operador consiste en una pantalla LCD, teclado táctil y panel de control de interruptores y botones. Estos controles operan todas las funciones del VMC. Los componentes principales de la consola del operador se describen a continuación.

Figura 130. Panel de control del centro de maquinado BRIDGEPORT 2216



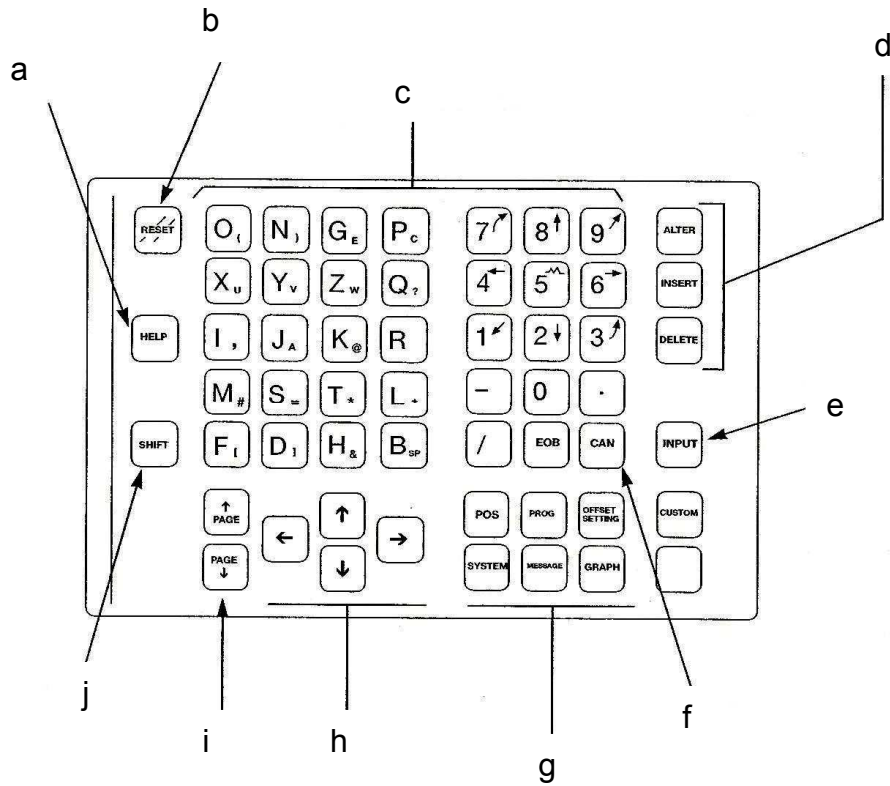
Fuente: **Jorge Mario Arana García.**

Las partes más importantes descritas en el teclado anterior son las siguientes:

- a) Pantalla LCD
- b) Unidad de tarjeta PCMCIA
- c) Interruptor de control Encendido/Apagado
- d) Medición de carga del husillo
- e) Perilla de ajuste de ejes MPG
- f) Bloqueo del programa

- g) Teclado inferior
- h) Paro de emergencia
- i) Regulador de la tasa de avance
- j) Teclado superior

Figura 131. Parte superior del teclado (A la izquierda de la pantalla LCD)



Fuente: **Manual XV-Series VMC 2216. Bridgeport Machines Inc.**

Las partes más importantes descritas en el teclado anterior son las siguientes:

- a) Tecla de ayuda
- b) Tecla para restablecer
- c) Teclas numéricas y de direccionamiento
- d) Teclas de edición
- e) Tecla de entrada
- f) Tecla para cancelar
- g) Teclas de funciones variadas
- h) Cursor de direcciones
- i) Cambio de página
- j) Tecla para adelantar o saltar

## **4.2 Consola del operador**

Proporciona las claves básicas para la comunicación con el controlador. Para facilitar la operación y consulta, el teclado se divide en superior e inferior. Las teclas están organizadas por funciones. Todas las funciones del teclado inferior se activan cuando la luz roja está prendida.

### **4.2.1 Teclado superior**

La figura 131 muestra todos los comandos del teclado superior. Las teclas de función se usan para seleccionar el tipo de pantalla que se va a mostrar.

[ POS ] =	Posición de la pantalla
[ PRGRM ] =	Programa de la pantalla
[ OFFSET SETTING ] =	Menú de compensación
[ SYSTEM ] =	Parámetro / Diagnóstico de pantalla

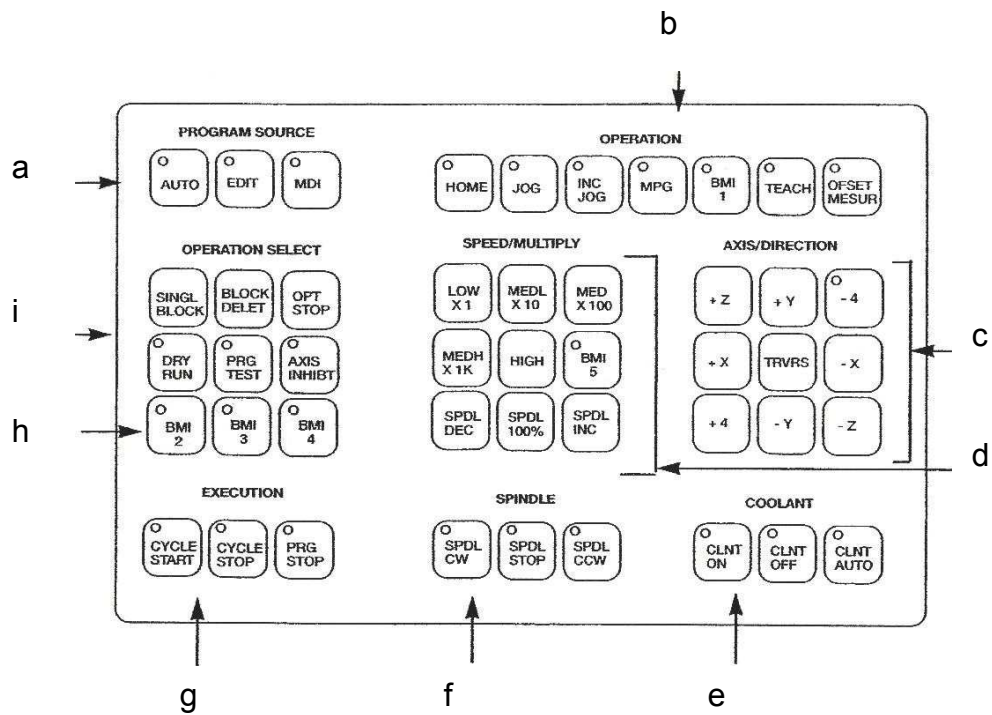


[ MESSAGE ] = Pantalla de alarma alterna entre el operador y la pantalla de mensaje

[ GRAPH ] = Pantalla de gráficas

[ CUSTOM ] = FASTOP Macros

Figura 132. Parte inferior del teclado (localizado debajo de la pantalla LCD)



Fuente: **Manual XV-Series VMC 2216. Bridgeport Machines Inc.**

Las partes más importantes descritas en el teclado anterior son las siguientes:

- a) Operación y las teclas de fuente del programa se utilizan para seleccionar los diversos modos de operación – Automático, Editar, entrada de datos manualmente (MDI), JOG, manual (MPG), enseñar o establecer las compensaciones.
- b) Operación y las teclas de fuente del programa se utilizan para seleccionar los diversos modos de operación – Automático, Editar, entrada de datos manualmente (MDI), JOG, manual (MPG), enseñar o establecer las compensaciones.
- c) Utilice estas teclas para seleccionar el eje de dirección y de realizar movimientos de recorrido.
- d) Estas claves definen el rango de las MPG y las velocidades del husillo. Utilice [SPDL DEC] para disminuir la velocidad a 50% de la frecuencia programada, y [SPDL INC] para aumentar al 120% de la frecuencia programada.
- e) Las teclas de refrigerante se usan para encender o apagar el flujo del refrigerante en modo ON u OFF, o se puede establecer en el modo automático.
- f) Las teclas del husillo se utilizan para detener el husillo, o encenderlo en sentido horario (CW) o anti horario (CCW).
- g) Las teclas de ejecución se utilizan para conectar o detener la ejecución del programa o del ciclo. Para ejecutar el programa en el bloque por bloque, pulse primero la tecla [SINGLE BLOCK] luego la tecla [CYCLE START].
- h) Teclas BMI.
- i) La operación de las teclas de selección se utiliza para ejecutar o verificar el programa de pieza.

## 4.2.2 Teclado inferior

La figura 132 muestra todos los comandos disponibles del teclado inferior.

[ AUTO ]	Selecciona el modo automático de operación para la ejecución automática de programas almacenados en el registro de CNC.
[ EDIT ]	Seleccionar el modo de edición de comandos para programas de edición.
[ MDI ]	Seleccionar el modo manual de datos. La programación de comandos se ejecuta como se escribió en el conjunto inicial. Estos no son grabados en la memoria.
[ HOME ]	Debe utilizarse con [JOG] para regresar cada uno a su eje de referencia.
	<b>NOTA: Cuando [HOME] y [JOG] están prendidos, presionando la tecla [CYCLE START] será clave de referencia de todos los ejes de forma automática.</b>
[ JOG ]	Utilice las teclas de dirección EJE / DIRECCION en el modo manual. Utilice los comandos VELOCIDAD / MULTIPLICADOR del teclado de abajo: (LOW X1, MEDL X10, MED X100, MEDH X1K, HIGH) para seleccionar el tipo de recorrido.

Con JOG seleccionado, puede mantener pulsada la tecla de dirección EJE / DIRECCION para el movimiento continuo.

[ INC JOG ]

*JOG Incremental* se mueve por los ejes incrementales seleccionados. Use las claves de dirección *AXIS/DIRECTION* en modo manual. Use las teclas *SPEED/MULTIPLY* en el teclado inferior (*LOW X1*, *MEDL X10*, *MED X100*, *MEDH X1K*) para seleccionar la tasa de recorrido. A diferencia de JOG, INC JOG solo avanza al pulsar y soltar la tecla EJE / DIRECCIÓN.

[ MPG ]

Activa el generador de pulso que se utiliza para el movimiento manual. Una vez el modo [MPG] esté prendido, pulse la tecla de dirección (i.e., +X key) y use la perilla para seleccionar la dirección deseada. Use la tecla VELOCIDAD / MULTIPLICADOR (i.e, [LOW x1]) para ajusta la velocidad y así mover con precisión los ejes.

[ TEACH ]

Este modo solo está disponible en la opción de reproducción. Cuando el modo *TEACH* (es decir, modo de reproducción) está disponible, el modo *TEACH-IN JOG* y el modo *TEACH-IN HANDLE* son agregados.

En este modo, una posición de la máquina a lo largo de los ejes X, Y y Z obtenidos por la operación manual se almacena en la memoria como una posición de programa para crear otro programa. Las letras que no sean O, N, G, R, F, C, M, S, T, P, Q, y EOB, puede ser almacenado en la memoria de la misma manera que en el modo de edición.

[ OFSET MESUR ]	No se utiliza.
[ SINGLE BLOCK ]	Selecciona el modo de bloque único. Cuando este modo está activado (i.e., la luz está prendida), un bloque de datos del programa se ejecuta cada vez que la tecla [CYCLE START] es presionada. Cuando el modo de bloque único está activado, durante la operación de "Ciclos Enlatados", el control detendrá el movimiento del eje en cada movimiento del ciclo.
[ BLOCK DELET ]	Esta clave se utiliza para establecer el modo "Saltar Bloque". Cuando se activa, cualquier bloque de la programación que aparece seguida de una diagonal ( / ), se omite, y el siguiente bloque que aparece sin barra es ejecutado.
[ OPT STOP ]	La tecla de parada opcional se utiliza para hacer una pausa en la ejecución del programa mediante la realización de un M01, así puede ser chequeado según la necesidad.

Cuando se esté en el modo automático, el programa se detendrá cuando un el comando M01 esté dispuesto por el control, Para seguir ejecutando el programa, pulse la tecla [INICIO DE CICLO].

[ DRY RUN ]

Cuando en el modo automático, las tasas de recorrido (feed y rapid) se controlan directamente desde el interruptor manual freedate.

Cuando el modo de [Simulacro] está desactivado, las tazas de recorrido se realizarán conforme al programa de mando.

[ PRG TEST ]

Utilice esta clave para comprobar la sintaxis de una parte del programa. La ejecución de un programa en el modo automático puede llevarse a cabo sin el movimiento del eje de la máquina o la ejecución de funciones auxiliares (M/S/T). [PRG TEST] puede desactivarse pulsando la tecla (i.e., toggles ON/OFF). Cuando se activa, el comando [AXIS INHIBT] también se activa.

**NOTA: Después de salir del modo de prueba del programa, debe llevarse a cabo un manual de referencia para todos los ejes de retorno.**

[ AXIS INHIBT ]

Esta clave se emplea para seleccionar el modo Neglect, quien detiene el movimiento a lo largo del eje Z.

Al ejecutar un programa en modo automático, todos los movimientos del eje Z se ignoran. La luz de la clave "+Z" y "-Z" parpadeará para indicar el modo Neglect en Z. Este modo se desactiva pulsando nuevamente la clave [AXIS INHIBT].

[ LOW x1 ]

Con esa clave se puede controlar la velocidad de movimiento del eje con la perilla MPG o con el botón JOG. En la pantalla [POS] puede ver cómo cambia la velocidad mediante el uso de estas teclas.

Las selecciones en el modo JOG se dan como sigue:

[ LOW x1 ]	= 10 plg/min
[ MEDL x10 ]	= 20 plg/min
[ MED x100 ]	= 50 plg/min
[ MEDH x1K ]	= 80 plg/min
[ HIGH ]	= 100 plg/min

[ SPDL DEC ]

La clave *Spindle Decrease* se utiliza para disminuir la velocidad del husillo programados en incrementos de 10% a 50%.

[ SPDL INC ]

La clave *Spindle Increase* se utiliza para aumentar la tasa programada con incrementos del 10% hasta el 120%.

[ SPDL 100% ]

Restablece la velocidad del husillo y el 100% de la tasa programada.

[ +X, -X ]	[ +Y, -Y ], [ +Z, -Z ], [ +4, -4 ]. Presionando estas teclas, usted especifica el eje y dirección del movimiento. Las teclas +4 y -4 son usadas para el opcional cuarto eje rotatorio (i.e., "C" axis).
[ TRVRS ]	Active el avance rápido (es decir, un movimiento más rápido) cuando se pulsa junto con cualquiera de los ejes clave o la propuesta de dirección, salvo Z (por motivos de seguridad).
[ <i>CYCLE START</i> ]	<p>Esta clave de inicio es usada en las siguientes situaciones:</p> <p>(a) Cuando el modo automático está activo, presionando la tecla [ <i>CYCLE START</i> ] se iniciará la ejecución del programa almacenado en la memoria.</p> <p>(b) La clave [ <i>CYCLE START</i> ] tendrá que ser presionada luego de tener un M00 o un M01 (programa o parada opcional) el cual se encuentra en el modo de memoria.</p> <p>(c) Cuando el modo MDI está activo, presionando la tecla [ <i>CYCLE START</i> ] se ejecutan los comandos en la página de MDI de la pantalla CRT.</p>
[ <i>CYCLE STOP</i> ]	Mantenga siempre la alimentación – Utilice esta tecla para detener el movimiento del eje cuando se atraviesa (rápidamente).



Pulse el botón [CYCLE START] de nuevo para liberar la condición de mantener la alimentación y continuar para completar la travesía programada.

**NOTA: El uso de la tecla [CYCLE STOP] no causa la pérdida del posicionamiento axial.**

[ PRG STOP ] Detener el programa - La luz se ilumina mientras se encuentra en el modo M00 o M01.

[ SPDL CW ] [SPDL CCW] El husillo se reiniciará en el modo RPM previamente programado en la dirección elegida en el modo JOG/MPG.

[ SPDL STOP ] La tecla de parada del husillo se detendrá, suponiendo que esté en el modo manual JOG/MPG). La luz se encenderá cuando se detenga el husillo.

[ CLNT ON ] [CLNT OFF] Use estas teclas en el modo manual para conectar o desconectar el refrigerante. La luz se enciende cuando este modo se activa.

[ CLNT AUTO ] Este control devuelve el refrigerante al modo automático, donde con el código M8 se enciende el refrigerante y con el M9 se apaga el refrigerante.

**NOTA: Si está usando el programa M8, un mensaje de error aparecerá si no se tiene el Modo Automático de Refrigerante.**

**Esto detendrá el movimiento hasta que se pone el modo [CLNT ON] o el modo [CLNT AUTO].**

#### **4.2.3 Establecimiento del sistema de coordenadas de trabajo**

Para desarrollar este subtema es necesario realizar la práctica siguiente:

##### **4.2.3.1 Práctica No. 6**

#### **ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE COORDENADAS DE TRABAJO (G54 a G59)**

##### **OBJETIVO**

Determinar el origen del sistema de coordenadas de trabajo sobre una pieza a maquinar en el centro de maquinado BRIDGEPORT 2216.

##### **INSTRUCCIONES**

Enseñar a la máquina el origen del sistema de coordenadas de trabajo, ejecutando el procedimiento que a continuación se detalla:

1. Se manda a traer al husillo principal el portaherramientas que aloja la fresa para centrar la pieza de trabajo.
2. Localizar la pantalla que nos permite establecer el G54, como se indica a continuación:

- Presionar la tecla *OFFSET SETTING* en el panel
  - Presionar la tecla *WORK* que se encuentra en la pantalla
3. Preparar la máquina para trabajar con la puerta abierta, para lo cual se realiza lo siguiente:
- Colocar el botón en la posición manual (MPG)
  - Parar el husillo con la tecla STOP del panel SPINDLE
4. Registrar las coordenadas de los puntos de contacto con la fresa centradora, de la siguiente manera:
- Aproximar en forma manual la fresa centradora hacia el punto previamente estipulado en el programa Control Numérico de coordenadas de trabajo (X=0, Y=0).
  - Hacer contacto la fresa con la pieza hasta que se alinee con la coordenada de trabajo.
  - Una vez obtenida la lineación, se registran las coordenadas.
  - Con las teclas de flecha se ubica el cursor en el sistema de coordenadas de trabajo que se quiere establecer. Se establece la coordenada de trabajo G54.
  - En esta coordenada de trabajo G54 aparecen las coordenadas en X en Y y en Z. Ahora se escribe en la coordenada X la posición que está en la pantalla de la coordenada X de posición de máquina y se presiona la tecla INPUT. Se escribe en la coordenada Y la posición que está en la pantalla de la coordenada Y de posición de máquina y se presiona la tecla INPUT. En Z no se escribe nada.

## 4.2.4 Establecimiento de compensaciones de altura y diámetros de las herramientas

### 4.2.4.1 Práctica No. 7

#### ESTABLECIMIENTO DE LA COMPENSACIÓN DE ALTURA DE LAS HERRAMIENTAS (G43)

##### OBJETIVO

Establecer la compensación de altura de las herramientas con respecto a una pieza de trabajo, en el centro de maquinado BRIDGEPORT 2216.

##### DESARROLLO:

1. Verifique que las coordenadas relativas en el eje Z coincidan con las de la máquina.
2. Seleccione la opción **MDI** en la pantalla.
3. Escriba el programa para seleccionar la herramienta y ubicarla a una altura de Z = 100.0 mm.

G91G28Z0;

T\_\_\_\_;

M06;

M30;

4. Presione la tecla MPG del teclado inferior.

5. Presione la tecla **POS** del panel alfanumérico, y se escoge la opción **ALL**, que presenta la pantalla de las coordenadas relativas, absolutas y de máquina.
6. Limpie perfectamente la superficie de la pieza y punta de la herramienta con un trapo limpio.
7. Luego con la perilla graduada acerque la herramienta hasta hacer contacto con la pieza de trabajo.
8. Presione la tecla **OFFSET/SETTING** hasta que aparezca la pantalla **OFFSET**, en la cual se registra la compensación de altura de las herramientas.
9. Ubique el cursor en el número que corresponde a la herramienta que se tiene en el husillo, mediante las teclas de dirección.
10. Escriba el valor que aparece en Z en posición de máquina y presione la tecla **INPUT**. Con esto se obtiene el valor de la compensación de altura de la herramienta seleccionada.
11. A continuación se aleja la herramienta de la pieza de trabajo, y se retira el eje Z hasta una posición cero.
12. Finalmente compruebe dicha compensación mediante un programa.

G43G00Z75.H\_\_\_;

## 4.2.5 Transferencia del programa de CN a la memoria de la máquina

### 4.2.5.1 Práctica No. 8

#### TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA DE LA *MEMORY CARD* A LA MEMORIA DE LA MAQUINA

##### DESARROLLO

1. Inserte la *Memory Card* en la ranura de interface.
2. Presione la tecla de siguiente menú que se encuentra en la parte inferior de la pantalla LCD.
3. Presione la tecla M-CARD.
4. Presione el botón de paro de emergencia del CNC.
5. Cuando se inserta la *Memory Card*, aparecerán en la pantalla varios comandos y presione la tecla LOAD.
6. Con las teclas de flecha seleccione el archivo que se quiera bajar de la *Memory Card*.
7. Ya seleccionado el archivo presione la tecla SELECT, entonces el archivo puede ser bajado.
8. Después de haber chequeado el archivo presione la tecla EXEC.
9. Durante se está bajando el archivo aparecerá el mensaje *RUNNING* y el número de bites bajados aparecerán en un mensaje.
10. Cuando se completa la descarga del archivo aparecerá el mensaje *COMPLET*.
11. Presione la tecla *RESET*.

## **4.3 Fabricación de piezas mecánicas**

### **4.3.1 Maquinado de pieza de prueba**

Para examinar el programa y las condiciones de corte, se ejecuta el maquinado de la pieza de prueba. En particular, es para confirmar si las condiciones de corte establecidas en el programa son las apropiadas, o si la precisión del maquinado es correcta midiendo la pieza de trabajo después del corte.

Para iniciar esta prueba es conveniente realizar el maquinado, bloque a bloque. Esto se logra, poniendo el interruptor de bloque a bloque en el panel de control de la máquina en la posición ON, donde se examina la condición de eliminación de virutas, dispersión del refrigerante, velocidad del husillo, la profundidad de corte, y el avance.

Mediante las perillas de sobre control del husillo y de avance se obtiene el valor más adecuado para la pieza de prueba en cuestión, para posteriormente asentar estos valores en el programa de control numérico y realizar la fabricación en serie de dicha pieza cumpliendo las especificaciones de diseño en el menor tiempo posible.

### **4.3.2 Ajustes de las compensaciones de altura y diámetro de las herramientas**

Una vez realizado el maquinado de la pieza de prueba, se procede a la medición de todas las dimensiones de la pieza, utilizando los instrumentos de medición adecuados, y con la precisión requerida para cada caso.

Si los resultados obtenidos con la medición no coinciden con los del diseño, se procede a compensar dichas diferencias en la pantalla de compensaciones.

### **4.3.3 Maquinado de piezas en forma automática**

Para iniciar el maquinado de piezas en forma automática, se selecciona la operación en el modo AUTO previamente con el programa de CN seleccionado. Se procede a presionar la tecla *CICLE START* y la máquina ejecutará el programa.

La operación automática puede ser cancelada de las siguientes maneras:

#### **Comando M00 (paro de programa)**

Al ejecutar el bloque en el cual M00 fue comandado se detiene la operación automática. Como toda la información modal es almacenada, la operación automática puede ser continuada oprimiendo de nuevo el interruptor de arranque de operación automática.

#### **Comando M01 (paro opcional)**

Con el interruptor opcional "M01" del panel de control de la máquina puesto en la posición ON, al ejecutar el bloque en el cual M01 fue comandado, se detiene la operación automática. Cuando el interruptor "M01" está en OFF, el bloque M01 es ignorado y la operación automática continúa. El método de recomenzar la operación automática es igual que en el caso de M00.



### **Comando M02 o M30 (fin de programa)**

Al ejecutar el bloque en el cual M02 o M30 fue comandado se detiene la operación automática, y el programa es reubicado al inicio del mismo en el caso de M30, la máquina es reiniciada, la información modal es borrada y se vuelve a la condición inicial de la operación automática.

### **Interruptor para detener el avance**

Presionando este interruptor en el panel de control de algunas máquinas, se detiene el avance y la operación automática. Volviendo a presionar el interruptor de arranque de operación automática, se puede recomenzar la operación automática.

### **Otros**

Cuando el interruptor de reiniciación (*RESET*) del panel de control es presionado o cuando esta señal es dada mediante el interruptor de límite de la máquina, la máquina es reiniciada y la operación automática se detiene. Cuando se para la operación automática bajo esta condición, la información modal es borrada y la operación automática no puede ser reanudada en estas condiciones.

Por otro lado, al presionar el botón de paro de emergencia del panel de control de la máquina, todas las operaciones son detenidas de inmediato y la fuente de poder de energía eléctrica es cortada.

### 4.3.3.1 Práctica No. 9

#### FABRICACIÓN DE UN AVIÓN EN EL CENTRO DE MAQUINADO

Para realizar esta práctica se deben seguir los siguientes pasos:

1. Encienda la máquina (según la práctica No. 5)
2. Monte la herramienta y la pieza de trabajo (según las prácticas No. 6 y No. 7)
3. Transfiera el programa de CNC del avión de la *Memory Card* a la máquina (según la práctica No. 8)
4. Efectúe el maquinado del avión según la forma automática de la máquina (inciso 4.3.3 del presente documento)
5. Limpie la viruta en la pieza de trabajo
6. Extraiga la pieza ya maquinada
7. Verifique las medidas y acabados del avión
8. Limpie la máquina
9. Apague la máquina y el resto del equipo (según el procedimiento previo establecido).

La pieza de trabajo será de madera dura (pino seco, ciprés, cedro, caoba, palo blanco, chichipate), con dimensiones de  $5\frac{1}{4} \times 3\frac{3}{4} \times 2\frac{3}{4}$  (pulgadas). La herramienta debe estar perfectamente afilada para garantizar un buen acabado.

## CONCLUSIONES

1. Se pudo constatar que el control numérico ha tenido una continua y marcada evolución a través de los tiempos, durante los cuales se han desarrollado cambios muy importantes; comenzando desde las herramientas rudimentarias, pasando por las máquinas un poco más avanzadas hasta llegar al uso de los microprocesadores. El uso del control numérico y de los centros de maquinado han venido a facilitar la fabricación de piezas en serie, con mayor exactitud, precisión y eficiencia.
2. Se ha podido comprobar que para un centro de maquinado existe un lenguaje relativamente complejo, el cual hace uso de números, letras (mayúsculas) y signos de puntuación para desarrollar proyectos haciendo uso de los programas de PowerSHAPE y PowerMill.
3. Con los conocimientos obtenidos durante el desarrollo del presente trabajo de graduación, se han podido crear varias prácticas para la aplicación de un sistema enseñanza-aprendizaje y con las cuales el alumno podrá adquirir la habilidad de aplicar lo aprendido con las prácticas en el centro de maquinado BRIDGEPORT 2216.



## RECOMENDACIONES

Para un mejor funcionamiento y mejores resultados en cada proyecto que se realicen en el Centro de Maquinado CNC BRIDGEPORT 2216, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Actualizar el software existente ya que el que se usa en el laboratorio (5.2 año 2002) se ha quedado atrás en tecnología y facilidad para trabajarlo.
2. Suministrar más y mejor herramienta, adecuada para el CNC BRIDGEPORT 2216 y diferentes materiales.
3. Experimentar los proyectos con otro tipo de material, ya que con esto se podrá probar nuevas herramientas, velocidades y tolerancias.
4. Diseñar nuevas piezas, las cuales sean más complejas y exijan poner en práctica los conocimientos adquiridos.
5. Implementar un programa de mantenimiento, el cual deberá ser realizado por un técnico especializado (recomendación del proveedor).
6. Dada la naturaleza de esta máquina, se recomienda un estricto y continuo mantenimiento eléctrico.
7. Mantener actualizados los conocimientos del ingeniero encargado del laboratorio, con reentrenamiento y capacitaciones constantes.

8. Instalar un UPS por cada equipo de computación para evitar picos de voltaje y la pérdida de datos a la hora de un corte de energía eléctrica.
9. Para aprender a realizar la programación del control numérico, se recomienda hacer un manual para programación CN. De este modo, se pueden manejar mejor los comandos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bartsch, Walter. **Alrededor del torno**. España: Reverté. 1974.
2. Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica. México. Módulo II.
3. Gonzáles Núñez, Juan. **El control numérico en las máquinas-herramienta**. México: C.E.C.C.S.A, 1990.
4. Gutiérrez Salazar, Uriel y José Castañeda Nava. **Control Numérico**. México: CNAD, 1997.
5. Laboratorio de Maquinado CNC. Escuela de Ingeniería Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala.
6. Manual XV-SERIES. VMC 2216. Bridgeport Machines Inc.
7. Seames Warren S. **Computer Numerical Control. Concepts and Programming**. New York: 1990.
8. [www.blogcdn.com/es](http://www.blogcdn.com/es)
9. [www.delcam.com](http://www.delcam.com)
10. [www.minitaladros.com](http://www.minitaladros.com)





## ANEXOS

Tabla de Condiciones de Corte

TIPO DE MAQUINADO	MATERIAL A CORTAR	ACERO (S35C)		FUNDICIÓN (FC25)		ALUMINIO (AL)	
	CONDICIONES DE CORTE	VEL. DE CORTE (V) m/min	AVANCE (f) mm/diente	VEL. DE CORTE (V) m/min	AVANCE (f) mm/diente	VEL. DE CORTE (V) m/min	AVANCE (f) mm/diente
CAREADO (Carburo cementado)	Desbaste	120	0.2	90	0.2	200	0.2
	Acabado	150	0.15	120	0.2	300	0.2
FRESADO (High-Speed Steel, HSS)	Desbaste	20	0.12	22	0.1	80	0.1
	Acabado	25	0.08	26	0.06	80	0.08
FRESADO (Carburo cementado)	Desbaste	60	0.1	65	0.1	120	0.15
	Acabado	70	0.06	75	0.07	150	0.10
TALADRADO (HSS)	/	20	0.2 mm/rev	25	0.2 mm/rev	50	0.2 mm/rev
TALADRADO (Carburo-cementado)	/	60	0.3 mm/rev	50	0.2 mm/rev	/	/
MANDRINADO (Carburo cementado)	Desbaste	85	0.15	95	0.15	250	0.15
	Acabado	95	0.08	100	0.1	300	0.08
MACHUELADO (HSS)	/	8	Paso	10	Paso	15	Paso
RIMADO (HSS)	/	6	0.25 mm/rev	6	0.25 mm/rev	10	0.5 mm/rev

NOTA: Las condiciones de corte varían de acuerdo con varios factores tales como: el tamaño de diámetro de la herramienta, a rigidez y método de sujeción de la pieza de trabajo y la precisión del maquinado. Los valores de la tabla serán usados como referencia de las condiciones de corte.