



# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**Escuela Politécnica del Ejército - Latacunga**

**Carrera de Ingeniería Electromecánica**

**Proyecto de Grado para la obtención del Título en Ingeniería  
Electromecánica**

**“AUTOMATIZACIÓN DE LA FRESADORA BRIDGEPORT SERIE I”**

**Santiago Fabricio Villacís Camacho**

**Lenin Mauricio León Guerrero**

**Latacunga – Ecuador**

**Marzo - 2006**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente documento fue elaborado por los señores:

Santiago Fabricio Villacís Camacho

Lenin Mauricio León Guerrero

Bajo nuestra dirección, como un requisito para la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica

-----  
Ing. Marco Singaña

**Director del Proyecto.**

-----  
Ing. Miguel Carvajal

**Codirector del Proyecto.**

## DEDICATORIA

*Este trabajo dedico a Dios por darme más de lo que espero, por ponerme personas sabias en el transcurso de mi vida.*

*A mi esposa Sandra Bastidas y a mi hija Doménica León por su respaldo incondicional. A esos seres queridos, mis padres: Rodrigo León, Carmen Guerrero y mi hermano Iván por su comprensión a lo largo de mi carrera estudiantil y sobre todo su amor, ya que sin el apoyo de ellos no habría culminado una etapa tan trascendental en mi vida.*

*Que Dios les bendiga siempre.*

*Lenin Mauricio León Guerrero.*

## DEDICATORIA

*Este trabajo dedico a Dios por guiarme en el trayecto de mi vida y ser el pilar fundamental, que me ayudó en los momentos más difíciles y adversos.*

*A mis queridos padres que con su ejemplo supieron encaminarme por el sendero del bien, a mis hermanos quienes hicieron posible lograr ésta meta tan anhelada. A mi amada esposa por su apoyo y comprensión*

*Que Dios les bendiga siempre.*

*Santiago Fabricio Villacís Camacho*

## AGRADECIMIENTO

*Nuestro más profundo agradecimiento a Dios y a todas las personas que de una u otra manera aportaron con sus sabios conocimientos para la realización del presente proyecto.*

*Un agradecimiento especial para nuestros coordinadores Ing. Marco Singaña, Ing. Miguel Carvajal, y a la ESPE-LATACUNGA por ayudarnos a cumplir nuestros anhelos de superación.*

*Santiago F. Villacís Camacho.*

*Lenin M. León Guerrero.*

**INDICE**  
**CAPITULO I**

**1. MARCO TEORICO**

**1.1 INTRODUCCION A LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS**

1.1.1 Limadora.....	1
1.1.2 Torno.....	3
1.1.3 Taladradora.....	5
1.1.4 Rectificadora.....	8

**1.2 ASPECTOS IMPORTANTES DE LA FRESADORA**

1.2.1 Tipos de fresadoras horizontales.....	14
1.2.2 Cadena cinemática de la fresadora.....	15
1.2.3 Fresadoras verticales.....	16
1.2.4 Fresas.....	19
1.2.5 Disposición de sujeción de piezas.....	23

**1.3 CONTROL DE MAQUINAS CNC**

1.3.1 Introducción al CNC.....	27
1.3.2 Introducción al CAD/CAM.....	29
1.3.3 Tipos de control numérico.....	31
1.3.4 Programación en el control numérico.....	33
1.3.5 Ventajas del control numérico.....	40

**1.4 SENSORES Y TRANSDUCTORES DE POSICIONAMIENTO Y VELOCIDAD**

1.4.1 Sensores resistivos.....	41
1.4.2 Sensores inductivos.....	42
1.4.3 Sensores magnéticos.....	43
1.4.4 Sensores ópticos.....	44
1.4.5 Sensores de velocidad.....	49

**1.5 SERVOMOTORES Y SERVOMECANISMO**

1.5.1 Introducción a los servomotores.....	50
1.5.2 Partes del servomotor.....	51
1.5.3 Funcionamiento del servomotor.....	53

1.5.4 Tipos de servomotores.....	56
<b>1.6 INTERFASES DE COMUNICACIÓN</b>	
1.6.1 Topología de red.....	59
1.6.2 Tipos de redes.....	61
1.6.3 Medios de transmisión.....	64

## **CAPITULO II**

### **2. SELECCIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE CONTROL**

#### **2.1 SELECCIÓN DE LOS SERVOMOTORES**

2.1.1 Características técnicas del los servomotores.....	70
2.1.2 Características técnicas de los encoders.....	71

#### **2.2 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE POSICIONAMIENTO ..... 72**

#### **2.3 SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL CONTROL DEL SISTEMA**

2.3.1 Selección de la tarjeta del control de movimiento CPU 10.....	73
2.3.2 Selección del servo drive DC3IO.....	74
2.3.3 Selección del control pendant.....	83
2.3.4 Selección del disco duro de la PC.....	84
2.3.5 Selección de la computadora de control.....	84
2.3.6 Selección de las fuentes de alimentación.....	87

#### **2.4 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA**

2.4.1 Características técnicas del variador CUTLER HAMMER.....	89
2.4.2 Grupo de parámetros del variador de frecuencia.....	90

#### **2.5 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN..... 91**

#### **2.6 SELECCIÓN DE LA BOMBA Y REFRIGERANTE ADECUADO PARA EL SISTEMA..... 91**

#### **2.7 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN..... 92**

<b>2.8 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL CABEZAL DE VELOCIDADES DEL HUSILLO.....</b>	<b>93</b>
---------------------------------------------------------------------------------------	-----------

### **CAPITULO III**

## **3 IMPLEMENTACION Y MANEJO DEL SOFTWARE DE CONTROL CNC 10**

### **3.1 PANTALLA PRINCIPAL CNC10**

3.1.1 Cargar.....	97
3.1.2 MDI.....	98
3.1.3 Ejecutar.....	99
3.1.4 CAM.....	100
3.1.5 Editar.....	101
3.1.6 Graf.....	103
3.1.7 Shutdown.....	104
<b>3.2 AJUSTE DE LA PIEZA.....</b>	<b>104</b>
<b>3.3 PANTALLA DE UTILIDADES.....</b>	<b>106</b>
<b>3.4 PANEL DEL OPERADOR.....</b>	<b>109</b>
3.4.1 Controles de los movimientos de los ejes.....	110
3.4.2 Slow/Fast.....	110
3.4.3 Inc/Cont.....	110
3.4.4 Incremento del movimiento de los Ejes.....	110
3.4.5 MPG.....	111
3.4.6 Tool Check.....	111
3.4.7 Cycle start.....	111
3.4.8 Cycle cancel.....	111
3.4.9 Feed Hold.....	111
3.4.10 Spindle Control.....	112
3.4.11 Control de velocidad.....	112
3.4.12 Spindle (CW/CCW).....	112
3.4.13 Spin Start-Stop.....	112
3.4.14 Coolant Control Keys.....	112
3.4.15 Emergency Stop.....	112

### **3.5 DISEÑO DE LA RED DE COMPUTADORAS**

3.5.1 Diseño de la red domestica.....	113
3.5.2 Creación de la carpeta compartida.....	116
3.5.3 Acceso a la dirección IP de la computadora de diseño.....	119
3.5.4 Configuración de la red en la computadora de control.....	120

## **CAPITULO IV**

### **4 IMPLEMENTACION DEL PROYECTO**

#### **4.1 MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA FRESADORA**

4.1.1 Partes del sistema de control.....	123
4.1.2 Instalación de la computadora de control.....	124
4.1.3 Instalación de los encoders.....	125
4.1.4 Instalación del control pendant.....	126
4.1.5 Instalación de los servomotores.....	127
4.1.6 Instalación de los finales de carrera.....	127
4.1.7 Instalación de los terminales de fibra óptica.....	128

#### **4.2 CALIBRACION Y AJUSTE DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.....**

129

#### **4.3 CALIBRACION Y AJUSTE DE LOS SERVOMOTORES.....**

131

#### **4.4 CALIBRACION Y AJUSTE DE PARAMETROS DE POSICIONAMIENTO DE LA MAQUINA EN LOS 3 EJES.....**

133

#### **4.5 CALIBRACION Y COMPENSACION DE LAS HOLGURAS QUE POR DESGASTE TIENEN LOS TRES EJES.....**

136

4.5.1 Calibración y ajuste de la relación de transmisión de los ejes de la fresadora..	137
4.5.2 Configuración del control.....	139
4.5.3 Parámetros de la máquina.....	140

#### **4.6 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

4.6.1 Diseño de la pieza en Solid Works.....	141
4.6.2 Mecanizado asistido por Visuall Mill.....	146
4.6.3 Arranque del control.....	150

4.6.4 Referencia de la máquina.....	151
4.6.5 Montaje de la pieza a maquinarse.....	152
4.6.6 Centrado de la pieza.....	152
4.6.7 Grabado del archivo de diseño.....	155
4.6.8 Instalación de la herramienta de corte.....	156
4.6.9 Selección del sentido de giro y de la velocidad del husillo.....	156
4.6.10 Motores eléctricos.....	157
4.6.11 Aire comprimido.....	157
4.6.12 Freno neumático.....	158
4.6.13 Contactores y relés.....	158
4.6.14 Unidad de lubricación.....	158
4.6.15 Sensores de posicionamiento.....	158
4.6.16 Computador.....	158
4.6.17 Variador de frecuencia.....	159
<b>4.7 PRUEBAS Y RESULTADOS</b>	
4.7.1 Prueba del variador de frecuencia.....	160
4.7.2 Prueba de servomotores.....	160
4.7.3 Prueba de posicionamiento de la máquina en los tres ejes.....	160
4.7.4 Prueba de compensación de las holguras.....	161
4.7.5 Prueba de relación de transmisión de los ejes de la fresadora.....	161
4.7.6 Prueba de funcionamiento del control.....	162
<b>4.8 ANALISIS FINANCIERO</b>	163
4.8.1 Flujo de Fondos.....	163
4.8.2 Valor Presente Neto (VPN).....	164
4.8.3 Factibilidad del Proyecto.....	165
4.8.4 Periodo de Recuperación.....	165
4.8.5 Inversión Inicial del Proyecto.....	166
4.8.6 Costos Anuales del Proyecto.....	169
4.8.7 Rendimiento de la Fresadora CNC.....	170
4.8.8 Ingresos del Proyecto.....	170

## **CAPITULO V**

<b>5.1 CONCLUSIONES</b> .....	173
<b>5.2 RECOMENDACIONES</b> .....	174

### **ANEXOS**

<b>ANEXO 1:</b> Componentes Externos del Variador
<b>ANEXO 2:</b> Componentes del control CNC10
<b>ANEXO 3:</b> Datos Técnicos de Limit Switch Hanyoung
<b>ANEXO 4:</b> Control CNC para fresadora Bridgeport
<b>ANEXO 5:</b> Parámetros de Seteo de la máquina
<b>ANEXO 6:</b> Códigos del Programa CNC – Códigos G
<b>ANEXO 7:</b> Fresadora Bridgport serie I en condiciones iniciales
<b>ANEXO 8:</b> Desmontaje del cabezal de máquina Bridgeport
<b>ANEXO 9:</b> Desmontaje del Tornillo de Bolas
<b>ANEXO 10:</b> Overhall de la máquina Bridgeport
<b>ANEXO 11:</b> Sistema de Lubricación
<b>ANEXO 12:</b> Panel de Control CNC
<b>ANEXO 13:</b> Instalación de Servomotores
<b>ANEXO 14:</b> Implementación de la Caja de Control
<b>ANEXO 15:</b> Instalación de los finales de carrera
<b>ANEXO 16:</b> Implementación del variador de frecuencia
<b>ANEXO 17:</b> Automatización de la máquina Bridgeport Serie I
<b>ANEXO 18:</b> Armario de control
<b>ANEXO 19:</b> Partes de la Fresadora
<b>ANEXO 20:</b> Variador de frecuencia y sus comandos
<b>ANEXO 21:</b> Partes que conforman el sistema de control
<b>ANEXO 22:</b> Control pendant
<b>ANEXO 23:</b> Fresadora Bridgeport perfil lateral
<b>ANEXO 24:</b> Sistema de control de operación
<b>ANEXO 25:</b> Alineación y centrado de la pieza

# CAPITULO I

## MARCO TEORICO

### 1.1 NTRODUCCION MÁQUINAS HERRAMIENTAS

#### Generalidades

Mediante la aplicación de potencias considerables, las máquinas herramientas realizan el trabajo específico de modificación de la forma de los cuerpos o piezas sobre las cuales actúan, mediante el corte o arranque del material de las mismas. Utilizan elementos especiales de gran resistencia llamados herramientas de corte, las cuales poseen filos cortantes en algunos de sus extremos, con los que se introducen en el material a cortar, arrancando trozos del mismo en formas de hojas, rizo, granillo, aguja, etc., el cual recibe el nombre de viruta. Según la cantidad de filos cortantes que posean, las herramientas pueden clasificarse como:

- a) Herramientas de corte de un solo ángulo de filo.
- b) Herramientas de corte con ángulos de filos múltiples.

Son varios los factores de los cuales depende el comportamiento de las herramientas de corte, como son el tipo de filo de corte, ángulo de corte, velocidad de movimiento de la pieza o de la herramienta, enfriamiento, etc. Pero en forma fundamental depende del material del que está construida la herramienta de corte.

Entre los principales tipos de máquinas tenemos:

#### 1.1.1 Limadora<sup>1</sup>

Estas operaciones son destinadas principalmente a la obtención de superficies planas. La herramienta utilizada tiene un solo ángulo de filo con un movimiento de avance y retroceso, denominada generalmente pasada.

En el limado, la herramienta se mueve con traslación rectilínea de avance y retroceso, quedando fija la pieza a trabajar, en tanto que en el cepillado la pieza se desplaza en avance y retroceso rectilíneo, quedando fija la herramienta.

---

<sup>1</sup> [www.fai.unne.edu.ar/contenido/5Maquinas%20Herramientas.htm](http://www.fai.unne.edu.ar/contenido/5Maquinas%20Herramientas.htm)

La Figura No.1.1, corresponde a una limadora accionada mecánicamente, cuyas partes principales son:

A).- Cuerpo principal o bancada.

B).- Carro o cabezal sobre guías con movimiento rectilíneo de avance y retroceso.

C).- Porta herramienta que sujeta la herramienta de corte.

D).- La mesa porta piezas puede desplazarse hacia arriba o hacia abajo y transversalmente, mediante dispositivos de tornillos sinfín.

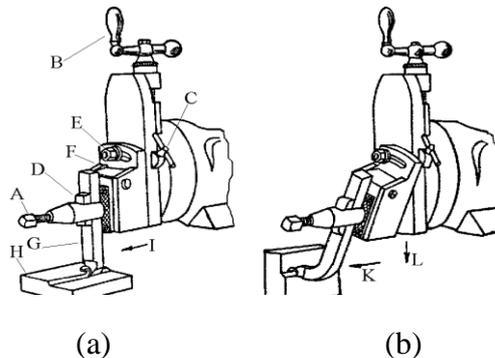
E) y F).- Elementos que permiten dar la profundidad y ancho total al trabajo de limado.



**FIGURA No.1.1 Partes de la limadora**

En la Figura No.1.2 (a), se muestra a modo de ilustración, el arranque de viruta de una pieza en un limado horizontal, indicándose la forma de sujeción de la herramienta de la limadora al cabezal, siendo en la misma A) el tornillo de apriete, B) manivela de desplazamiento vertical, C) traba de ajuste, D) suplemento, E) tornillo de desplazamiento angular, F) placa sujeta herramienta, G) herramienta, H) pieza trabajada, I) desplazamiento del cabezal porta herramienta.

En la figura No.1.2 (b), se muestra un limado vertical, donde K y L son movimientos de traslación rectilínea y vertical respectivamente, que lo realiza el cabezal porta herramienta, estando la placa sujeta herramienta F) desplazada angularmente.



**FIGURA No.1.2 Arranque de viruta**

## **1.1.2 Torno**

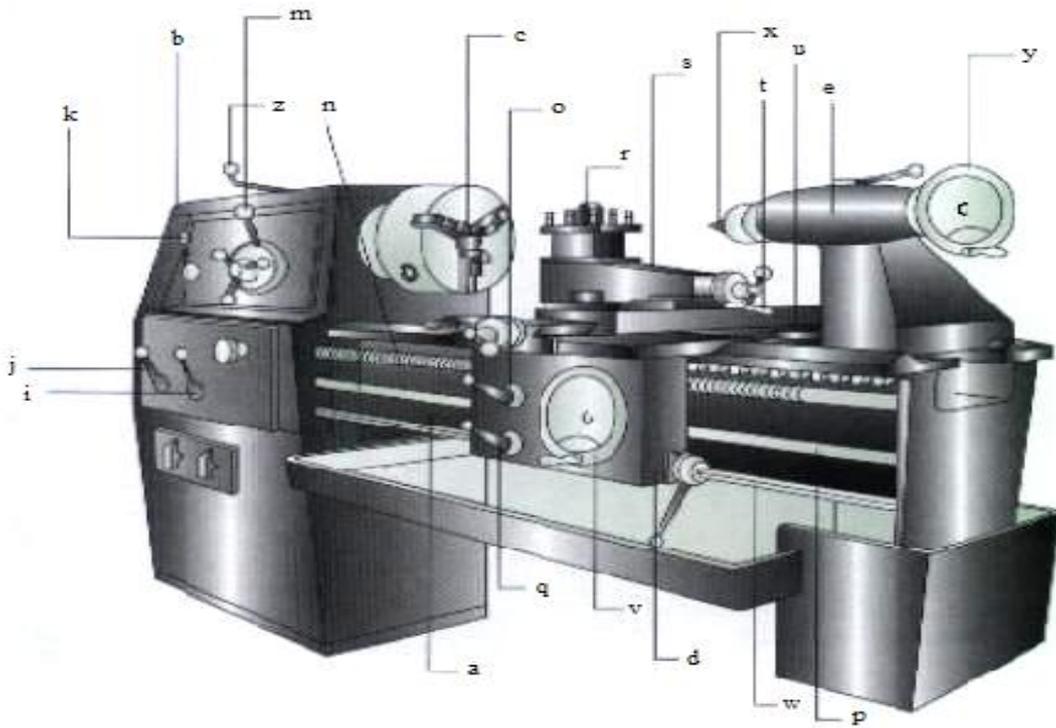
### **Generalidades**

El torneado, realizado con el torno, es una de las operaciones más útiles en el trabajo de materiales con máquinas herramientas, ya que el mismo sirve para realizar una gran cantidad de trabajo con herramientas por lo general de forma sencilla, siendo además, este tipo de máquinas, una de las más empleadas en talleres tanto industriales como de mantenimientos.

El torno está conformado principalmente según se indica en la Figura No.1.3, por las siguientes partes:

- a) Bancada.
- b) Cabezal motriz
- c) Plato.
- d) Carro.
- e) Punto.
- f) Motor.
- g) Polea.
- h) Correa trapezoidal.
- i) Caja de cambio de velocidad de avance.
- j) Palanca de cambio de velocidad de avance.
- k) Inversor de avance.
- l) Piñón de mando entre el plato y la caja de cambio.
- m) Palanca del cambio de velocidad del plato.
- n) Barra de roscar.
- o) Palanca de la barra de roscar.
- p) Barra de cilindrar.
- q) Palanca para la transmisión del movimiento de la barra de cilindrar al carro.
- r) Porta herramientas.
- s) Torreta porta herramientas.
- t) Carro transversal.
- u) Soporte inferior.
- v) Volante para el movimiento manual del carro.
- w) Barra de transmisión para el mando de la barra de cilindrar.
- x) Contrapunto.

- y) Volante para el avance del contra punto.
- z) Leva a fricción y freno.



**FIGURA No. 1.3 Partes del torno**

Los tornos más utilizados son los de bancada horizontal, en los cuales se imprime a la pieza, por lo general un sólido de revolución, un movimiento de rotación según su eje horizontal, constituyendo éste el movimiento principal de corte. Al mismo tiempo, la herramienta de corte, sujeta por el carro porta herramienta, efectúa un movimiento longitudinal y transversal, que constituyen el avance y la penetración respectivamente.

En el torno se pueden ejecutar una gran variedad de trabajos, siendo los principales:

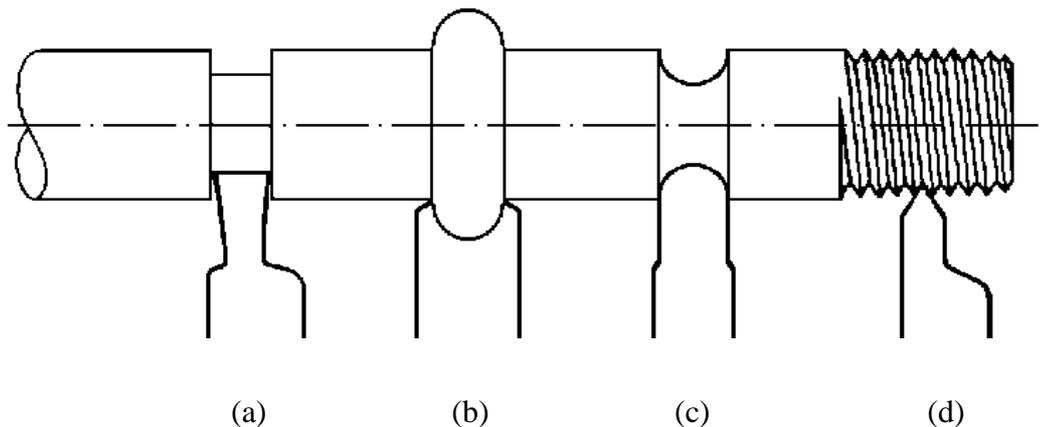
- a) Obtención de superficies cilíndricas, tanto exteriores como interiores.
- b) Obtención de superficies planas
- c) Obtención de superficies esféricas.
- d) Obtención de superficies cónicas.
- e) Obtención de superficies de sólidos de revolución de perfiles variables
- f) Obtención de roscas de paso variables.

## Herramientas de corte

Los materiales más usados en la construcción de herramientas de corte son el acero al carbono, acero rápido, que es una aleación con Wolframio (W), Cromo (Cr) y Vanadio (V), metales que le confieren mayor resistencia al calentamiento y al desgaste, acero extra rápido o metales duros, aleado con los metales ya mencionados más Molibdeno (Mo) y Cobalto (Co); aleaciones duras, como las denominadas estelitas, carburos metálicos, aleaciones no ferrosas, cerámicos, diamante.

Los tipos y formas de herramientas varían de acuerdo al material a trabajar y al tipo de trabajo, existiendo herramientas de corte con distintos ángulos de filos frontales y laterales, utilizados para desbastar, afinar, tronzar, dar forma, taladrar, tallar engranajes, etc.

En la Figura No. 1.4, se indican algunas de las formas de las herramientas ya mencionadas, correspondiendo: (a) herramienta de tronzar, (b) y (c) herramientas de forma, (d) herramienta de roscar.



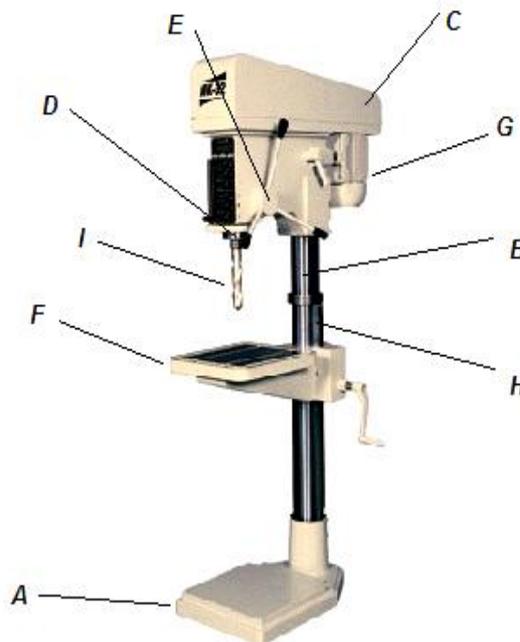
**FIGURA No. 1.4 Formas de herramientas**

### 1.1.3 Taladrado

El taladrado consiste en la ejecución de un agujero o cavidad cilíndrica en el material a trabajar. La operación la realiza una máquina herramienta denominada taladradora, la que emplea una herramienta llamada broca. Existen distintos tipos de taladradoras, de accionamiento mecánico o hidráulico, de mando o control numérico de maquinado computarizado.

En la figura No. 1.5, puede observarse una taladradora de columna o pedestal, siendo sus partes principales:

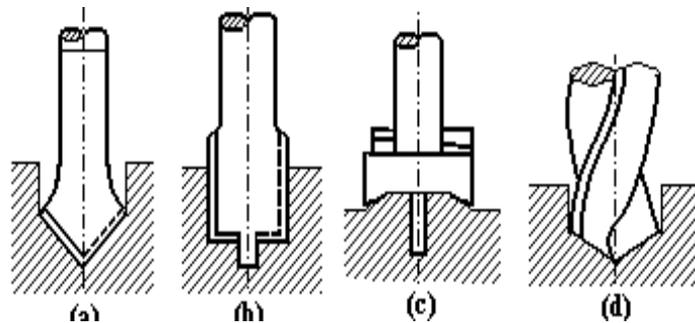
- A) Base o pedestal el cual sirve de apoyo o sustentación de la máquina.
- B) Bastidor o columna, que soporta el mecanismo de transmisión del movimiento y sujeción de la herramienta.
- H) Cremallera, con la que se logra el desplazamiento vertical de la mesa.
- F) Soporte de pieza, en la que se coloca la pieza a taladrar, lo cual se realiza mediante el movimiento de rotación y avance de la broca.
- D) Broca, la que está sujeta por el husillo.
- D) Porta herramienta, que recibe el movimiento de giro y la potencia para el corte del material.
- G) Motor.
- C) Mecanismo de transmisión.
- E) Mecanismo de palanca y cremallera.



**FIGURA No. 1.5 Partes de la taladradora de pedestal**

La broca es una herramienta que consta de dos filos cortantes, a la cual se le imprime, un movimiento de rotación que constituye el movimiento principal de corte y un movimiento rectilíneo de avance en la dirección longitudinal del agujero. Hay distintos tipos de brocas, algunas de las cuales se indican en la figura No. 1.6, siendo:

(a) broca lengua de aspid, (b) broca de forma, (c) broca de aplanar y (d) broca helicoidal. La última de las brocas mencionadas es justamente una de las herramientas más comúnmente utilizadas en el trabajo de taladrado.



**FIGURA No. 1.6 Tipos de brocas**

El material, en el proceso del corte, a medida que se va desprendiendo, adquiere la forma de una espiral cilíndrica, escurriéndose hacia el exterior a través de dos canales helicoidales cortados en la propia herramienta. En la figura No. 1.7, se muestran los principales detalles constructivos de una broca helicoidal.

De esta manera en la Figura No. 1.7a tenemos:

a) tenón, b) vástago o mango, c) cuerpo, d) punta, e) borde cortante, f) guía helicoidal cilíndrica, g) acanaladura para salida de la viruta.

1) superficie de despojo lateral, 2) cara anterior de despojo, 3) cara posterior de despojo.

D) diámetro de la broca,  $\alpha$ ) ángulo de la hélice de salida de viruta,  $\varphi$ ) ángulo de punta,  $\lambda$ ) ángulo de inclinación del núcleo, donde el núcleo es la recta de intersección de los conos que forman la punta de la mecha.

En la Figura No. 1.7b la posición de la mecha muestra la disposición del borde cortante y de la punta de la herramienta.

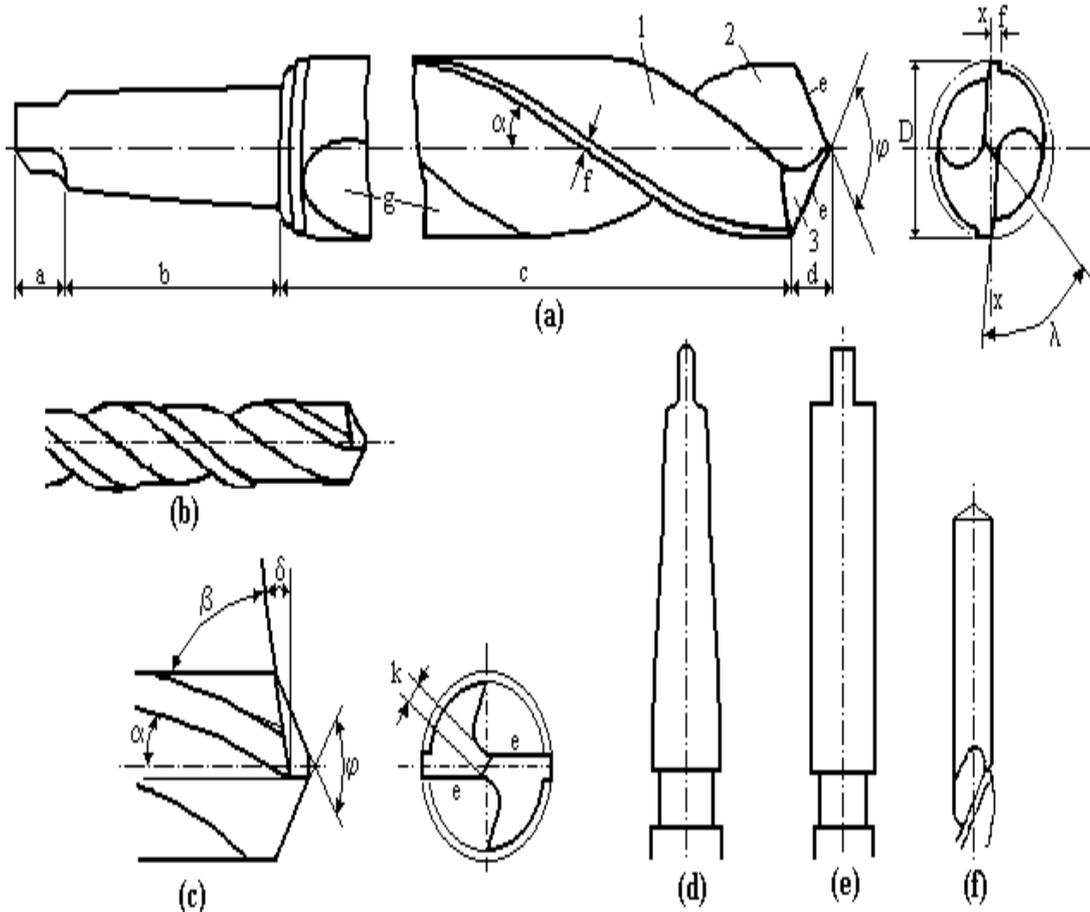
En la Figura No. 1.7c se indican: ángulo  $\alpha$  de inclinación de la hélice, ángulo  $\beta$  de filo, ángulo  $\delta$  de incidencia, ángulo  $\varphi$  de la punta, k espesor del núcleo y borde cortante e.

La Figura No.1.7d muestra un vástago de sujeción cónico, el cual evita que la broca resbale al ser presionada.

En la Figura No.1.7e se ve un vástago de sujeción cilíndrico con tenón.

La Figura No.1.7f muestra un vástago de sujeción cilíndrico común.

El trabajo de taladrado, además de ser una operación final o de terminación es además un trabajo previo a otras operaciones de mecanizado, como por ejemplo de roscado, escariado, torneado interior, brochado, etc. Inclusive, taladradoras con suficiente velocidad y precisión pueden realizar roscado y alisado como operación final.



**FIGURA No.1.7 Partes de una broca helicoidal**

### 1.1.4 Rectificadora

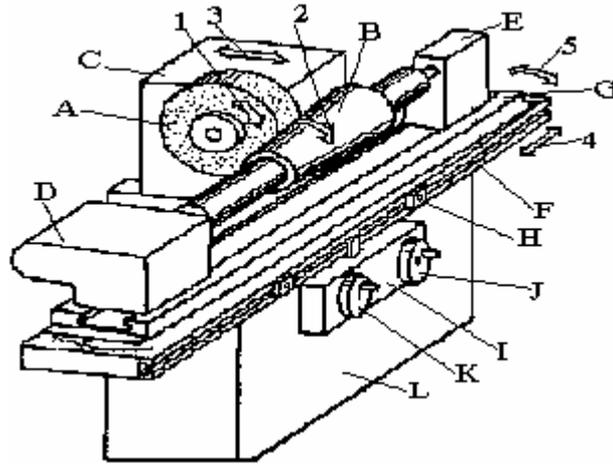
#### Amolado

El amolado consiste en quitar el material de una pieza mediante una herramienta de filos múltiples denominada piedra o disco, constituido por material abrasivo que gira sobre un eje a una velocidad adecuadas pudiendo tener además la pieza un movimiento lineal o de rotación, o combinados.

El amolado o esmerilado se emplea para el afilado de herramientas que se utilizan en el corte de metales; para, desbarbar y pulir distintas piezas obtenidas por moldeo u otro método, quitándoles la rebaba o el material en exceso, obteniendo un mejor acabado de la misma; para rectificar distintas superficies obtenidas con otras máquinas herramientas, logrando dimensiones más precisas; para rectificación de piezas templadas, cuando las mismas sufrieron deformaciones por haber sido expuestas a altas temperaturas, ya sea por tratamientos térmicos o recalentamientos.

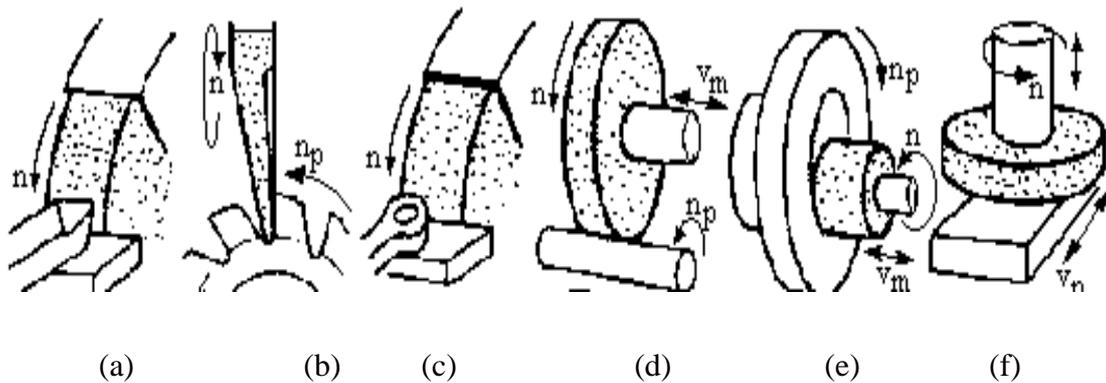
En la Figura No.1.8 se indica una rectificadora cilíndrica, indicándose sus partes principales, siendo éstas:

- A).- Piedra o disco de rectificar, la cual tiene el movimiento de giro 1, con una velocidad de rotación  $n$ .
- B).- Pieza que se rectifica, que gira según 2 con una velocidad de rotación  $n_p$ .
- C).- Carro con motor, que le confiere el giro y desplaza a la piedra en la dirección 3 según el radio de la pieza.
- D).- Cabezal del eje de sujeción y de giro de la pieza, con motor y caja de velocidades que hace girar la pieza a la velocidad  $n_p$ .
- E).- Contrapunta de sujeción de la pieza, que sujeta la pieza para mantenerla firme en su posición de trabajo.
- F).- Mesa inferior
- G).- Mesa superior, desplazable angularmente en la dirección 5, para dar la inclinación a la pieza para el fresado cónico.
- H).- Tope de la mesa, para ajustar la posición y carrera de la mesa.
- I).- Caja de control, para el movimiento de la pieza.
- J).- Manivela de desplazamiento radial, que desplaza hacia la pieza el carro porta disco y disco de rectificar.
- K).- Manivela de comprobación de desplazamiento y ajuste de la mesa.
- L).- Bastidor, con el accionamiento hidráulico de la mesa.



**FIGURA No. 1.8 Partes de una rectificadora cilíndrica**

Las herramientas más comunes tienen forma de disco, siendo su forma de trabajo muy similar al de las fresas, siendo como ésta, según ya se mencionara, una herramienta de filos de corte múltiples, solo que en este caso los mismos están constituidos por pequeños granos muy agudos, que no se tallan especialmente como en el caso de los dientes de la fresa en número relativamente pequeño, sino que su cantidad es muy grande y se hallan distribuidos sobre la superficie de la muela.



**FIGURA No. 1.9 Operaciones con la piedra de amolar**

Las operaciones más comunes realizadas con estas herramientas, son las indicadas en la figura No. 1.9, correspondiendo:

- (a) afilado de una herramienta o útil de torno.
- (b) afilado de una fresa.
- (c) desbarbado de una palanca.

- (d) rectificado cilíndrico de un árbol o eje.
- (e) rectificado interior de una pieza cilíndrica.
- (f) rectificado plano de una pieza rectangular.

### Grados de dureza

Se ha normalizado universalmente la designación por letras mayúsculas, los distintos grados de dureza de las muelas, según se indica en la tabla No.1.1 que está a continuación:

#### GRADOS DE DUREZA

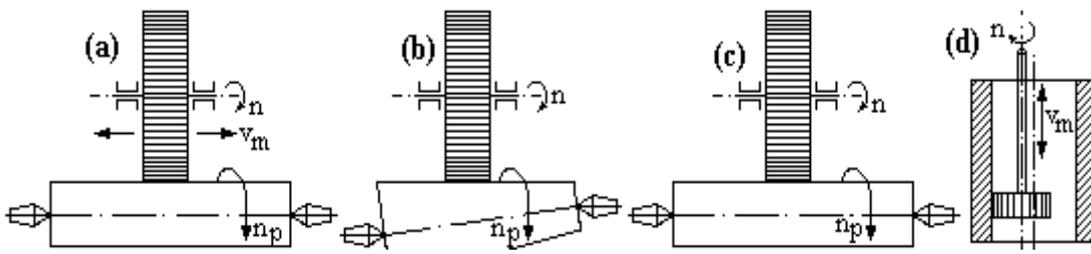
Designación de la dureza de las muelas de rectificar	
Muy blandas: EFG	Semi-duras: PQRS
Blandas: HIJK	Duras: TUVW
Medias: LMNO	Muy duras: XYZ

**TABLA No. 1.1 Grados de dureza**

Una de las principales operaciones que se efectúa con el amolado es el rectificado, que es una operación de acabado superficial con un elevado grado de precisión, el cual consiste en un amolado fino con avances perfectamente uniformes, el cual se realiza con máquinas rectificadoras, según lo ya visto anteriormente. El rectificado puede ser realizado en el exterior o interior de piezas cilíndricas o cónicas, o en superficies planas.

Con la operación de rectificado se pueden corregir imperfecciones de piezas sometidas a tratamientos térmicos, las cuales debido al calentamiento han sufrido deformaciones, como es por ejemplo, el caso de las tapas de cilindros de los motores de explosión y de combustión interna, en las cuales se realiza un rectificado plano. También se pueden corregir deformaciones causadas por el desgaste, logrando medidas homogéneas en las piezas que se trabajan, como por ejemplo en la rectificación de los cilindros de automóviles, mediante un rectificado cilíndrico interior. Con el rectificado también se da a las piezas su acabado definitivo, llevándolas a sus medidas correspondientes entre los límites establecidos.

En el rectificado cilíndrico se utilizan muelas cilíndricas, girando tanto la muela como la pieza trabajada, pudiendo desplazarse longitudinalmente tanto una como la otra, según se puede observar en la figura No. 1.10, distintos tipos de rectificadores, como en (a) y (c) cilíndrico externo, (b) cónico externo y (d) cilíndrico interno.

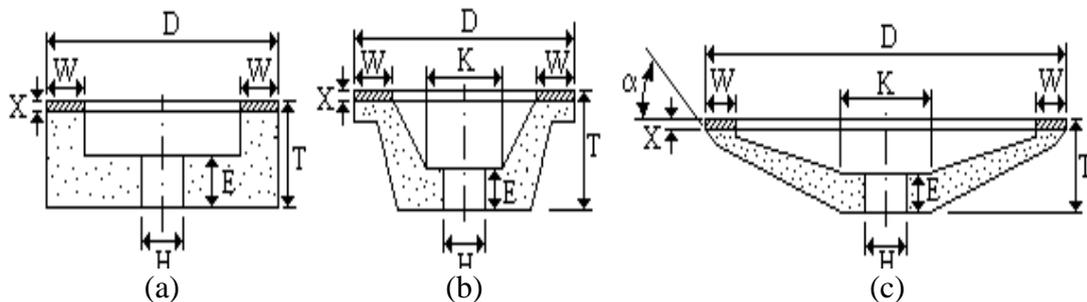


**FIGURA No. 1.10 Tipos de rectificados**

### Rectificación plana

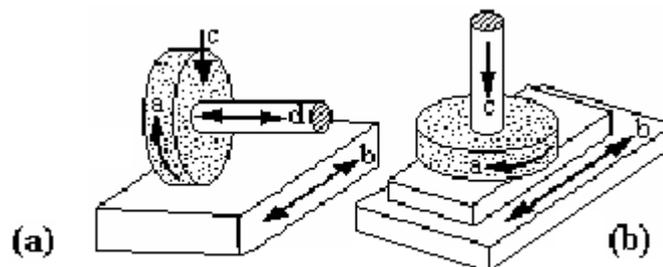
Una de las operaciones más utilizadas y por lo tanto importantes, es el rectificado de superficies planas que han sufrido deformaciones, utilizándose para ello tanto muelas cilíndricas como de formas especiales, algunas de las cuales se muestran en la figura No. 1.11 denominadas:

(a) rueda de copa recta, (b) rueda de copa cónica y (c) rueda de platillo.



**FIGURA No. 1.11 Muelas de formas especiales**

El rectificado plano, según la posición que tome la muela con respecto a la pieza que se trabaja, puede ser tangencial o frontal, lo que se indica en la figura No.1.12 (a) y Figura No.1.12 (b), respectivamente, dependiendo del tipo de muela utilizada.



**FIGURA No. 1.12 Rectificado plano**

Al girar la muela se produce el movimiento de corte (a), al mismo tiempo, el mecanismo hidráulico produce el avance (b) de la mesa porta pieza y por lo tanto de la pieza, siendo (c) la penetración o avance en profundidad en tanto que (d) corresponde al movimiento transversal de la muela, o también de la pieza, para cubrir su ancho.

## **1.2 ASPECTOS IMPORTANTES DE LA FRESADORA**

### **Generalidades**

La fresadora, junto con el torno, son las máquinas más empleadas en los talleres mecánicos debido a su gran versatilidad y posibilidades que ambos ofrecen, el torno en piezas de revolución y la fresa para todo tipo de piezas prismáticas.

La fresadora dotada de una herramienta característica denominada fresa que, animada por un movimiento de rotación, mecaniza superficies en piezas que se desplazan con un movimiento rectilíneo bajo la herramienta.

Cuando el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de la pieza que se mecaniza, el fresado se llama frontal.

Los movimientos de trabajo de la fresadora son:

- ❑ Movimiento de corte: Por rotación de la fresa.
- ❑ Movimiento de avance: Por desplazamiento rectilíneo de la pieza.
- ❑ Movimiento de profundidad de pasada: Por desplazamiento vertical de la pieza.

### **Fresado**

El fresado consiste en una herramienta rotatoria con múltiples filos cortantes que se mueve lentamente sobre el material para generar un plano o superficie recta. La dirección del movimiento de avance es perpendicular al eje de rotación. El movimiento de velocidad lo proporciona la fresa rotatoria.

### **Tipos de fresadoras**

Los tres grupos principales de fresadoras son horizontales, verticales y universales, las cuales a su vez se dividen de la siguiente manera:

### **1.2.1 Tipos de fresadoras horizontales**

#### **Máquinas fresadoras para la producción**

El uso principal de estas fresadoras es para producción en volumen de piezas idénticas. Estas fresadoras pueden ser semiautomáticas y son de construcción sencilla pero fuerte, las fresadoras más comunes de este tipo son fresadora de planchas en manufactura, fresadora duplex para manufactura, fresadora sencilla de rodilla y columna.

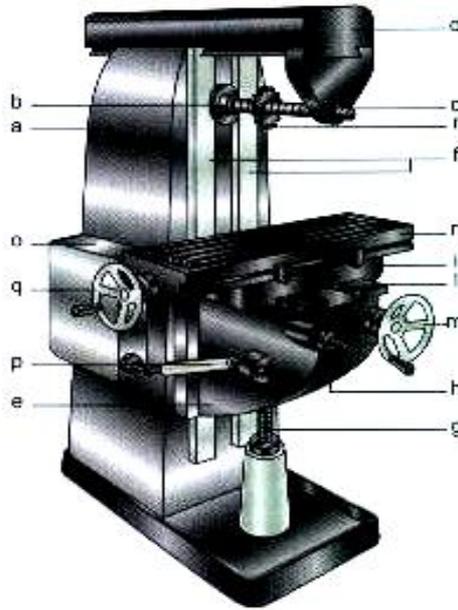
#### **Máquinas fresadoras horizontales de codo y columna**

En este tipo de máquinas la relación entre la altura de la fresa o cortadora y la pieza de trabajo se controla con el movimiento vertical de la mesa, los dos tipos más comunes de estas fresadoras son fresadora de planchas u horizontal y fresadora horizontal universal.

#### **Fresadoras horizontales**

Las principales partes de una fresadora son las que se exponen a continuación y que podemos identificar en la figura No. 1.13.

- a) Montante que contiene el motor y los mecanismos de movimiento de trabajo.
- b) Eje portafresas.
- c) Árbol portafresas que recibe el movimiento del eje portafresas.
- d) Soporte rígido del árbol portafresas.
- e) Consola o carro inferior.
- f) Guía fija en el montante.
- g) Espárrago roscado
- h) Árbol con tambor graduado.
- i) Carro transversal.
- m) Volante con tambor graduado para medir desplazamiento del carro transversal
- n) Mesa
- o) Caja de cambio de velocidades.
- p) Transmisión por medio del cardan para el avance automático de mesa.
- q) Volante para el mando manual del avance longitudinal de la mesa.
- r) Fresa.



**FIGURA No.1.13 Partes de una fresadora Horizontal**

### **1.2.2 Cadena Cinemática de una Fresadora <sup>2</sup>**

Para realizar los distintos movimientos de una fresadora es necesaria una cadena cinemática. La cadena cinemática de una fresadora puede considerarse dividida en varios grupos de mecanismos:

- Transmisión del movimiento del eje principal.
- Transmisión del movimiento a la caja para cambios para avances.
- Caja de cambio para avances e inversión de movimientos de los mismos.
- Transmisión del movimiento a los mecanismos de la consola.
- Mecanismos de los avances automáticos y manuales.

#### **Transmisión del movimiento al eje principal <sup>2</sup>**

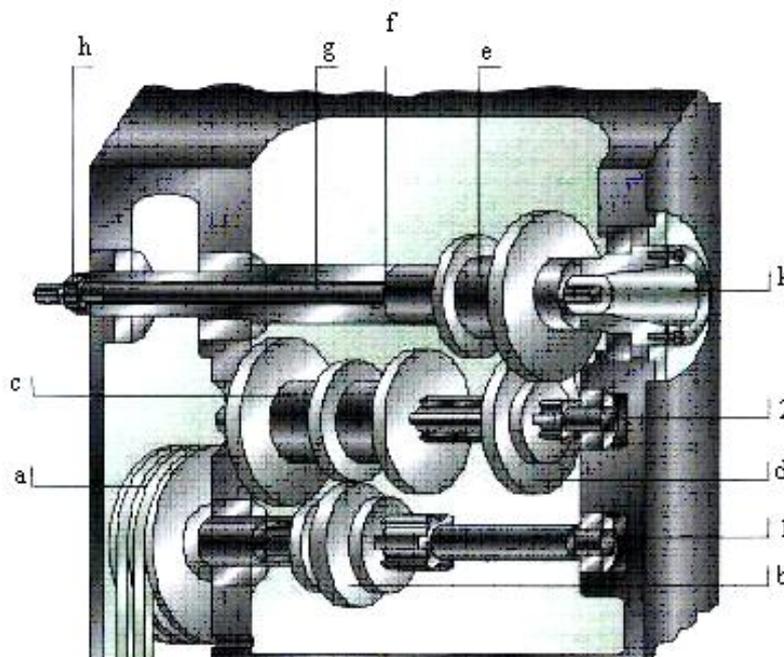
El movimiento de transmisión desde el motor necesita un sistema de reducción y variación de velocidad que puede basarse en un mecanismo de conos, poleas o de trenes de engranajes. En el sistema de monopolea, el ataque se hace por medio de una polea de correas trapeciales que va desde el motor a una caja de cambios de velocidades por engranajes que hay en la parte superior del cuerpo de la fresadora. El sistema empleado es casi exclusivamente del tipo de engranajes desplazables, se emplea en casi todas las fresadoras de cualquier potencia.

<sup>2</sup>Manual de Mecánica Industrial IV TOMO

Este sistema se indica en la figura No. 1.14, la polea (a), que recibe el movimiento del motor situado en la parte inferior del cuerpo, transmite un movimiento al bloque de tres engranajes (b), que se deslizan por el árbol acanalado (1). Sobre el árbol intermedio (2) está fijamente sujeto un bloque de engranajes (c), que se pueden acoplar con cualesquiera del bloque (b); y dos engranajes (d), que se pueden deslizar sobre un trozo de árbol acanalado, acoplable con los del bloque (e), fijamente clavado en el eje (f).

El eje esta montado sobre cojinetes de bolas y está hueca en su interior. Por su agujero se desliza y gira con el tirante (g), roscado en su dos extremos; este tirante sirve para bloquear, mediante el dado (h), el árbol porta fresas contra el cono hueco (k) del eje. En el sistema de ataque directo se suprime toda clase de poleas, es semejante al sistema de mono polea, salvo que el eje del motor lleva ya el primer engranaje, de la caja. Suele estar dotado de embrague.

El último eje (f) conducido del mecanismo, en cualquiera de sus formas, es el eje principal de la fresadora.



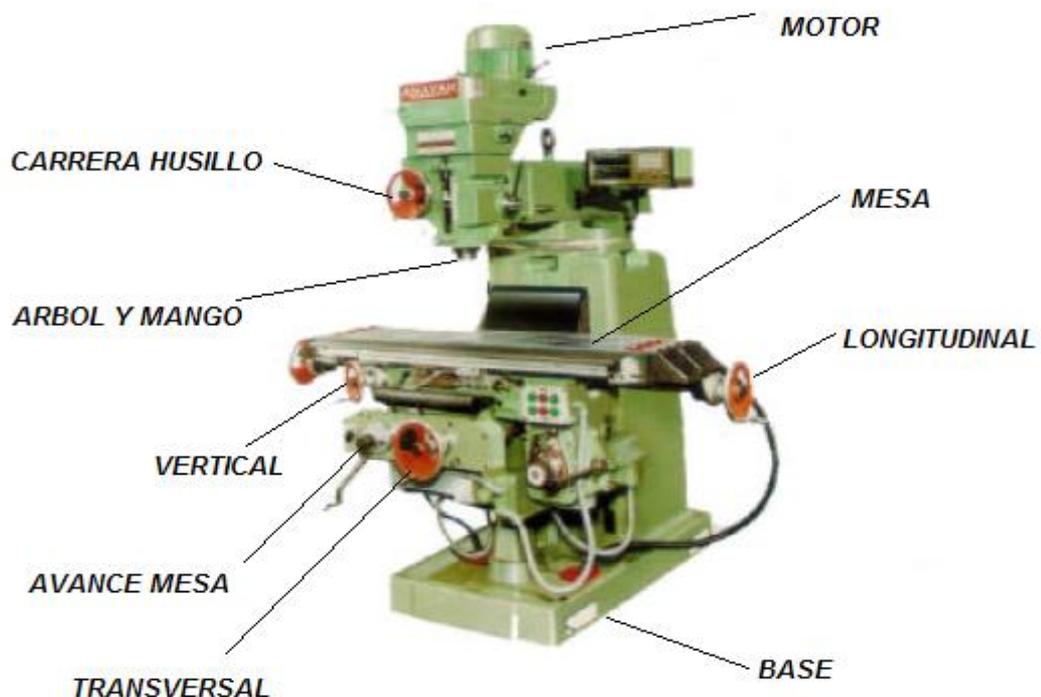
**FIGURA No. 1.14 Transmisión del eje principal**

### 1.2.3 fresadoras verticales

Una maquina vertical típica se indica en la figura No. 1.15, y se le llama así por la posición vertical de árbol de corte.

Los movimientos de la mesa son los mismos que los de la Fresadora simple. Ordinariamente no se le da a la herramienta otro movimiento que no sea el usual de rotación. Sin embargo el cabezal del árbol puede girar, lo cual permite colocar el árbol que se encuentra en un plano vertical en cualquier posición desde la vertical hasta la horizontal. En esta máquina el árbol tiene un pequeño desplazamiento axial para facilitar el fresado escalando. Algunas fresadoras verticales están provistas de aditamentos giratorios o mesas de trabajo giratorias para permitir el fresado de ranuras circulares o el fresado continuo de piezas en trabajo de baja producción. Todos los cortadores son del tipo cilíndricos frontales.

Los usos de la máquina incluyen: taladro, rimado, mandrilado y espacio preciso de agujeros debido al ajuste micrométrico de la mesa, refrendado y desahogados. Las máquinas perfiladoras y vaciadoras son similares en operación a las fresadoras verticales.



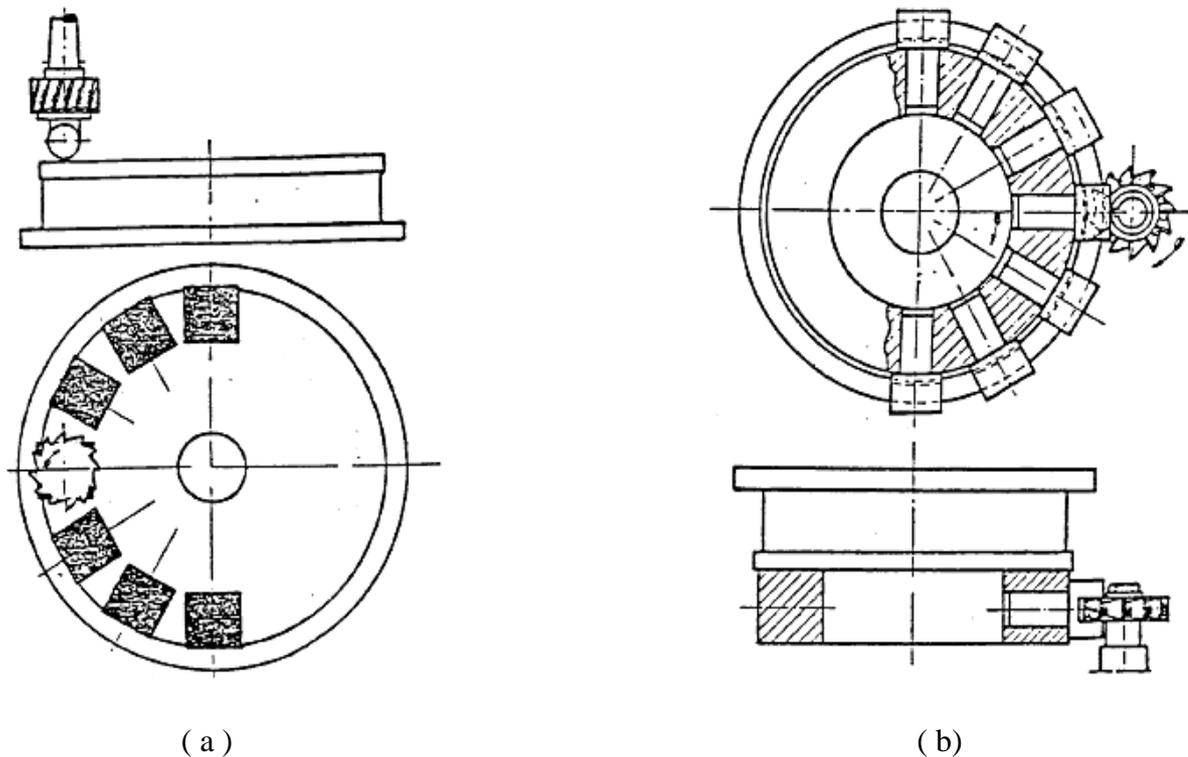
**FIGURA No.1.15 Partes de la fresadora vertical**

### **Tipos de fresadoras verticales**

- Fresadora vertical del tipo de ariete, estas fresadoras se utilizan normalmente para un trabajo más ligero que una fresadora vertical estándar.

- Fresadora vertical de control numérico por computadora, es de construcción muy rígida, y esta diseñada para trabajos en serie, al igual que el torno esta máquina tiene su propio software que le permite diseñar y crear la pieza deseada.
- Fresadora vertical controlada por trazador, ésta reproduce la forma de una matriz o plantilla en la pieza de trabajo.
- Fresadora controlada por explorador óptico, este tipo de fresadora puede reproducir piezas planas a partir de líneas negras, bien definidas en un dibujo.

En la Figura No. 1.16 muestra 2 esquemas del sistema de fresado vertical en serie.



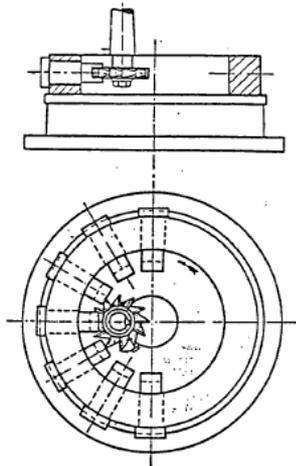
**FIGURA No.1.16 Sistema de fresado vertical en serie**

(a) Sistema de fresado en serie adoptado, para la ejecución de planos en elementos iguales.

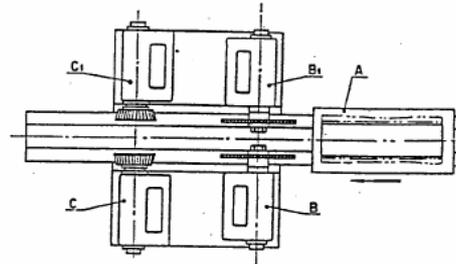
(b) Sistema de fresado en serie adoptado; para la ejecución de huecos en elementos iguales actuado desde fuera del aparato.

La Figura No. 1.17 muestra el fresado vertical continuo para huecos en elementos iguales y corte alisado bilateral.

Sistema de fresado vertical continuo adoptado para la ejecución de huecos en elementos iguales, actuando por el interior del aparato. (Demostración esquemática.)



Corte y alisado sucesivo bilateral mediante dos pares de fresas movidas por dos pares de cabezales horizontales opuestos.



**FIGURA No.1.17 Fresado vertical continuo**

### **Fresadora universal**

La Fresadora universal es esencialmente una máquina para la manufactura de herramientas construidas para piezas muy precisas. En apariencia es similar al tipo de Fresadora simple, pero diferente ya que la mesa de trabajos esta provista de un cuarto movimiento que le permite girar horizontalmente y esta equipada con un divisor o cabezal divisor localizado en el extremo de la mesa. La característica de giro en las máquinas universales permite el corte de helicoidales como las encontradas en las brocas, fresas, levas y algunos engranes.

Las fresadoras universales puede también estar equipadas con un aditamento para fresado vertical y un dispositivo de mesa giratoria, prensa y cabezal mortajador así como otros accesorios todos los cuales añaden utilidad como máquina para hacer herramienta.

La disposición de ciclos automáticos puede ser suministrada a las máquinas universales, éstos controlan automáticamente los desplazamientos de la mesa desde la puesta en marcha hasta la parada.

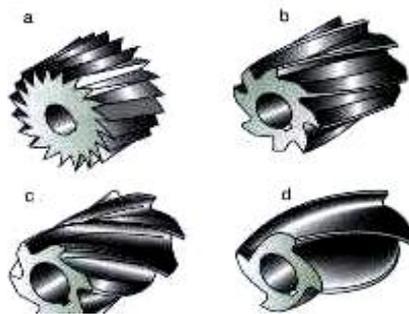
### **1.2.4 fresas**

Existen una gran variedad de fresas y formas de éstas; llegando a ser tan amplio como variación de piezas creadas en donde tengan que intervenir las operaciones de fresado.

Normalmente estas variaciones son para realizar formas especiales.

En la Figura No. 1.18 podemos ver un grupo de fresas muy usuales con una aplicación similar, pero que se adaptan a trabajo distintos como son los siguientes:

- a) Fresa cilíndrica de diente helicoidal, sirve de acabado.
- b) Fresa cilíndrica de diente helicoidal, para elaborar material duro y tenaz.
- c) Fresas de dientes helicoidales, para elaborar materiales de resistencia media.
- d) Fresa cilíndrica de dientes helicoidales, para materiales ligeros.

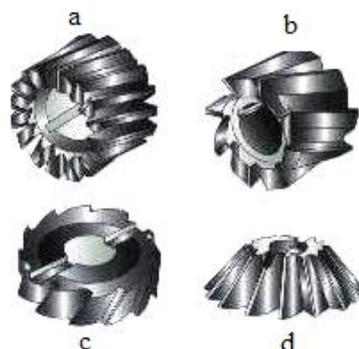


**FIGURA No.1.18 Fresas cilíndricas tipo helicoidal**

Este grupo de fresas trabaja en los dos sentidos: para planear o con el cortador para refrentar por el lateral.

En la Figura No. 1.19 podemos ver otro grupo de fresas, con aplicaciones similares a las anteriores, que son las siguientes:

- a) Fresa cilíndrico-frontal, para elaborar materiales duros y tenaces.
- b) Fresa cilíndrico-frontal, para el acero dulce y de media dureza.
- c) Fresa cilíndrico-frontal, con hueco para dientes de arrastre, es de alto rendimiento sirve para acero dulce y de media dureza.
- d) Fresa de ángulo, para fresar guías de desplazamiento para máquinas herramientas.



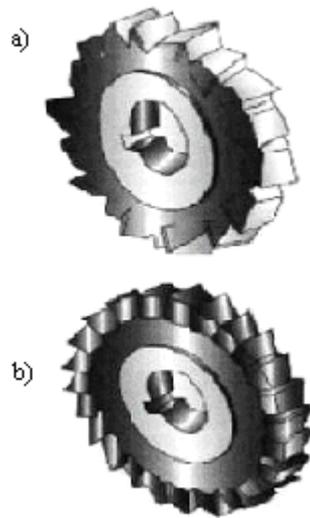
**FIGURA No.1.19 Fresas cilíndrico frontal**

Podemos observar en este grupo de fresas dos tipos de acoplamiento: con el chavetero en la parte longitudinal o con el chavetero en la parte frontal para dos sistemas de fijación distinto, tanto como cono morse arrastrado por la parte frontal o montadas sobre un eje con chaveta.

En la Figura No. 1.20 podemos ver otras dos fresas de corte circular; se utilizan para la realización de cajas acanaladas, cortes de piezas y todo tipo de ranuras. Se comercializan en diferentes dimensiones de diámetro, y sobre todo de grosor para la realización de diferentes medidas de ranura, aunque al trabajar un acanalado se usa una de grosor más pequeño de la caja a realizar y se desplaza el carro de la fresadora hasta conseguir la medida deseada.

El nombre con que se conoce a estas fresas son:

- a) Fresa de disco de alto rendimiento.
- b) Fresa de disco para fresar acanaladuras estrechas.



**FIGURA No. 1.20 Fresas de disco**

En la Figura No. 1.21 tenemos otras dos fresas que se denominan fresa cilíndrico frontal. La primera es una fresa frontal con múltiples dientes de corte, a diferencia de la segunda, que solo posee tres dientes y va provista de un cono morse.

La diferencia más notable entre las dos fresas es la cantidad de dientes y su utilidad es principalmente para realizar dos tipos de trabajo distintos; la primera de un gran número de dientes, es adecuado para materiales duros y realizar acabados finos, y la segunda por el

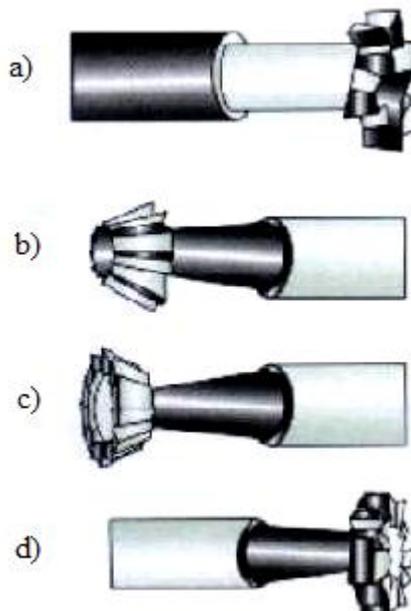
contrario, ofrece la posibilidad de usarla con materiales pastosos que necesitan una gran salida de viruta porque éstos tienden a embasar la herramienta.



**FIGURA No. 1.21 Fresas cilíndrico frontal**

Las Fresas T, así llamada por su forma, se pueden observar en la Figura No. 1.22 Hay una gran variedad de éstas con aplicaciones concretas que pueden ser:

- a) Fresa para acanaladuras en T.
- b) Fresa para acanaladuras en T de alto rendimiento.
- c) Fresa de ángulo con conicidad convergente.
- d) Fresa de ángulo con conicidad divergente.

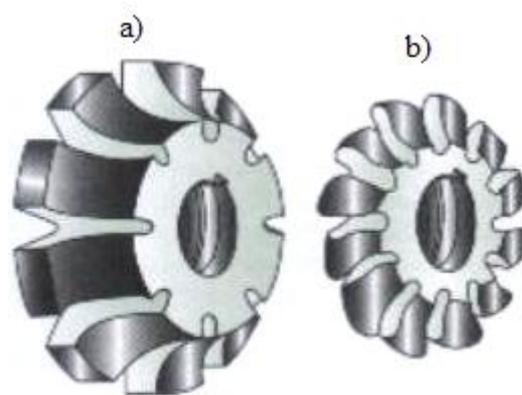


**FIGURA No. 1.22 Fresas Tipo T**

Estas fresas se utilizan para realizar las distintas formas que ellas poseen, hacer cajeados interiores por la forma de su cuello, achaflanados, etc.

Las fresas para tallar piñones se observa en la Figura No. 1.23, donde tenemos:

- a) Fresa de Forma, que sirve para obtener una particular superficie convexa.
- b) Fresa modular, que sirve para afeitado entre dientes del engranaje, así como para la construcción de ruedas dentadas. Está constituida en base al módulo del engranaje que se trabaja. Como rueda de un mismo módulo y perfil de diente varia según la variación del número de dientes de la rueda; para dentar rueda de un mismo módulo son necesarias una serie de fresas con diferentes perfiles.



**FIGURA No. 1.23 Fresas para tallar piñones**

### **1.2.5 Dispositivos de sujeción de piezas en la mesa de una fresadora**

Para poder realizar los trabajos de fresado de las distintas formas de las piezas es necesario una serie de accesorios de sujeción. Entendiendo por fijación de las piezas la operación de sujetarlas en una máquina para efectuar su trabajo. Entre los elementos de sujeción tenemos:

#### **Dispositivos de acción mecánica**

- Por Mordazas
- Por tornillos
- Por bridas
- Por levas excéntricas
- Por palancas articuladas

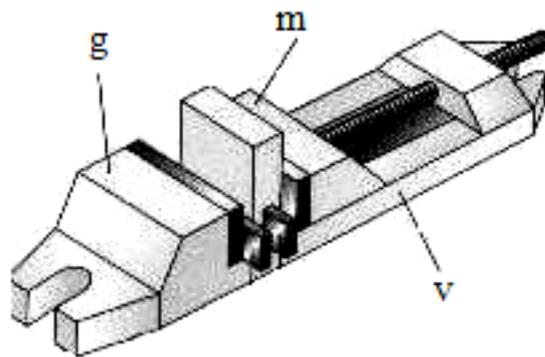
### Dispositivos de acción hidráulica o neumática

- Por cilindro hidráulico
- Por cilindro neumático

Analizaremos los tipos de sujeción Mecánica que más se utiliza a nivel Industrial, como son las Mordazas y las Bridas

### Mordazas

En la Figura No. 1.24, tenemos una mordaza de las más habituales, para la sujeción de las piezas de pequeñas y medianas dimensiones; el sistema más practicado sin lugar a dudas, es el sujetador con mordaza. Se trata de una fijación lateral que requiere pocas precauciones. Está formada por mordaza fija (g), la mordaza móvil (m), Husillo del tornillo (v).

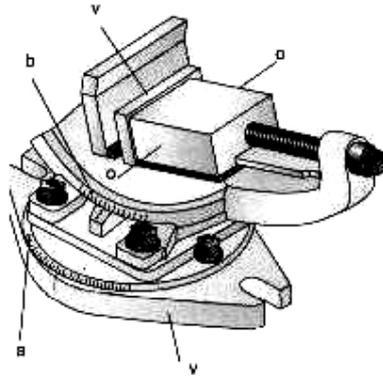


**FIGURA No. 1.24 Mordaza**

### Mordazas giratorias

Las mordazas giratorias tienen aplicaciones especiales para fresar superficies que estén inclinadas con respecto a la mesa portapiezas; se usan mordazas giratorias sobre su base inclinable en torno a un eje horizontal. En la Figura No. 1.25 vemos una mordaza giratoria que puede girar en torno al eje vertical (v-v) y en torno al horizontal (o-o). La amplitud de la rotación se lee por medio de un limbo graduado (a) y por un sector graduado vertical (b). Al fijar la pieza rígidamente entre las mordazas de un tornillo, es necesario que su base se apoye en el fondo del aparato y que su parte superior sobresalga de las mordazas lo mínimo compatible con la operación a efectuar.

Al fijar el tornillo de mordazas a la mesa porta piezas es necesario asegurarse que el empuje que la herramienta ejerce sobre la pieza se dirija contra la mordaza fija y no contra la móvil.



**FIGURA No.1.25 Mordaza giratoria**

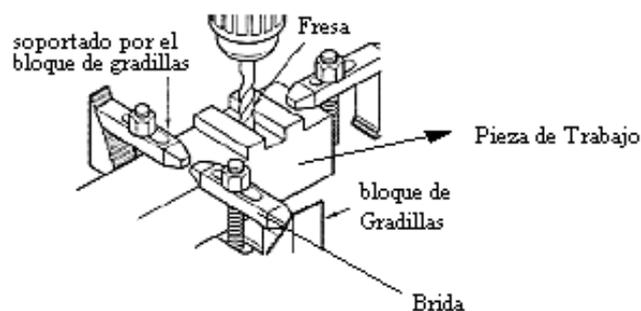
### **Sujeción por bridas**

Otra forma de sujeción son las bridas, o fijación vertical que da excelentes resultados para piezas de formas complicadas o de grandes dimensiones.

El dispositivo tornillo y tuerca, da en efecto una gran seguridad de inmovilización, además proporciona un apriete perfecto.

Las bridas pueden ser planas o acodadas. Este tipo de fijación requiere frecuentemente accesorios de apoyo indispensables para el equilibrio de las piezas especiales.

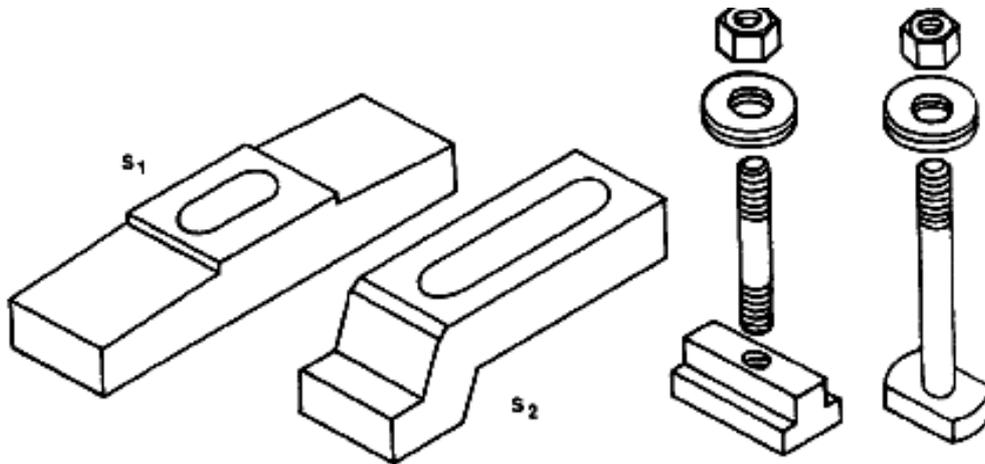
Las piezas que por su forma y tamaño no pueden fijarse con un tornillo de mordazas, se sujetan a la mesa porta piezas mediante bridas. En la Figura No. 1.26 se observa un ejemplo de sujeción de una pieza mediante una brida.



**FIGURA No. 1.26 Sujeción de Pieza mediante una brida**

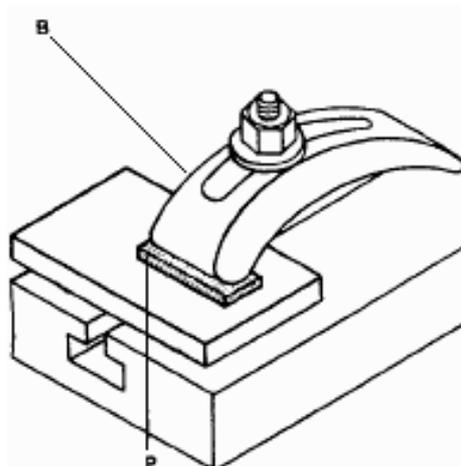
La forma de las bridas es diferente, según las necesidades particulares de sujeción. Las bridas pueden tener el extremo posterior plano, extremo que se apoya sobre gradillas o sobre soportes de altura regulable; la parte anterior puede ser plana o quebrada.

Para todos estos tipos resulta esencial que la brida quede horizontal. En la Figura No.1.27 se indica la brida plana (S1) y quebrada (S2).



**FIGURA No. 1.27 Bridas Plana-Quebrada**

Existen además, bridas curvas (B), como se indica en la Figura No. 1.28, que presentan la ventaja de no fletear y tienen mayor facilidad de aplicación, ya que pueden sujetar piezas de diferente altura sin que varíe la altura del apoyo del otro extremo. Si se debe fijar con bridas una pieza con una superficie ya mecanizada se interpone una planchita P, de metal blando, entre la brida y la pieza, a fin de evitar que esta brida quede marcada.



**FIGURA No. 1.28 Bridas curvas**

## 1.3 CONTROL DE MAQUINAS CNC <sup>3</sup>

### 1.3.1 Introducción al control numérico computarizado

Hoy día las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, con lo que el uso del CNC (Control Numérico Computarizado) se ha extendido a todo tipo de maquinaria: tornos, rectificadoras, electro erosionadoras, fresadoras etc.

El Control Numérico Computarizado es un sistema de fabricación mediante el cuál la máquina es controlada por informaciones alfanuméricas, introducidas mediante un programa que puede ser comprobado y evaluado en el computador para su posterior mecanizado.

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina, gracias a esto puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles.

En ésta máquina CNC la computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal.

El término “control numérico” se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos. Por ejemplo, para indicarle a la máquina que mueva la herramienta describiendo una figura geométrica, se le darían los siguientes códigos:

G90 G71

G00 X0.0 Y0.0

G01 X10.0

G01 Y10.0

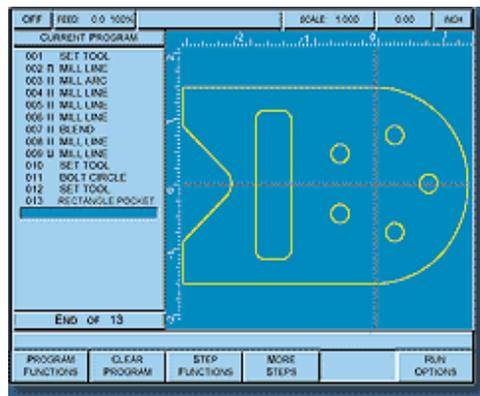
G01 X0.0

G01 Y0.0

---

<sup>3</sup>[www.maquinas de control numérico \(CNC\)-ilustrados-com.htm](http://www.maquinas-de-control-numerico-(CNC)-ilustrados-com.htm)

Un conjunto de órdenes que siguen una secuencia lógica constituyen un programa de maquinado, dándole las órdenes o instrucciones adecuadas a la máquina, ésta es capaz de maquinar una simple ranura, una cavidad irregular, la cara de una persona en altorrelieve o bajorrelieve etc. En la Figura No.1.29 se indica el conjunto de códigos para el proceso de maquinado.



**FIGURA No. 1.29 Códigos G de Maquinado**

Al principio hacer un programa de maquinado era muy difícil y tedioso, pues había que planear e indicarle manualmente a la máquina cada uno de los movimientos que tenía que hacer. Era un proceso que podía durar horas, días, semanas. Aún así era un ahorro de tiempo comparado con los métodos convencionales.

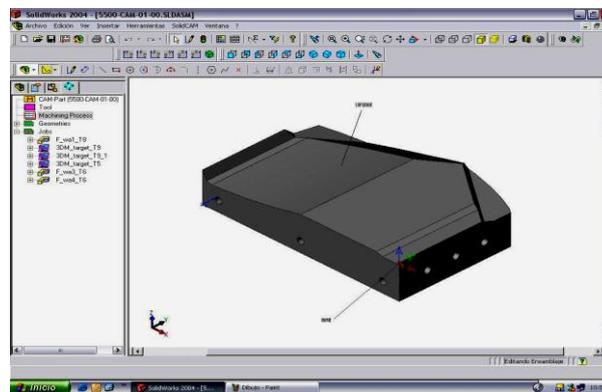
Actualmente muchas de las máquinas modernas trabajan con lo que se conoce como “lenguaje conversacional” en el que el programador escoge la operación que desea y la máquina pregunta los datos que se requieren. Cada instrucción de este lenguaje conversacional puede representar decenas de códigos numéricos. Por ejemplo, el maquinado de una cavidad completa se puede hacer con una sola instrucción que especifica el largo, alto, profundidad, posición, radios de las esquinas, etc. Algunos controles incluso cuentan con graficación en pantalla y funciones de ayuda geométrica, todo esto hace la programación mucho más rápida y sencilla.

También se emplean sistemas CAD/CAM que generan los programas de maquinado de forma automática. En el sistema CAD (Diseño Asistido por Computadora) la pieza que se desea maquinar se diseña en la computadora con herramientas de dibujo y modelado sólido.

Posteriormente el sistema CAM (Manufactura Asistida por Computadora) toma la información del diseño y genera la ruta de corte que tiene que seguir la herramienta para fabricar la pieza deseada; a partir de esta ruta de corte se crea automáticamente el programa de maquinado, el cual puede ser introducido a la máquina CNC mediante un disco o enviado electrónicamente, este tema será explicado detalladamente a continuación.

### 1.3.2 Introducción al CAD / CAM <sup>3</sup>

La Figura No. 1.30 muestra el diseño de una pieza elaborado en un software CAD.



**FIGURA No. 1.30 Diseño de una pieza**

El término CAD se puede definir como el uso de sistemas informáticos en la creación, modificación, análisis u optimización de un producto. Dichos sistemas informáticos constan de un hardware y un software.

El término CAM se puede definir como el uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción.

Los sistemas de Diseño Asistido por Computador CAD pueden utilizarse para generar modelos con muchas si no todas de las características de un determinado producto. Estas características podrían ser el tamaño, el contorno y las formas de cada componente, almacenadas como dibujos bi y tridimensionales. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del producto.

Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por computador conforman un sistema integrado CAD/CAM.

Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costes de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costes de fabricación.

Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. El Control Numérico por Computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD / CAM.

En la práctica, el CAD/CAM se utiliza de distintas formas, para producción de dibujos y diseño de documentos, animación por computador, análisis de ingeniería, control de procesos, control de calidad, etc.

Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a las necesidades específicas de sus situaciones.

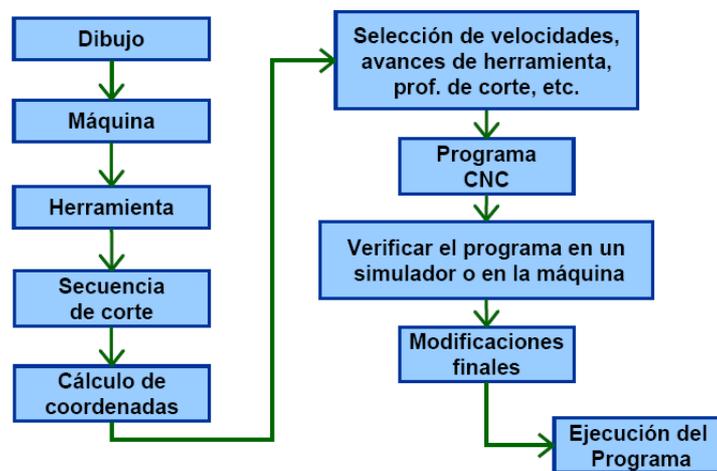
Para llevar a cabo un flujo de procesamiento de CNC como se indica en la Figura No 1.31, primero es necesario realizar el diseño de la pieza (Dibujo), en cualquier software CAD que se disponga, una vez diseñado adquirimos el archivo por medio de un software CAM, el mismo que permite seleccionar parámetros como la máquina en la que se va a operar, los tipos de herramientas que se va a utilizar. Una vez seleccionados estos parámetros, el software CAM realiza análisis como son la secuencia de corte, que se lo realiza en base a coordenadas geométricas X,Y,Z, las mismas que generan unos códigos G, que son directrices, además en éstas se incluyen códigos con los que definimos avances de herramienta, velocidad de corte, profundidad de corte, etc. Estos códigos se pueden consultar más detalladamente en Anexos No 6.

Cuando se generan los códigos G en el CAM, adquirimos estos datos por medio del programa CNC 10, el mismo que ejecuta el CAD/CAM. En el programa CNC 10 previo a la ejecución del trabajo podemos simular y comprobar posibles errores de diseño o falla

del operador. Por ejemplo, utilizar una herramienta errónea a la que se estipuló en el CAM, si este fuese el caso el software CNC10 permite modificar líneas de códigos G. Una vez simulado y comprobado podemos mandar a ejecutar cualquier tipo de trabajo por más complicado que fuese.

Para mayor información, recurrir al capítulo IV ítem 4.6.1 donde se realiza un ejemplo práctico del procesamiento.

En la figura No. 1.31 se presenta el flujo de procesamiento de CNC



**FIGURA No. 1.31 Flujo del procesamiento de CNC**

### 1.3.3 Tipos de controles numéricos <sup>2</sup>

De acuerdo a las dificultades tecnológicas de mecanizado, así como los aspectos económicos de las máquinas a automatizar, se han desarrollado una gran cantidad de tipos de CNC, siendo los más destacados :

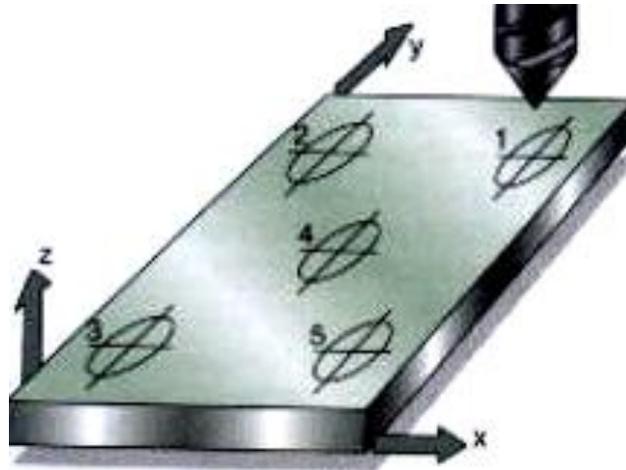
- Control numérico punto a punto.
- Control numérico paraxial.
- Control numérico continuo o por contorno.

#### **Control numérico punto a punto**

Este tipo de control se utiliza para posicionar la herramienta en los sucesivos puntos donde se realicen una o varias mecanizaciones.

La trayectoria seguida para pasar de un punto a otro no es controlada, ya que las funciones de posición y mecanizado son diferentes.

En la Figura.1.32 podemos ver el ejemplo de control numérico punto a punto.



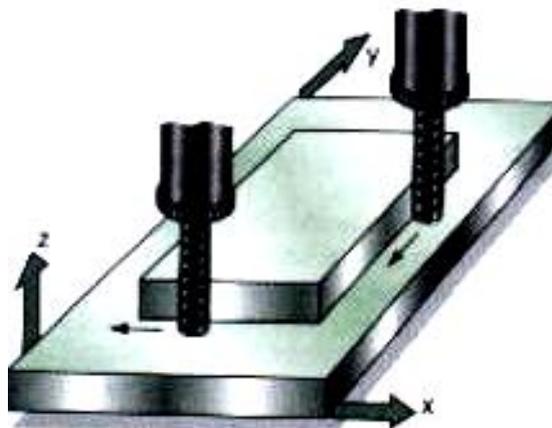
**FIGURA No. 1.32 Control numérico punto a punto**

### **Control numérico paraxial**

Con el control numérico paraxial se puede gobernar de forma precisa tanto la posición del elemento que se desplaza (pieza o herramienta) como la trayectoria, según la dirección de alguno de los ejes de coordenadas cartesianas.

El control paraxial, mejora el control punto a punto, ya que podemos controlar también la trayectoria seguida, pero siempre siguiendo líneas rectas paralelas a los ejes de la máquina-herramienta.

En la Figura No. 1.33 se observa esquemáticamente el tipo de control paraxial.



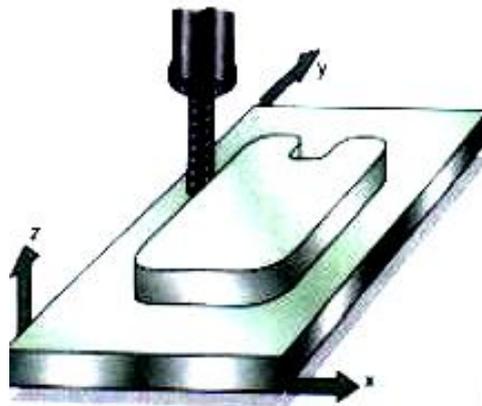
**FIGURA No.1.33 Control numérico paraxial**

### **Control numérico continuo o por contorneado**

Este es el sistema que se aplica con más frecuencia en casi todas las máquinas-herramientas con CNC. Todos los desplazamientos y trayectorias son controlados siempre en forma precisa.

Con la combinación simultánea de dos ejes o tres ejes de coordenadas se pueden realizar perfiles de gran dificultad técnica. Este tipo de control es denominado 3D porque puede gobernar al mismo tiempo tres movimientos de los ejes.

En la Figura No.1.34 podemos ver el tipo de control por contorneado.



**FIGURA No.1.34 Control numérico continuo**

### **1.3.4 Programación en el control numérico <sup>2</sup>**

Se pueden utilizar dos métodos:

#### **Programación automática**

En este caso, los cálculos los realiza un computador, que suministra en su salida el programa de la pieza en lenguaje máquina. Por esta razón recibe el nombre de programación asistida por computador.

#### **Programación manual**

En este caso, el programa de la pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario. El lenguaje máquina comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se numeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones es interpretado por el intérprete de órdenes.

El programa de mecanizado contiene todas las instrucciones necesarias para el proceso de mecanizado.

Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado, de tal modo que, un bloque de programa consta de varias instrucciones.

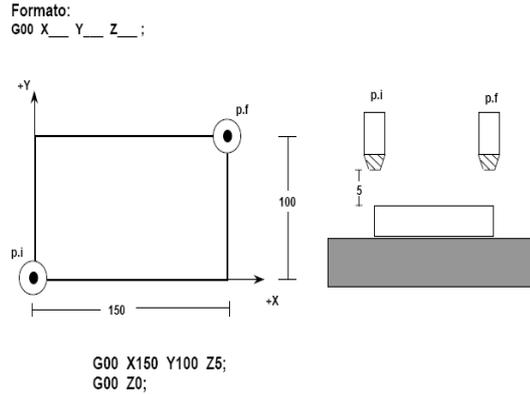
El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo de los códigos de programación.

Los caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma DIN 66024 y 66025 son, entre otros, los siguientes:

- N , es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. Esta dirección va seguida normalmente de un número de tres o cuatro cifras. En el caso del formato N03, el número máximo de bloques que pueden programarse es 1000 , o sea de la línea 0 al 999 (N000 - N999).
- X, Y, Z son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta. Dichas cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa, es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente.
- G es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado, como forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

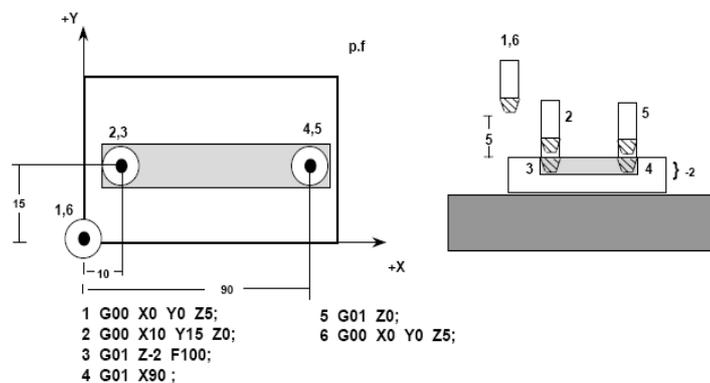
Ejemplos:

G00: El trayecto programado se realiza a la máxima velocidad posible, es decir, la velocidad de desplazamiento en rápido, En la Figura No 1.35 la primera fila de programación ,G00 X150 Y100 Z5, quiere decir que la velocidad del movimiento de la herramienta es muy veloz , con direcciones de 150 en X positivo, 100 en Y positivo y 5 positivo en Z, la segunda línea no tiene movimientos en los ejes X, Y pero Z regresa a la posición inicial de valor 0.



**FIGURA No.1.35 Código G00 máxima velocidad**

G01: Los ejes se gobiernan de tal forma que la herramienta se mueve a lo largo de una línea recta. Figura No.1.36 nos indica en la primera línea de programación que la velocidad de avance de los ejes es a máxima velocidad, con movimiento únicamente en el eje Z positivo de 5 mm, depende cómo este configurado el sistema de unidades en cm. mm, pl. etc. En la segunda línea el movimiento de la herramienta de corte se mueve 10 unidades en el eje X, 15 en el eje Y y Z vuelve a la posición inicial de 0, la tercera fila nos indica que la herramienta tiene una sola dirección lineal con un Feedrate de 100 (Velocidad de avance de 100 ), el valor del feedrate va de 0 – 100 , -2 mm. es el valor que toma el eje Z. La cuarta fila de programación, indica que el avance de corte se mantiene lineal con dirección de X positivo en un valor de 90 unidades, en la quinta fila al finalizar el corte de la pieza, el eje Z regresa a la posición 0 , en la sexta fila todos los ejes se ubican en la posición inicial (G00 X0 Y0 Z5) correspondiente a la primera fila , de ahí el valor (1,6) que se indica en la Figura No 1.36.

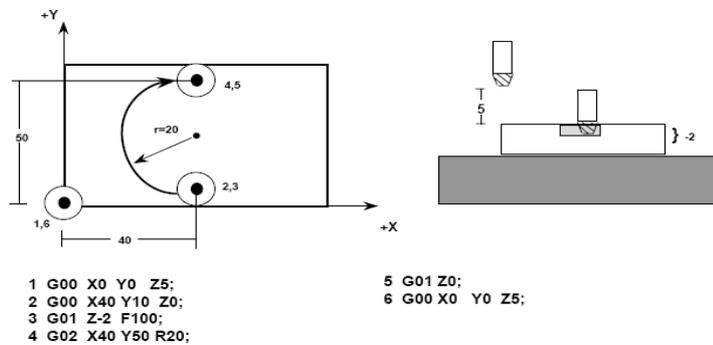


**FIGURA No. 1.36 Código G01 Movimiento a lo largo de una línea recta**

G02: Interpolación lineal en sentido horario.

En la Figura No.1.37 se presenta en la primera línea de programación el movimiento máximo de velocidad de la herramienta con movimiento positivo de 5 unidades del eje Z, la segunda línea el movimiento de los ejes es de 40 positivo en el eje X, 10 en el eje Y y Z regresa a la posición inicial de 0. La tercera fila nos dice que la herramienta perfora 2 unidades negativas en el eje Z y un avance de velocidad (Feedrate ) de 100 , la siguiente fila indica el movimiento radial de 20 unidades de la herramienta , respecto a los ejes X Y, 40 unidades de X y 50 en Y.

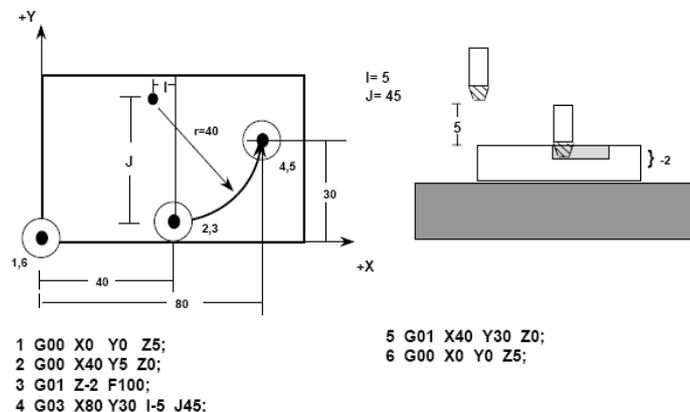
La quinta fila ordena al eje Z regresar a la posición de 0, y para finalizar el programa todos los ejes regresan a las condiciones iniciales de G00 X0 Y0 Z5



**FIGURA No.1.37 Código G02 Interpolación lineal horario**

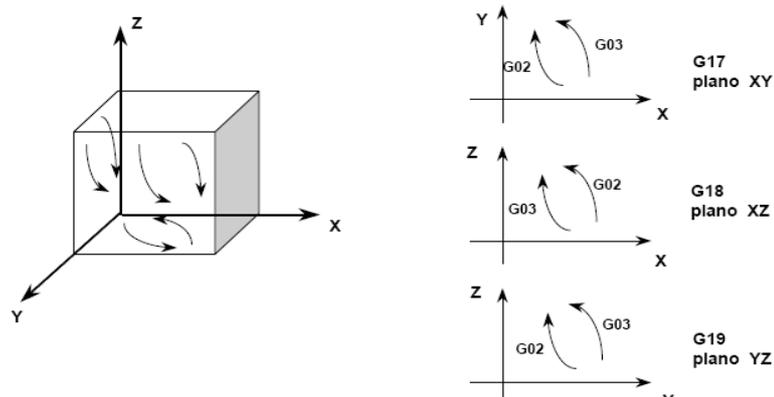
G03: Interpolación lineal en sentido antihorario.

Figura No.1.38 indica la interpolación lineal que se realiza respecto a los ejes I, J con un procedimiento similar al que se explicó en el código G02.



**FIGURA No.1.38 Código G03 Interpolación lineal antihorario**

G17,G18,G19 Selección del plano de Trabajo Figura No.1.39



**FIGURA No.1.39 Código G17,18,19 Selección del plano de trabajo**

G04 Pausa

G33: Indica ciclo automático de roscado.

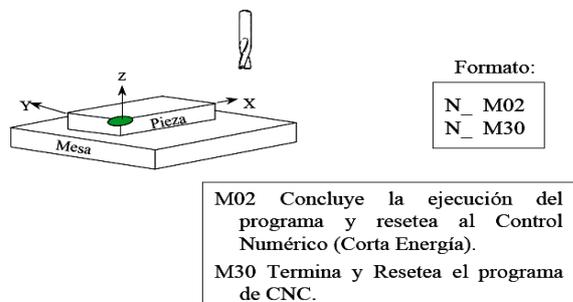
G77: Es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de un cilindro, etc.

- M es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como: parada programada, rotación del husillo a derecha o a izquierda, cambio de útil, etc. La dirección M va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.

Ejemplos:

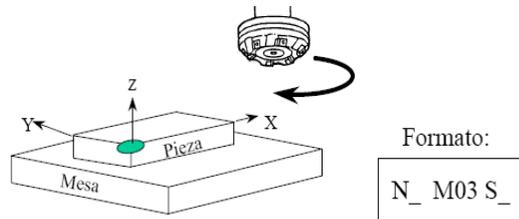
M00: Provoca una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la refrigeración.

M02: Indica el fin del programa. Se debe escribir en el último bloque del programa y posibilita la parada del control una vez ejecutadas el resto de las operaciones contenidas en el mismo bloque, en la Fig.1.40 se indica el código (M02) de parada que se ejecutó al final del programa.



**FIGURA No. 1.40 Códigos M00 y M02**

M03: Permite programar la rotación del husillo en sentido horario. Referirse a la figura Figura No1.41.



**FIGURA No.1.41 Código M03 rotación del husillo**

M04: Permite programar la rotación del husillo en sentido antihorario, etc.

- F, es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min.
- S, es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.
- I, J, K son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z, se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.
- T, es la dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras, en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas.

Para realizar un programa debemos tener en cuenta varios factores, algunos de ellos similares a los de las máquinas convencionales. Estos factores los podemos dividir en geométricos y tecnológicos.

Los factores de geometría de la pieza contienen datos sobre sus dimensiones (plano de taller) y además:

- ✓ Tolerancias
- ✓ Acabado superficial

- ✓ Origen de movimientos
- ✓ Superficie de referencia, etc.

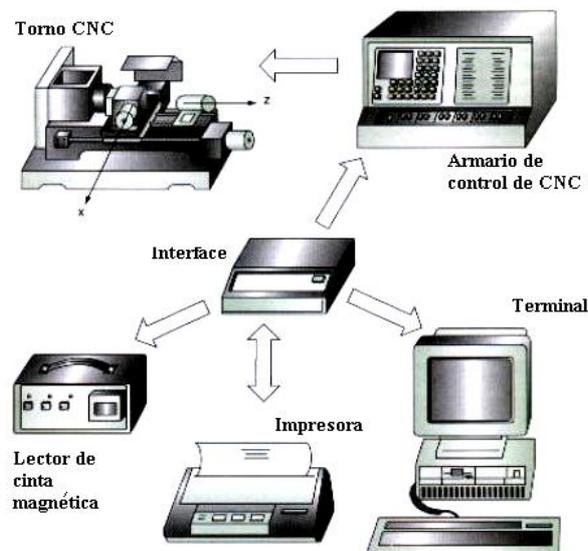
Los factores tecnológicos hacen referencia a:

- ✓ Material de la pieza a mecanizar
- ✓ Tipo de mecanizado
- ✓ Velocidad de corte
- ✓ Profundidad de pasadas
- ✓ Revoluciones de la pieza o herramienta
- ✓ Lubricante
- ✓ Utillaje, etc.

### Equipo necesario para la programación

- a) Máquina – Herramienta con CNC.
- b) Manual de programación y operación del CNC. del que disponga la máquina.
- c) Lector de cinta magnética (disquete).
- d) Cinta magnética para grabación en cassette.
- e) Ordenador para simular gráfica de la pieza programada.
- f) Discos de 3 1/2" para ordenador, para activar piezas.
- g) Catálogos de materiales y herramientas de diversos fabricantes.

En la Figura No.1.42 se observa los diferentes componentes para la programación con CNC.



**FIGURA No.1.42 Equipo de programación**

### **1.3.5 Ventajas del control numérico**

Las ventajas, dentro de los parámetros de producción, explicados anteriormente son:

- Posibilidad de fabricación de piezas muy difíciles. Gracias al control numérico se han podido obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.
- Seguridad. El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos.
- Precisión. Esto se debe a la mayor precisión de la máquina herramienta de control numérico respecto de las clásicas.
- Aumento de productividad de las máquinas. Esto se debe a la disminución del tiempo total de mecanización, en virtud de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control.
- Reducción de controles y desechos. Esta reducción es debida fundamentalmente a la gran fiabilidad y repetitividad de una máquina herramienta con control numérico. Esta reducción de controles permite prácticamente eliminar toda operación humana posterior, con la subsiguiente reducción de costos y tiempos de fabricación.

### **Desventajas del control numérico**

Las desventajas, dentro de los parámetros de producción son:

- Las condiciones que influyen en las decisiones con la automatización son los crecientes costos de producción.
- Escasez de mano de obra.
- Condiciones peligrosas de trabajo.
- Los factores que se deben estudiar con cuidado son el alto costo inicial del equipo.
- Los problemas de mantenimiento y el tipo de producto.

## **1.4 SENSORES Y TRANSDUCTORES DE POSICIONAMIENTO Y VELOCIDAD <sup>4</sup>**

Los sensores utilizados para medir desplazamiento pueden ser de diversos tipos:

---

<sup>4</sup>[www.wilsonchamp.com.ar/notas.htm](http://www.wilsonchamp.com.ar/notas.htm) principio

- Sensores resistivos (Potenciómetros)
- Sensores inductivos : LVDT, RVDT
- Sensores magnéticos: Efecto Hall
- Sensores ópticos : Encoders

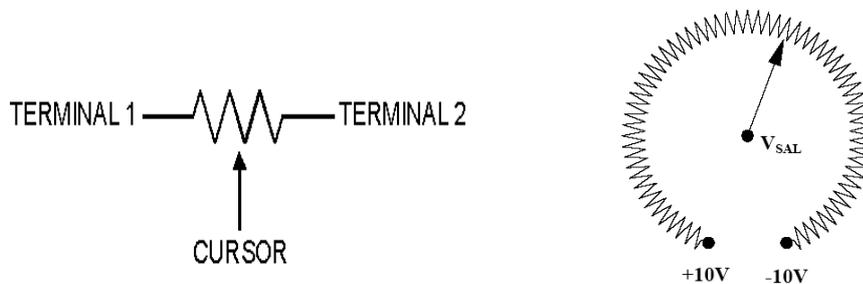
### 1.4.1 Sensores resistivos

#### Potenciómetros

Un Potenciómetro es un dispositivo electromecánico que consta de una resistencia de valor fijo sobre la que se desplaza un contacto deslizante llamado cursor y que la divide eléctricamente. La aplicación más común de los potenciómetros en instrumentación es como sensor de desplazamiento de tipo resistivo. El movimiento del cursor origina un cambio en la resistencia, el cual puede utilizarse para medir desplazamientos lineales o angulares de piezas acopladas al cursor.

Los potenciómetros pueden usarse para medir diversas magnitudes físicas siempre que se puedan convertir en desplazamiento.

Básicamente el potenciómetro es una resistencia formada por una delgada pista de carbón de cuyos extremos salen dos terminales; a dicha pista la recorre un cursor que esta vinculado a un tercer terminal. La representación se puede ver en la Figura No.1.43



**FIGURA No.1.43 Potenciómetro**

### 1.4.2 Sensores inductivos

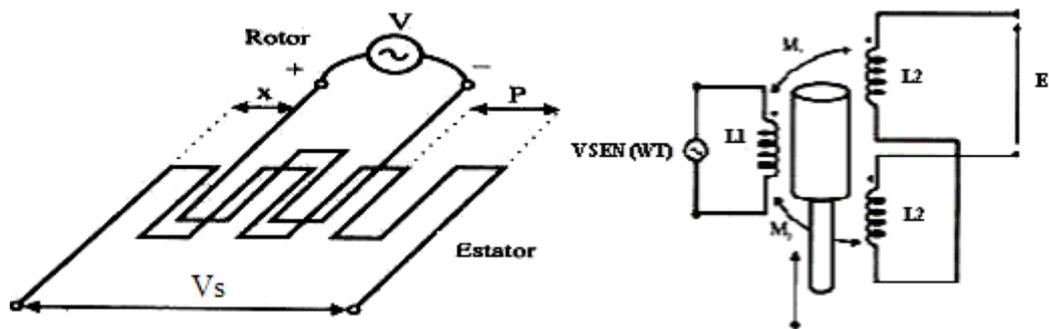
#### Transformador diferencial lineal (LVDT)

Entre los sensores de posición lineales destaca el transformador diferencial de variación lineal (LVDT) debido a su casi infinita resolución, poco rozamiento y alta repetibilidad.

Su funcionamiento se basa en la utilización de un núcleo de material ferromagnético unido al eje cuyo movimiento se quiere medir. Este núcleo se mueve linealmente entre un

devanado primario y dos secundarios haciendo con su movimiento que varíe la inductancia entre ellos.

Los dos devanados secundarios conectados en oposición en serie, ven cómo la inducción de la tensión alterna del primario, al variar la posición del núcleo, hace crecer la tensión de un devanado y disminuirá en el otro. De estudios realizados de tensión se deduce que ésta es proporcional a la diferencia de inductancias mutuas entre el devanado primario con cada uno de los secundarios, y que por tanto depende linealmente del desplazamiento del vástago solidario al núcleo. En la Figura No. 1.44 se observa el esquema de un LVDT.



**FIGURA No.1.44 Transformador LVDT**

El estator se encuentra excitado por una tensión conocida que induce en el rotor dependiendo de su posición relativa una tensión  $V_s$ .

#### **Transformador diferencial rotatorio (RVDT)**

Mientras que los LVDT miden desplazamiento lineal, los RVDT miden desplazamiento angular. El máximo rango de medida de posición angular es aproximadamente  $\pm 60^\circ$ .

Cuando los RVDT trabajan en el rango de los  $\pm 40^\circ$ , el dispositivo típico tiene un error de linealidad de 0.2% a fondo de escala. Si el desplazamiento angular se mantiene en  $\pm 5^\circ$  el error de linealidad se reduce por debajo del 0.1% a fondo de escala. El eje está soportado por cojinetes de bolas que minimizan la fricción y la histéresis mecánica.

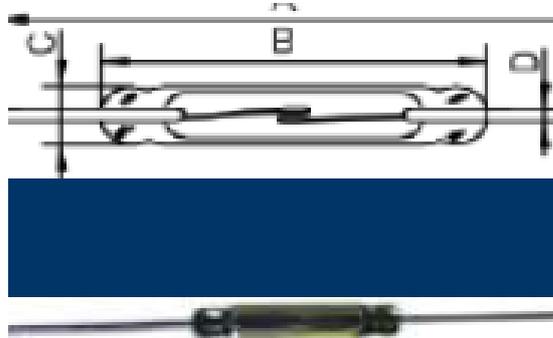
Los transductores LVDT y RVDT son utilizados extensamente en medición y aplicaciones de control de medida de desplazamientos desde micro pulgadas hasta varios pies. Se encuentran en sistemas de metrología, en posición de válvulas, en actuadores hidráulicos.

Otras aplicaciones de estos transductores, son células de carga o sensores de presión utilizando LVDT internamente.

### 1.4.3 Sensores magnéticos

#### Sensores de Efecto Hall

En la Figura No. 1.45 ilustra un sensor de Efecto Hall



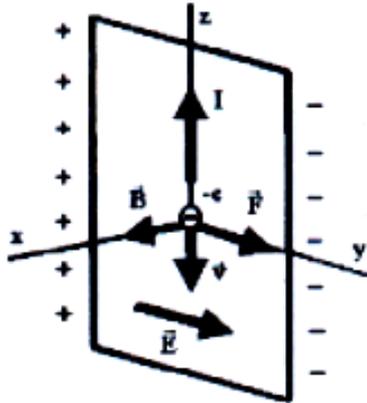
**FIGURA No.1.45 Sensor de efecto hall**

El Efecto Hall relaciona la tensión entre dos puntos de un material conductor o semiconductor con un campo magnético a través del material.

Cuando se utilizan por si mismos, los sensores de Efecto Hall solo pueden detectar objetos magnetizados. Sin embargo si se emplean en conjunción con un imán permanente, son capaces de detectar todos los materiales ferromagnéticos, cuando se utilizan de dicha manera. Un dispositivo de Efecto Hall detecta un campo magnético intenso en ausencia de un material ferromagnético en el campo cercano, en el momento que dicho material se lleva a la proximidad del dispositivo, el campo magnético se debilita en el sensor debido a la curvatura de las líneas del campo a través del material.

Los sensores de Efecto Hall están basados en el principio de una fuerza de Lorentz que actúa sobre una partícula cargada que se desplaza a través de un campo magnético. Esta fuerza actúa sobre un eje perpendicular al plano establecido por la dirección de movimiento de la partícula cargada y la dirección del campo.

Los portadores de carga son electrones ( $q = -e$ ), por lo tanto la velocidad del electrón es opuesta a  $I$ . Es decir, la fuerza de Lorentz viene dada por  $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$ , en donde  $q$  es la carga,  $\vec{v}$  es el vector de velocidad,  $\vec{B}$  es el vector del campo magnético y "x" es el signo indicativo del producto vectorial, la Figura No 1.46 nos indica un gráfico didáctico sobre el Efecto Hall.



**Figura No. 1.46 Efecto Hall**

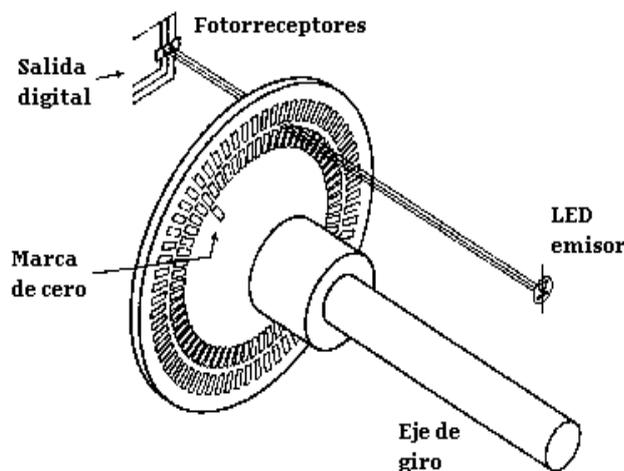
Al llevar un material ferromagnético cerca del dispositivo de imán semiconductor disminuirá la intensidad del campo magnético, con la consiguiente reducción de la fuerza de Lorentz y, finalmente la tensión a través del semiconductor.

Esta caída en la tensión es la clave para detectar la proximidad con sensores de efecto Hall.

#### 1.4.4 Sensores ópticos

##### Encoder Incremental

Los codificadores ópticos o encoders incrementales constan, en su forma más simple, de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí de un sistema de iluminación en el que la luz es colimada de forma correcta, y de un elemento fotorreceptor. El eje va acoplado al disco transparente. Con esta disposición a medida que el eje gire se ira generando pulsos en el receptor cada vez que la luz atraviese cada marca, y llevando una cuenta de estos pulsos es posible conocer la posición del eje. La Figura N0. 1.47 representa un encoder incremental.



**FIGURA No.1.47 Encoder Incremental**

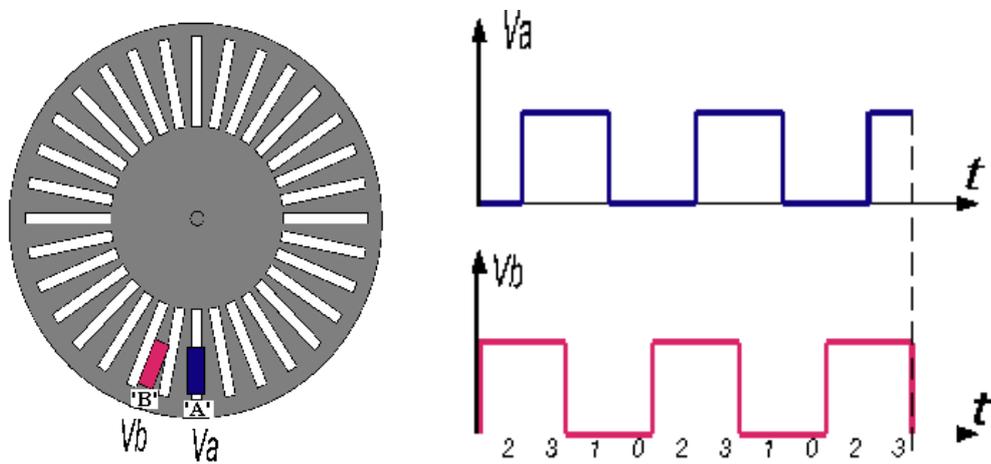
Existe, sin embargo, el problema de no saber si en un momento dado se esta realizando un giro en un sentido o en otro, con el peligro que supone no estar contando adecuadamente.

Una solución a este problema es disponer de otra franja de marcas, desplazada de la anterior de manera que el tren de pulsos que con ella genere un desplazamiento de  $90^\circ$  eléctricos con respecto al generado por la primera franja.

De esta manera, con un circuito relativamente sencillo es posible obtener una señal adicional que indique cual es el sentido de giro, y que actúe sobre el contador correspondiente indicando que incrementa o disminuye la cuenta que se está realizando.

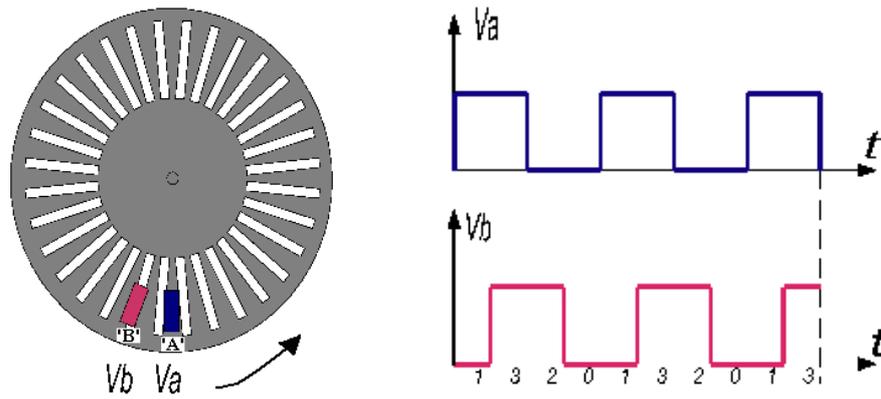
Es necesario además disponer de una marca de referencia sobre el disco que indique que se ha dado una vuelta completa y que, por tanto, se ha de empezar la cuenta de nuevo.

En la Figura No. 1.48 indica que, cuando el disco gira en la dirección de las manecillas del reloj, se observa que el fototransistor A indicado como 'A' en la figura 1.48 recibe luz, mientras que el fototransistor B, indicado como 'B' en la figura 1.48 está a oscuras, pero luego de una rotación adicional de  $1/4$  de la distancia entre ranuras, el fototransistor 'B' tendrá luz incidente



**FIGURA No.1.48 Disco de giro del encoder en sentido horario**

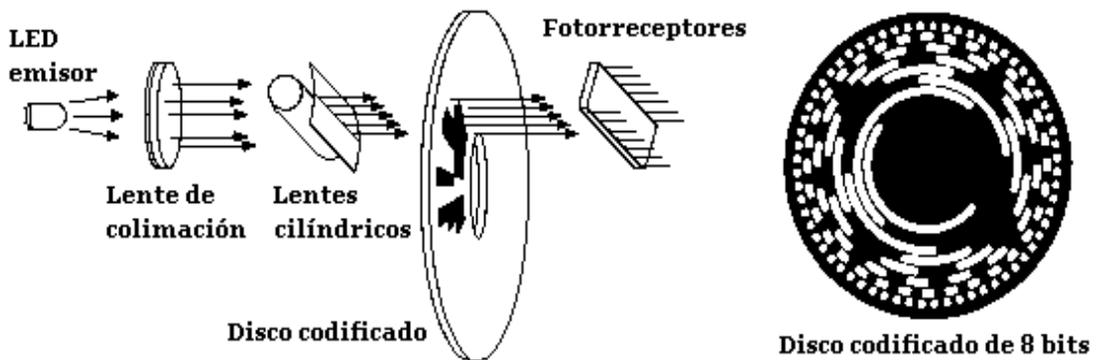
Cuando el disco gira en la dirección contraria de las manecillas del reloj, como se observa en la Figura No.1.49, el fototransistor 'B' es la que recibe la luz, mientras que el fototransistor 'A' está a oscuras, pero luego de una rotación adicional de  $1/4$  de la distancia entre ranuras, el fototransistor 'A' tendrá luz incidente



**FIGURA No.1.49 Disco de giro del encoder en sentido antihorario**

**Encoder absolutos**

En la Figura No. 1.50 se observa el funcionamiento básico de los encoders absolutos, es similar al de los incrementales. Se tiene una fuente de luz con las lentes de adaptación correspondientes, un disco graduado y unos fotorreceptores. En este caso, el disco transparente se divide en un número determinado de sectores (potencia de 2), codificándose cada uno de ellos según un código binario cíclico (normalmente código Gray) que queda representado por zonas transparentes y opacas dispuestas radialmente. No es necesario ahora ningún contador o electrónica adicional para detectar el sentido del giro, pues cada posición (sector) es codificado de forma absoluta. Su resolución es fija, y vendrá dada por el número de anillos que posea el disco graduado. Resoluciones habituales van desde 28 a 219 bits (desde 256 a 524288 posiciones distintas).



**FIGURA No.1.50 Encoder absoluto**

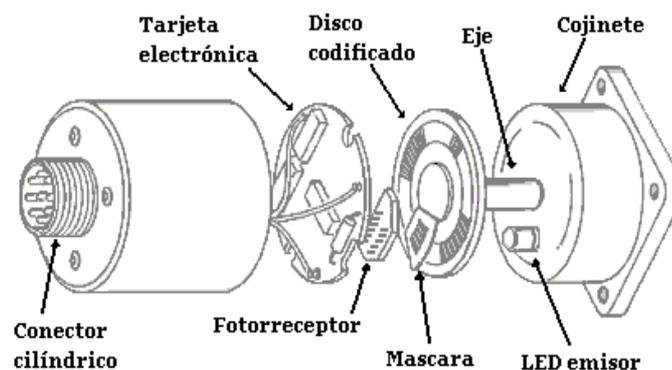
El estator de los servomotores tienen un fotorreceptor por cada bit representado en el disco. El valor binario obtenido de los fotorreceptores es único para cada posición del rotor y representa su posición absoluta.

Normalmente estos sensores se acoplan al eje de un motor. Considerando que en la mayor parte de los casos entre el eje del motor y el de la articulación se sitúa un reductor de relación  $N$ , cada movimiento de la articulación se verá multiplicado por  $N$  al ser medido por el sensor. Este aumentará así su resolución multiplicándola por  $N$ .

Esta misma circunstancia originará que en el caso de los codificadores incrementales la señal de referencia o marca de cero, sea insuficiente para detectar el punto origen para la cuenta de pulsos, pues habrá  $N$  posibles puntos de referencia para un giro completo de la articulación. Para distinguir cual de ellos es el correcto se suele utilizar un detector de presencia denominado sincronismo.

Cuando se detecta la conmutación de presencia o ausencia de pieza, o viceversa, se atiende al encoder incremental, tomándose como posición de origen la correspondiente al primer pulso de marca de cero que aquel genere.

En la Figura No. 1.51 se indica las partes constitutivas de un encoder Absoluto.



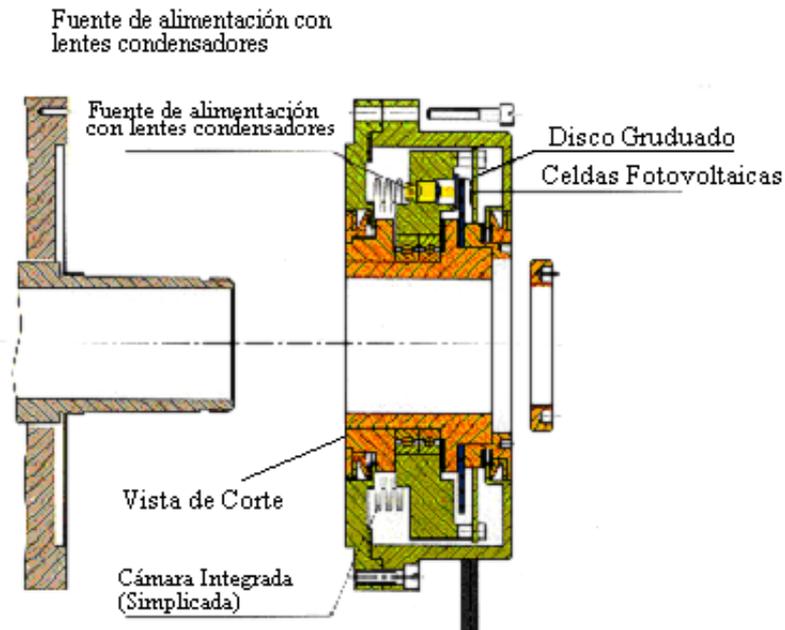
**FIGURA No.1.51 Partes del encoder absoluto**

### **Encoders Rotatorios**

El encoder incremental rotatorio proporciona altas exactitudes. Esto les hace aplicables en sectores como el textil, donde deben sincronizarse estrechamente los cilindros de la impresión para guardar los colores en el registro.

En la figura No.1.52 se puede ver una sección de un encoder en construcción, ilustrándose algunos de los rasgos que contribuyen a la alta exactitud. Se conecta el árbol del motor rígidamente al rotor del encoder, a menudo a través del asiento cónico generalmente

preferido. En acoplamientos de este tipo, los tornillos se montan de manera que compensen las desviaciones en la excentricidad entre la pestaña del encoder y motor.



**FIGURA No.1.52 Sección del encoder rotatorio**

Los encoders rotatorios emplean varias técnicas para asegurar altos rendimientos de exactitud. Estas técnicas involucran el uso de acoplamientos rígidos entre el encoder y árbol del motor, la compensación para las temperaturas altas, y la filtración óptica de la forma señalada.

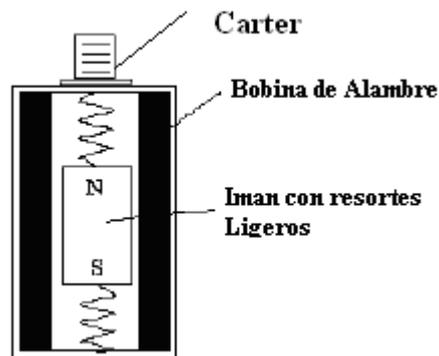
El uso de la interpolación es imperativo para conseguir una buena exactitud. Una manera de garantizar tal calidad, se ha determinado en el uso de filtración óptica en el encoder.

Esta filtración consiste en la representación de una integración en los signos recibidos. La exactitud mejora ya que la integración deja fuera las imperfecciones pequeñas en el arranque. La forma de señal se perfecciona usando un método especial para eliminar los componentes señalados a causa de luz diferente.

También se regula la intensidad para compensar por alto la caída de temperatura fuera de la sensibilidad de las células fotovoltaicas utilizadas en el encoder. Estas células se seleccionan para que conserven las calidades operando casi idénticas por encima de la temperatura. Esto también promueve la exactitud alta en la interpolación de los signos del encoder.

### 1.4.5 Sensores de velocidad

En la Figura No. 1.53 se muestra un sensor de velocidad, fue uno de los primeros transductores construidos. Consiste de una bobina de alambre y de un imán colocado de tal manera que si se mueve el carter, el imán tiende a permanecer inmóvil debido a su inercia. El movimiento relativo entre el campo magnético y la bobina induce una corriente proporcional a la velocidad del movimiento. De esta manera, la unidad produce una señal directamente proporcional a la velocidad de la vibración.

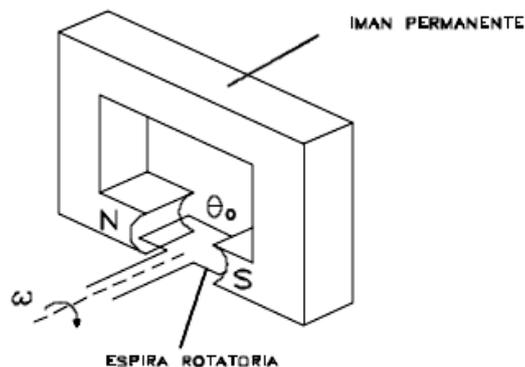


**FIGURA No.1.53 Sensor de velocidad**

Es autogenerador no necesita de aditamentos electrónicos acondicionadores para funcionar. Tiene una impedancia de salida eléctrica relativamente baja que lo hace relativamente insensible a la inducción del ruido. Aún tomando en cuenta estas ventajas, el transductor de velocidad tiene muchas desventajas, que lo vuelven casi obsoleto para instalaciones nuevas.

### Sensor analógico de velocidad

El sensor analógico de velocidad está basado en un tacogenerador, al igual que en el caso del potenciómetro, el sensor nos ofrece una tensión proporcional a la magnitud que queremos medir, en la Figura No. 1.54 se observa la constitución de un tacogenerador.



**FIGURA No.1.54 Constitución de un taco generador**

En este caso, la magnitud a medir es la velocidad angular  $w$ , y la tensión de salida  $VSAL$  ofrecida por el taco generador es proporcional a esa velocidad de acuerdo con la ecuación No. 1.1 que se especifica a continuación:

$$w = KVEL \times VSAL \quad (1.1)$$

Donde se ha representado como  $KVEL$  la constante de proporcionalidad para el sensor de velocidad, el voltaje proporcionado por el tacogenerador es accesible a través de un conector

## 1.5 SERVOMOTORES Y SERVOMECANISMOS <sup>5</sup>

### 1.5.1 Introducción a los Servomotores

Los servomotores son un tipo especial de motor de c.c. que se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su intervalo de operación. Para ello, el servomotor espera un tren de pulsos que se corresponde con el movimiento a realizar. Están generalmente formados por un amplificador, un motor, un sistema reductor formado por ruedas dentadas y un circuito de realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de  $180^\circ$  aproximadamente. En la Figura No 1.55 se indica la vista de un servomotor cortesía Centroid.



**FIGURA No.1.55 Servomotor Centroid**

---

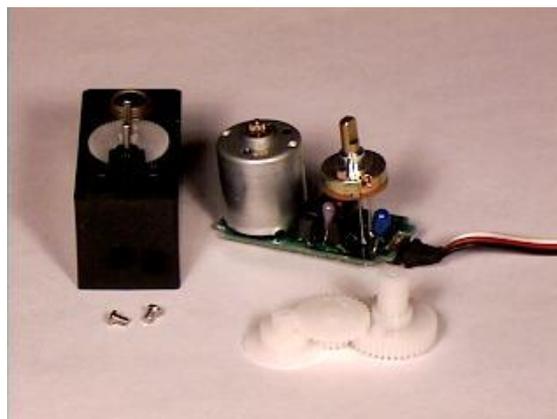
<sup>5</sup> [www.zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain](http://www.zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain)

Se dice que el servo es un dispositivo con un eje de rendimiento controlado ya que puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que exista una señal codificada en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servos para posicionar elementos de control como palancas, ascensores, timones, marionetas, robots y por su puesto en máquinas CNC que necesitan gran precisión. Los servomotores en la actualidad son mucho más pequeños que los motores que se utilizaba en el pasado, sin embargo el tamaño del servomotor depende de la potencia y corriente que maneja. Normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume, que depende principalmente del par.

### 1.5.2 Partes del Servomotor

En la Figura No 1.56 se indica la composición interna de un servomotor. Se puede observar el motor, la circuitería de control, un juego de piñones, y la caja. También se pueden ver los 3 cables de conexión externa:

- Un (rojo) es para alimentación,  $V_{cc}$  ( $\sim +5$ volts);
- Un (negro) para conexión a tierra (GND);
- El último (blanco o amarillo) es la línea de control por la que se le envía la señal codificada para comunicar el ángulo en el que se debe posicionar.



**FIGURA No.1.56 Servomotor Centroid**

En la Figura No 1.57 se indica el tren de engranajes, así como el circuito de realimentación en la Figura No 1.58.



**FIGURA No 1.57 Tren de engranajes**      **FIGURA No 1.58 Circuito de realimentación**

El motor del servo tiene algunos circuitos de control y un potenciómetro conectado al eje central del motor (ver figura anterior). Este potenciómetro permite a la circuitería de control, supervisar el ángulo actual del servomotor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está inactivo. Si el circuito chequea que el ángulo no es correcto, el motor funcionará hasta llegar al ángulo que es correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos casos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante.

Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180 grados. Un servo normal no es mecánicamente capaz de retornar a su lugar, si hay mayor carga que el sugerido por las especificaciones del fabricante.

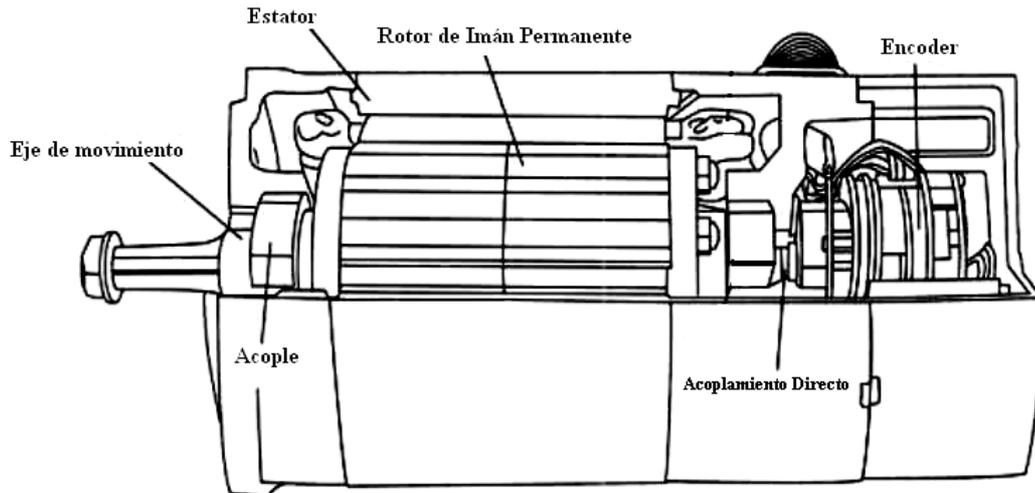
El voltaje aplicado al motor es proporcional a la distancia que éste necesita viajar. Así, si el eje necesita regresar una distancia grande, el motor regresará a toda velocidad. Si este necesita regresar sólo una pequeña cantidad, el motor girará a menor velocidad. A esto se le denomina control proporcional.

Los servomotores que detallamos anteriormente son utilizados para aplicaciones pequeñas, en sí el principio de funcionamiento es igual a los de gran potencia que son utilizados industrialmente.

El servo es un potente dispositivo que dispone en su interior de un pequeño motor con un reductor de velocidad y multiplicador de fuerza, un motor de CC o AC de imán permanente por lo general, también dispone de un circuito que controla el sistema. El ángulo de giro del eje es de 180° en la mayoría de ellos, pero puede ser fácilmente modificado para tener un giro libre de 360°, como un motor Standard, además de poseer un sensor de velocidad y posición llamado Encoder.

El Encoder se encuentra adaptado al servomotor, del cual se obtiene una serie de pulsos que indican la posición en que se encuentra el servo, además del sentido de giro. La importancia de conocer la posición de un servomotor es que en base a ésta se puede conocer la velocidad y aceleración del dispositivo, que se lo controla haciendo uso, por ejemplo, de un driver:

En la Figura No.1.59 se muestra un corte de un servomotor de imán permanente (MP).



**FIGURA No.1.59 Partes de un servomotor**

### **1.5.3 Funcionamiento del servomotor (Control PWM)**

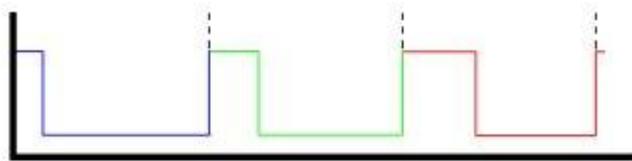
La modulación por ancho de pulso, PWM (Pulse Width Modulation), es una de los sistemas más empleados para el control de servomotores. Este sistema consiste en generar una onda cuadrada en la que se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo el mismo período (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servomotor según se desee.

Para la generación de una onda PWM en un microcontrolador, lo más habitual es usar un timer, un comparador (interrupciones asociadas), encoders, de modo que el microcontrolador quede libre para realizar otras tareas, y la generación de la señal sea automática y más efectiva. El mecanismo consiste en programar al timer con el ancho del pulso (el período de la señal) y al comparador con el valor de duración del pulso a nivel alto. Cuando se produce una interrupción de overflow del timer, la subrutina de interrupción debe poner la señal PWM a nivel alto y cuando se produzca la interrupción

del comparador, ésta debe poner la señal PWM a nivel bajo. En la actualidad, muchos microcontroladores, como el 68HC08, disponen de hardware específico para realizar esta tarea, consumiendo los recursos antes mencionados (timer y comparador).

En lo que respecta al encoder, entrega una serie de pulsos en cuadratura a través de dos canales, y dependiendo de la secuencia que estos tengan se obtiene el incremento o decremento de la posición en que se encuentre el servo.

En la Figura No 1.60 se indica la Modulación de Ancho de Pulso para recorrido de rango de Operación del servomotor.



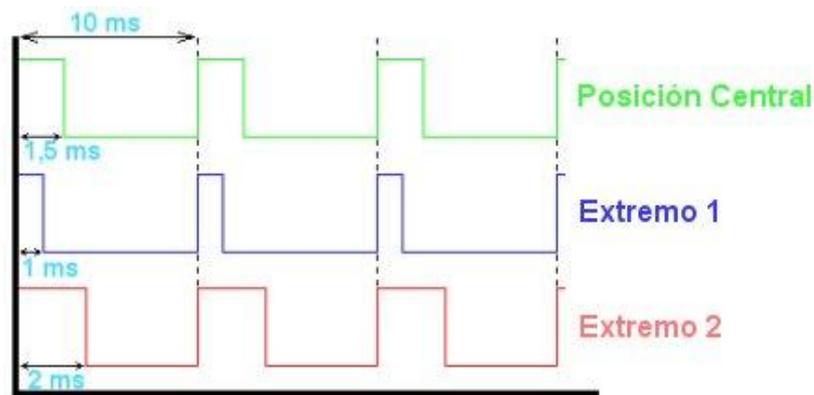
**FIGURA No 1.60 PWM de un servo**

El sistema de control de un servo se limita a indicar en que posición se debe situar. Esto se lleva a cabo mediante una serie de pulsos tal que la duración del pulso indica el ángulo de giro del motor. Cada servo tiene sus márgenes de operación, que se corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que el servo entiende. Los valores más generales se corresponden con pulsos de entre 1 ms y 2 ms de anchura, que dejarían al motor en ambos extremos ( $0^\circ$  y  $180^\circ$ ). El valor 1.5 ms indicaría la posición central o neutra ( $90^\circ$ ), mientras que otros valores del pulso lo dejan en posiciones intermedias. Estos valores suelen ser los recomendados, sin embargo, es posible emplear pulsos menores de 1 ms o mayores de 2 ms, pudiéndose conseguir ángulos mayores de  $180^\circ$ . Si se sobrepasan los límites de movimiento del servo, éste comenzará a emitir un zumbido, indicando que se debe cambiar la longitud del pulso. El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos constructivos.

El período entre pulso y pulso (tiempo de OFF) no es crítico, e incluso puede ser distinto entre uno y otro pulso. Se suelen emplear valores  $\sim 20$  ms (entre 10 ms y 30 ms). Si el intervalo entre pulso y pulso es inferior al mínimo, puede interferir con la temporización interna del servo, causando un zumbido, y la vibración del eje de salida. Si es mayor que el máximo, entonces el servo pasará a estado dormido entre pulsos. Esto provoca que se mueva con intervalos pequeños.

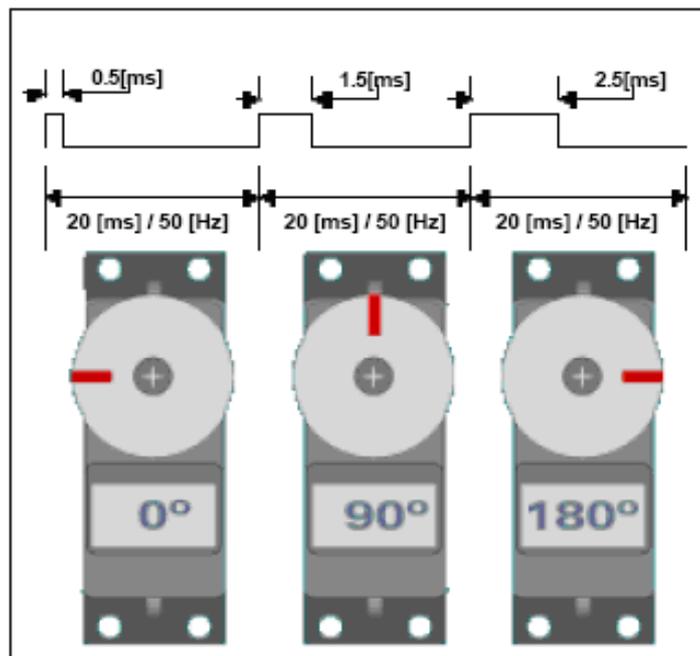
Es importante destacar que para que un servo se mantenga en la misma posición durante un cierto tiempo, es necesario enviarle continuamente el pulso correspondiente. De este modo, si existe alguna fuerza que le obligue a abandonar esta posición, intentará resistirse. Si se deja de enviar pulsos (o el intervalo entre pulsos es mayor que el máximo) entonces el servo perderá fuerza y dejará de intentar mantener su posición, de modo que cualquier fuerza externa podría desplazarlo

En la Figura No 1.61 se indica el tren de pulsos para un servo.



**FIGURA No 1.61**Tren de pulsos de un servo

En la Figura No 1.62 se puede apreciar ejemplos de posicionamiento del eje del servo dependiendo del ancho del pulso, donde se logra 0°, 90° y 180° con anchos de pulso de 0.5, 1.5 y 2.5 [ms] respectivamente.



**FIGURA No 1.62** pulsos de control de un servo

## Observaciones:

- Lo que hacen algunos técnicos es quitar el tope mecánico que llevan las reductoras en alguna corona y cambiar el potenciómetro (que actúa como sensor para indicar la posición en la que está el motor) por un par de resistencias fijas para "engañar" a la electrónica haciéndole ver que no ha alcanzado aún la posición deseada, con lo que el motor, siguiendo esa consigna, gira y gira intentando llegar a la posición. Se supone que el control que llevan los servos está preparado de tal manera que cuando se determina llegar a una posición cercana, la velocidad es baja. Por el contrario, si se indica una posición que queda lejos de la actual, lo hace más rápidamente. Así se puede "ajustar" la velocidad de los motores.
- El principio es el siguiente, si se alimenta un motor con una señal de pulsos de suficiente frecuencia, el motor no nota las variaciones (actúa como un filtro) y genera un giro constante. Al variar el % de tiempo de la señal rectangular en alta, y en baja, variamos la potencia que le entregamos al motor, con lo que controlamos la velocidad de giro con mucha precisión. Nota: Si el micro lo permite, a mayor frecuencia de PWM, mejor rendimiento saca el motor.

### 1.5.4 Tipos de Servomotores

Los Servomotores están disponibles en CA o CC, inicialmente los servomotores eran generalmente motores DC porque el único tipo de control para corrientes grandes fue a través de SCRs durante muchos años. Como los transistores llegaron a ser capaces de controlar grandes corrientes y a frecuencias altas, los servomotores de AC llegaron a ser más utilizados. Hoy se diseñan los motores para aplicaciones que puedan utilizar servo amplificadores o controladores de frecuencia variable.

Existen principalmente dos tipos de drives para motores síncronos de imanes permanentes, diferenciados por la forma de señal de corriente que comunica el motor y por el tipo de sistema de retroalimentación:

- Drive con conmutación tipo bloque / **Brushless DC.**
- Drive con conmutación Sinusoidal / **Brushless AC**

#### **Servomotor de D.C. sin Escobillas**

Los servomotores de C.C. sin escobillas tienen esfuerzo de torsión muy bajo para resolver el requisito industrial. Pueden tener densidad alta de energía y de esfuerzo de torsión, y la

estructura pequeña del tamaño. Sin la comunicación mecánica, la velocidad del motor puede ser gama ancha de velocidad 10,000RPM, inercia baja del rotor, EMI baja, ningún mantenimiento del cepillo etc.

En la Figura No 1.63 se indica un servomotor de cc sin escobillas.



**FIGURA No 1.63 Servomotor de DC.**

Las características técnicas que presenta este servomotor son:

1. La densidad de la energía y del esfuerzo de torsión es mucho más alta que los motores convencionales.
2. Sin la conmutación mecánica, la velocidad del motor puede estar sobre 10.000 RPM.
3. La estructura de la innovación tiene una característica excelente en el ahorro de la energía durante la operación de sobre-carga, y alto esfuerzo de torsión en conducción baja de la velocidad. La gama de la eficacia es mucho más grande que los motores convencionales.
4. Los servo motores estándares se construyen con el termistor NTC para la regeneración de la temperatura del motor.

### **Servomotor de C.A.**

Estos servomotores poseen un par de impulso muy elevado, hasta 5 veces mayores que el par de parada, el ancho de banda de potencia amplio mediante un margen de par constante de parada de 0,34 hasta 50 Nm.

**Las características técnicas son las siguientes:**

1. Motores síncronos de 6 polos
2. Sistema de medición de la posición y la velocidad, en los motores estándar.
3. Utilización de imanes de neodimio-hierro-boro altamente energéticos

#### 4. Control térmico de bobinado integrado (NTC).

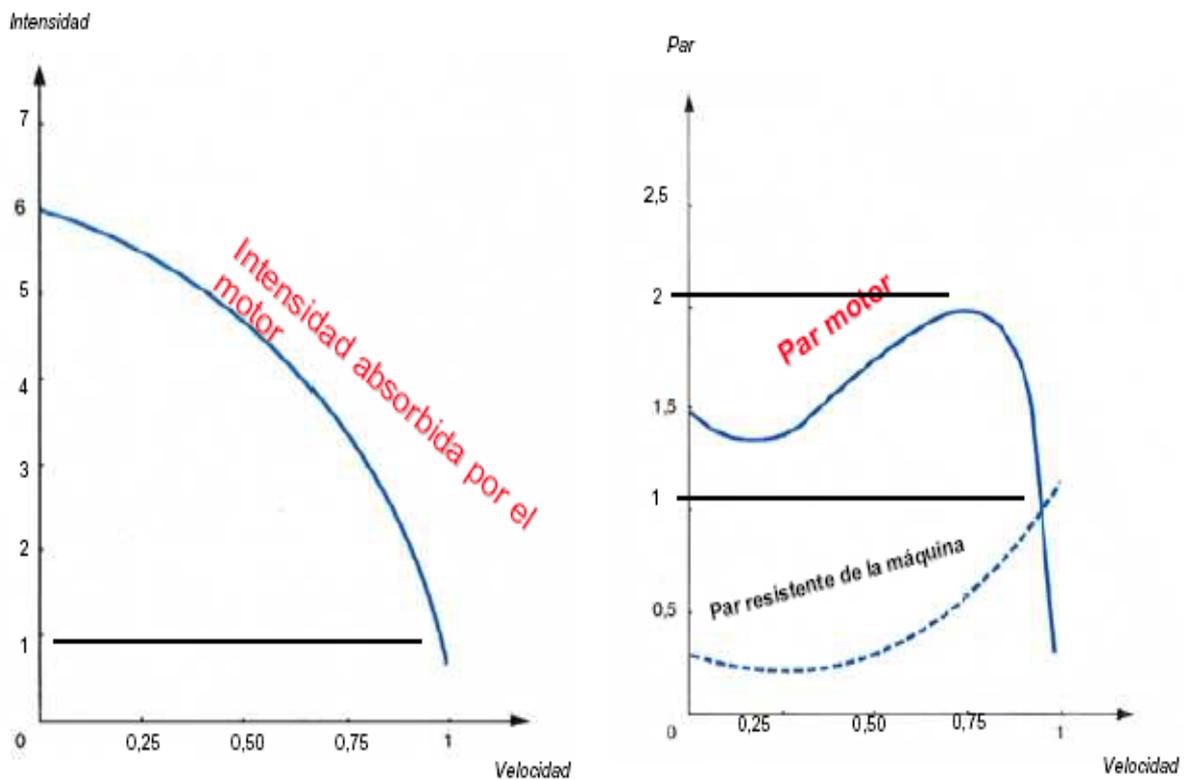
#### Conclusiones:

- ✓ La tecnología Brushless DC fue la primera que se aplicó para el control de motores Brushless síncronos, el desarrollo de la tecnología del tratamiento digital de la señal ha permitido el desarrollo de la tecnología Brushless AC.
- ✓ Los drives Brushless DC requieren de un encoder de baja resolución para realizar la conmutación, por motivos de coste se opta por sensores de efecto Hall, normalmente hay seis puntos de conmutación por rev. eléctrica. Mientras que los Brushless AC necesitan un encoder absoluto de alta resolución (4096 -16384 puntos de conmutación por vuelta).
- ✓ Los motores brushless síncronos son ideales para aplicaciones de alta dinámica.
- ✓ En aplicaciones de baja/media dinámica, los servomotores son una solución barata.

#### Curva de arranque de servos

#### Arranque directo, curvas de intensidad y par:

En la Figura No. 1.64 indica las curvas de intensidad y par en un arranque directo.



**FIGURA No 1.64 Curvas de intensidad y par.**

## 1.6 INTERFASES DE COMUNICACIÓN<sup>6</sup>

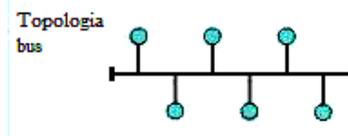
### 1.6.1 Topología de red

La topología de red define la estructura de una red. Una parte de la definición topológica es la topología física, que es la disposición real de los cables o medios.

La otra parte es la topología lógica, que define la forma en que los hosts acceden a los medios para enviar datos.

Las topologías físicas más comúnmente usadas son:

- Topología de bus, usa un solo cable backbone que debe terminarse en ambos extremos. Todos los hosts se conectan directamente a este backbone como se indica en la Figura No 1.65.



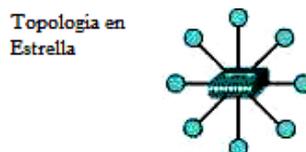
**FIGURA No.1.65 Topología Bus**

- Topología de anillo, conecta un host con el siguiente y al último host con el primero. Esto crea un anillo físico de cable, como indica en la Figura No 1.66.



**FIGURA No.1.66 Topología de Anillo**

- Topología en estrella, conecta todos los cables con un punto central de concentración, como indica en la Figura No 1.67



**FIGURA No.1.67 Topología en Estrella**

---

<sup>6</sup> Curso Básico de CISCO SYSTEMS

- Topología en estrella extendida, conecta estrellas individuales entre sí mediante la conexión de hubs o switches , como indica la Figura No 1.68



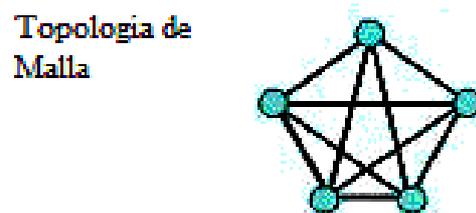
**FIGURA No.1.68 Topología en Estrella Extendida**

- Topología jerárquica (Figura No 1.69), es similar a una estrella extendida. Pero en lugar de conectar los hubs o switches entre si el sistema se conecta con un dispositivo inteligente que controla el tráfico de la topología.



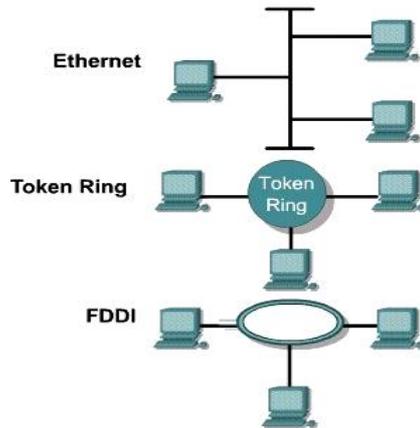
**FIGURA No.1.69 Topología Jerárquica**

- Topología de malla (Figura No. 1.70), se implementa para proporcionar la mayor protección posible para evitar una interrupción de servicio.



**FIGURA No.1.70 Topología de Malla**

La topología lógica de una red es la forma en que los hosts se comunican a través del medio, los tipos más comunes de topologías lógicas son: broadcast y transmisión de tokens, como se puede ver en la Figura No. 1.71



**FIGURA No.1.71 Topología lógica**

### **Broadcast**

Significa que cada host envía sus datos hacia todos los demás hosts del medio de red. No existe una orden que las estaciones deban seguir para utilizar la red. Es por orden de llegada.

### **Topología Transmisión de Tokens**

Controla el acceso a la red mediante la transmisión de un token electrónico a cada host de forma secuencial. Cuando un host recibe el token, ese host puede enviar datos a través de la red. Si el host no tiene ningún dato para enviar, transmite el token al siguiente host y el proceso se vuelve a repetir. Dos ejemplos de redes que utilizan la transmisión de tokens son Token Ring y la interfaz de datos distribuida por fibra (FDDI). Arcnet es una variación de Token Ring y FDDI . Arcnet es la transmisión de tokens en una topología de bus.

### **1.6.2 Tipos de redes**

Existen algunos tipos de redes, las más importantes se describen a continuación:

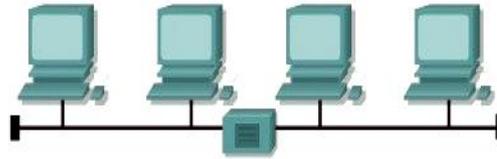
- Redes de área local (LAN).
- Redes de área amplia (WAN).
- Redes de área metropolitana (MAN).
- Redes de área de almacenamiento (SAN).

Dentro de este tipo de redes, la más común es la red LAN.

### **Redes LAN (Local Area Network)**

La red LAN, como se indica en la Figura No. 1.72, es un sistema que permite a las empresas aplicar tecnología informática para compartir localmente archivos e impresoras

de manera eficiente y posibilitar las comunicaciones internas. Las tecnologías utilizadas para redes LAN son: Ethernet, token ring, FDDI.

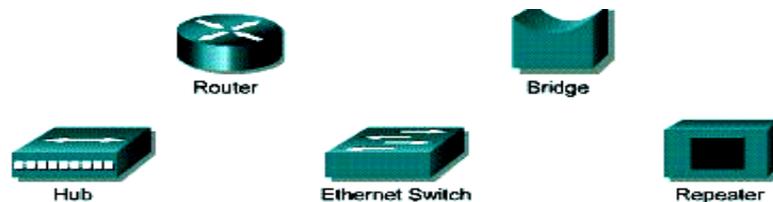


**FIGURA No.1.72 Red LAN**

Este tipo de red opera dentro de un área geográfica limitada, ya que para áreas más grandes se utilizan otro tipo de red, a su mismo permiten multiacceso a medios con alto ancho de banda, controlan la red de forma privada con administración local, proporcionan conectividad continua a los servicios locales, etc.

### **Dispositivos o periféricos de redes LAN**

En el medio existen un sin número de dispositivos que se emplean para el diseño de redes, en la Figura No. 1.73 se muestran algunos de estos periféricos.



**FIGURA No.1.73 Periféricos de una red LAN**

### **Hub**

Los hubs son repetidores multipuertos, se los denominan también concentradores porque sirven como un punto central de conexión para una red Ethernet, generalmente estos dispositivos tienen de 4 a 24 puertos disponibles. Son comúnmente utilizados en redes Ethernet, 10BASE -T, que significa velocidad de transmisión a 10MBPS, tipo de transmisión banda base o digital, T indica par trenzado.

### **Repetidor**

El repetidor recibe una señal, la genera, retemporiza y la envía nuevamente para que viaje a largas distancias, un repetidor solo tiene dos puertos uno de entrada y otro de salida de información.

## **Router**

Examina datos entrantes, elige cual es la mejor ruta para ellos a través de la red y los conmuta al puerto de salida adecuado.

Sirve para conectar distintos tipos de tecnología como ethernet, token ring, FDDI.

## **Bridge**

La función de los puentes es de tomar decisiones inteligentes a cerca de dejar pasar o no datos al siguiente segmento de la red, para lo cual dispone dos puertos para enlazar los dos segmentos.

## **Switch**

Se lo conoce también como puente multipuertos. El switch puede tener múltiples puertos dependiendo de cuantos segmentos de red van a ser enlazados.

Como los puentes, los switches aprenden cierta información de los paquetes de datos que reciben de los PC que están en la red, los switch usan esta información para construir tablas para determinar el destino de los datos que están siendo enviados de un PC a otro, en la red.

## **Redes WAN (WIDE AREA NETWORK)**

Las redes de área amplia WAN interconectan las LAN, que a su vez proporcionan acceso a los computadores o a los servidores de archivos ubicados en otros lugares.

Las WAN conectan redes de usuarios dentro de un área geográfica extensa, permiten que las empresas se comuniquen entre sí a través de grandes distancias.

Este tipo de red permite que los computadores, impresoras y otros dispositivos de una LAN compartan y sean compartidas por redes de sitios distantes.

Las WAN están diseñadas para realizar lo siguiente:

- Operar entre áreas geográficas extensas y distantes.
- Posibilitar capacidades de comunicación en tiempo real entre usuarios.
- Brindar recursos remotos de tiempo completo, conectados a los servicios locales.
- Brindar servicio de correo electrónico, world wide web, transferencia de archivo.

## **Redes MAN (METROPOLITAN AREA NETWORK)**

Las redes de área metropolitana es una red que abarca un área metropolitana, como por ejemplo, una ciudad o una zona suburbana. Una MAN generalmente consta de una o más

LAN dentro de un área geográfica común, por ejemplo un banco con varias sucursales puede utilizar una MAN. Normalmente se utiliza un proveedor de servicios para conectar dos o más sitios LAN utilizando líneas privadas de comunicación o servicios ópticos.

### **Redes SAN**

Las redes de área de almacenamiento SAN es una red dedicada de alto rendimiento que se utiliza para trasladar datos entre servidores y recursos de almacenamiento, al tratarse una red separada y dedicada, evita todo conflicto de tráfico entre clientes y servidores .

La tecnología SAN permite conectividad de alta velocidad, de servidor a almacenamiento, almacenamiento a almacenamiento, o servidor a servidor. Este método usa una infraestructura de red por separado, evitando así cualquier problema asociado con la conectividad de las redes existentes.

### **1.6.3 Medios de transmisión de datos**

Existen tres medios físicos por los cuales se pueden transmitir datos:

- Medios de cobre.
- Medios de fibra óptica.
- Medios inalámbricos.

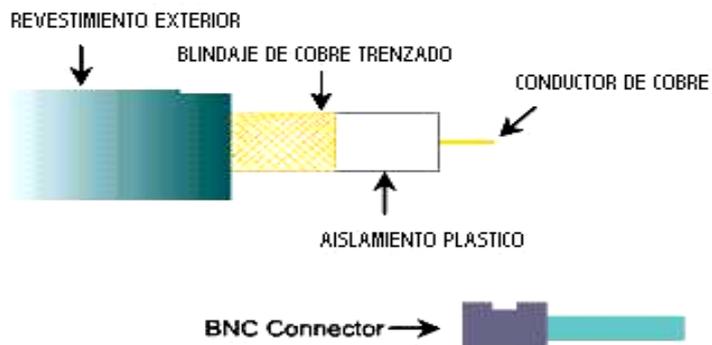
### **Medios de cobre**

#### **Cable coaxial**

Consiste de un conductor de cobre rodeado de una capa aislante flexible, el conductor central también puede ser hecho de un cable de aluminio cubierto de estaño que permite que el cable sea fabricado de forma económica.

Sobre este material aislante existe una malla de cobre tejido u hoja metálica que actúa como el seguro del circuito y como blindaje para el conductor interno, este blindaje reduce la interferencia electromagnética externa.

En la Figura No. 1.74 se observa un cable coaxial, que puede tener varias ventajas, por ejemplo puede tenderse a mayores distancias que el cable de par trenzado blindado STP y que el cable de par trenzado no blindado UTP sin la necesidad de repetidoras, el cable coaxial es el más económico que el cable de fibra Óptica y la tecnología es bien conocida.



**FIGURA No.1.74 Cable coaxial**

- Velocidad y tasa de Transferencia: 10-100 Mbps.
- Costo: Económico.
- Tamaño de los medios y del conector: Medio.
- Longitud Máxima del cable: 500m.

### **Cable UTP**

Cable par trenzado no blindado, como se ve en la Figura No. 1.75, es un medio de cuatro pares de hilos que se utiliza en diversos tipos de redes, cada uno de los ocho hilos de cobre individuales del cable UTP está revestido de un material aislante, además cada par de hilos está trenzado.

Este tipo de cable cuenta solo con el efecto de cancelación que producen los pares trenzados de hilos para limitar la degradación de la señal que causan el EMI (Interferencia Electromagnética) y la RFI (Interferencia de Radio frecuencia).

El cable par trenzado es de fácil instalación y es más económico



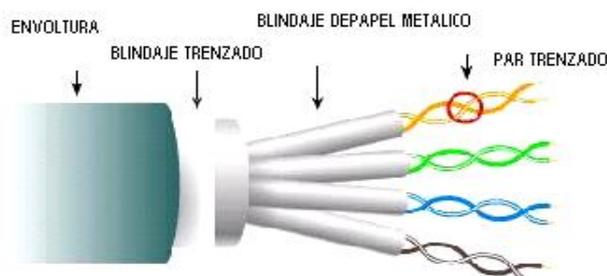
**FIGURA No.1.75 Cable UTP**

- Velocidad y Tasa de Transmisión: 10-100-1000 Mbps.
- Precio promedio por nodo: El menos costoso.
- Tamaño de los medios y del conector: Pequeño.
- Longitud máxima de Cable: 100m.

### Cable STP

El cable par trenzado blindado combina las técnicas del blindaje, cancelación y trenzado de cables, cada par de hilos esta envuelto en un papel metálico, los dos pares de hilos están envueltos juntos a una trenza o papel metálico generalmente es un cable de 150 ohmios.

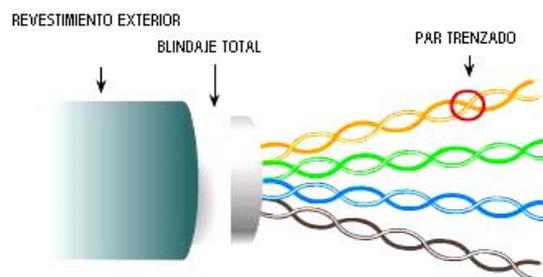
El cable STP que se ve en la Figura No.1.76, reduce el ruido eléctrico dentro del cable, también reduce el ruido electromagnético desde el exterior del cable, como por ejemplo el EMI y RFI, el cable par trenzado blindado brinda mayor protección ante cada clase de interferencia externa, pero es más caro y de instalación más difícil que el UTP:



**FIGURA No.1.76 Cable STP**

### Cable ScTP

Es un cable híbrido entre en UTP con STP, tradicionalmente se denomina UTP apantallado (ScTP), conocido también como par trenzado de papel metálico (FTP). El ScTP consiste básicamente en un cable UTP envuelto en un blindaje de papel metálico. Este cable posee una resistencia de 100Ohms así como también el UTP. En la Figura No 1.77 indica la constitución de un cable ScTP.



**FIGURA No.1.77 Cable ScTP**

- Velocidad y tasa de transferencia: 100 Mbps.
- Costo: Moderado.
- Tamaño de los medios y el conector: Mediano a grande.
- Longitud máxima del cable: 100m.

### **Medios de fibra óptica**

Los medios de fibra óptica son filamentos de vidrio, compuestos de cristales naturales o plástico (cristales artificiales), del espesor de un pelo entre 10 y 300 micrones. Llevan mensajes en forma de haces de luz que realmente pasan a través de ellos de un extremo a otro, donde quiera que el filamento vaya, incluyendo curvas y esquinas sin interrupción. En un sistema de transmisión por fibra óptica existe un transmisor que se encarga de transformar las señales en energía óptica o en luminosa, por ello se le considera el componente activo de este proceso. Una vez que es transmitida la señal luminosa por las minúsculas fibras, en otro extremo del circuito se encuentra un tercer componente al que se le denomina detector óptico o receptor, cuya misión consiste en transformar la señal luminosa en energía electromagnética, similar a la señal original.

La parte de una fibra óptica por la que viajan los rayos de luz recibe el nombre de núcleo de la fibra, los rayos de luz solo pueden ingresar al núcleo si el ángulo está comprendido en la apertura numérica de la fibra.

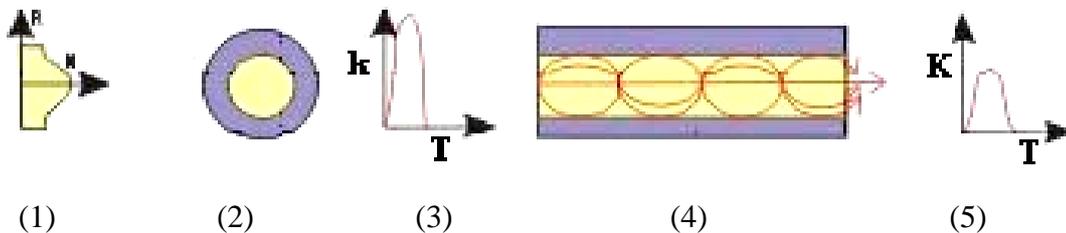
Una vez que los rayos han ingresado al núcleo de la fibra, hay un número limitado de recorridos ópticos que pueden seguir un rayo de luz a través de la fibra. Estos recorridos ópticos reciben el nombre de modos, si el diámetro del núcleo de la fibra es lo suficientemente grande como para permitir varias trayectos que la luz pueda recorrer a lo largo de la fibra, esta fibra se lo denomina fibra de “multimodo”, la fibra monomodo tiene un núcleo mucho más pequeño que permite que los rayos viajen a través de la fibra por un solo modo.

La fibra multimodo usa un tipo de vidrio denominado vidrio de índice graduado para su núcleo, este vidrio tiene un índice de refracción menor hacia el borde externo del núcleo, de esta manera el área interna del núcleo es ópticamente menos densa que el centro y la luz puede viajar más rápidamente en la parte externa del núcleo.

En la figura No. 1.78 se puede observar la trayectoria de los rayos de luz en una fibra multimodo.

#### 1. Variación de la refracción

2. Sección de la fibra Óptica
3. Impulso de entrada
4. Trayectoria de los rayos
5. Impulso de salida



**FIGURA No.1.78 Trayectoria de los rayos de luz en una fibra multimodo**

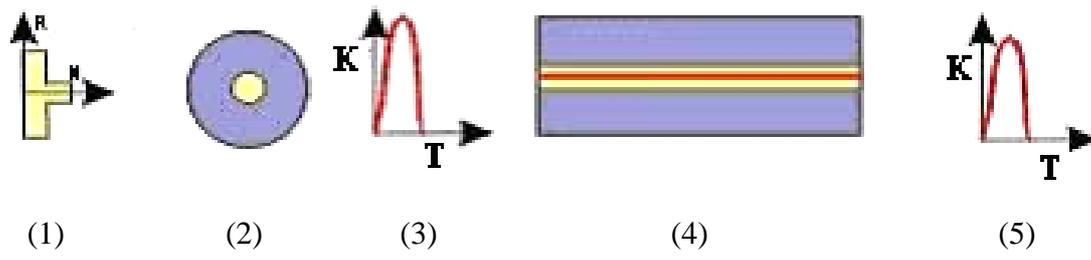
Alrededor del núcleo se encuentra el revestimiento que es fabricado con sílice pero con índice de refracción menor que del núcleo, el cable de fibra multimodo es el tipo que mas se utiliza en las LAN, un cable multimodo estándar utiliza una fibra óptica con núcleo de 62.5 o 50 micrones y un revestimiento de 125 micrones de diámetro.

La fibra monomodo consta de las mismas partes que un multimodo. El revestimiento exterior de la fibra monomodo es en general de color amarillo, que a mayor diferencia entre la monomodo y la multimodo es que la monomodo permite que un solo modo de luz se propague a través del núcleo de menor diámetro de la fibra óptica, una fibra monomodo tiene de 8 a 10 micras de diámetro, las mas comunes son de 9 micras.

En una fibra monomodo se utiliza un láser infrarrojo como fuente de luz, el rayo que el láser genera ingresa al núcleo en un ángulo de 90 grados. Por tanto los datos que transporta una fibra monomodo son básicamente transmitidos en línea recta directamente por el centro del núcleo.

En la figura No.1.79 como en el caso anterior se puede observar la trayectoria de los rayos de luz en una fibra multimodo.

1. Variación de la refracción
2. Sección de la fibra Óptica
3. Impulso de entrada
4. Trayectoria de los rayos
5. Impulso de salida



**FIGURA No.1.79 Trayectoria de los rayos de luz en una fibra multimodo**

## CAPITULO II

### SELECCIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

#### 2.1 SELECCIÓN DE LOS SERVOMOTORES

Para la selección de los servomotores se tomó como referencia los parámetros técnicos, que cumplan con los requerimientos y especificaciones de voltaje y corriente de la tarjeta de control DC3IO<sup>7</sup>, esta tarjeta será analizada con más detalle posteriormente.

Debido a que la máquina trabaja en condiciones adversas, es decir en un ambiente industrial, los servos deben poseer características de inmunidad total contra, el polvo, viruta, humedad y otros agentes externos.

La fresadora Bridgeport requiere de tres servomotores para los ejes x, y, z, respectivamente, los mismos que están constituidos básicamente de dos partes:

El motor de corriente continua que tiene un alto torque para satisfacer las condiciones de trabajo de la fresadora y un encoder diferencial que sensa el estado del motor de corriente continua.

En la Figura No 2.1 se observa el servomotor del control.



**FIGURA No. 2.1 Servomotor de cc**

##### 2.1.1 Características técnicas de los servomotores

Voltaje: 120 Vdc.

Corriente: 8 A

Rpm : 2225 rev/min

Torque: 29 lb-plg

Para mayor información de características de servomotores ver ANEXO 2

---

<sup>7</sup> Plano Servo DC 310 ver PAG. 75

### 2.1.2 Características técnicas de los encoders

Tipo de encoder : Diferencial

Salida digital: 8000 pulsos/rev

Valor lógico: 5 Vdc

No de terminales: 9

Conector: DB9M

Medio de transmisión: conductor par trenzado blindado.

Sentido: Horario y antihorario.

Distancia de operación:  $\leq 50$  plg

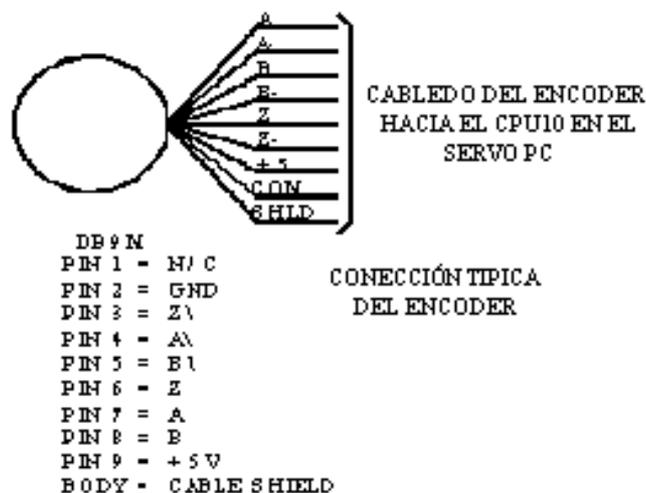
Canales: A, B, Z

En la figura No.2.2 se ilustra un encoder diferencial del control.



**FIGURA No. 2.2 Encoder diferencial**

En la Figura No. 2.3 se muestra el diagrama de conexión del encoder



**FIGURA No. 2.3 Conexión del encoder**

## 2.2 SELECCIÓN DE LOS SENSORES DE POSICIONAMIENTO

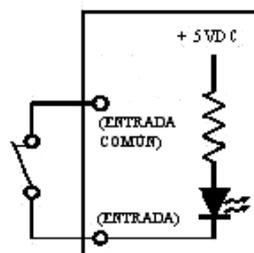
En el control antiguo, de la fresadora existían cuatro limit switch, 2 para el eje “Y”, y 2 para el eje “Z”, faltando los 2 correspondientes al eje “X”. Cada eje tiene 2 limit switch, tanto para la referencia negativa como para la positiva, Realizado las pruebas y verificaciones pertinentes se determinó el buen funcionamiento de los finales de carrera, por lo cual fue necesario seleccionar únicamente los del eje x, siendo el más adecuado el limit switch marca HAN YOUNG, modelo HY – M908 con contactos normalmente abiertos y cerrados para un voltaje de 250 AC y una corriente de 6 A.

Los finales de carrera limitan el recorrido máximo tanto en la posición positiva como en la posición negativa de los ejes.

Son interruptores de emergencia, ya que en el software del control permite setear los recorridos máximos sin la necesidad de finales de carrera.

Para la aplicación se utilizan los contactos normalmente cerrados que se unen a sus respectivos terminales de la tarjeta DC3IO, estos internamente son circuitos ópticos que cuando alcanza el límite el final de carrera disparará el circuito óptico.

En la Figura No. 2.4 se muestra el circuito óptico.



**FIGURA No. 2.4 Circuito óptico**

La figura No. 2.5 se ilustra el final de carrera seleccionado.



**FIGURA No. 2.5 Final de Carrera**

Para más información de finales de carrera ver ANEXO3

## **2.3 SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL CONTROL DEL SISTEMA**

El sistema es pensado para el control de CNC de maquinas herramientas, fresadoras, tornos, máquinas de plasma, cortador jet láser y otros usos especializados, para nuestra aplicación es una fresadora marca Bridgeport CNC I.

El sistema CNC se basa en dos tarjetas principales, la tarjeta de control de movimiento CPU 10, el servo drive DC3IO, y los elementos auxiliares como son: servos, control pendant (el control pendant es un control remoto de movimiento, que se utiliza para desplazar los ejes y para posicionar en el punto inicial de referencia de la máquina), fuentes de alimentación, relés, fibra óptica, etc.

A continuación se detallan los dispositivos del control del sistema.

### **2.3.1 Selección de la tarjeta del control de movimiento CPU 10**

La tarjeta de control de movimiento CPU 10, permite una interfaz con la PC mediante un terminal PCI bus, acepta entradas de encoders de los servomotores que se denomina, axis1, axis2, axis3, axis4, axis5, axis6 respectivamente, dependiendo del número de ejes que se tiene en la máquina, para la fresadora CNC se habilita únicamente tres de estas entradas, se conecta mediante un conector DB9M.

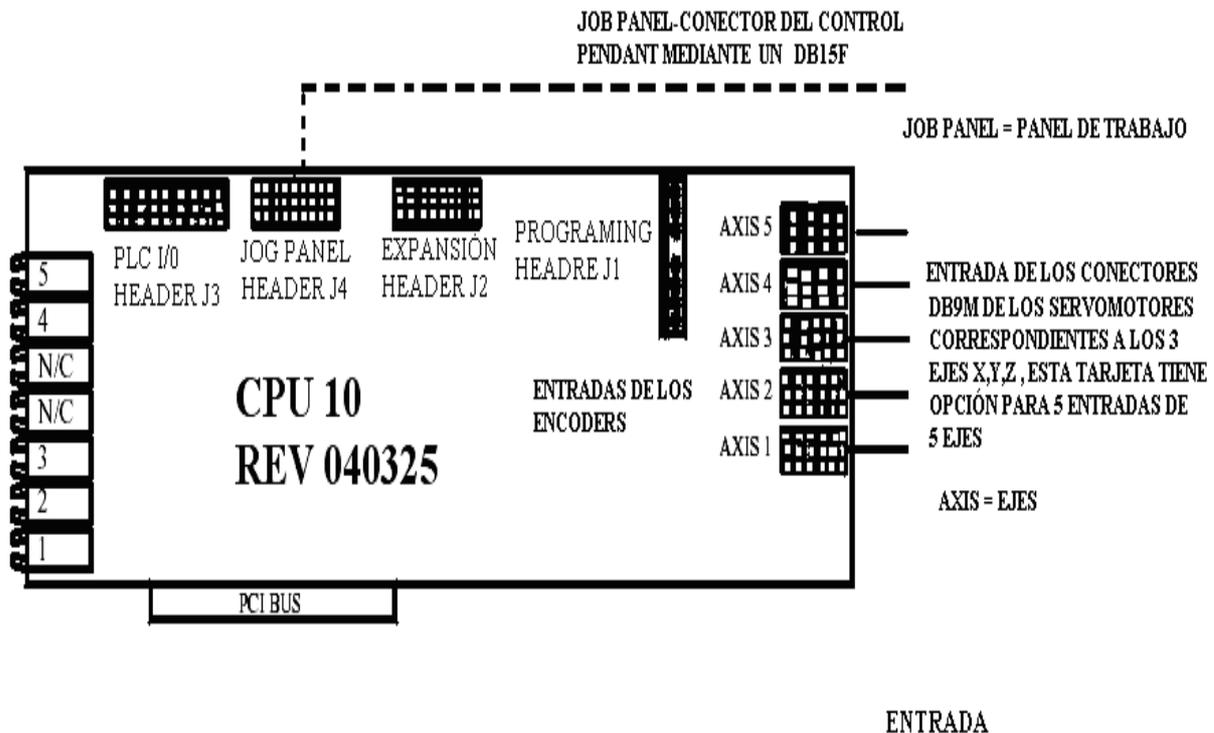
La tarjeta utiliza un DSP<sup>8</sup> (Digital Signal Processing – Procesamiento Digital de Señal llevado a cabo por los microprocesadores como Intel), para realizar el servo algoritmo del control PID, además está constituido de 5 terminales de fibra óptica que sirve para la transmisión de datos desde el CPU10 hacia el servo drive DC3IO y viceversa.

Otro terminal importante es el jog panel header j4 como se indica en la Figura No. 2.6, en donde se conecta el control pendant mediante un conector DB15F.

La Figura No. 2.6 muestra la tarjeta CPU 10.

---

<sup>8</sup> [www.dsptutor.freeuk.com/intro.htm](http://www.dsptutor.freeuk.com/intro.htm)



**FIGURA No. 2.6 Tarjeta de control de movimiento CPU10**

### 2.3.2 Selección del servo drive DC3IO

El servo drive DC3IO es una tarjeta electrónica, versátil que permite el control automático total de la fresadora Bridgeport CNC, ésta combina el movimiento de los tres ejes de los servomotores de corriente continua con suficientes datos para que la fresadora realice el maquinado de la pieza.

La selección se realizó tomando como referencia los valores de voltaje y corriente que puede soportar las entradas de los servomotores que se encuentra en el bloque de entradas H2, la tarjeta permite ingresar tres servomotores en su panel, las entradas para los servos soportan una corriente de 15 A para un voltaje de 120 Vdc, como los servos seleccionados funcionan con voltaje de 120 Vcd, corriente de 8 A. y para en un futuro poder acondicionar motores de mayor potencia según la necesidad de la fábrica, por tanto el servo drive DC3IO seleccionado ; es el más apropiado para el sistema de control.

En la Figura No.2.7 se muestra el servo drive DC3IO.

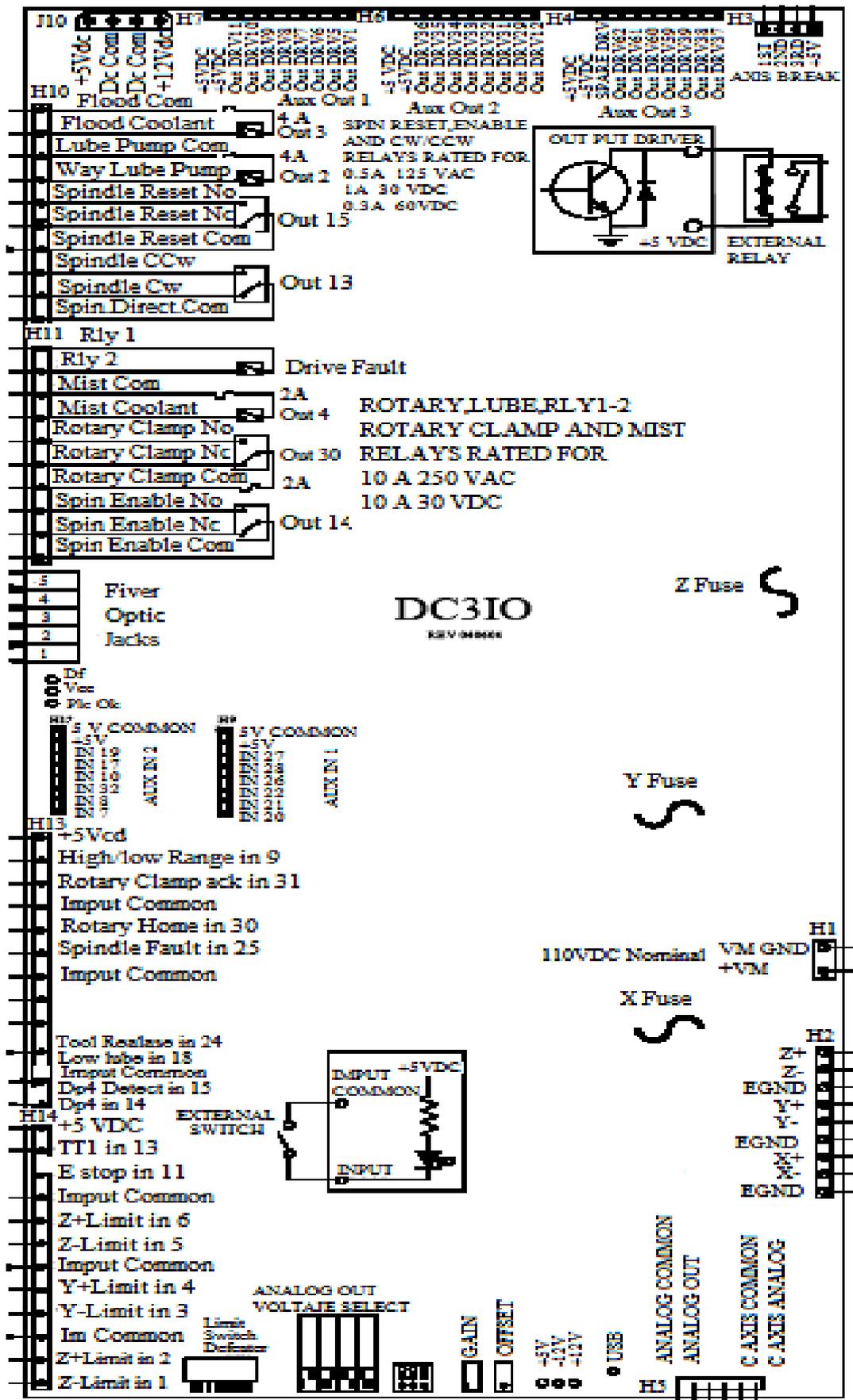


FIGURA No. 2.7 Servo drive DC3IO

La tarjeta tiene una protección metálica en la cual está impreso todas las entradas, salidas y demás elementos que conforman el panel.

El panel esta dividido en grupos de entradas y salidas denominados H, existen desde la H1 a la H14. A continuación se describen cada uno de ellos.

### **Grupo H1**

En este grupo se conecta la entrada de alimentación de 110 V DC. que proviene del puente de diodos rectificadores.

Input VM GND

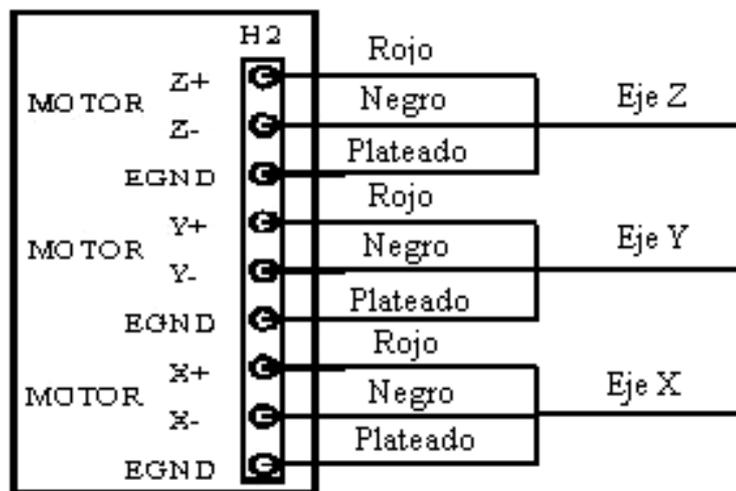
Input +VM

### **Grupo H2**

En este grupo se realiza las conexiones de los servomotores. Cada servomotor está compuesto de 3 cables, aparte del cable que posee el terminal DB9. Los tres cables son de color rojo, negro, y plateado. El cable rojo se conecta en el terminal positivo, el negro en el negativo y el plateado en tierra

Output	Z+	Y+	X+
Output	Z-	Y-	Y-
	EGND	EGND	EGND

La Figura No. 2.8 muestra el grupo de terminales H2.



**FIGURA No.2.8 Grupo de terminales H2**

### **Grupo H3 (AXIS BRAKES)**

Este grupo sirve para accionar paradas fuertes en los ejes de la máquina; esta opción no se utilizó en el control.

- 1 ST
- 2 ND
- 3 RD
- + 5V

### **Grupo H4 (SALIDA AUXILIAR 3)**

Este grupo se utiliza para salidas auxiliares, que son utilizados en el control de Relays.

+ 5Vcd

+ 5Vcd

SPARE DRV

SALIDA	DRV	62	:	OPEN
SALIDA	DRV	61	:	BRAKE
SALIDA	DRV	60	:	SPEED DOWN
SALIDA	DRV	59	:	SPEED UP
SALIDA	DRV	39	:	OPEN
SALIDA	DRV	38	:	OPEN
SALIDA	DRV	37	:	OPEN

### **Grupo H5**

Este grupo es utilizado para obtener señal análoga (0-10 Volt. DC), que se utiliza en los inversores, para inversión de giro del husillo.

ANALOG COMMON

ANALOG OUT

C AXIS COMMON

C AXIS ANALOG

### **Grupo H6 (SALIDA AUXILIAR 2)**

Este grupo se utiliza para salidas auxiliares que son utilizados en el control de Relays.

+ 5 Vdc

+ 5 Vdc

SALIDA DRV 36 : OPEN

SALIDA DRV 35 : OPEN  
 SALIDA DRV 34 : OPEN  
 SALIDA DRV 33 : OPEN  
 SALIDA DRV 32 : OPEN  
 SALIDA DRV 31 : OPEN  
 SALIDA DRV 29 : OPEN  
 SALIDA DRV 12 : OPEN

**Grupo H7 (SALIDA AUXILIAR 1)**

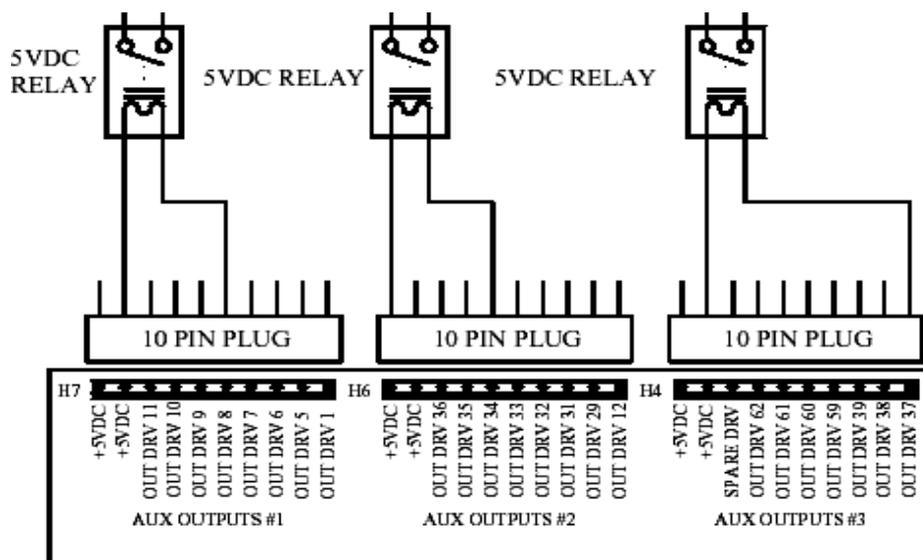
Este grupo se utiliza para salidas auxiliares que son utilizados en el control de Relays.

+ 5 Vdc

+ 5 Vdc

SALIDA DRV 11 : OPEN  
 SALIDA DRV 10 : OPEN  
 SALIDA DRV 9 : OPEN  
 SALIDA DRV 8 : OPEN  
 SALIDA DRV 7 : OPEN  
 SALIDA DRV 6 : OPEN  
 SALIDA DRV 5 : OPEN  
 SALIDA DRV 1 : OPEN

La Figura No.2.9 muestra el bloque de salidas auxiliares H4, H6, H7



**FIGURA No. 2.9 Bloque de salidas H4, H6, H7**

### **Grupo H 9 (ETRADAS AUXILIARES 1)**

Este grupo se utiliza para entradas auxiliares que se necesite ocupar en diferentes aplicaciones, en el proyecto realizado no se llegó a utilizar el mismo.

5Vdc com

AUX IN COM : OPEN

INPUT 19 : OPEN

INPUT 17 : OPEN

INPUT 10 : OPEN

INPUT 32 : OPEN

INPUT 8 : OPEN

INPUT 7 : OPEN

### **Grupo H10**

En este grupo se encuentran los contactos que realizar operaciones como: Inversión de giro del husillo, lubricación automática, refrigeración y parada del husillo.

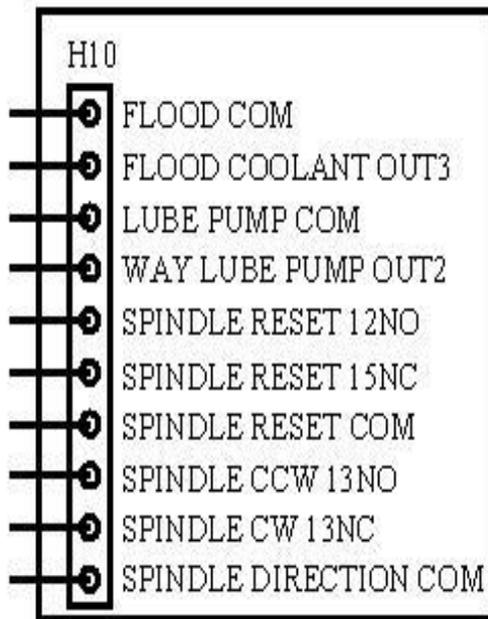
SALIDA 3 : FLOOD COM  
FLOOD COOLANT

SALIDA 2 : LUBE PUMP COM  
WAY LUBE PUMP

SALIDA 15 : SPINDLE RESET NO  
SPINDLE RESET NC  
SPINDLE RESET COMMON

SALIDA 13 : SPINDLE CCW  
SPINDLE CW  
SPINDLE DIRECTION COM

La Figura No. 2.10 ilustra el grupo H10.



**FIGURA No. 2.10 Grupo H10**

### **Grupo H11 (SALIDAS)**

En este grupo se encuentran los contactos de los reles utilizados para emergencia de parada, esta señal es enviada por el control Pendant.

DRIVE FAULD RLY 1      10 A 250 Vac, 10 A 30 Vcd

DRIVE FAULD RLY 2      10 A 250 Vac, 10 A 30 Vcd

MIST COM

MIST COOLANT

SALIDA 30 : ROTORY CLAMP NO    10 A 250 Vac, 10 A 30Vcd

                 ROTORY CLAMP NA    10 A 250 Vac, 10 A 30Vcd

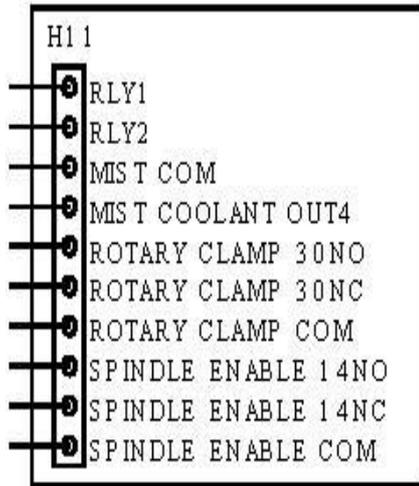
                 ROTORY CLAMP COM

SALIDA 14 : SPINDLE ENABLE NO

                 SPINDLE ENABLE NC

                 SPINDLE ENABLE COM

La Figura No.2.11 muestra el grupo de salidas H11.



**FIGURA No. 2.11 Grupo de salidas H11**

### **Grupo H12 (ENTRADAS AUXILIARES)**

Este grupo se utiliza para entradas auxiliares que se necesite ocupar en diferentes aplicaciones, en el proyecto realizado no se llegó a utilizar el mismo.

5Vdc COM

AUX IN COM

INPUT 28 : OPEN

INPUT 27 : OPEN

INPUT 26 : OPEN

INPUT 22 : OPEN

INPUT 21 : OPEN

INPUT 20 : OPEN

### **Grupo H13**

Este grupo es utilizado principalmente en el sistema de lubricación para activación de alarmas, cuando existen fallas, cuando el nivel de lubricación es bajo, entre los más utilizados.

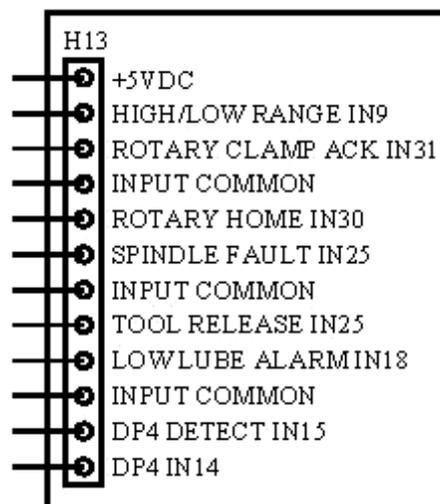
+5Vdc COM

INPUT 9 : HIGH/LOW

INPUT 31 : ROTARY CLAMP ACK

INPUT COMMON  
 INPUT 30 : ROTARY HOME  
 INPUT 25 : SPLINDLE FAULT  
 INPUT COMMON  
 INPUT 24 : TOOL REL SWITCH  
 INPUT 18 : LOW LUBE ALARM  
 INPUT COMMON  
 INPUT 15 : DP4 DETECT  
 INPUT 14 : DP4

La Figura No.2.12 muestra el grupo H13.



**FIGURA No.2.12 Grupo H13**

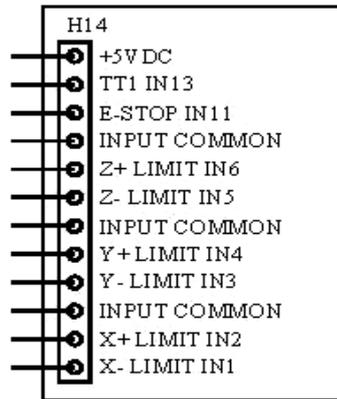
### **Grupo H14**

En este grupo se conectan los terminales de los Limit Switch correspondientes a los tres ejes X, Y, Z, en sentido positivo y negativo. Los contactos de los Limit Switch deben conectarse en Normalmente Cerrado.

INPUT 1 : X – LIMIT  
 INPUT 2 : X + LIMIT  
 INPUT 3 : Y - LIMIT  
 INPUT 4 : Y + LIMIT  
 INPUT 5 : Z - LIMIT  
 INPUT 6 : Z+ LIMIT

INPUT COMMON  
INPUT COMMON  
INPUT 11 : E- STOP  
INPUT 13 : TT1  
+5 Vcd

La Figura No.2.13 indica el grupo de terminales H14.



**FIGURA No. 2.13 Grupo de terminales H14**

### 2.3.3 Selección del control pendant

El control pendant se utiliza para desplazar los ejes, y posicionar en el punto inicial de referencia la máquina (Home).

Esta constituido por pulsantes con sus respectivos leds de indicación, que se utilizan para el control de los sistemas que conforman la fresadora como son: sistema lubricación, sistema de refrigeración, inversión de giro del husillo, control de velocidad del husillo, freno, paro de emergencia, etc.

La Figura No.2.14 ilustra el control pendant para la fresadora.



**FIGURA No. 2.14 Control Pendant**

El control pendant es un equipo opcional que puede venir como parte del control CNC, pero si no se adquiere por motivos de costos, en el software del control, se encuentra una ventana en la que aparece una pantalla en donde están todas las opciones de control de los sistemas de la fresadora, que son activados por medio del teclado de la computadora.

#### 2.3.4 Selección del disco duro de la PC

Debido a que las máquinas CNC trabajan a altas revoluciones, los elementos mecánicos que conforman la fresadora tienden a vibrar, transmitiendo el movimiento a los elementos electrónicos del control. Es importante considerar esta variable para la selección del disco duro.

Un disco duro convencional de una computadora no podría soportar un ambiente industrial provocando en un corto tiempo el deterioro de dicho elemento.

Para el control se eligió un disco duro de estado sólido, serie FB4617, con una capacidad de memoria de 512 Mb sin piezas móviles, es más estable para el tipo de ambiente en el que trabaja la máquina.

Puede operar como master o esclavo, posee un conector IDE de cuarenta pines, para conectarse con la tarjeta madre de la computadora y se alimenta con una fuente de +5Vdc. En la Figura No. 2.15 se muestra el disco duro de estado sólido.

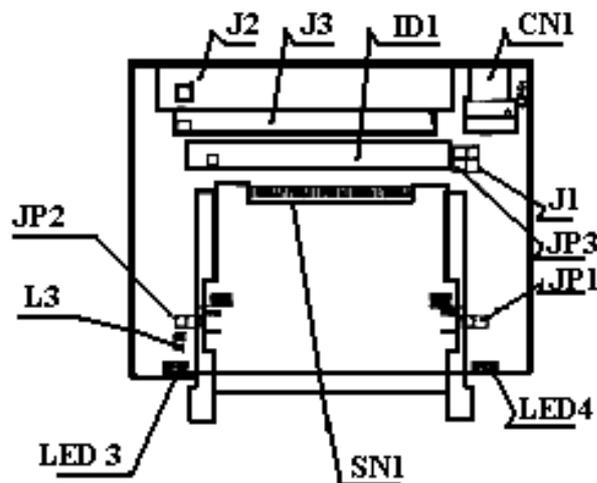


FIGURA No. 2.15 Disco duro estado sólido

#### 2.3.5 Selección de la computadora de control.

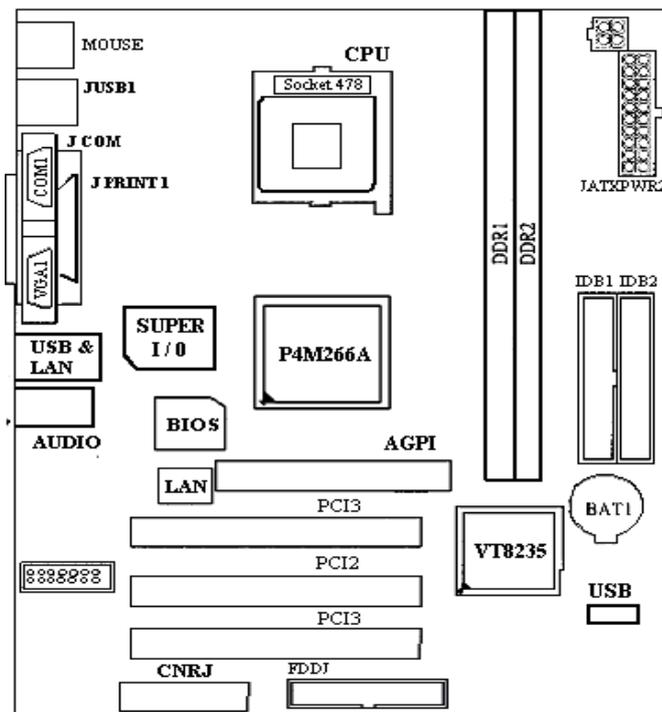
Para que la computadora de control sea compatible con los elementos del sistema, es decir con la tarjeta de control de movimiento CPU10, debe cumplir con ciertos requerimientos y especificaciones que se detallan a continuación:

- Pentium de 400MHz mínimo de velocidad.
- Disco duro de 128 MB.
- Memoria RAM de 128MB.
- Compatible con el sistema operativo LINUX.
- Una ranura abierta PCI.
- Una ranura abierta IDE.

Dado que en el mercado existen computadoras con características mucho más avanzadas que las mencionadas anteriormente, se seleccionó una computadora de control Pentium 4, con las siguientes especificaciones:

- Pentium 4 con 3GHz de velocidad.
- Disco duro de 512MB.
- Memoria RAM de 256 MB
- Tres ranuras PCI bus
- Dos ranuras IDE
- Tarjeta madre serie U8668-D
- Monitor LG faltron L15115K de 15 pulgadas
- Teclado Genius KB-06X black

La Figura No.2.16 muestra el diagrama de la tarjeta madre U8668-D.



**FIGURA No. 2.16 Tarjeta madre serie U8668-D**

## **Características técnicas del tarjeta madre U8668-D**

### **CPU**

- Proporciona socket-478.
- Soporta procesador intel Pentium 4 de 3.06GHz.
- Corre a 400/533 MHz Front side bus.
- Soporta tecnología Hyper\_Threading.
- Se recomienda el ventilador del procesador estándar.

### **Memoria principal**

- Soporta hasta 2 dispositivos DDR.
- Soporta dispositivos DDR de 200/266 MHz.

### **Ranuras**

- Tres ranuras de 32-bit PCI master (solamente para versión 3.x, 4.x, 5.x, 5.A, 5.b y 7.x).
- Una ranura CNR. (Solamente para versión 3.x, 4.x, 5.x, 5.A, 5.b, y 7.x).
- Una ranura AMR. (Solamente para versión 1.x y 6x).
- Una ranura AGP.

### **IDE Onboard**

- Soporta cuatro discos IDE.
- Soporta modos PIO 4, modo master y modo ultra DMA 33/66/100/133 bus master.

### **LAN**

- Real Tek RTL8201 BL.
- 10/100 Mbps.
- Full/Half Duplex.

### **Periféricos Onboard**

- Soporta: disquete de 360K, 720K, 1.2Mb, 1.44 MB, y 2.88 MB.
- Un Puerto serie.
- Un puerto VGA.
- Un puerto paralelo multi-mode.

- Un ratón PS/2 y teclado PS/2.
- 6 puertos USB2.0.

### **Sistemas operativos**

- Ofrece el más alto funcionamiento para MS-DOS, Windows 2000, Windows Me, Windows XP, SCO Unix etc.

### **2.3.6 Selección de las fuentes de alimentación**

Básicamente para el control se requiere de dos fuentes de poder, la primera esta compuesta de un transformador y un circuito rectificador. La fuente se utiliza para la alimentación de los servomotores de cc.

#### **Características técnicas**

Transformador:

$V_p$  : 110-220Vac

$V_s$  : 83 Vac

$V_s$  : 24 Vac

Potencia: 29 in- lb

Condensador:

$V$  : 160V

$C$  : 1200uF

$R_1$ : 6.8K 5W

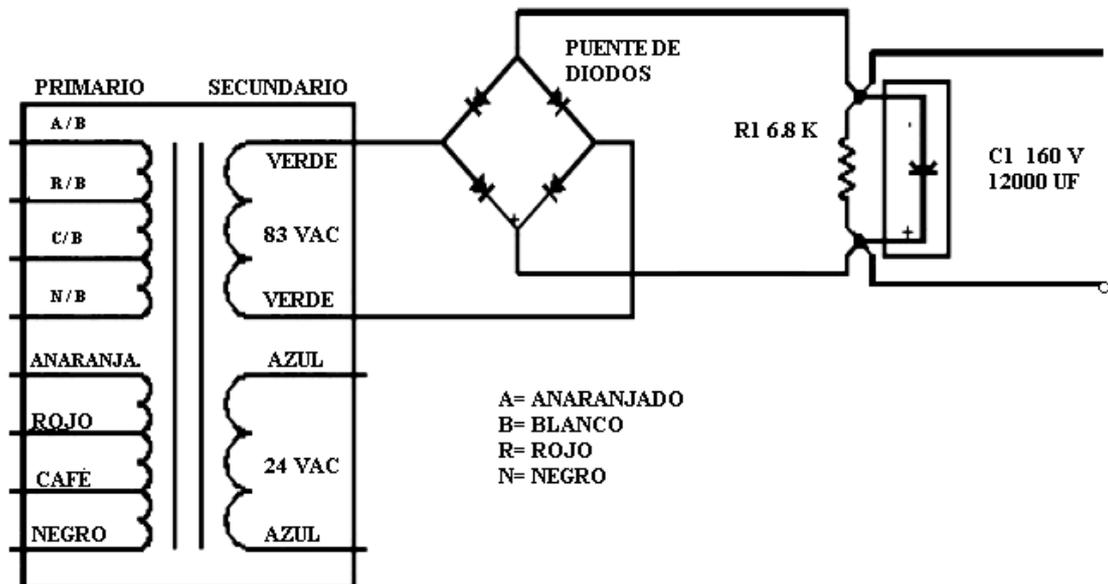
$I$ : 35 A.

En la Figura No.2.17 se muestra la fuente poder.



**FIGURA No. 2.17 Fuente de poder**

La Figura No. 2.18 ilustra el diagrama eléctrico de la fuente de poder No.1



**FIGURA No. 2.18 Fuente de poder No.1**

La segunda es una fuente denominada PS2, puede trabajar con un voltaje de 110-220 Vac, dependiendo de la conexión que se realiza en los terminales 1, 3, 2, 4 y 5, para una operación de 110Vac se puentean los terminales 1 y 3, 2 y 4, y a la salida tenemos un voltaje de 24 Vdc, conectando los terminales +out con +s, y -out con -s.

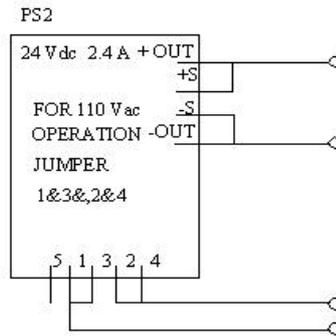
Esta fuente de alimentación se utiliza para suministrar de energía a los solenoides de las electroválvulas del control de velocidades del husillo y del freno de la máquina.

En la Figura No. 2.19 se muestra la fuente de poder PS2.



**FIGURA No.2.19 Fuente de poder PS2**

En la Figura No. 2.20 se ilustra el esquema eléctrico de la PS2



**FIGURA No.2.20 Esquema eléctrico de la PS2**

## 2.4 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

La fresadora Bridgeport consta de un motor trifásico, con una potencia de 2HP. que da la velocidad de giro del husillo de la máquina.

Este parámetro es importante, ya que las máquinas de control numérico trabajan a altas revoluciones permitiendo tener un acabado superficial de mejor calidad. El rango de velocidad actual del husillo, es de 450 a 3000 rpm, por esta razón surge la necesidad de implementar un variador de frecuencia, que tenga la capacidad de realizar una sobre frecuencia, así como controlar tiempos de aceleración, desaceleración, disparo de sobre corriente, compensación del torque, etc.

Todas estas características lo tiene el variador de frecuencia marca Cutler Hammer, serie MVX 9000 sensorlees vector. En la figura 2.21 se observa el diagrama eléctrico del variador de frecuencia.

### 2.4.1 Características técnicas del variador CUTLER HAMMER

Número de Catalogo	: MVX 9000 AC
Entrada de Voltaje	: 200 – 240 Vac
Frecuencia	: 50 – 60 Hz
Potencia	: 3 Hp
Fases	: 3
Corriente	: 6.3A
Salida de Voltaje	: 200-240 Vac.
Rango de Frecuencia	: 0.1-400 Hz
Interfase	: Serie RS-485
Temperatura ambiente de operación	: -10C a +50° C

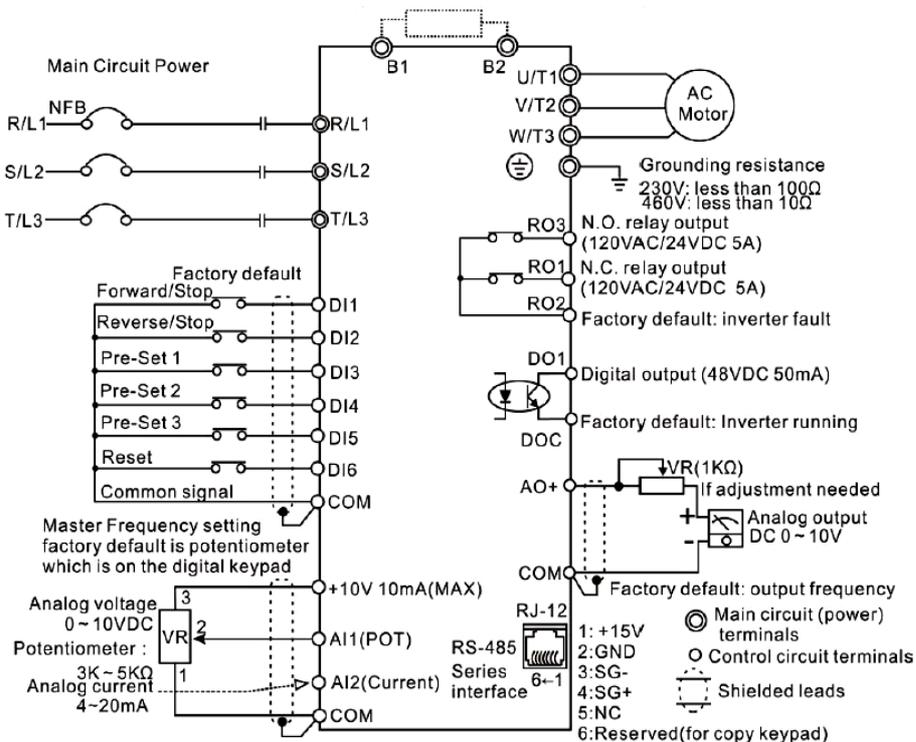
Humedad relativa : 0% a 90%  
 Vibración máxima : 9.8m/s<sup>2</sup> (1G)

### 2.4.2 Grupo de parámetros del variador de frecuencia

El grupo de parámetros sirve para configurar y setear valores de control que se utilizará en el motor trifásico como; configurar tiempos de arranques, tiempos de frenado, valores de frecuencia. Etc.

- Grupo básico 20
- Entradas 30
- Salidas 40
- Control drive Ac 50
- Control motor 60
- Función de protección 70
- Display 80
- Comunicación 90

Para mayor información de los parámetros del variador de frecuencia ver Anexo 1



**FIGURA No. 2.21 Diagrama eléctrico del variador de frecuencia<sup>9</sup>**

<sup>9</sup>Manual del Variador de frecuencia Cutler-Hammer MVX9000

## 2.5 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración se puede controlar directamente desde el control pendant. A continuación en la Figura No. 2.22 se muestra el circuito de control y de potencia para la bomba de refrigeración.

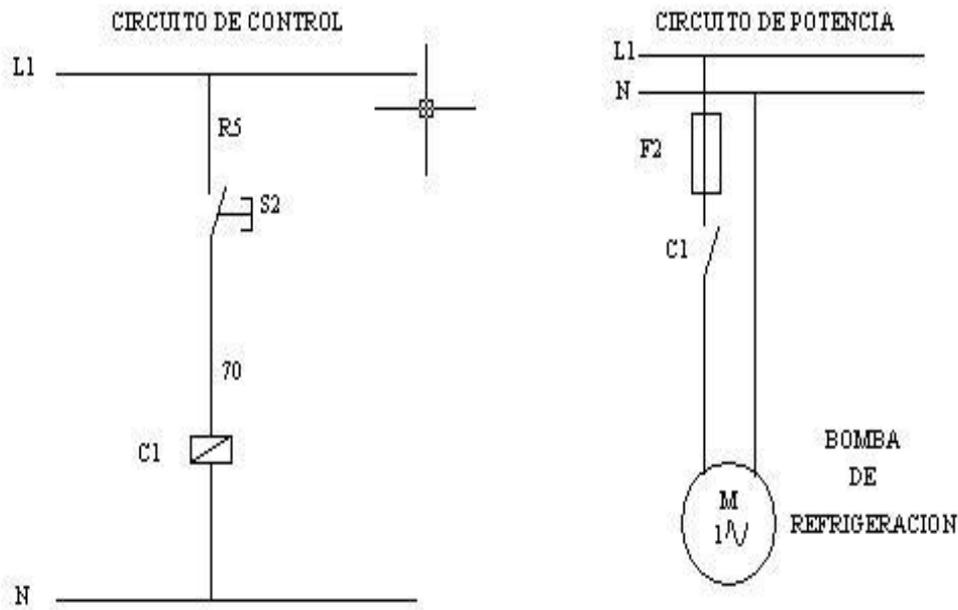


FIGURA No. 2.22 Control del sistema de refrigeración

## 2.6 SELECCIÓN DE LA BOMBA Y REFRIGERANTE ADECUADO PARA EL SISTEMA

Para el sistema de refrigeración de la fresadora, se seleccionó la bomba marca Graymills, manufacturada en Chicago, Estados Unidos. A continuación se muestra las características técnicas más importantes:

Numero de serie: A-16273-F

Modelo motor eléctrico: 4B-48T17D22D W

Potencia: 1/6 HP

Fases: 1

Rpm: 1725/1425

Voltaje: 110/220

En la Figura No. 2.23 se ilustra la bomba marca Graymill



**FIGURA No.2.23 Bomba marca Graymill**

El refrigerante de corte que se eligió fue la taladrina semi sintética por sus características físico-químicas que reduce al máximo el sobrecalentamiento de la herramienta.

## **2.7 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN**

La unidad del sistema de lubricación de la fresadora es marca VERTEX machinery works, está formado por un mecanismo biela-tornillo sinfín, ubicado dentro del tanque reservorio de aceite con capacidad para 2 litros.

El motor funciona con un voltaje de 110Vac, a una frecuencia de 50 a 60Hz y una potencia de de 3.5W, este motor permite el giro del tornillo sinfín haciendo que la biela comience a girar, hasta llegar a un punto máximo, que logra la activación de un cilindro que expulsa el aceite a través de las cañerías que tiene la máquina. También consta de un sensor de nivel tipo boya, el cual indica el nivel alto o bajo de aceite.

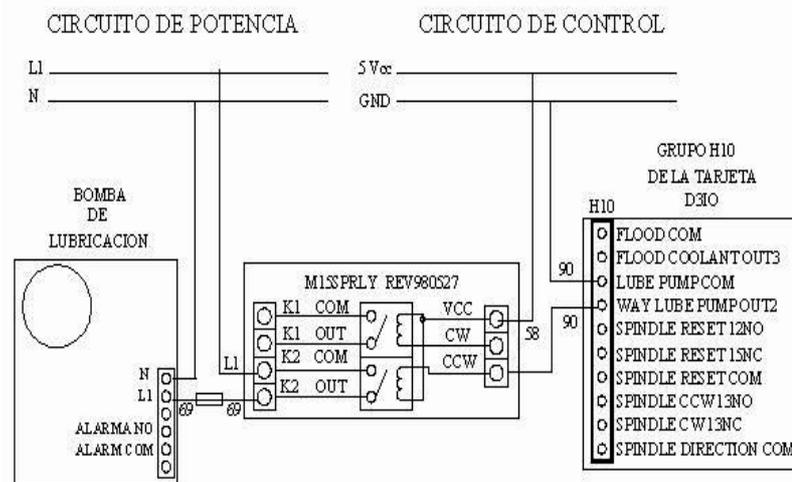
Cabe señalar que el sistema de lubricación siempre debe estar en funcionamiento, ya que el desplazamiento de los ejes a través de la guías de la fresadora es continuo, por ello deben estar totalmente lubricadas, caso contrario podrían llegar a dañar la máquina.

En la Figura No. 2.24 se ilustra la unidad del sistema de lubricación.



**FIGURA No.2.24 Unidad del sistema de lubricación**

En la Figura No. 2.25 se ilustra el control del sistema de lubricación.



**FIGURA No.2.25 Control del sistema de lubricación**

## 2.8 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL DEL CABEZAL DE VELOCIDADES DEL HUSILLO

El control de la velocidad del husillo, se realiza a través de un sistema de dos pares de poleas cónicas, separadas por una banda trapecial.

La variación de la relación de transmisión, se produce al mover la posición de una de las poleas, ya sea hacia arriba o hacia abajo, por medio de una cadena acoplada a un engranaje y este a su vez a un tornillo sinfín, el movimiento del tornillo lo da un motor neumático, que puede girar en sentido horario y antihorario, logrando de esta manera el desplazamiento de la polea. El diseño se basa en el control del sentido de giro del motor neumático, para ello la máquina consta de una electro válvula de 3 posiciones y 5 vías con mando que puede ser por solenoide, neumático, y pulsador. Para nuestra aplicación se controla las bobinas de la electroválvula, que trabajan con un voltaje de 24 Vdc.

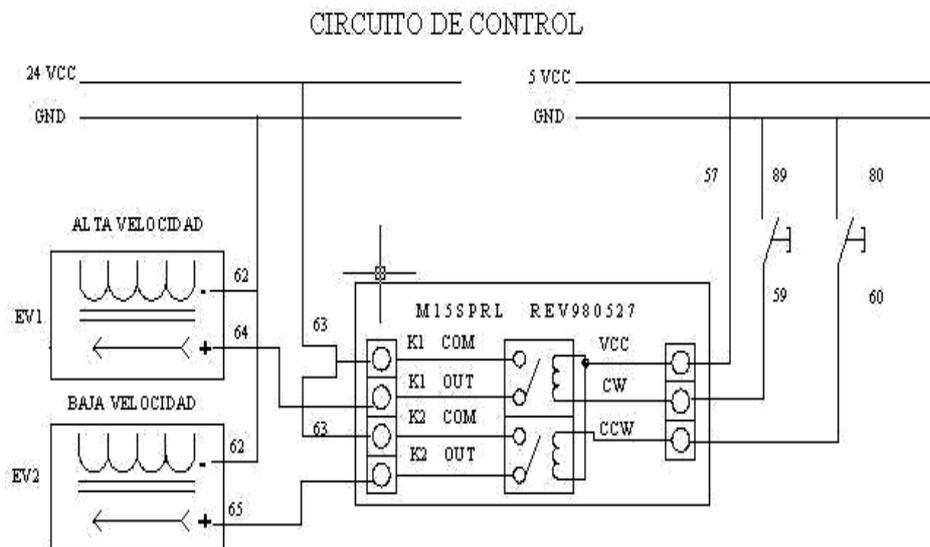
También se utilizó un variador de frecuencia para poder disminuir y sobredimensionar la velocidad del husillo con una sobre frecuencia del 10 %.

En la Figura No. 2.26 ilustra sistema de poleas de la fresadora.



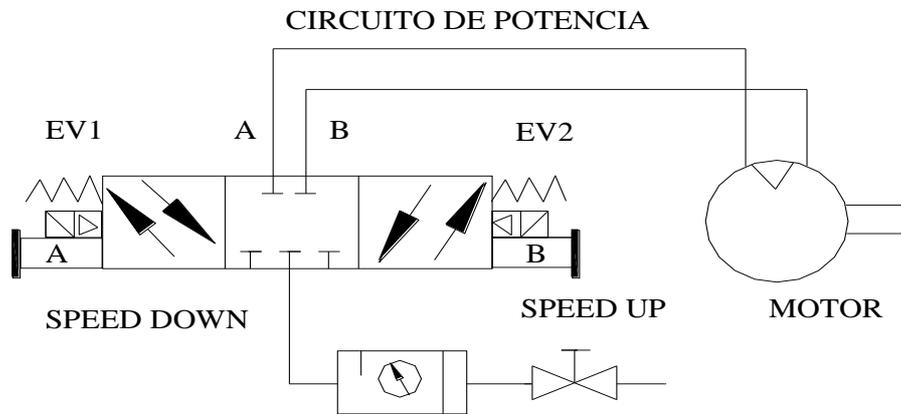
**FIGURA No. 2.26 Sistema de poleas**

En la Figura No. 2.27 ilustra el circuito de control de la velocidad del cabezal del husillo



**FIGURA No. 2.27 Circuito de control de la velocidad del husillo**

En la Figura 2.28 se muestra el circuito de potencia del control de la velocidad del husillo



**FIGURA No. 2.28 Circuito de potencia de la velocidad del Husillo**

# CAPITULO III

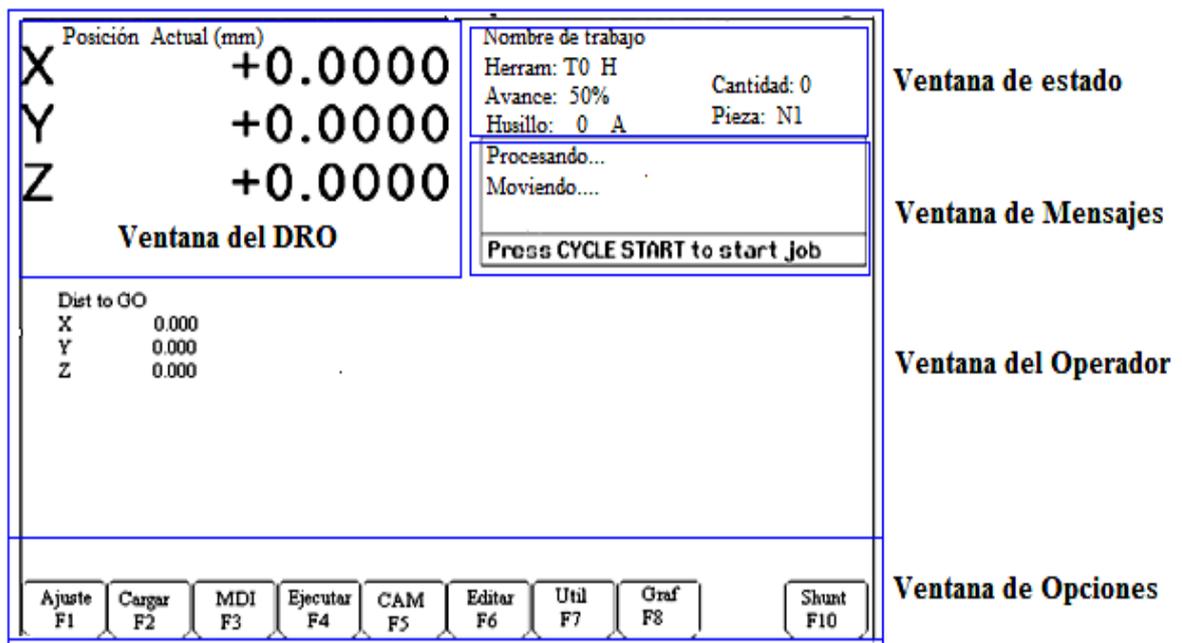
## IMPLEMENTACION Y MANEJO DEL SOFTWARE DE CONTROL

### CNC 10

#### 3.1 PANTALLA PRINCIPAL CNC 10

La pantalla de CNC 10 está dividida en cinco áreas que se denominan ventanas, la ventana del DRO, ventana de estado, mensajes, opciones y la del operador.

La figura No. 3.1 ilustra la pantalla Principal del CNC 10



**FIGURA No.3.1 Ventana principal CNC 10**

A continuación se explica cada una de las ventanas:

#### Ventana del DRO

La ventana del DRO contiene la información de la posición actual de la herramienta. Esta ventana se puede configurar para el número de ejes que dispongamos en nuestra máquina, así como también para las unidades de medida deseadas.

#### Ventana de Estado

En esta ventana tenemos información, como la primera línea que significa nombre del trabajo que está siendo corrido en este momento o que está siendo cargado. Debajo de la

primera línea se encuentra los indicadores del número de la herramienta, el número del programa, el avance, la velocidad del husillo.

### **Ventana de Mensajes**

Esta ventana está dividida en dos secciones:

Sección de peticiones.- Es la línea de texto más baja de la ventana, la misma que mostrará peticiones al operador, como presione <CYCLE START> para comenzar y <CANCEL> para cancelar una acción de operación.

Sección de mensajes.- Contiene las cuatro líneas de texto superiores de la ventana. Esta sección mostrará avisos, errores y mensajes de estado. Los mensajes más nuevos siempre aparecen en la última de las cuatro líneas. Los mensajes más antiguos son movidos hacia arriba hasta que desaparecen de la ventana.

### **Ventana de Opciones**

Esta ventana muestra las opciones o menú que se puede escoger utilizando las mismas opciones del teclado.

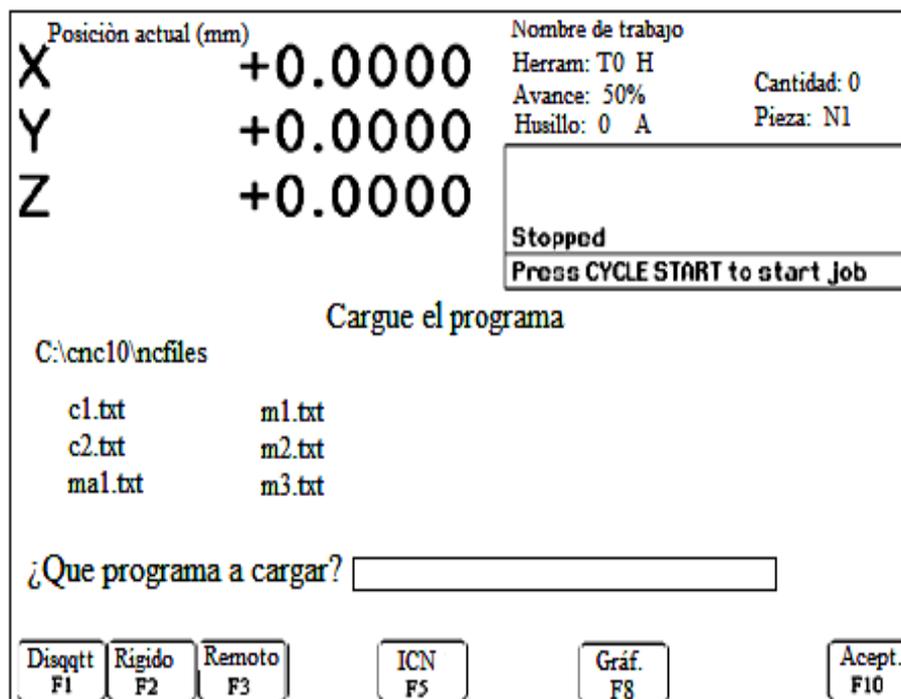
### **Ventana del Operador**

Esta pantalla contiene información únicamente cuando está trabajando el control y está operando la máquina fresadora, caso contrario esta pantalla estará vacía. Cuando empezamos nuestro trabajo seleccionamos la opción <CYCLE START>, luego lógicamente de haber cargado nuestro programa, el trabajo comienza a ser procesado correctamente, en esta pantalla aparecen los códigos G en una cantidad de 11 líneas de proceso, permitiendo así la visualización de la operación que está realizando y a la vez indicará la última línea en la cual se quedó si llegase el caso que ocurra un error.

#### **3.1.1 Cargar**

Seleccionamos la opción <F2> para acceder a la pantalla de cargar el programa, este menú permite cargar los archivos de programa CNC que deseamos ejecutar, de las diferentes unidades existentes en el computador.

La figura No. 3.2 indica la pantalla de cargar el programa



**FIGURA No.3.2 Pantalla de Cargar el programa**

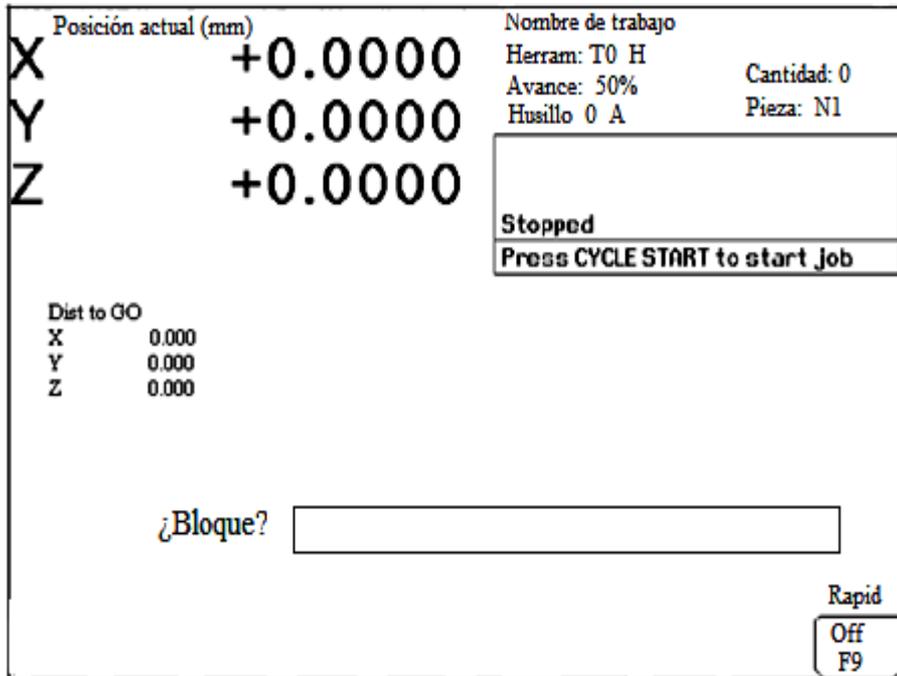
Esta pantalla consta a su vez de seis opciones, si presionamos <F1>, cambia a la unidad de diskettes (A: \directorio), con <F2> cambia a la unidad de disco duro, donde se encuentra el directorio C:\CNC10\NCFILES en el cual se graban los programas con extensión .txt y con <F3> cambia la unidad de otra computadora vía red.

Si queremos cambiar a la unidad USB, únicamente en el recuadro escribimos b: y presionamos <F10> para aceptar, automáticamente se produce el cambio de unidad.

La opción <F5> permite ingresar al directorio C:\Intercon, en este directorio se graban programas con extensión .icn. Cuando tenemos el programa cargado en la pantalla principal seleccionamos la opción <F8> para poder visualizar las trayectorias del dibujo que fue creado por medio de los códigos G.

### 3.1.2 MDI

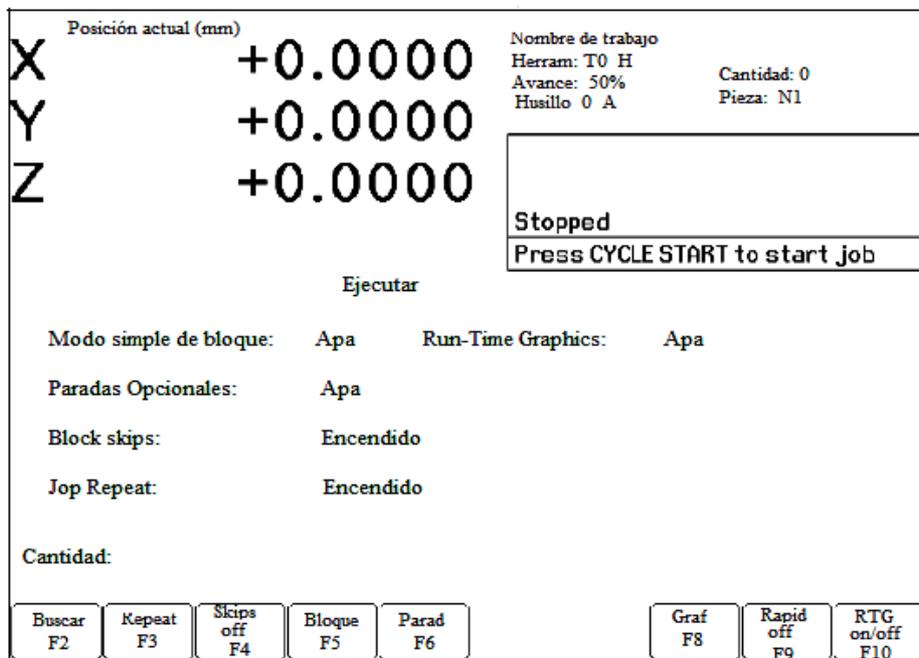
Presione <F3> para ingresar a la pantalla MDI, como se indica en la figura No. 3.3, este menú permite realizar funciones de ajuste de la pieza, avances de los ejes, escribiendo los códigos G y M apropiados ingresando directamente desde el teclado. Por ejemplo, si se requiere desplazar 75mm en el eje X, se escribe en el recuadro Go X 75, se presiona <CYCLE START> y se logra recorrer la distancia deseada, básicamente el MDI (Input data manual) es una pantalla de ingreso manual de datos.



**FIGURA No.3.3 Pantalla de MDI**

### 3.1.3 Ejecutar

Seleccionamos de la pantalla principal la opción <F4>, para ubicarnos en la pantalla de ejecutar, como se indica en la figura No. 3.4.

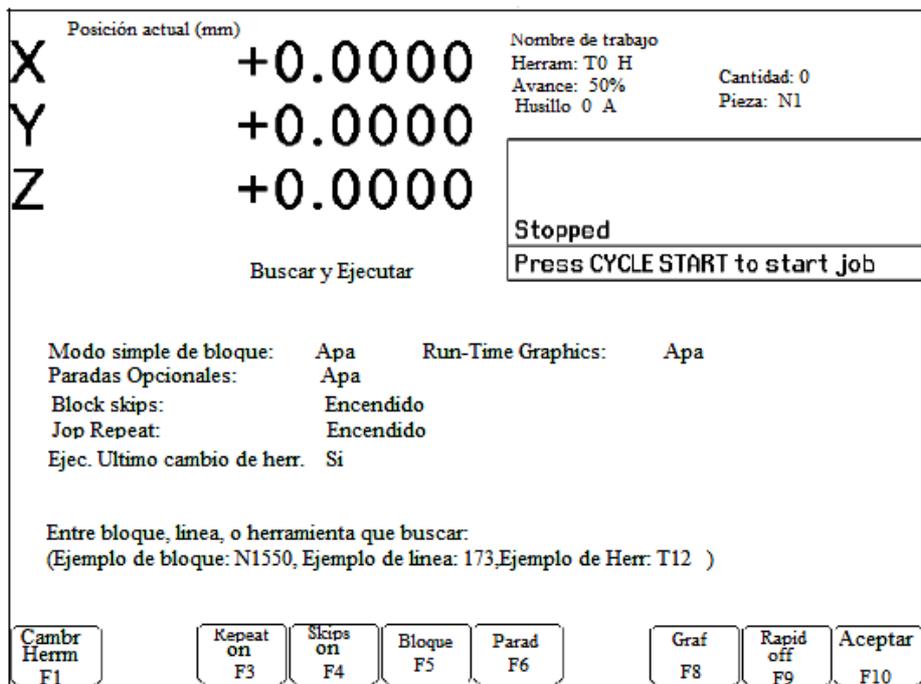


**FIGURA No.3.4 Pantalla Ejecutar**

La pantalla de ejecutar tiene una gran cantidad de submenús, por ello únicamente se va a analizar la pantalla buscar, ya que es utilizado con frecuencia por el operador y es de gran importancia.

Al pulsar <F2> despliega la pantalla Buscar y Ejecutar, la figura No.3.5 indica esta pantalla.

Si por alguna razón un programa de maquinado se suspendió, por ejemplo se cumplió el horario de trabajo, entonces el maquinado quedaría para el siguiente día, en el momento de cargar nuevamente el programa, la elaboración de la pieza empezaría desde la primera línea de programación provocando perdida de tiempo innecesario, por eso en la pantalla Buscar y Ejecutar, permite ingresar la línea en donde se quedó el programa de maquinado y desde esa línea continuar el maquinado, el número de línea se ingresa en el mensaje “Entre bloque, línea, o herramienta que buscar”.



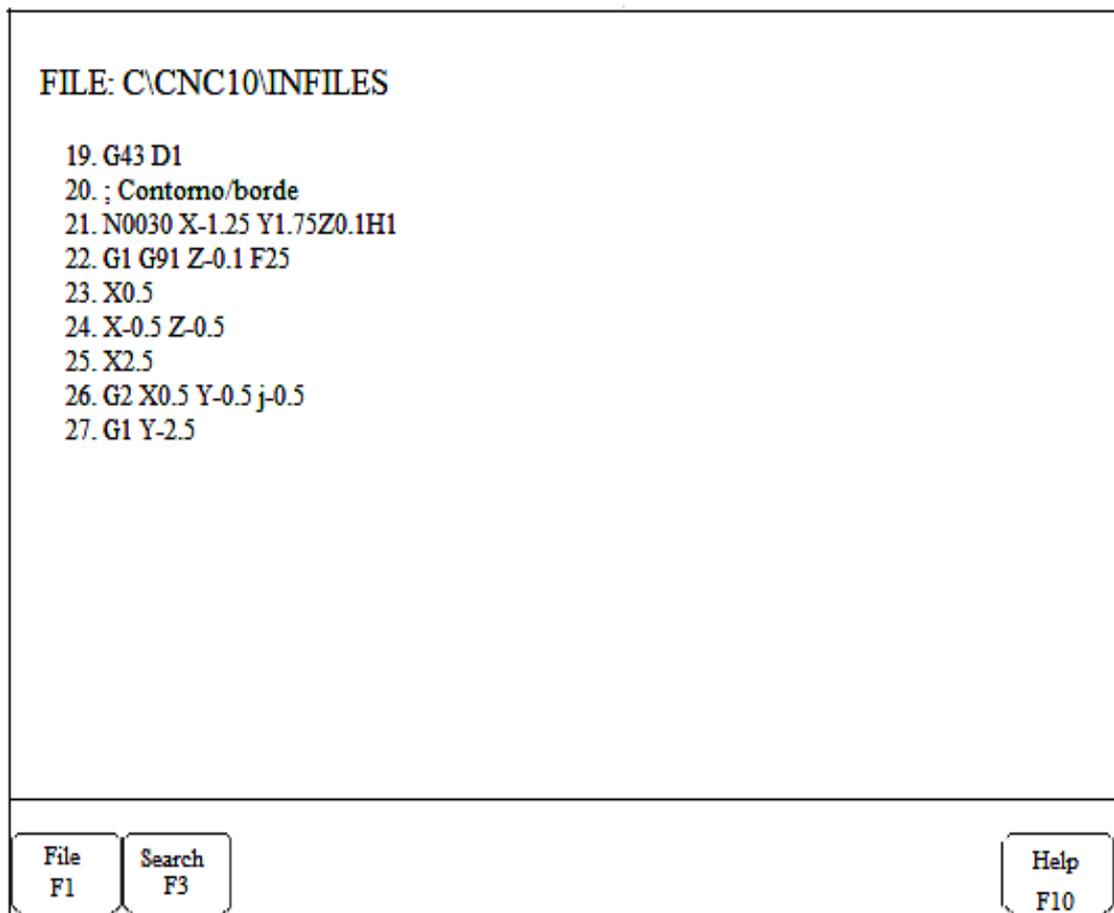
**FIGURA No.3.5 Pantalla Buscar y Ejecutar**

### 3.1.4 CAM

La opción <F5> permite el ingreso a un software conversacional llamado Intercon, es un software que puede crear un programa de una pieza rápidamente, no es de mucho interés para la empresa porque la programación se lo hace línea a línea, por tal razón no forma parte del análisis del manejo del software.

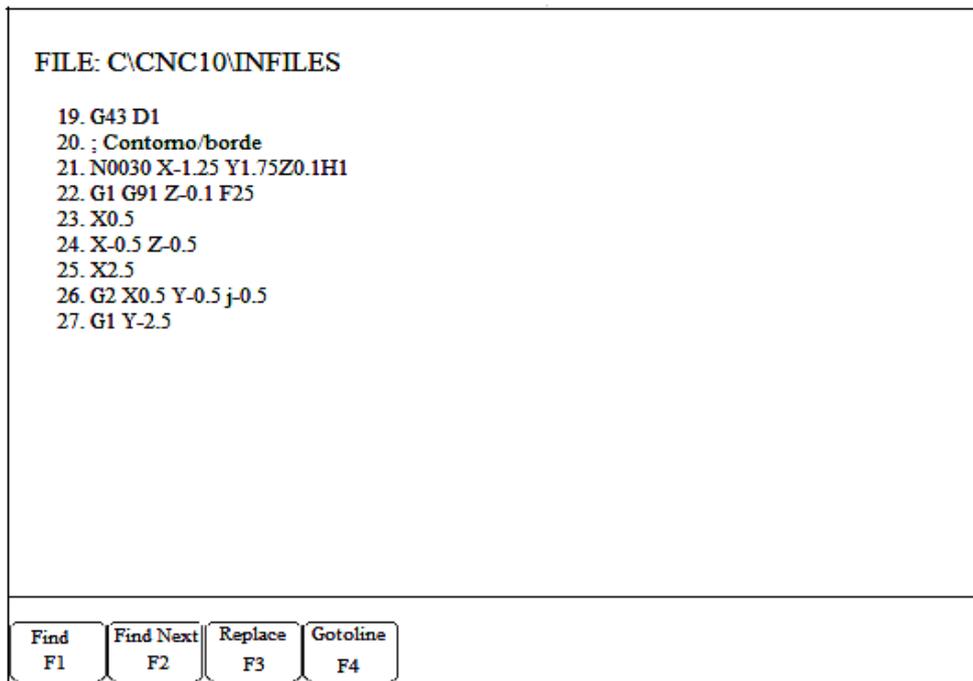
### 3.1.5 Editar

La función de editar de la pantalla principal escogemos con <F6>, esta pantalla nos sirve para realizar cambios en el programa de diseño, directamente desde el software CNC10, la pantalla editar esta formado por tres submenús, que son: File, Search, y Help respectivamente. Cuando la fresadora esta maquinando de acuerdo al archivo de diseño y si se desea hacer un cambio, se presiona <F6> y despliega la pantalla que se indica en la figura No.3.6.



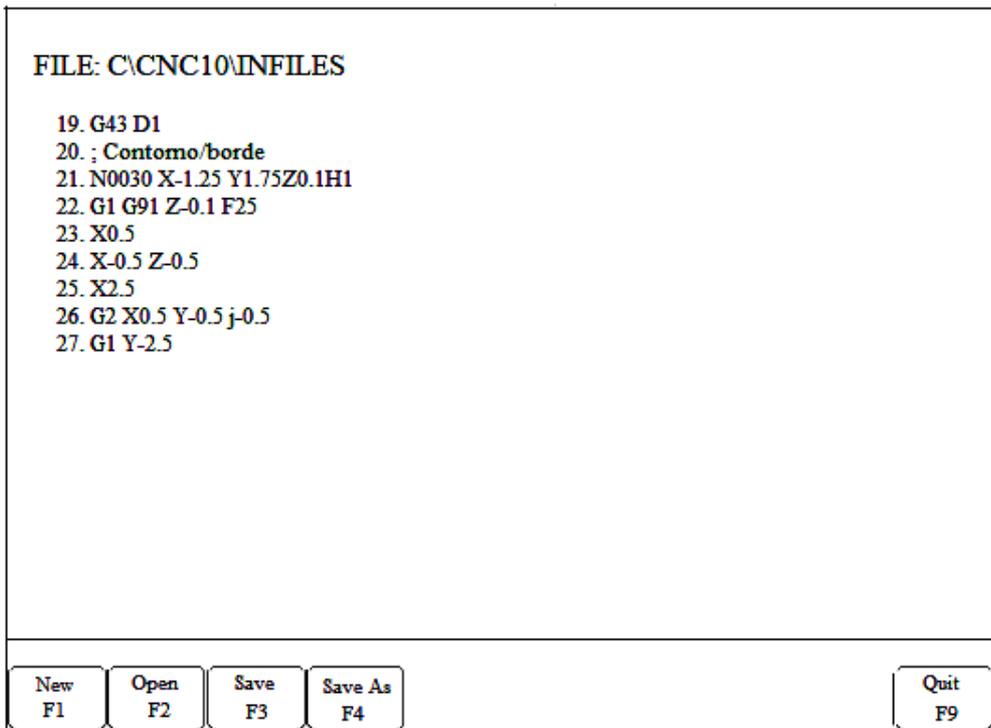
**FIGURA No.3.6 Pantalla de Editar**

Dentro de ésta, se visualiza el programa de diseño a manera de códigos, presionamos <F3> (Search), para entrar a la pantalla donde podemos editar cualquier línea de código, como se indica en la figura No.3.7, con <F4> nos ubicamos en la línea que queremos cambiar y con <F3> se reemplaza la nueva línea.



**FIGURA No.3.7 Pantalla de Reemplazar líneas de código**

En la pantalla de editar al presionar <F1>, aparece el menú de archivos, como se indica en la figura No. 3.8, en esta pantalla permite, crear, abrir, grabar archivos y salir del menú.

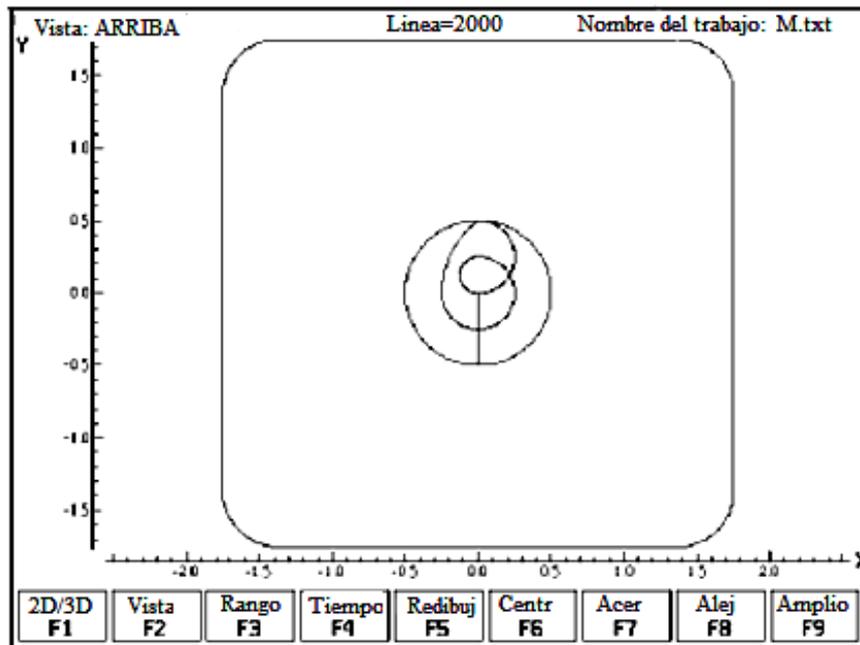


**FIGURA No.3.8 Pantalla de Archivos**

### 3.1.6 Graf

Cuando tenemos un programa cargado de la pantalla principal, seleccionamos la opción <F8> para dibujar el objeto diseñado.

La figura No. 3.9 indica la pantalla de gráficas



**FIGURA No. 3.9 Pantalla de Gráficas**

A continuación se describe cada una de estas opciones:

<F1> Seleccionamos para apreciar el dibujo en dos o tres dimensiones.

<F2> Esta tecla sirve para cambiar el plano de vista de la pieza. La vista es indicada con un mensaje de arriba, derecha o frente mostrado en la parte superior de la pantalla.

<F3> Ajusta el rango de número de línea o bloque para dibujar.

<F4> Permite calcular aproximadamente el tiempo necesario para maquinar la pieza. Se calcula con respecto a aceleraciones y desaceleraciones, pero no con respecto a cambios de las herramientas.

<F5> Permite redibujar la pieza en cualquier momento.

<F6> Para mover la pieza alrededor de la pantalla. Una vez que haya sido presionada, use la cruz para escoger un lugar en la pieza del cual será movido al centro de la pantalla.

<F7> Permite realizar un acercamiento al centro de la pantalla.

<F8> Permite un alejamiento desde el centro de la pantalla.

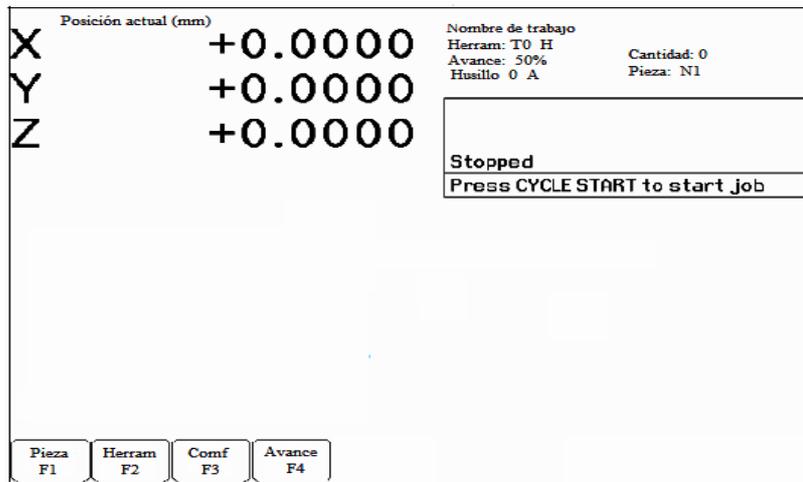
<F9> Para observar la pieza entera en la pantalla.

### 3.1.7 Shutdown

Presionar <F10> para apagar todo el sistema de control CNC 10

## 3.2 AJUSTE DE LA PIEZA

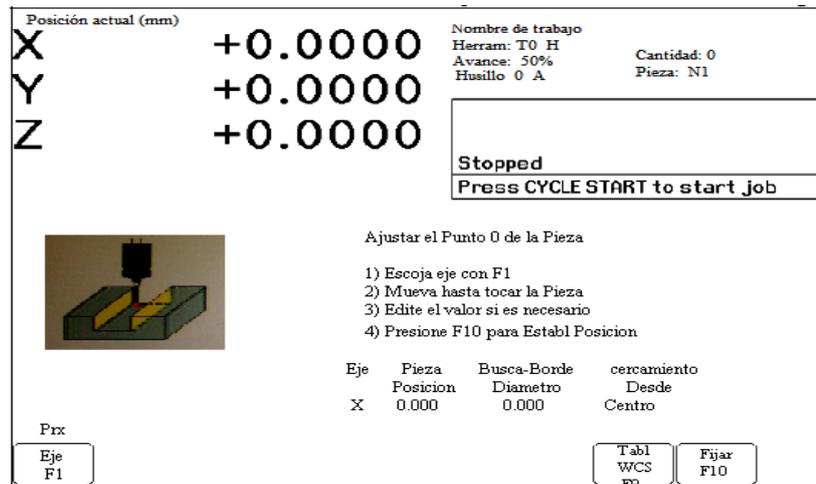
En la pantalla principal escogemos la opción <F1>, para tener acceso a la pantalla de ajuste. A su vez este menú se subdivide en ajuste de Pieza, Herramienta, Configuración y Avance. Estas opciones serán explicadas seguidamente. La figura No. 3.10 indica la pantalla de ajuste.



**FIGURA No. 3.10 Pantalla de Ajuste**

### Pieza

Presionamos <F1>, el software despliega la pantalla de ajuste de la pieza como se indica en la figura No. 3.11, esta pantalla se utiliza para el ajuste de los ceros de la pieza a maquinarse.



**FIGURA No. 3.11 Pantalla de Ajuste de la pieza**

Se establece un sistema de coordenadas con un origen cero para cada eje, es decir en esta pantalla se consigue el punto de referencia de la pieza, el procedimiento para lograr esta referencia se trata en el manual de operación y mantenimiento.

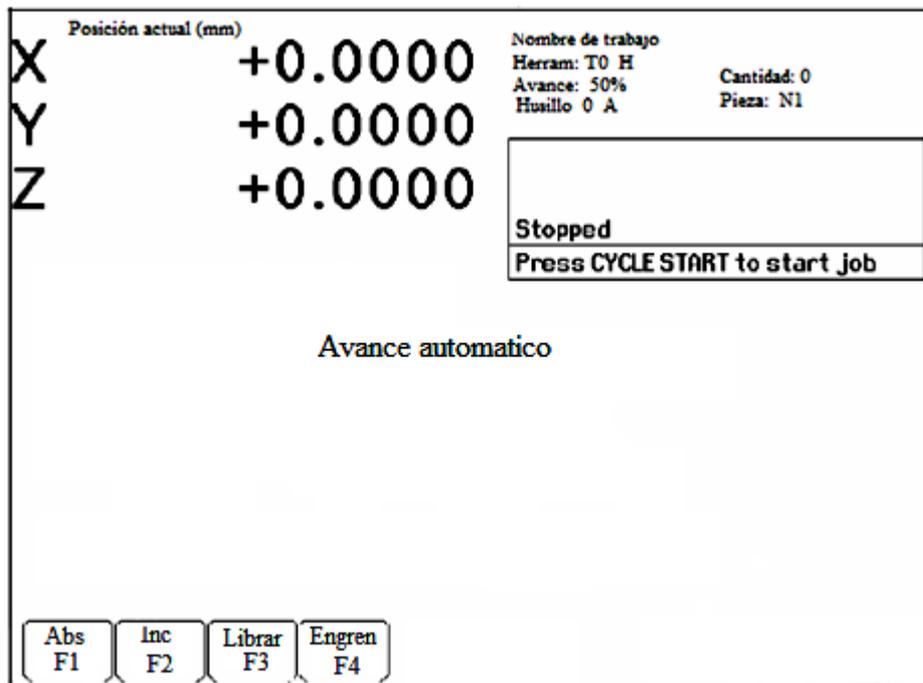
### Configuración

Al presionar <F3> de la pantalla de ajuste, se ingresa a la pantalla de configuración de la máquina, este menú permite cambiar datos y parámetros que dependen de la máquina. En el capítulo IV se analiza con más detalle esta pantalla.

### Avance

La pantalla de avance es usada para ordenar movimientos de los ejes. A esta pantalla podemos ingresar seleccionando <F4> de la pantalla de ajuste. Todas las operaciones disponibles en la pantalla de avance también pueden ser ejecutadas en MDI con los códigos M y G apropiados.

La figura No. 3.12 ilustra la pantalla de Avance Automático



**FIGURA No.3.12 Pantalla de Avance Automático**

A su vez la pantalla de Avance está dividida en cuatro subpantallas, las mismas que son detalladas a continuación:

### **Avance Absoluto**

Seleccionamos <F1 (Abs)>, para recorrer el eje a un valor absoluto de posición, con un valor de avance especificado.

### **Avance Incremental**

Seleccionamos <F2 (Inc)>, para situar nuestro eje, a una distancia incremental, con un valor de avance especificado.

### **Librar**

Seleccionamos <F3>, para descargar la sobre potencia que existe en los motores de los ejes X y Y, permitiendo usar manualmente la máquina para esos dos ejes.

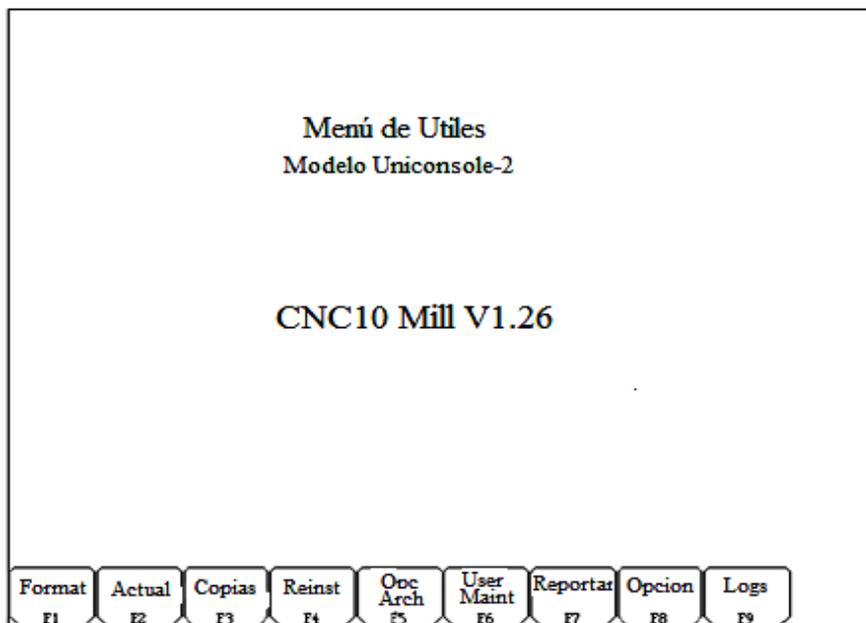
### **Engren**

Seleccionamos F4, para prender la potencia de los motores de los ejes X y Y, lo cual permitirá encender los motores de los ejes con los botones en el panel de movimientos.

## **3.3 PANTALLA DE UTILIDADES**

Presione <F7> para ver la pantalla de utilidades. Esta pantalla permite varias opciones de diagnostico, como también funciones de archivo.

La figura No. 3.13 indica la pantalla de utilidades.



**FIGURA No.3.13 Pantalla de Utilidades**

Nota: Las opciones <F6, F7, F8, F9> de la pantalla de Utilidades, no son utilizadas para ninguna aplicación de la empresa, por lo que no son detalladas.

A continuación se detallan cada uno de estas opciones:

### **Formato**

Presione <F1> para tener acceso a la pantalla de formato de discos, esta ventana permite escoger el formato de un diskette de alta o baja densidad.

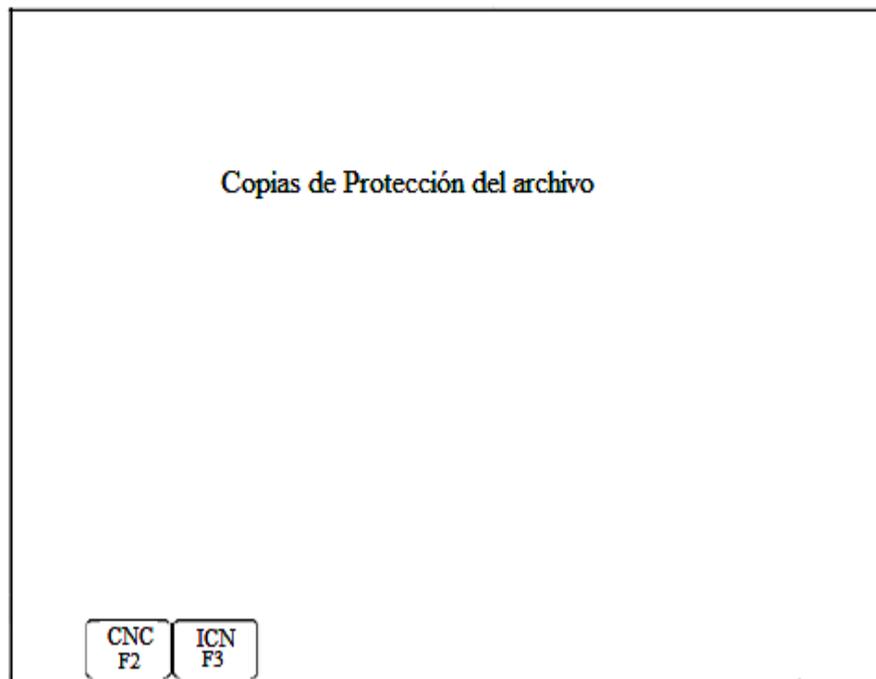
### **Actual**

Esta opción nos permite actualizar el software de control, esto llevamos a cabo insertando un nuevo diskette en la unidad y presionando <F2>. Una vez que el software haya sido cargado, el computador debe ser apagado para evitar errores.

### **Copias**

Presione <F3> para entrar a la pantalla de copias de protección del archivo, se recomienda que se haga copias de los archivos para tener respaldo de los programas realizados.

La figura No. 3.14 indica la pantalla de copias de protección del archivo



**FIGURA No. 3.14 Pantalla de Copias de Protección del archivo**

En esta pantalla si presionamos <F2>, permite obtener copias de archivos guardados en el controlador en el directorio C:\CNC10\NCFILES, se puede escoger los archivos que se desea copiar presionando la tecla space y después aceptando con F10.

Presionando <F3> ejecutará la misma operación que <F2>, excepto que copiará los archivos .ICN que están guardados en el controlador en el directorio C:\ICN.

## Reinstalar

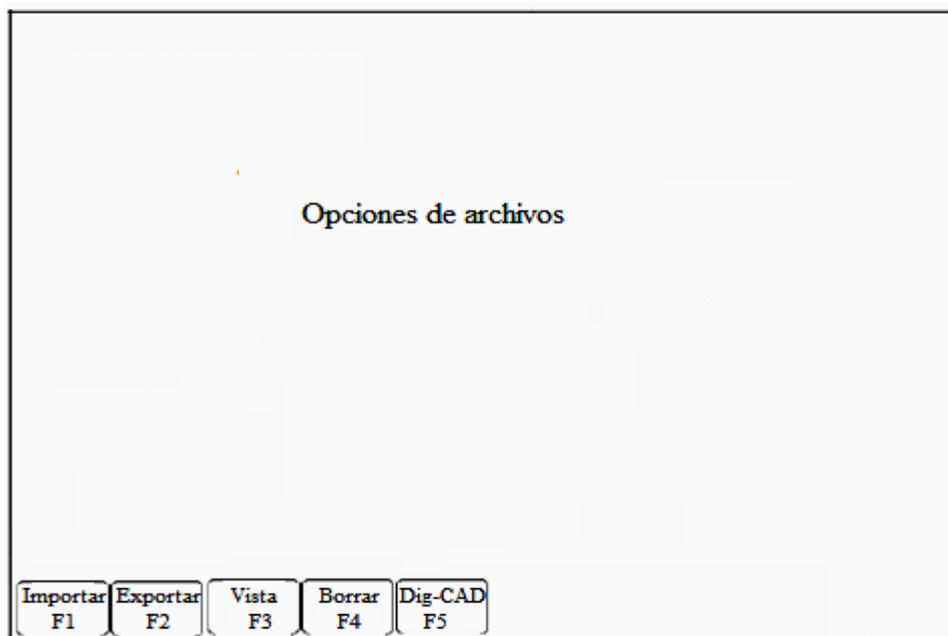
Seleccionamos la opción <F4> para reinstalar los archivos que hayan sido guardados anteriormente con opción de copias <F3> de la pantalla de utilidades.

## Opciones de Archivo

Presione <F5> para tener acceso a una pantalla adicional con opciones de archivo. Estas opciones operan a los archivos CNC guardados en la unidad de disco duro del control. (Los archivos CNC del control están guardados en el directorio C:\CNC10\NCFILES).

Esta pantalla a su vez se divide en cinco opciones que son: Importar, Exportar, Vista, Borrar, y Dig-CAD.

La figura No. 3.15 indica la pantalla de opciones de archivo



**FIGURA No. 3.15 Pantalla de Opciones de archivos**

Nota: F5 Dig-CAD no es detallada, debido a que ésta es una opción de compra de fábrica, en la que la inversión para la misma es muy elevada y no tiene demasiada aplicación en la industria Carlos Cruz.

## Importar

Presionando <F1>, el software CNC10 permite importar o copiar archivos desde cualquier directorio y a su vez desde cualquier drive hasta la unidad de disco rígido del control.

## Exportar

Al seleccionar la opción <F2>, lista los archivos CNC de la unidad de disco duro del control. Se puede escoger los archivos que desee exportar desde el disco duro y enviar al drive que se desee, puede ser al diskette o a la unidad USB.

### Vista

Presione <F3> para listar los archivos CNC que se encuentran en la unidad de disco duro del controlador.

### Borrar

Presione <F4>, para listar los archivos CNC que se encuentran en la unidad de disco duro, los archivos que se desee borrar se escoge con la tecla <space>.

## 3.4 PANEL DEL OPERADOR

El panel del operador es un teclado sellado de membrana especial que permite controlar varias operaciones y funciones de la máquina. La figura No. 3.16 indica el Panel para el control de movimientos

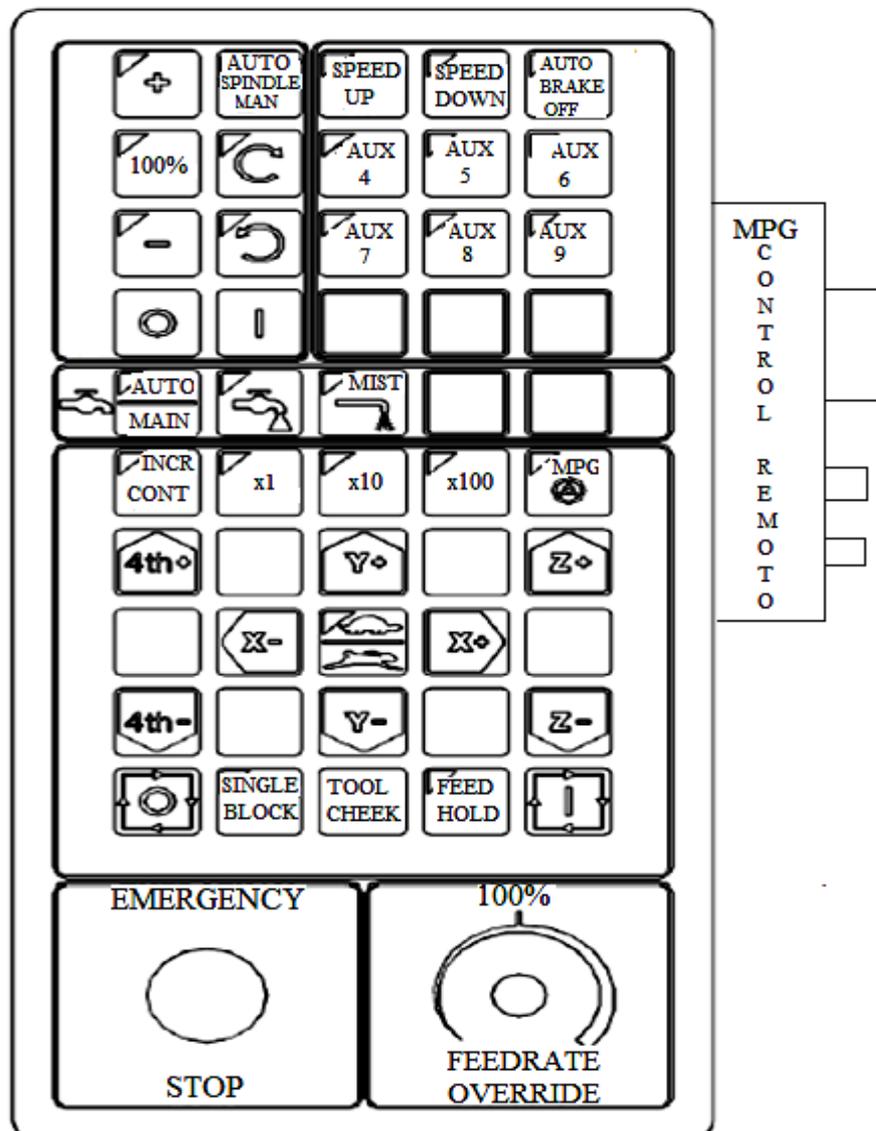


FIGURA No. 3.16 Panel del operador

### 3.4.1 Controles de los movimientos de los ejes

Las teclas X, Y, Z, y 4th son los interruptores momentáneos para mover cada uno de los cuatro ejes de la máquina. Hay dos botones por cada eje (+\ -), sólo se puede mover un eje a la vez.

### 3.4.2 Slow/Fast



La tecla Slow / Fast es utilizada para elegir la velocidad rápida (Fast) o lenta (Slow). Cuando se elige Slow (Led indicador encendido) y se presiona un botón de movimiento, el eje se desplaza lentamente, si se elige Fast, el movimiento del eje será rápido.

### 3.4.3 Inc/Cont



La tecla <INC/ CONT> selecciona entre movimiento de los ejes incremental o continuo. Presionando la tecla cambia entre los dos modos. El Led está encendido cuando INC es seleccionado. Si se elige INC y presiona un botón de movimiento, el eje se moverá una distancia incremental, no de forma continua y después se parará. Para moverlo de nuevo, tendrá que soltar el botón de movimiento y presionarlo otra vez. El led no está encendido cuando se ha ajustado a CONT y un botón de movimiento del eje es presionado, el eje se moverá continuamente hasta que el botón es relevado.

### 3.4.4 Incremento del movimiento de los Ejes



Se presiona cualquiera de estas teclas para elegir uno de los incrementos posibles de velocidad de los ejes, Si se escoge <X1> la velocidad de recorrido de los ejes será muy lenta, si escoge <X10> aumentará 10 veces la velocidad inicial y de igual manera con <X100>. El incremento de velocidad entre los tres es de 10 y 100 veces respectivamente. Tan sólo un incremento puede ser seleccionado la vez, y el incremento de movimiento está indicado por la tecla que está encendida. El incremento del movimiento que se escoge es para todos los ejes; no puede separar incrementos por cada eje. El incremento del

movimiento también selecciona la distancia que el control moverá un eje por cada “clic” de la rueda manual MPG.

### 3.4.5 MPG



Se presiona esta tecla para escoger el movimiento de control, por medio de las teclas del Job Panel ó a control remoto.

### 3.4.6 Tool Check



Presione <TOOL CHECK> (Examinación de la Herramienta) mientras que un programa no esté en ejecución para mover el eje Z a posición “home”.

### 3.4.7 Cycle Start



Cuando el botón <CYCLE START> (Comienzo de Ciclo) es accionado, el control empezará inmediatamente a procesar el programa desde su punto inicial. Después de encontrar un M0, M1, M2 o M6 en el programa, el mensaje **Presione CYCLE START para continuar** aparecerá en la pantalla, se debe presionar nuevamente este botón y empezará la ejecución del programa.

### 3.4.8 Cycle Cancel



Se Presiona <Cycle Cancel> (Cancelación de Ciclo), para cancelar la ejecución del programa. El control detendrá los movimientos inmediatamente, cancelará las funciones M, y regresará a la pantalla principal. Se recomienda que se pulse <FEED HOLD> antes de <CYCLE CANCEL>.

### 3.4.9 Feed Hold



Al presionar la tecla <FEED HOLD> (Pausa de Avance), desacelera cualquier movimiento que este activado hasta detenerlo completamente.

### 3.4.10 Spindle Control



Estas opciones permiten aumentar o disminuir la velocidad del husillo.

### 3.4.11 Control de Velocidad



Estas opciones permiten aumentar o disminuir la velocidad del husillo por medio de la variación de desplazamiento de los platos del cabezal. Esta opción no se utilizó debido a que el control de velocidad se lo realizó por medio de un variador con la utilización del Spindle Control.

### 3.4.12 Spindle (CW/CCW)



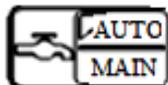
Se presiona cualquiera de las dos teclas para seleccionar la dirección del husillo, sea horaria o antihoraria, por defecto cuando se empieza la ejecución de un programa la dirección del husillo es horaria.

### 3.4.13 Spin Start- Stop



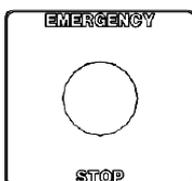
Estas opciones permiten poner en pausa o en marcha el variador de frecuencia, siempre y cuando esté realizando un trabajo.

### 3.4.14 Coolant Control Keys



Esta opción permite controlar el refrigerante (Taladrina) de manera manual o automático, un led indicador encendido en la parte superior indica que se encuentra en automático y quiere decir que dentro del programa de códigos G está programado para que se efectúe la refrigeración de manera automática, cuándo se encuentra en estado manual sin el led indicador, la bomba envía refrigerante a la pieza de trabajo de forma constante.

### 3.4.15 Emergency Stop



Al presionar la tecla <EMERGENCY STOP> corta el suministro de potencia a todos los ejes y cancela la operación actual.

### 3.5 DISEÑO DE LA RED DE COMPUTADORAS

El software CNC10 permite conectarse a varias computadoras mediante hub, para la aplicación se diseñó una red punto a punto entre la computadora de diseño y la computadora de control. En la computadora de diseño se debe crear una red domestica y una carpeta compartida, en donde se va a grabar los archivos CNC de esta manera la computadora de control puede acceder a dichos archivos. A continuación se indica los pasos que se debe seguir en la computadora de diseño para la instalación de la red.

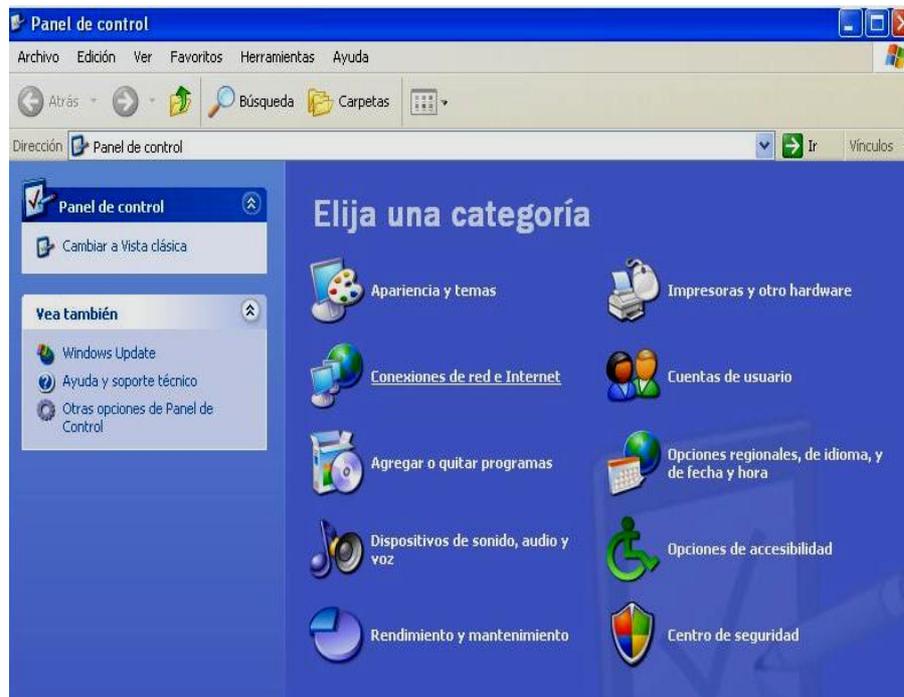
#### 3.5.1 Diseño de la red domestica

En ventana de Windows presione inicio y escoger panel de control como se indica en la figura No. 3.17



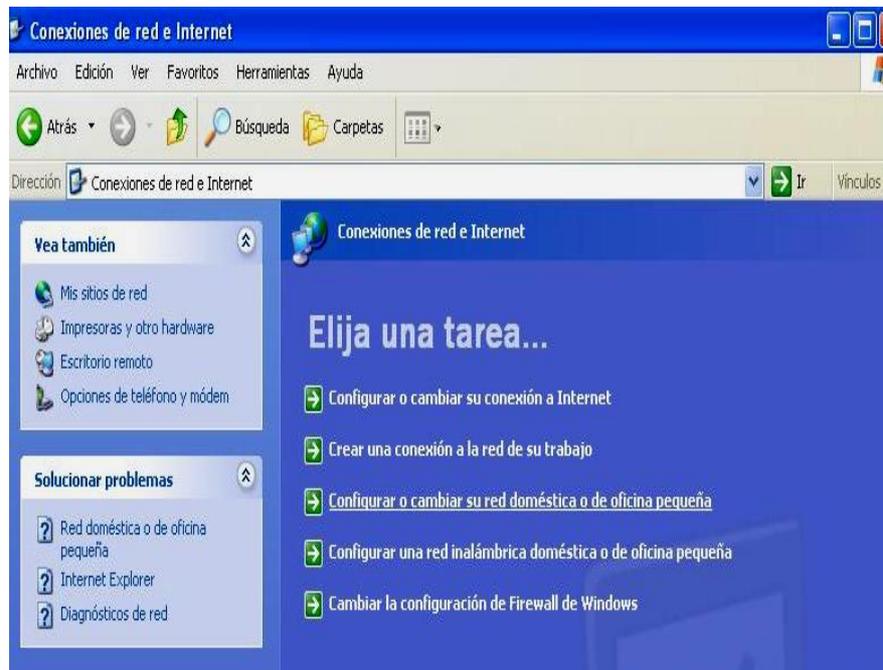
FIGURA No. 3.17 Pantalla de inicio

Al dar un clic en el panel de control despliega la pantalla que indica en la figura No. 3.18



**FIGURA No. 3.18 Pantalla del Panel de control**

En esta pantalla dar clic en conexiones de red e Internet, para entrar a la pantalla que se indica en la figura No. 3.19



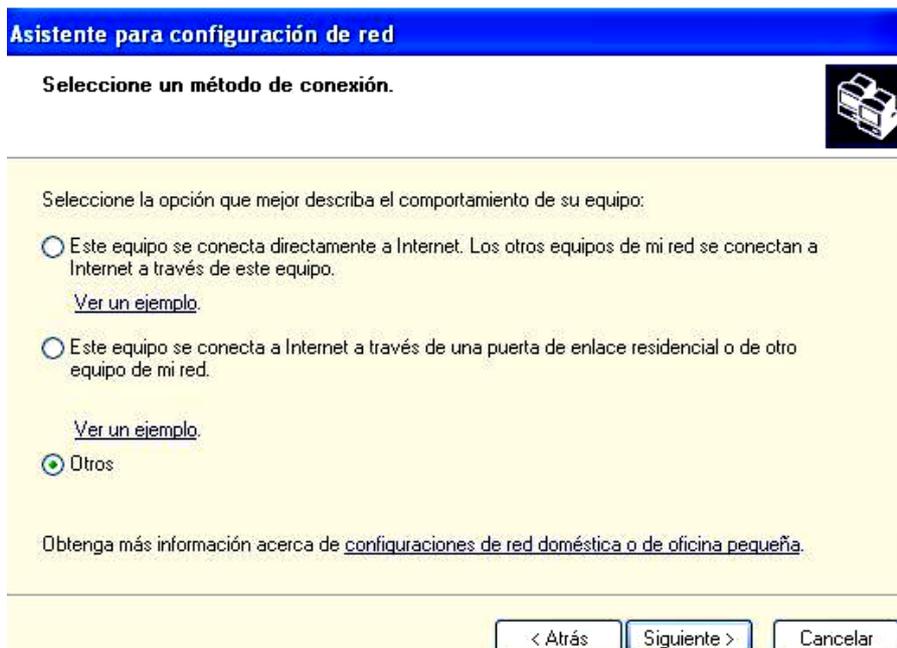
**FIGURA No. 3.19 Pantalla de conexiones de red e Internet**

Escoja la tercera opción dando un clic con el botón izquierdo del mouse, de esta manera se despliega la pantalla que se indica en la figura No. 3.20



**FIGURA No. 3.20 Pantalla Asistente para configuración de red**

Presione siguiente hasta entrar a la pantalla de selección de método de conexión, como se indica en la figura No.3.21, escoja la opción “otros” del menú, ya que para la red que se va a diseñar no tiene ninguna conexión con Internet.



**FIGURA No.3.21 Pantalla de selección de método de conexión**

Presione siguiente para entrar a la pantalla de descripción y nombre del equipo, en esta pantalla se da el nombre a la computadora de diseño, para el ejemplo se lo denomina WINXP1, mas adelante el software CNC10 necesitará este nombre para que exista la conexión entre la computadora de control y de diseño.

La figura No.3.22 indica la pantalla de descripción y nombre del equipo.

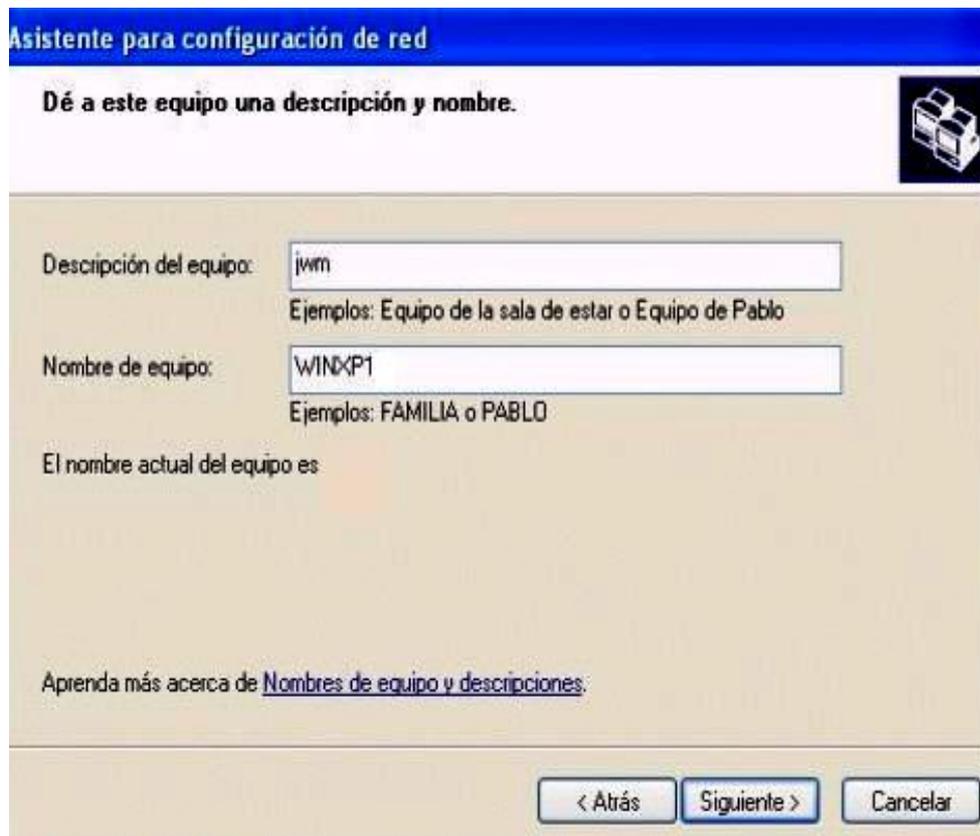


FIGURA No.3.22 Pantalla de descripción y nombre del equipo

Finalmente presione siguiente para que se configure la red creada, luego de ello se recomienda resetear la maquina.

### **3.5.2 Creación de la carpeta compartida**

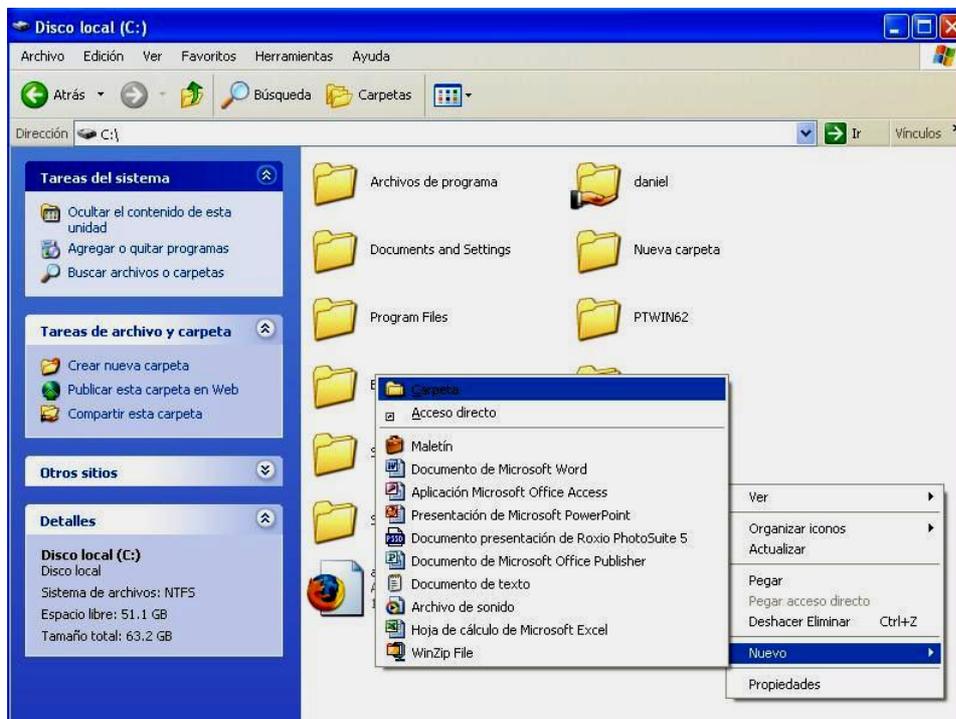
La carpeta compartida es de mucha importancia para el diseño de la red, es el medio por el cual se puede tener acceso a los archivos de diseño desde la computadora remota hacia la computadora de control, esta carpeta será exclusivamente para grabar archivos CNC. A continuación se describe cómo crear una carpeta compartida en la red

En el escritorio de la pantalla principal de Windows, presione inicio y seleccione Mi PC como se indica en la figura No. 3.23



**FIGURA No.3.23 Pantalla de Inicio**

Cuando damos un click en MI PC despliega la pantalla donde se encuentran todas las unidades de la computadora, damos doble clic en la unidad C para crear la carpeta compartida. La figura No.3.24 indica la pantalla del disco local C.



**FIGURA No. 3.24 Pantalla de disco local C**

En esta pantalla dar un clic derecho, en el menú desplegado escoger nuevo y a su vez carpeta, de esta manera se crea una carpeta, para el ejemplo a la carpeta la llamamos SharedDocs. Una vez creado la carpeta y dado un nombre, se da un clic derecho sobre esta carpeta, en el menú desplegado escoger compartir y seguridad como se indica en la Figura No.3.25



**FIGURA No.3.25 Pantalla de disco local C**

Al escoger compartir y seguridad se ingresa a la pantalla de propiedades de carpeta compartida SharedDocs, como se indica en la figura No.3.26



**FIGURA No. 3.26 Pantalla de Propiedades**

En la pantalla de propiedades seleccionar compartir esta carpeta en la red y permitir que los usuarios de la red cambien mis archivos.

Presione aplicar para aceptar los cambios realizados, la carpeta de esta manera cambia su icono a manera de una carpeta sostenida por una mano, de esta forma se finaliza la creación de la carpeta compartida.

### 3.5.3 Acceso a la dirección IP de la computadora de diseño

Para tener acceso a la IP se puede hacerlo de dos maneras, puede ser desde Windows o desde DOS. Para entrar desde el sistema operativo se realiza de la siguiente manera.

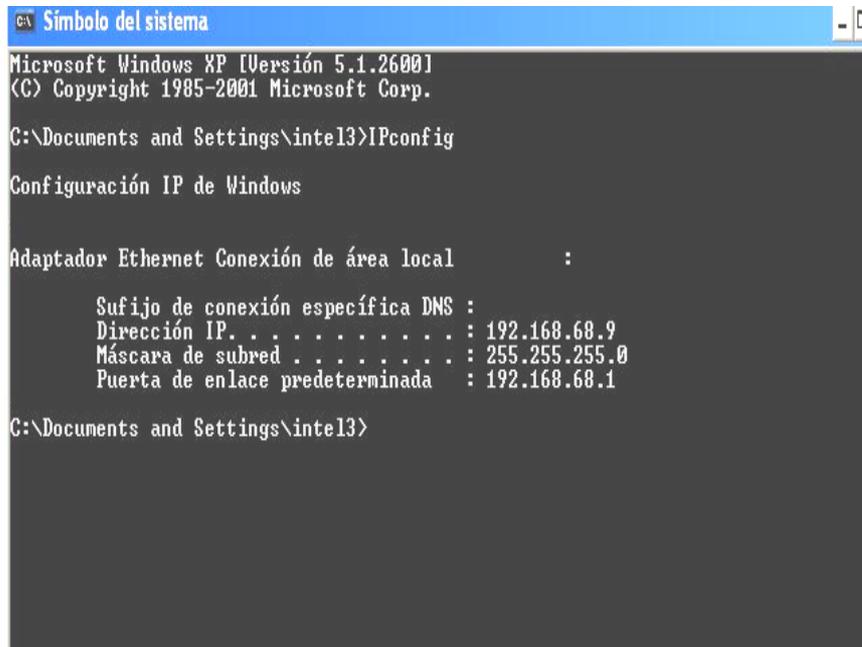
Presione Inicio, luego ubicarse en Todos los programas, escoger Accesorios, y finalmente seleccionar símbolo del sistema.

Todos los pasos mencionados anteriormente se indica en la figura No. 3.27



**FIGURA No. 3.27 Pantalla de Accesorios**

Una vez seleccionado símbolo del sistema, Windows despliega la pantalla que se indica en la figura No.3.28, en esta pantalla se escribe el comando Ip config, para visualizar la dirección IP, máscara de subred y puerto de enlace predeterminada.



```
Símbolo del sistema
Microsoft Windows XP [Versión 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\intel3>IPconfig

Configuración IP de Windows

Adaptador Ethernet Conexión de área local        :

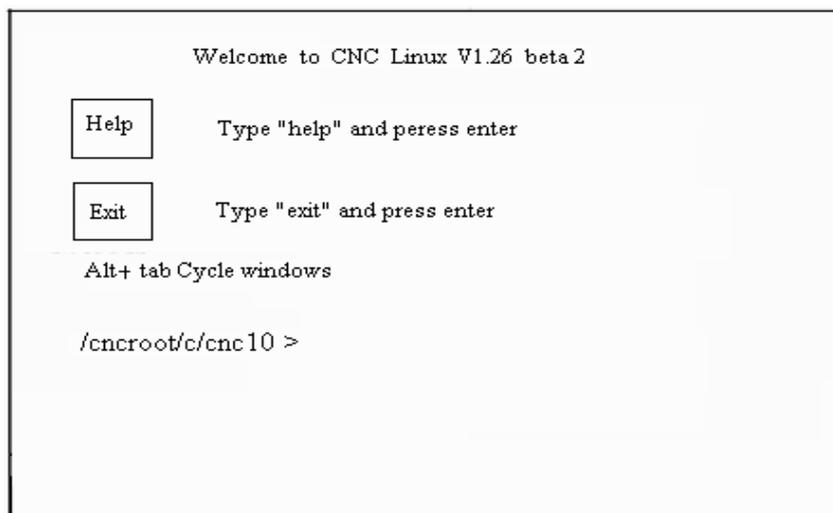
    Sufijo de conexión específica DNS :
    Dirección IP. . . . . : 192.168.68.9
    Máscara de subred . . . . . : 255.255.255.0
    Puerta de enlace predeterminada  : 192.168.68.1

C:\Documents and Settings\intel3>
```

**FIGURA No. 3.28 Pantalla Símbolo del sistema**

### 3.5.4 Configuración de la red en la computadora de control

Para realizar esta configuración se debe ingresar a la pantalla Prompt del software CNC10, para lo cual se presiona <F10> de la pantalla principal del control, luego presionar <F6> para acceder a la pantalla del Prompt como se indica en la figura No.3.29



```
Welcome to CNC Linux V1.26 beta 2

Help      Type "help" and peress enter

Exit      Type "exit" and press enter

Alt+ tab Cycle windows

/cncroot/c/cnc10 >
```

**FIGURA No. 3.29 Pantalla del Prompt del sistema**

En la línea “ /cncroot/c/cnc10>” escribir edit, luego tipear cnc10.net para entrar en este directorio como se indica en la figura No. 3.30

```
/cncroot/c/cnc10 /cnc10.net
//WINXP1/SharedDocs h
```

**FIGURA No. 3.30 Pantalla del directorio cnc10.net**

En esta pantalla se escribe el nombre de la computadora de diseño y el nombre de la carpeta compartida como se indica en la figura No.3.30, escriba exit para regresar a la pantalla del Prompt.

En la pantalla del Prompt en la línea “ /cncroot/c/cnc10>” escriba edit luego tipear /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0, para ingresar a este archivo como se indica en la figura No. 3.31

```
File: /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0

DEVICE: eth0
BOOTPROTO: dhcp
ONBOOT: yes
TYPE: Ethernet
USERCTL: no
NETWORK: 198.168.68.0
BROADCAST: 198.168.68.255
IPADDR: 192.168.68.7
NETMASK: 255.255.255.0
```

**FIGURA No. 3.31 Pantalla del archivo sysconfig**

En esta pantalla se escriben todos los datos que requiere el software para la red, como se observa en la figura No. 3.31, lo más importante es que las dos computadoras tengan la misma dirección IP, pero que el último dígito sea diferente y también que la máscara sea la misma. Escribir exit para salir a la pantalla principal del software CNC10, presione <F10> para resetear la computadora, de esta manera se logra que las computadoras estén conectadas en red.

### **3.6 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS**

El diseño de la base de datos no se implementó, dado que las proyecciones de la empresa es poner en red todas las máquinas de control numérico y en estos instantes no justifica crear la base de datos para dos máquinas conectadas punto a punto.

## CAPITULO IV

### IMPLEMENTACION DEL PROYECTO

#### 4.1 MONTAJE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA

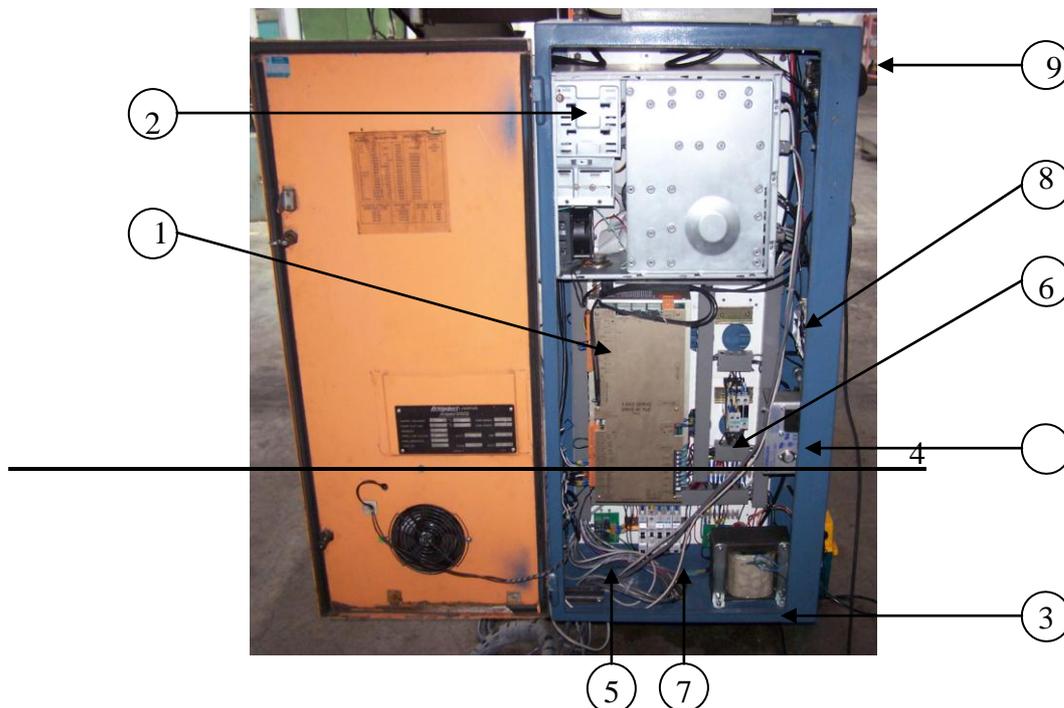
##### DE CONTROL DE LA FRESADORA

Para el montaje de los equipos del sistema de control, previamente se retiró los componentes que conformaba el control anterior.

Así mismo se procedió a realizar el OVER HALL de la fresadora, el cual consiste en el desmantelamiento total de la máquina, el cambio de rodamientos de los ejes x, y, z, con sus respectivas bandas, mantenimiento de las partes mecánicas de la máquina, y revisión de las cañerías de los sistemas de lubricación, refrigeración, etc.

Las dimensiones del armario del control recomendado por los fabricantes, para la instalación de los equipos es de 24 \* 96 \*12 pulgadas como mínimo, para la implementación se utilizó el armario del control anterior.

En la Figura No.4.1 se indica las partes que conforman el sistema de control.



**FIGURA No. 4.1 Partes del sistema de control**

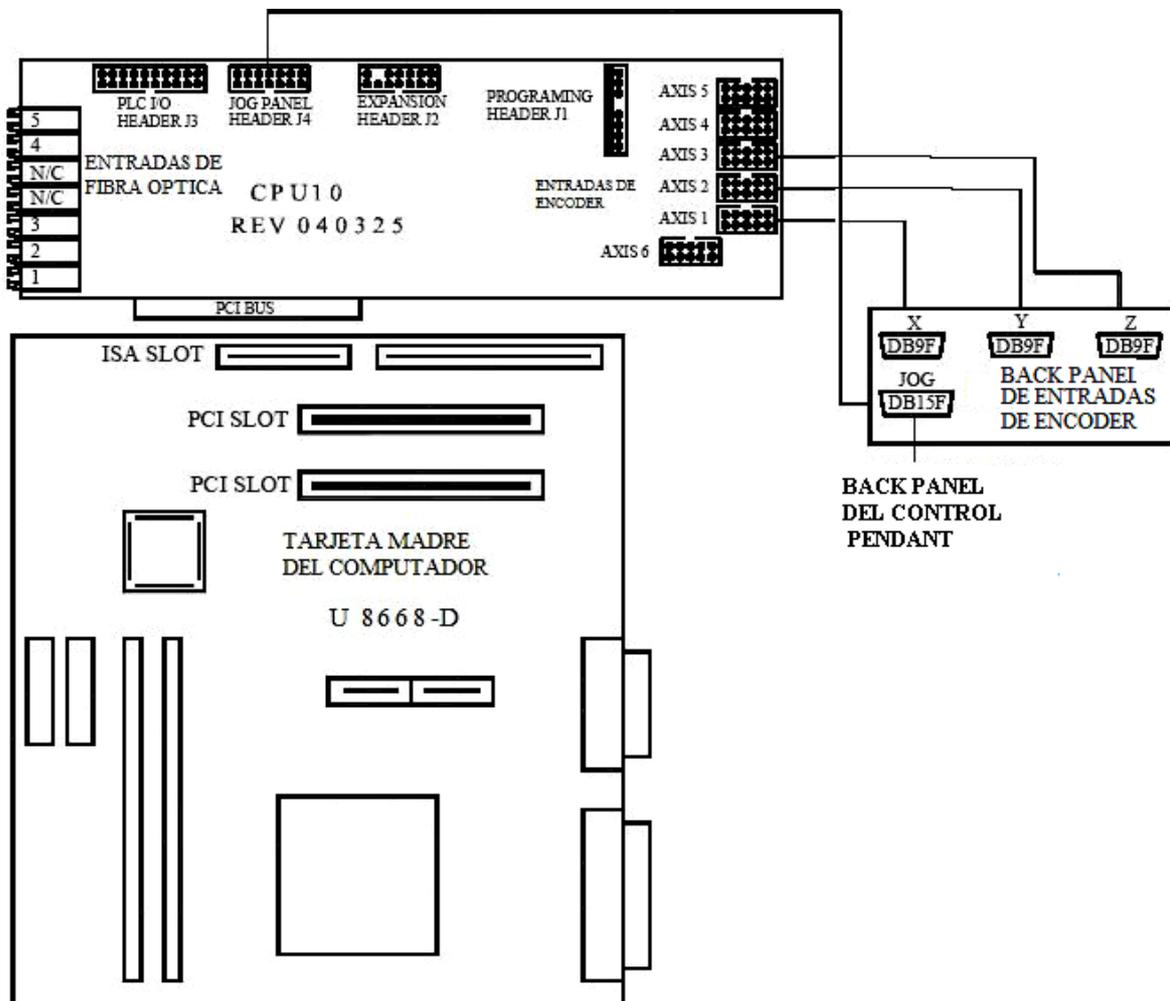
##### 4.1.1 Partes del sistema de control

1. Tarjeta de control DC3IO.
2. Computadora de control.
3. Transformador No1.

4. Transformador PS2.
5. Dos módulos de relés M15SPRLY REV980527.
6. Contactor siemens.
7. Breakers monofásicos.
8. Breaker trifásico.
9. Interruptor de levas trifásico.

#### 4.1.2 Instalación de la computadora de control

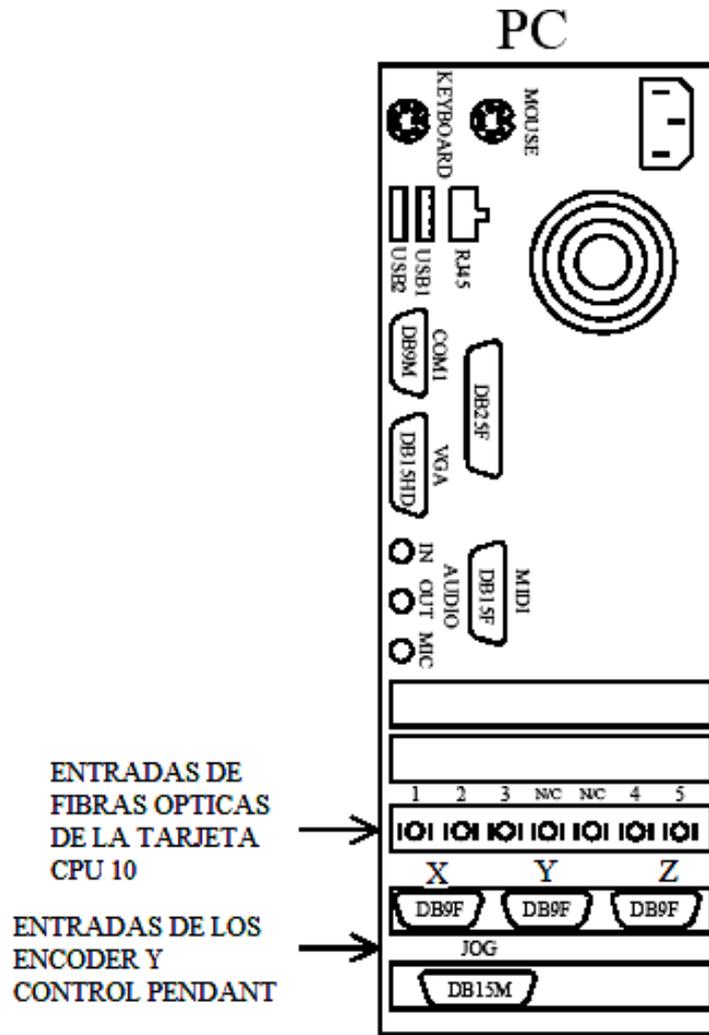
El CPU de la computadora de control, consta de una tarjeta madre serie U 8668-D en donde se coloca, en el primer slot PCI la tarjeta de control de movimiento CPU10. En la Figura No.4.2 se indica la instalación del CPU de la computadora del control.



**FIGURA No. 4.2 Instalación del CPU**

Luego se conecta en el slot IDE, el disco duro de estado sólido, también se ubica el back panel de las entradas de los encoders en los terminales axis1, axis2, axis3 respectivamente, finalmente se instala el back panel del control pendant.

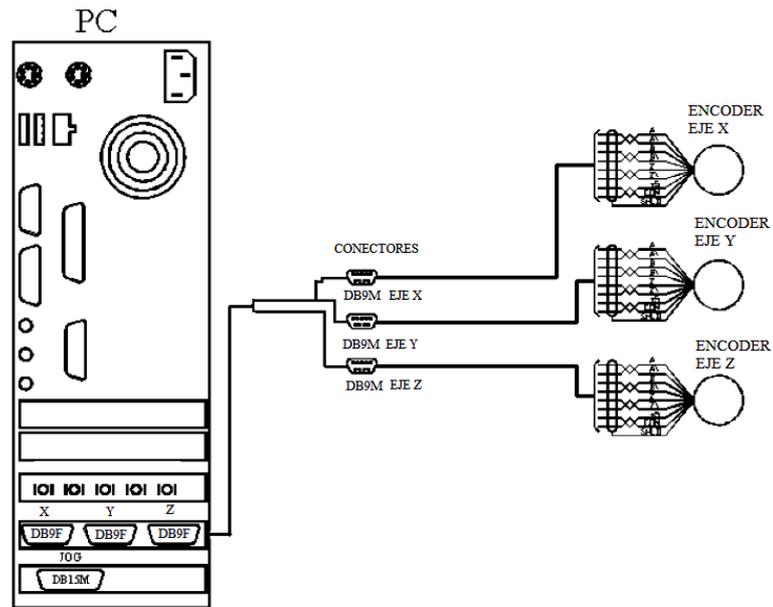
Una vez realizado los pasos enunciados anteriormente, el back panel del CPU de la computadora de control, queda distribuido como se indica en la Figura No.4.3



**FIGURA No. 4.3 Back panel del CPU**

#### **4.1.3 Instalación de los encoders**

Los terminales de los encoders de los ejes x, y, z, son conectores DB9M machos, los mismos que se unen a las entradas de los encoders DB9F hembra en el back panel del CPU, como se indica en la Figura No.4.4

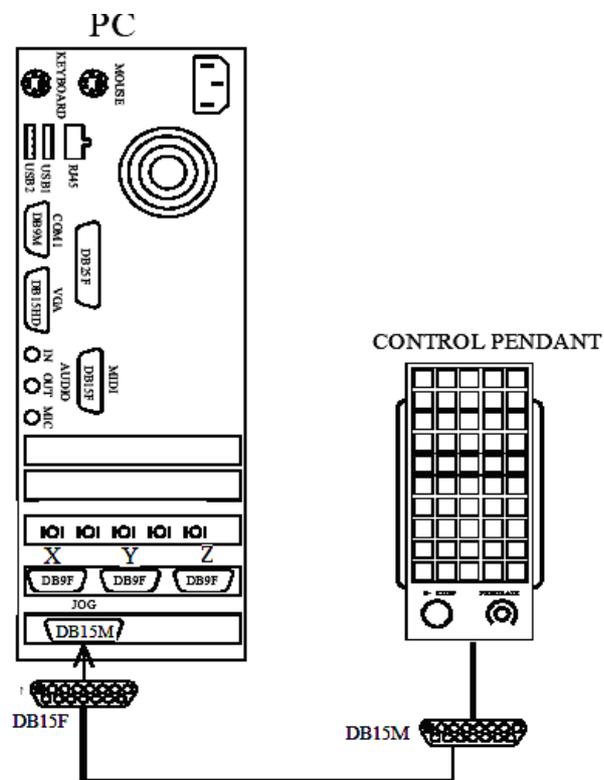


**FIGURA No. 4.4 Conexión de los encoders**

#### 4.1.4 Instalación del control pendant

El control pendant tiene un conector DB15M macho, que se conecta a la entrada del conector DB15F hembra ubicado en el back panel del CPU de la computadora de control.

La Figura No.4.5 indica el diagrama de conexión del control pendant.



**FIGURA No. 4.5 Conexión del control pendant**

#### 4.1.5 Instalación de los servomotores

Los servomotores se conectan en el grupo H2 del tablero de DC3IO (ver figura 4.1). El tablero de DC3IO tiene etiquetas al lado de cada Terminal en H2 para ayudar en el cableado. Los terminales de tierra (EGND) se utilizan para las conexiones de protección.

La Figura No.4.6 indica el diagrama de conexiones de los servomotores.

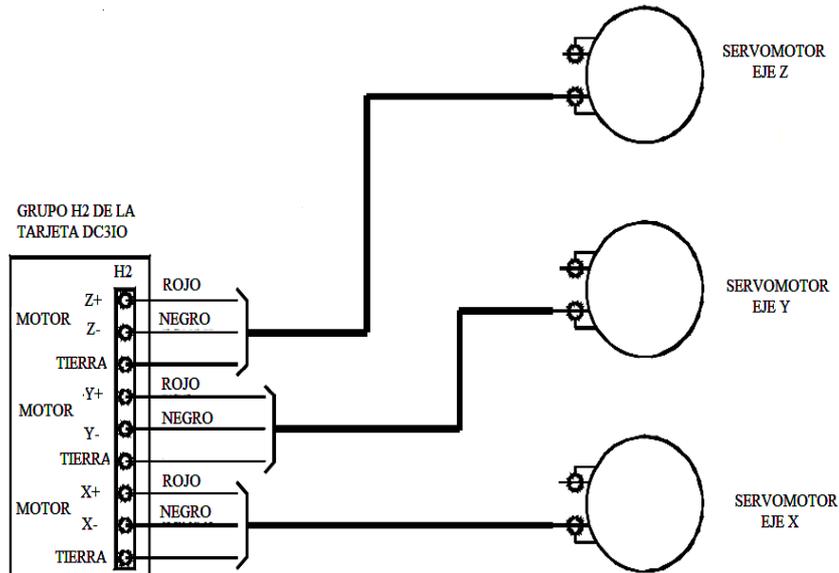


FIGURA No. 4.6 Conexión de los servomotores

#### 4.1.6 Instalación de los Finales de Carrera

Los limits switch o finales de carrera, se unen al bloque H14 del tablero de DC3IO, para cada uno de los ejes de la fresadora.

La Figura No.4.7 ilustra el diagrama de conexión de los finales de carrera.

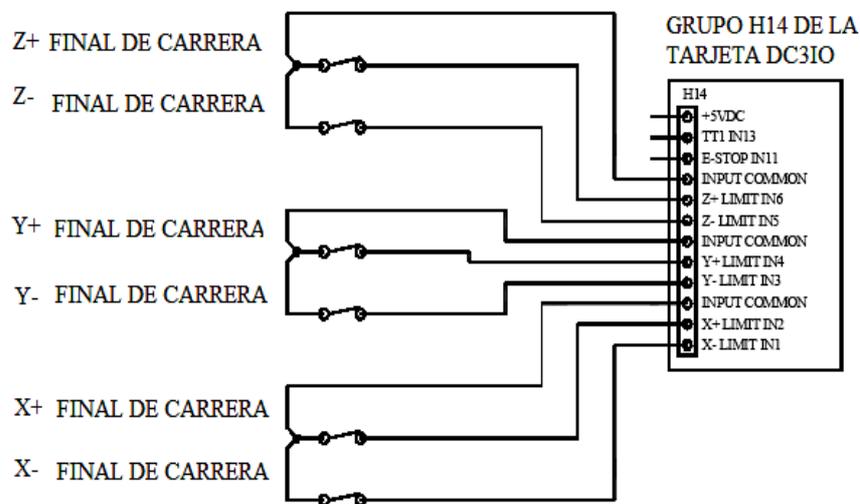


FIGURA No. 4.7 Conexión de los límites de carrera

#### 4.1.7 Instalación de los terminales de fibra óptica

La Figura No.4.8 indica el diagrama de conexión de los terminales de fibra óptica.

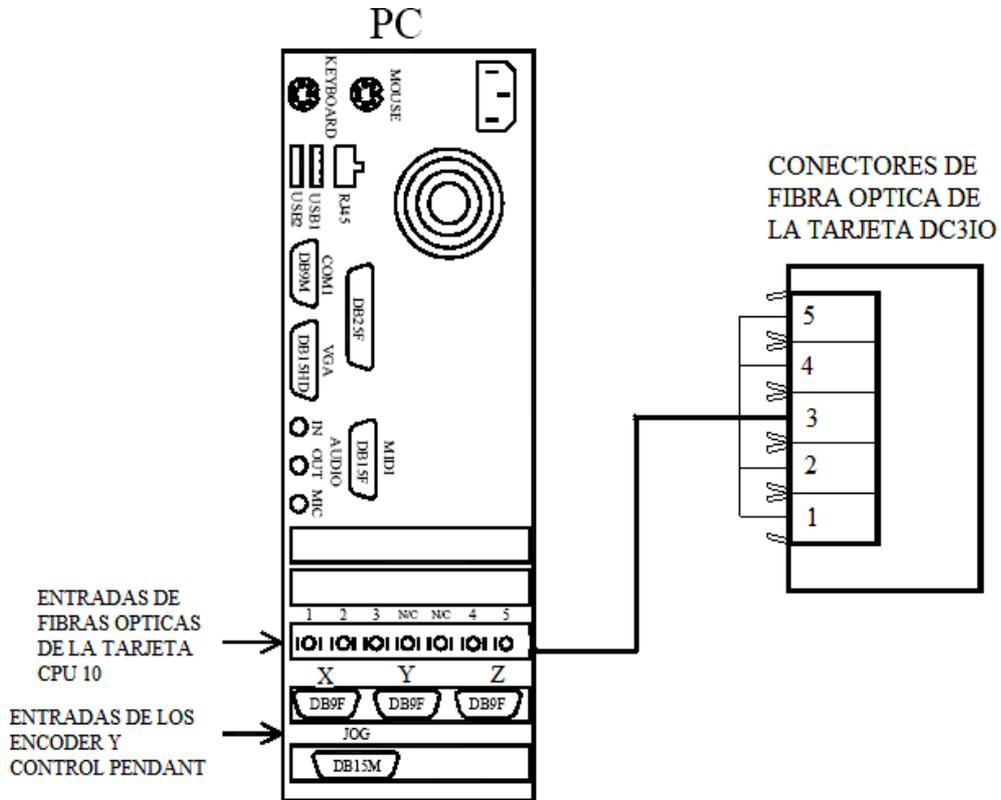


FIGURA No. 4.8 Conexión de los terminales de fibra óptica.

#### 4.2 CALIBRACION Y AJUSTE DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Las siguientes tablas describen los parámetros configurados en el variador de frecuencia, para que cumplan con los requerimientos del control.

##### GRUPO BASICO DE PARÁMETROS

GRUPO	PARAMETRO	VALOR
20.01	Voltaje mínimo	70
20.02	Voltaje máximo	230
20.03	Comando de frecuencia	1
20.04	Comando de operación	0
20.05	Corriente del motor	10
20.06	Frecuencia de salida mínimo	0.9
20.07	Frecuencia de salida máximo	70
20.08	Tiempo de aceleración	7
20.09	Tiempo de desaceleración	2.5

TABLA No.4.1 Grupo básico de parámetros

## PARAMETROS DE ENTRADA

GRUPO	PARAMETRO	VALOR
30.01	Referencia mínima	0
30.02	Referencia máxima	10
30.03	Signo de referencia invertida	0
30.04	Referencia mínima	4
30.05	Referencia máxima	20
30.06	Signo de referencia invertida	0
30.07	Offset potenciómetro	0
30.08	Polaridad del potenciómetro	0
30.09	Rampa potenciómetro	100
30.10	Dirección del potenciómetro	10
30.11	Terminal digital de entrada DI1,2	2
30.12	Terminal digital de entrada DI3	0
30.13	Terminal digital de entrada DI4	6
30.14	Terminal digital de entrada DI5	15
30.15	Terminal digital de entrada DI6	3
30.16	Valor de cuenta final	0
30.17	Valor de cuenta intermedio	0
30.18	Velocidad preseada 1	0
30.19	Velocidad preseada 2	0
30.20	Velocidad preseada 3	0
30.21	Velocidad preseada 4	0
30.22	Velocidad preseada 5	0
30.23	Velocidad preseada 5	0
30.24	Velocidad preseada 6	0

**TABLA No.4.2 Parámetros de entradas**

## PARAMETROS DE SALIDAS

GRUPO	PARAMETRO	VALOR
40.01	Signo de salida analógica	0
40.02	Salida analógica	100
40.03	Terminal de salida digital	2
40.04	Terminal de salida a relé	3
40.05	Frecuencia deseada	0

**TABLA No.4.3 Parámetros de salidas**

### PARAMETROS DEL CONTROL DRIVE

<b>GRUPO</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>VALOR</b>
50.01	Comando de control de la Frec.	1
50.04	Salida máxima de frecuencia	70
50.05	Base de frecuencia	70
50.06	Salida de voltaje máxima	230
50.07	Salida media de frecuencia	1.5
50.08	Salida media de voltaje	10
50.09	Salida media de frecuencia	0.9
50.10	Salida de voltaje mínima	10
50.12	Tiempo de aceleración 1	7
50.13	Tiempo de aceleración 2	2.5
50.14	Tiempo de aceleración 3	10
50.15	Tiempo de aceleración 4	10
50.20	Tiempo de acel/ desac	1
50.21	Frecuencia de Trabajo	6
50.24	Poder máximo admisible	2
50.25	Pause	0.5
50.26	Velocidad máxima	150
50.27	Límite salida de frecuencia	70
50.28	Límite salida de frecuencia	10
50.36	Ajuste proporcional	1
50.37	Ajuste integral	1
50.41	Entrada detección de tiempo	60

**TABLA No.4.4 Parámetros del control drive**

### PARAMETROS DE CONTROL DEL MOTOR

<b>GRUPO</b>	<b>PARAMETRO</b>	<b>VALOR</b>
60.1	Corriente del motor	10
60.2	Corriente de sobrecarga del motor	4
60.3	Auto programación	0
60.4	Resistencia del estator	0
60.5	Nivel de DC freno	0
60.6	Tiempo DC freno	0
60.7	Tiempo de parada	0
60.8	Punto de frecuencia para frenado	0
60.9	Torque compensación	0
60.11	PWM	9

**TABLA No.4.5 Parámetros de control del motor**

### PARAMETROS DE PROTECCIÓN

GRUPO	PARAMETRO	VALOR
70.01	Sobrevoltaje	1
70.02	Sobrecorriente durante la acelera.	150
70.03	Sobrecorriente durante la operac.	150
70.06	Tiempo de detección del torque	0.1
70.07	Sobrecarga del relé	1
70.08	Sobrecarga del motor	60

**TABLA No.4.6 Parámetros de protección**

### PARAMETROS DEL DISPLAY

GRUPO	PARAMETRO	VALOR
80.01	Versión del software	1.02
80.02	AC drive corriente display	10
80.03	Modelo información	3
80.04	Presentación de fallas	2
80.05	Muestra falla reciente	2
80.06	Muestra falla reciente	2
80.07	Encendido del Keypad	0

**TABLA No.4.7 Parámetros del display**

### PARAMETROS DE COMUNICACIÓN

GRUPO	PARÁMETRO	VALOR
90.02	Dirección de comunicación	1
90.03	Velocidad de transmisión	1
90.11	Monitor para frecuencia de com.	62.7
90.17	Estado de monitor para temp.	28.3
90.18	Monitor para DC bus voltaje	19.1

**TABLA No.4.8 Parámetros de comunicación**

## 4.3 CALIBRACION Y AJUSTE DE LOS SERVOMOTORES

Para la calibración de los servomotores, previamente se realizó el desmontaje de los ejes de la fresadora, en la cual se cambió los rodamientos defectuosos y las bandas trapeciales, así también se efectuó el mantenimiento de todas las partes mecánicas que conforman los ejes. Cada eje esta constituido de una rueda motriz y de una conducida, a las mismas se

transmite el movimiento mediante bandas trapeciales. En la tabla No.4.11 se indica las características de las ruedas de los ejes X, Y, Z.

### CARACTERÍSTICAS DE LAS RUEDAS DENTADAS

EJE	RUEDA MOTRIZ			RUEDA CONDUCTIDA			DISTANCIA ENTRE CENTROS
	D.Int	D. ext	No .dientes	D. Int	D. ext	No .dientes	
X	42mm	44mm	12	108mm	110mm	30	162mm
Y	42mm	44mm	12	118mm	120mm	30	205mm
Z	45mm	50mm	13	103mm	105mm	26	205mm

**TABLA No.4.9 Características de las ruedas dentadas**

Una vez instalados los elementos mecánicos en los respectivos ejes, se procedió al montaje de los servomotores en las bases de cada uno de los ejes.

La sujeción se lo realizó mediante pernos M8, en las bases existen cuatro agujeros por eje, cuyos diámetros están sobredimensionados con respecto al diámetro de los pernos, con la finalidad de poder desplazar el servo para extender las bandas y también encontrar la posición en el cual el servo se alíne con el eje que sostiene la rueda conducida. La Figura No. 4.9 indica los servos instalados en la fresadora



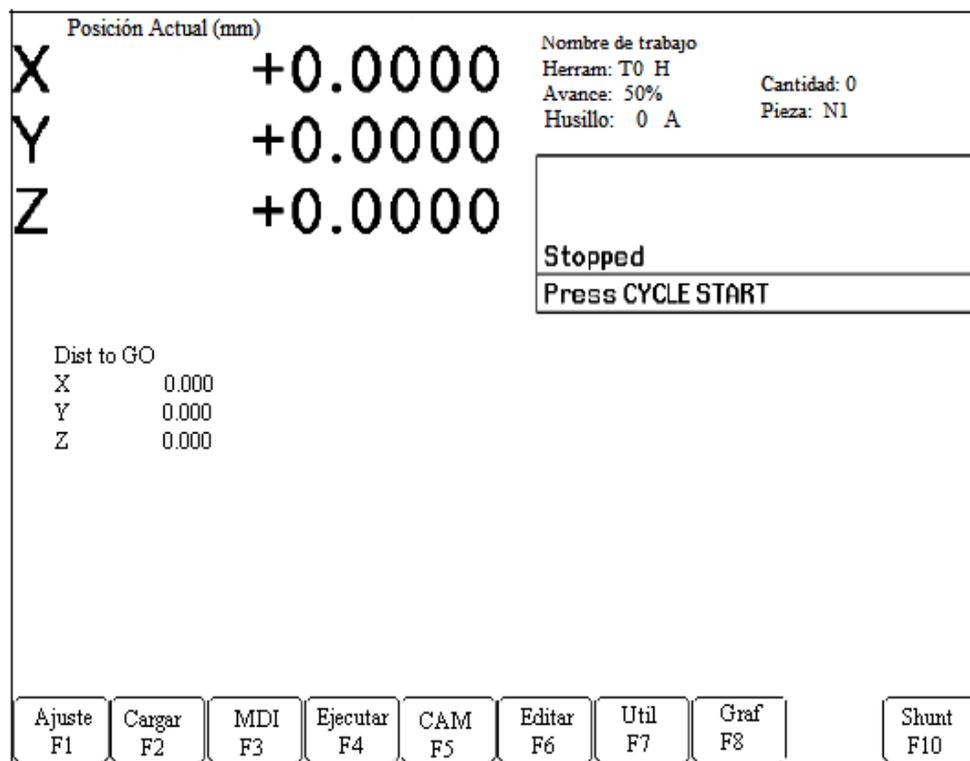
**FIGURA No. 4.9 Servomotores instalados en la fresadora**

## 4.4 CALIBRACION Y AJUSTE DE PARAMETROS DE POSICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA EN LOS 3 EJES

El posicionamiento de los ejes, es el recorrido máximo que puede desplazarse cada uno de los ejes de la máquina. Se refiere a localizar el punto de referencia de la máquina o lo que se conoce como Machine Home. Para la calibración se debe seguir los pasos que se describen a continuación:

Cuando se carga el software CNC10, se presiona <F7> para entrar a la pantalla principal del control, donde se encuentra la ventana de opciones que permiten entrar a otros submenús.

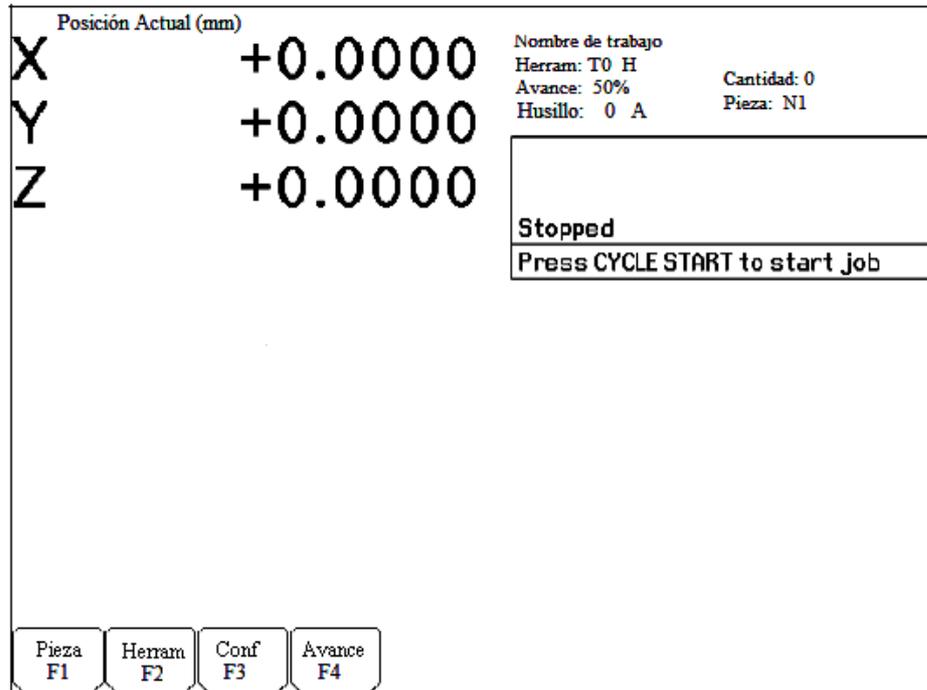
La Figura No.4.10 indica la pantalla principal del software.



**FIGURA No. 4.10 Pantalla principal**

Se presiona < F1 > para la pantalla de ajuste. Las opciones mostradas en la pantalla son de pieza, herramienta, configuración y avance.

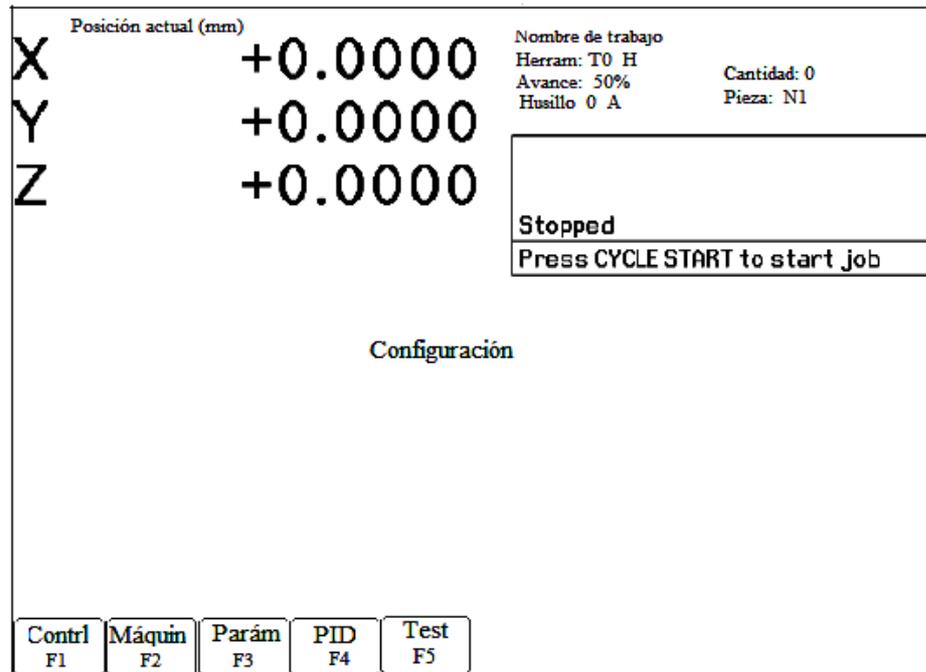
La Figura No.4.11 indica la pantalla de ajuste



**FIGURA No. 4.11 Pantalla de ajuste**

Se presiona <F3> para entrar a la pantalla de configuración.

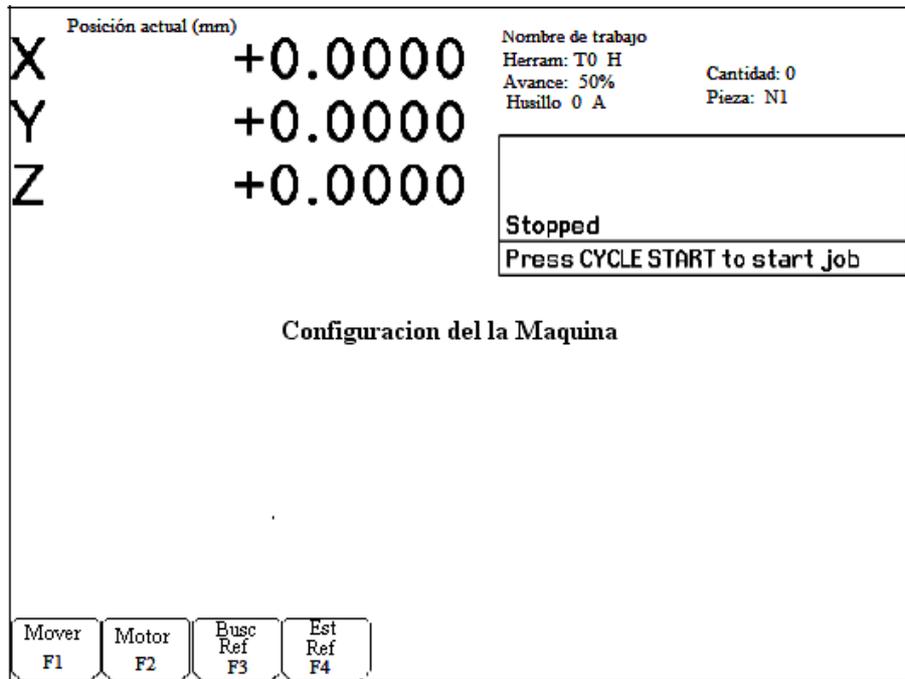
La Figura No.4.12 indica la pantalla de configuración



**FIGURA No. 4.12 Pantalla de configuración**

Se debe presionar <F2> de la pantalla de configuración para entrar a la pantalla de configuración de la máquina

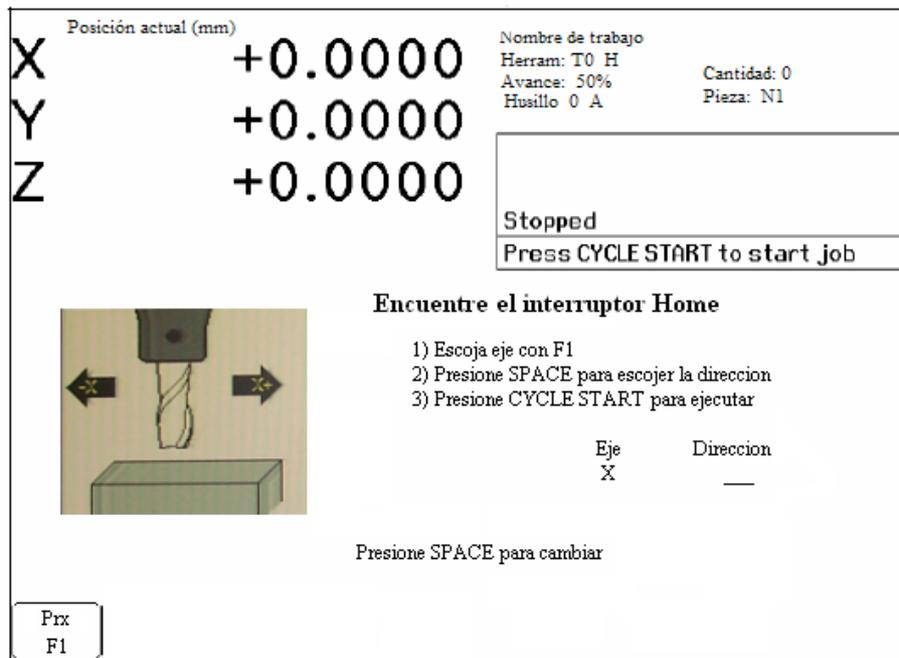
La Figura No. 4.13 indica la pantalla de configuración de la máquina



**FIGURA No. 4.13 Pantalla de configuración de la máquina**

Presionar <F3> para desplegar la pantalla de machine home

La Figura No.4.14 indica la pantalla de configuración de machine home



**FIGURA No. 4.14 Pantalla de configuración de machine home**

En esta pantalla se realiza el ajuste de posicionamiento de los ejes de la fresadora, al presionar <F1>. Se escoge el eje en donde se va realizar la configuración, con la tecla <space> se determina la dirección sea positivo o negativo del eje, finalmente se presiona <cycle Star> que se encuentra en el control pendant del sistema.

De esta manera el eje configurado comienza a desplazarse hasta llegar a su respectivo limit switch, permitiendo al control determinar el recorrido máximo en cada uno de los ejes.

Para los otros ejes se realiza el mismo procedimiento mencionado anteriormente.

#### **4.5 CALIBRACION Y COMPENSACION DE LAS HOLGURAS QUE POR DESGASTE TIENEN LOS TRES EJES.**

La compensación de las holguras, es el juego que ocurre cuando los ejes pierden distancia debido a partes flojas por los cambios continuos de dirección de los ejes.

El juego se determina por medio de un instrumento llamado reloj o palpador, cuya base se ubica en la mesa de la máquina y la punta en la boquilla del eje z, la posición de la punta queda determinada según el eje a medir.

La Figura No.4.14 indica la disposición del palpador para el eje z.



**FIGURA No. 4.14 Disposición del palpador**

Una vez colocado el palpador, se presiona la tecla MPG del control pendant, para escoger el desplazamiento de los ejes por medio del control remoto de movimiento (STEP MPG).

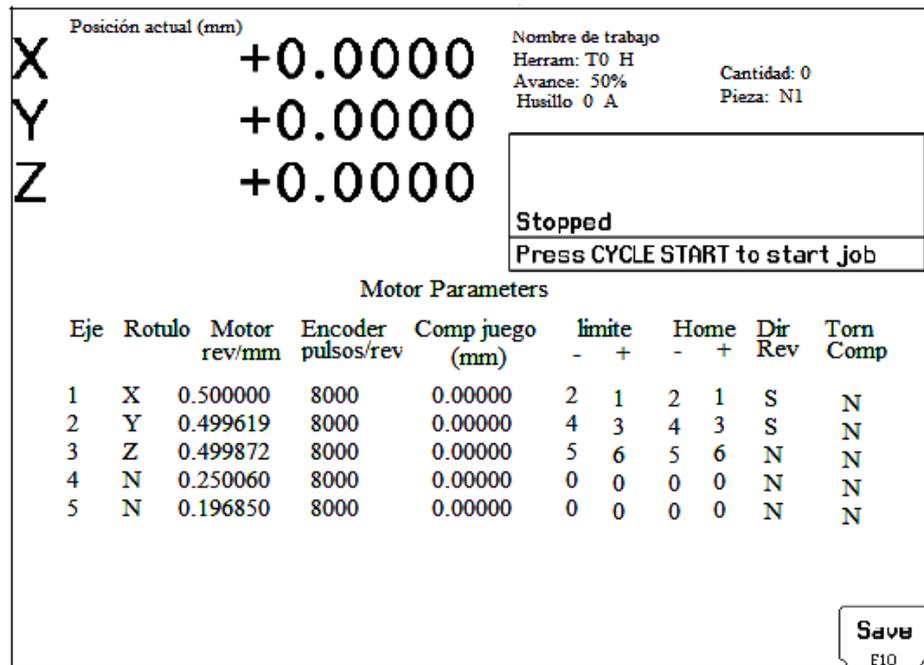
La perilla de selección de los ejes del step MPG debe estar en z para el ejemplo y la perilla de incremento de movimiento en la posición X1.

Al mover la rueda del control remoto, se desplaza el eje -Z, hasta tocar la punta del palpador, el mismo que defleja un cierto ángulo en la escala graduada, si se mueve el eje

en sentido contrario +Z, recorriendo la misma distancia, la aguja del palpador debe regresar a la posición inicial, de no ser así existe juego en el eje mencionado. El instrumento puede medir en el orden de las décimas y centésimas de milímetro, el valor medido del juego se configura en la pantalla de parámetros del motor.

Al entrar en la pantalla de configuración de la máquina, se presiona <F2>, y se ingresa a la pantalla de parámetros del motor.

La Figura No.4.15 indica la pantalla de parámetros del motor.



**FIGURA No. 4.15 Pantalla de parámetros del motor**

Los valores medidos se ingresa en esta pantalla en la columna de compensación del juego, para los ejes X,Y, y Z respectivamente.

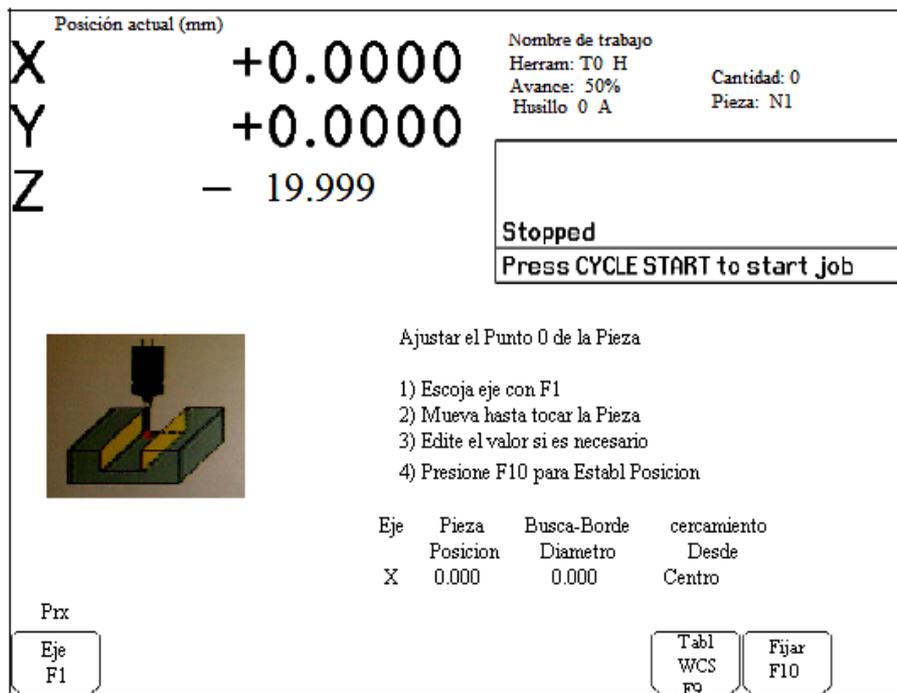
#### 4.5.1 Calibración y ajuste de la relación de transmisión de los ejes de la fresadora.

La relación de transmisión, indica la relación de movimiento entre la polea del eje y el desplazamiento de la mesa del mismo. Para realizar la calibración se procede de la siguiente manera.

Al colocar el palpador, como se mostró en la Figura No.4.14, se realiza el movimiento de la rueda del control remoto, para recorrer el eje -Z, hasta tocar la punta del palpador, la aguja del reloj se lo hace girar algunas vueltas, cada vuelta es un milímetro de recorrido.

Se toma el valor que indica la escala graduada del reloj, y el valor del recorrido lineal del eje z, que se muestra en la pantalla de ajuste del punto cero de la pieza.

La Figura No.4.16 muestra la pantalla del punto cero de la pieza.



**FIGURA No. 4.16 Pantalla del punto cero de la pieza**

Los dos valores obtenidos se relacionan con el valor de 0.19685, que es un dato por defecto que aparece en la columna <motor rev/mm> en la pantalla de parámetros del motor.

Por ejemplo, si el reloj marca 7.87mm y el recorrido lineal es de 19.999 mm, la relación se lo realiza aplicando la ecuación 4.1

$$\begin{aligned}
 &7.87 \text{ ----- } 0.196850 \\
 &19.999 \text{ ----- } Z \\
 &19.999 * 0.19685 \\
 &Z = \text{-----} \\
 &7.87 \\
 &Z = 0.50022
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

El valor obtenido se ingresa en la columna <motor rev/mm> de la pantalla de parámetros del motor correspondiente al eje mencionado. Una vez ingresado el nuevo valor, se procede otra vez a mover el eje y por ende la aguja del palpador, los valores medidos se relacionan con el nuevo valor mencionado anteriormente. Este procedimiento se repite hasta conseguir que el valor del reloj sea igual o aproximado al desplazamiento lineal del eje.

#### 4.5.2 Configuración del control

La pantalla de configuración del control permite un método de cambiar datos que dependen del control a instalarse.

Al ingresar a la pantalla de configuración (ver Figura No.4.12), se presiona <F1> y despliega la pantalla de configuración del control como se ilustra en la Figura No.4.17

Posición actual (mm)		Nombre de trabajo	
X	+0.0000	Herram: T0 H	Cantidad: 0
Y	+0.0000	Avance: 50%	Pieza: N1
Z	+0.0000	Husillo 0 A	
		Stopped	
		Press CYCLE START to start job	
Configuración del Control			
Unidades del DRO:	Milímetros	(Pulgadas/Milímetros)	
Unidades de Máquina:	Milímetros	(Pulgadas/Milímetros)	
Vel.max.husillo(rango alto):	3750	(1.0 a 500000.0 RPM)	
Vel.min.husillo(rango alto):	450.0	(0.0 a500000.0 RPM)	
Máquina a ref. al encender:	Home switch	(jog/Home switch)	
Tipo de PLC:	Normal	(Aus/Normal/Básico/Doble)	
Tipo de consola:	Uniconsole-2		
Tablero de movim. requerido:	Si	(No/Si)	
Tiempo del protector de pantalla:	20	1 a 200 minutos	
Remote Disco y directorio:	E:\CNC10\CNCFILES\		
Presione SPACE para cambiar			Save F10

**FIGURA No. 4.17 Pantalla de configuración del control**

En esta pantalla se ingresa los parámetros de configuración. La tabla 4.10 muestra los Valores configurados en este menú.

#### CONFIGURACIÓN DEL CONTROL

<u>PARÁMETRO</u>	<u>SETEO</u>
Unidades del DRO	Milímetros
Unidades de máquina	Milímetros
Vel.max. Husillo	3750
Vel.min. Husillo	450
Maquina a ref. al encender	Home switch
Tipo de PLC	Mormal
Tipo de consola	Uniconsole-2
Tablero de mov. Requerido	Si
Tiempo para el protector de pantalla	20
Remoto disco y directorio	H:

**TABLA No. 4.10 Configuración del control**

### 4.5.3 Parámetros de la máquina

Presionando <F3> de la pantalla de configuración (Figura No 4.12), mostrará la pantalla de los parámetros de la máquina. Esta pantalla provee un método de cambiar varios parámetros de la máquina que son usados por el control. Los números del 0 al 99, representan los parámetros de la máquina como se indica en la tabla 4.11.

#### PARÁMETROS DE LA MAQUINA

0	11.000	10	0.0000	20	22.222	30	82.222	40	0.0025
1	0.0000	11	14.000	21	0.0111	31	1.0000	41	6.3500
2	0.0000	12	10.000	22	0.0111	32	19200	42	0.0000
3	0.0000	13	1.2700	23	0.0111	33	1.0000	43	0.0000
4	1.0000	14	762.00	24	0.0111	34	4096.0	44	0.0000
5	0.0000	15	127.00	25	0.6800	35	5.0000	45	0.0000
6	0.0000	16	254.00	26	0.6800	36	0.0000	46	0.0000
7	0.0000	17	0.0000	27	0.6800	37	10.000	47	0.0000
8	2.0000	18	15.000	28	0.6800	38	0.0000	48	0.1000
9	1.0000	19	2.0000	29	0.6800	39	120.00	49	0.0000

50	1.0000	60	0.0000	70	0.0254	80	0.000	90	48.000
51	0.0000	61	0.5000	71	0.0000	81	-1.0000	91	0.0000
52	0.0254	62	115.000	72	0.0000	82	900.00	92	0.0000
53	0.0000	63	1.5000	73	0.2540	83	0.7620	93	0.0000
54	0.0000	64	0.0000	74	4.0000	84	3.0000	94	3.0000
55	0.0000	65	1.0000	75	0.0000	85	2.0000	95	50.800
56	4.0000	66	1.0000	76	0.0000	86	0.0000	96	50.800
57	0.0000	67	1.0000	77	0.0000	87	36.000	97	50.800
58	0.0000	68	640.000	78	0.0000	88	36.000	98	45.000
59	0.0000	69	1.75000	79	70.000	89	36.000	99	6.0000

**TABLA No.4.11 Parámetros de la máquina**

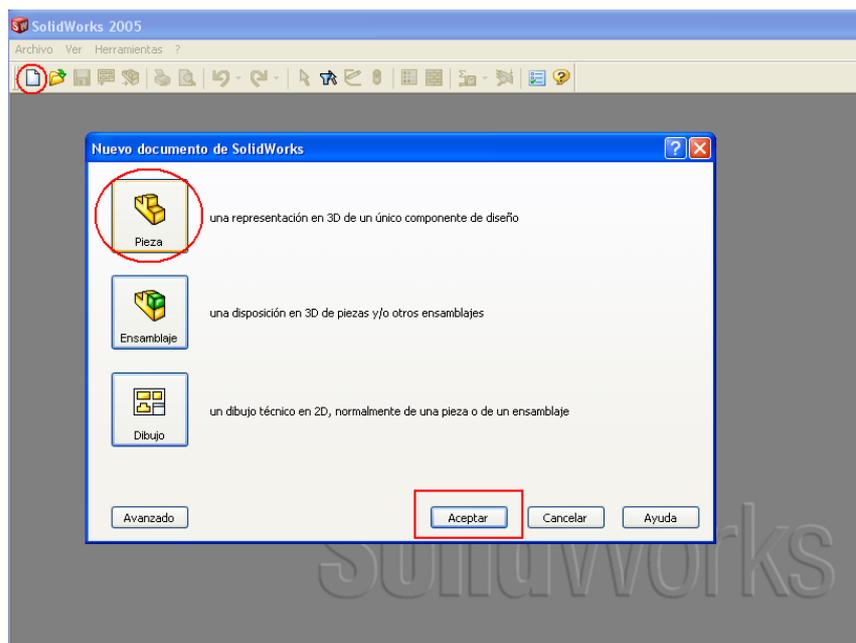
## 4.6 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Cualquier proyecto que se va a mecanizar con la máquina fresadora CNC debe cumplir los siguientes pasos:

- Diseño de la pieza en cualquier software CAD, por ejemplo (Solid Works).
- El Mecanizado asistido por Computadora (CAM), Visual Mill es el software aplicado en el proyecto.
- Transmisión de Códigos G del CAM, al Software CNC 10 Linux.
- Puesta en Marcha de la Fresadora CNC, para empezar el mecanizado de la pieza.

### 4.6.1 Diseño de la pieza en Solid Works (CAD)

1.- Abrir un nuevo proyecto desde la ventana principal de Solid Works, se selecciona pieza y a continuación aceptar como indica en la Figura No. 4.18



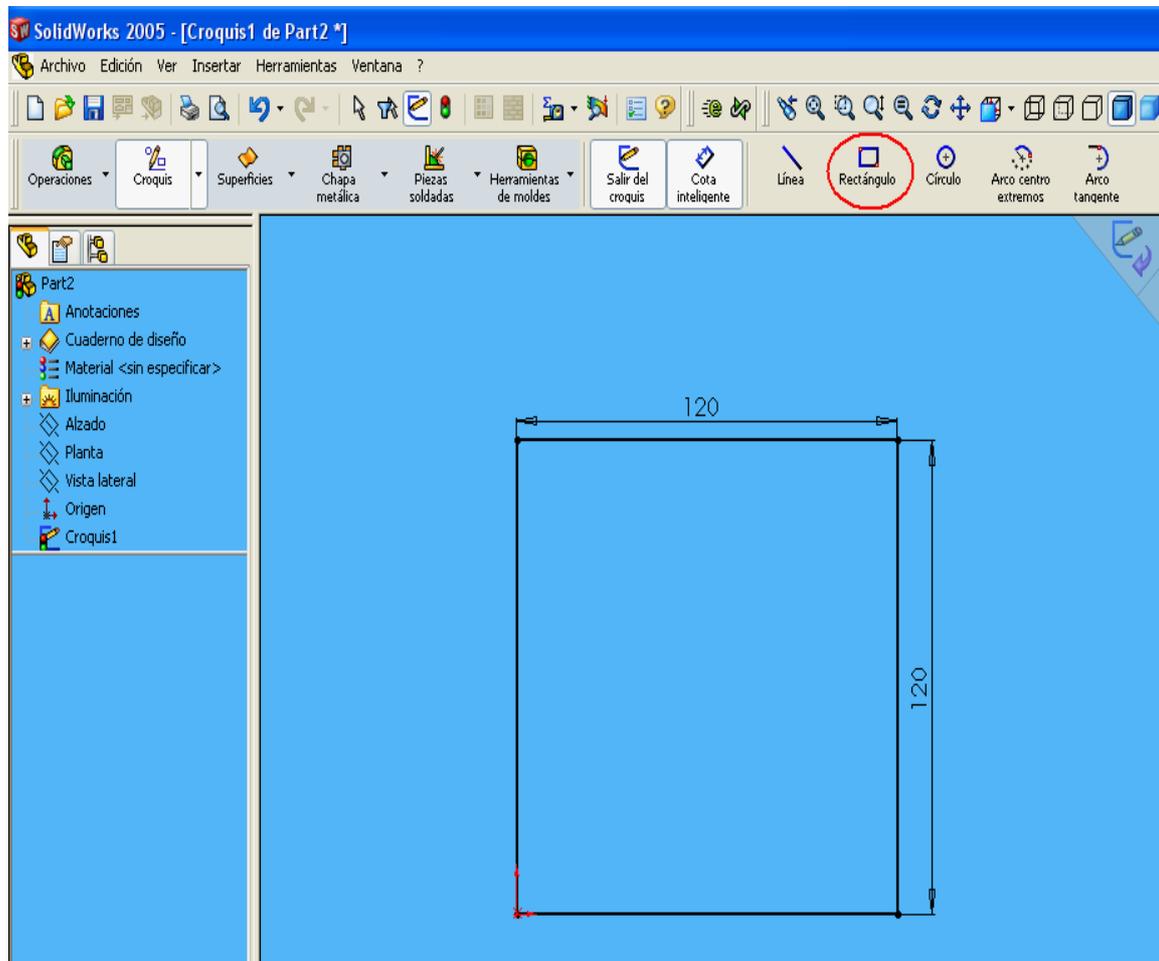
**FIGURA No. 4.18 Ventana Principal de SolidWorks**

2.- Extruir, que significa sacar una base saliente de un sólido en el plano alzado, seleccionar extruir saliente/base de la barra de herramientas como indica la figura No. 4.19



**FIGURA No. 4.19 Comando de extrusión base/saliente**

3.- Dibujar un rectángulo dimensionado con medidas de 120 mm, a cada lado como se puede observar en la figura No.4.20

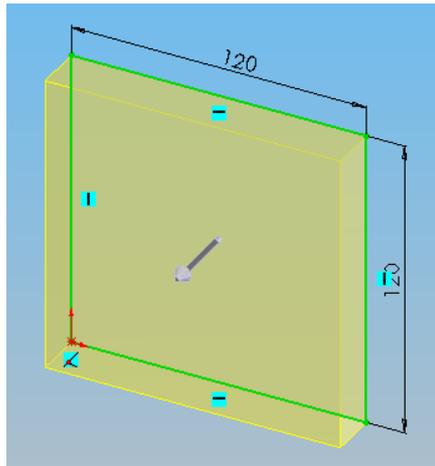


**FIGURA No. 4.20 Croquetización de un plano**

4.- Con una profundidad de 20 mm, se selecciona salir de croquis, como se indica en la figura No 4.21 del menú de herramientas quedando de la forma como se ilustra en la figura No 4.22.

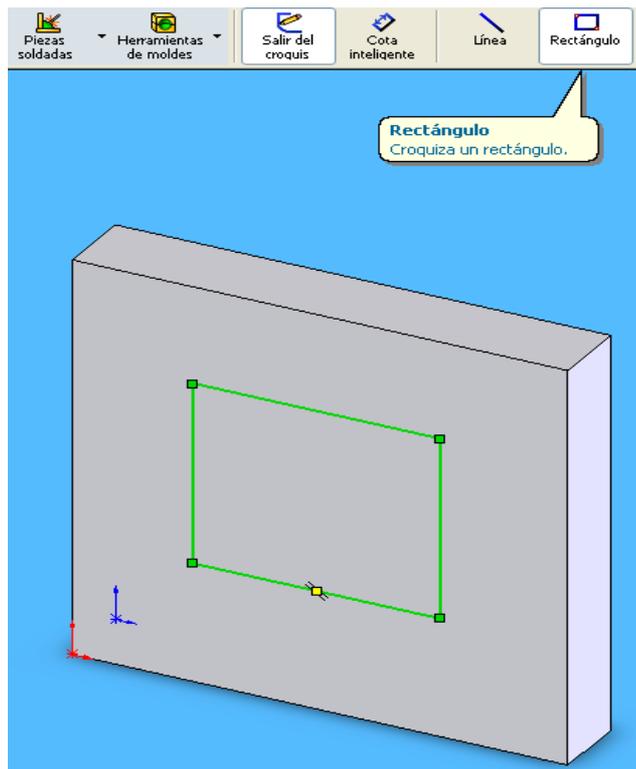


**FIGURA No. 4.21 Comando Salir de Croquis**



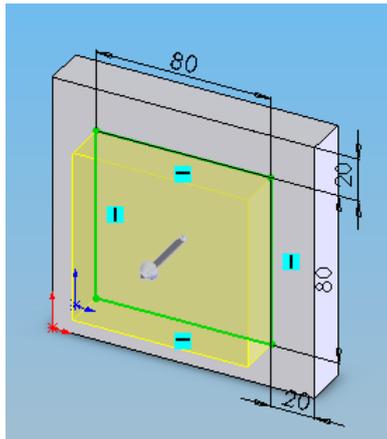
**FIGURA No. 4.22 Croquetización de un sólido**

5.- Extruir nuevamente una base saliente de un rectángulo en el plano alzado, con medidas de 80 por lado, en el centro del sólido, como se ilustra en la Figura No.4.23.



**FIGURA No 4.23 Extrusión base saliente de un Rectángulo**

6.- En Property Manager (  ), en dirección 1, seleccionar hasta profundidad especificada en condición final, configurar la Profundidad (  ) en 20 mm. y queda como se ilustra en la Figura No.4.24



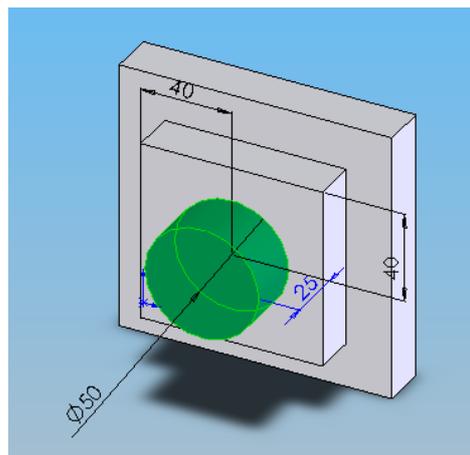
**FIGURA No.4.24 Configuración de Profundidad del Plano Rectangular**

7.- Siguiendo los pasos anteriores se forma una base cilíndrica de 25 mm, de profundidad con un diámetro de 50 mm, extruyendo en la cara frontal del rectángulo (los comandos de rectángulo y círculo que se utiliza para esta demostración, se encuentran en la barra de herramientas como indica la figura 4.25).



**FIGURA No.4.25 Barra de herramientas**

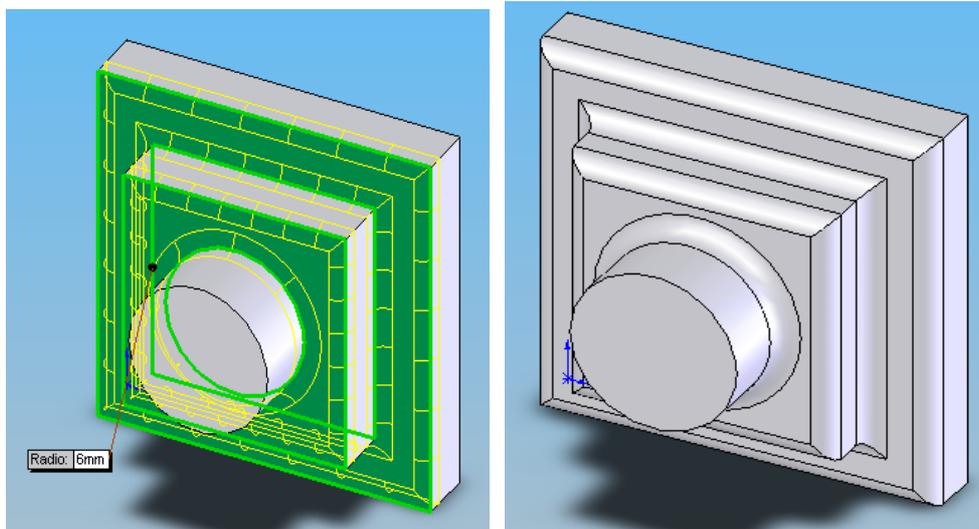
En la Figura No.4.26 se indica la extrusión de un sólido cilíndrico.



**FIGURA No 4.26 Extrusión de un sólido cilíndrico**

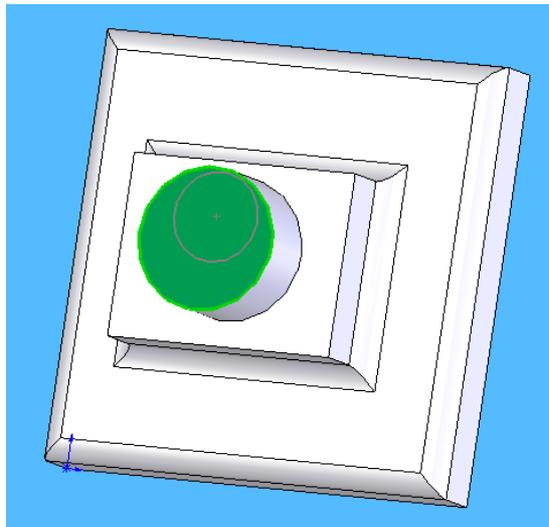
8.- Seleccionar las dos caras planas de verde y hacer un redondeo (  Redondeo ) con un radio de 6 mm  6mm  , este comando se encuentra al interior de la pestaña de operaciones en la barra de herramientas.

En la Figura No.4.27 se indica el proceso de redondeo de los contornos de un sólido.



**FIGURA No. 4.27 Proceso de Redondeo en contornos del Sólido**

9.- Seleccionar la cara frontal del cilindro como se indica en la figura No.4.28

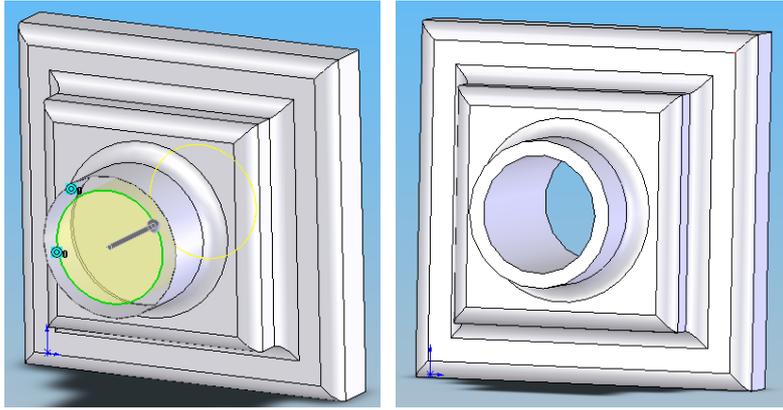


**FIGURA No. 4.28 Selección cara frontal del cilindro**

10.- Realizar seguidamente una extrusión circular de corte  en la cara del cilindro con un diámetro de 40mm, la extrusión de corte debe pasar todo el sólido

(  Por todo  ).

En la Figura No. 4.29 se indica el proceso de corte de un sólido a través de todo el material.

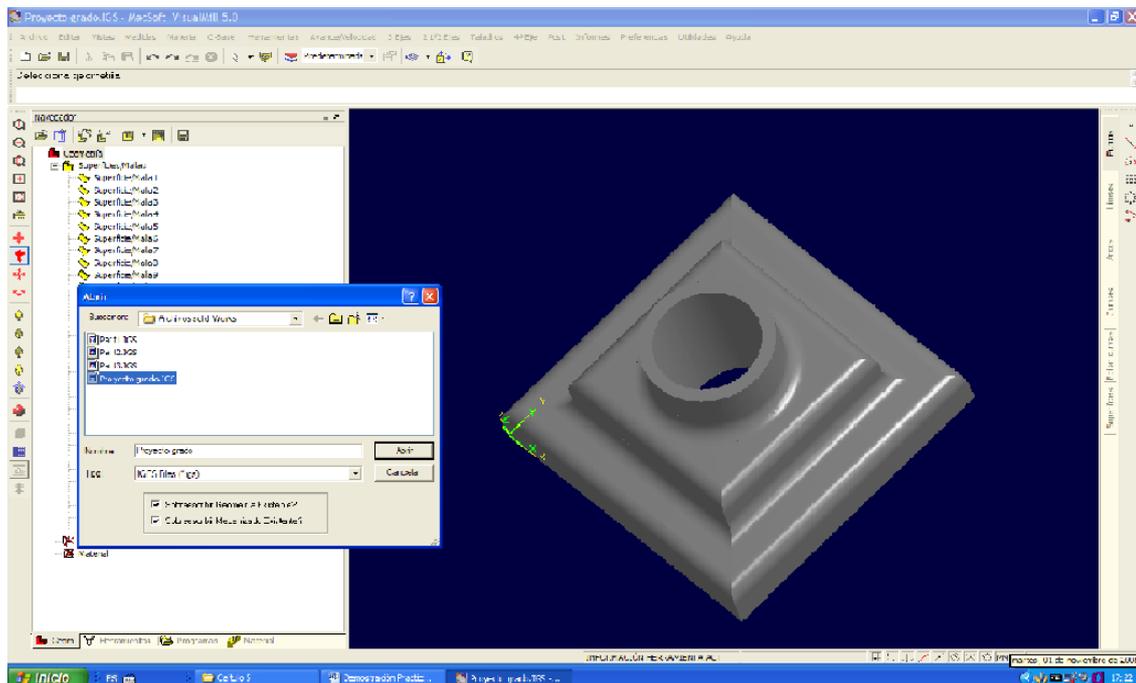


**FIGURA No. 4.29 Proceso de Corte de Material**

11.- Una vez realizado el diseño, se guarda el mismo con la extensión (\*.igs) o (\*.txt) para proceder a abrirlo en el software de mecanizado.

#### 4.6.2 Mecanizado asistido por Visual Mill (CAD)

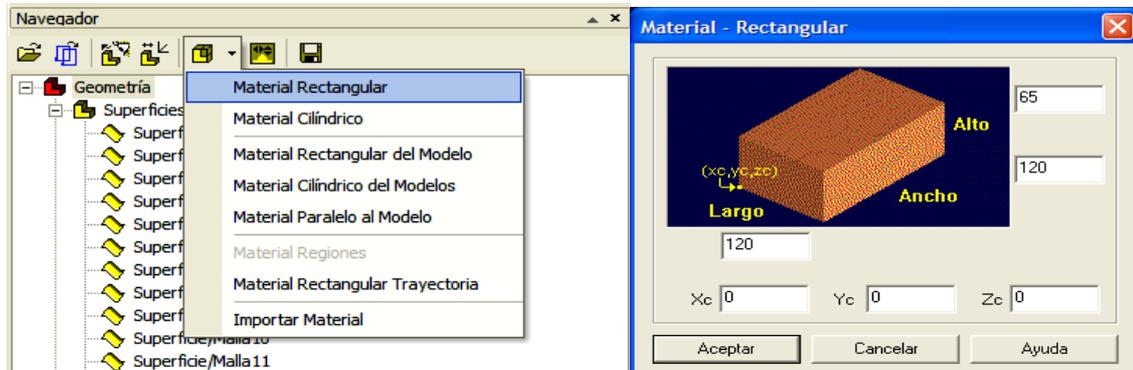
12.- Entrando al software Visual Mill, abrir el archivo que fue guardado con extensión (\*.igs) o (\*.txt) como se ilustra en la Figura No. 4.30



**FIGURA No. 4.30 Adquisición de Datos guardados en SolidWorks**

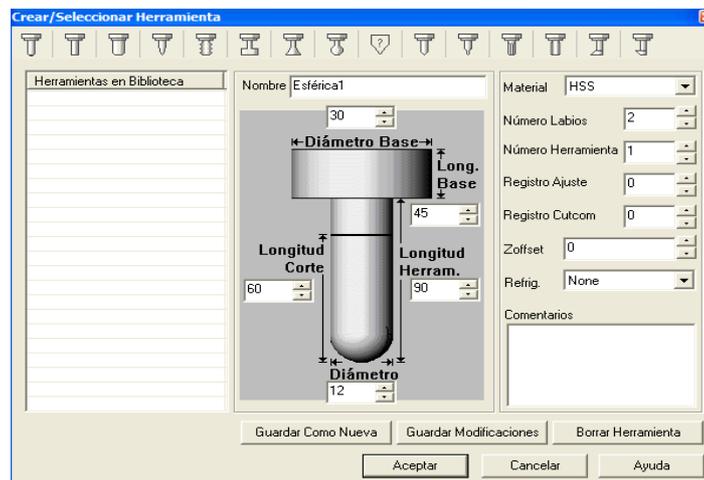
13.- A continuación se procede a escoger la pestaña de geometría, en la que se encuentra forma de material para el mecanizado, como se indica en la figura No. 4.31 en este caso se debe escoger rectangular, se puede observar que en el cuadro aparece las medidas del alto,

ancho y largo, éstas se presentan listas por defecto para que se proceda a mecanizar. Se puede aumentar las medidas del bloque, pero no disminuir debido a que las medidas por defecto son las mínimas que se pueden utilizar.



**FIGURA No. 4.31 Selección de la Forma de Material**

14.- Seleccionar la pestaña de herramientas, ésta muestra todas las herramientas (fresas, taladros) que se puede utilizar para el mecanizado, como se indica en la Figura No.4.32. Es posible renombrar las herramientas y borrarlas también, pero no las puede borrar si ya está usando esta herramienta para una trayectoria. Se debe hacer doble-clic en el icono para editar sus parámetros.



**FIGURA No. 4.32 Ventana de Selección de la Herramienta**

15.- La pestaña Programa, quiere decir programas de Mecanizado. En ésta todas las trayectorias que se creó, aparecen en el orden que han sido realizadas.

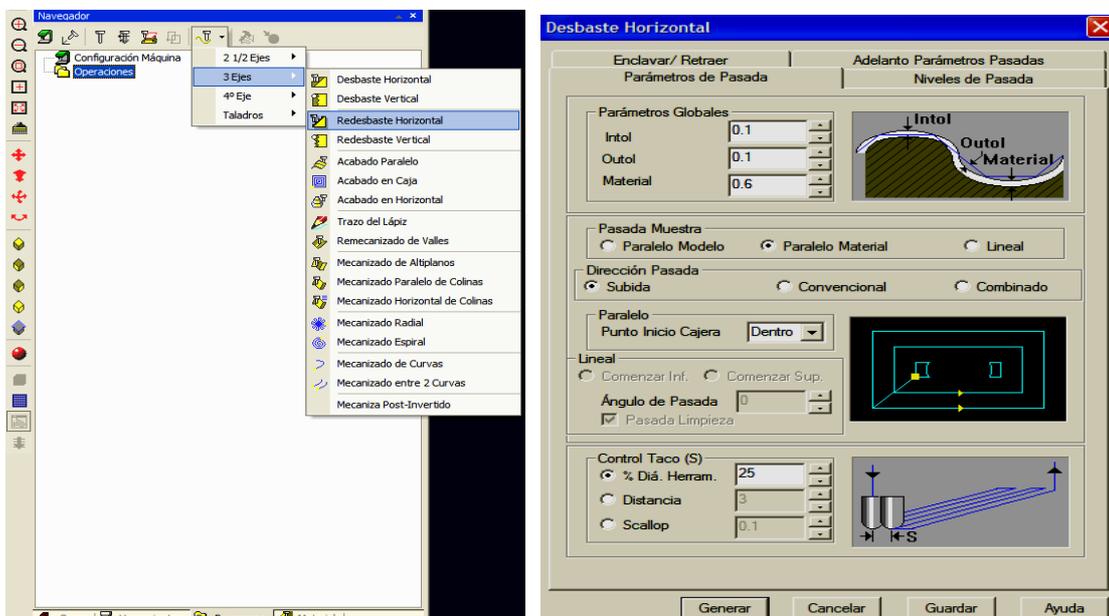
En la Figura No. 4.33 se indica la ventana del navegador, donde se encuentran las pestañas de geometría, herramientas, programas y material.



**FIGURA No 4.33 Ventana del Navegador**

Dentro de cada carpeta de Programas puede editar los componentes de ésta, como herramientas, regiones o parámetros de corte, simplemente haciendo doble-clic en el icono correspondiente. Si se hace <click> con el botón derecho aparecerán opciones como, simulación, generación y post-procesado.

Dentro de la pestaña de Programas, se tiene acceso a la opción de método de mecanizado, es un paso obligatorio para poder continuar con el trabajo, se puede seleccionar para realizar un desbaste horizontal como indica la Figura No. 4.44.

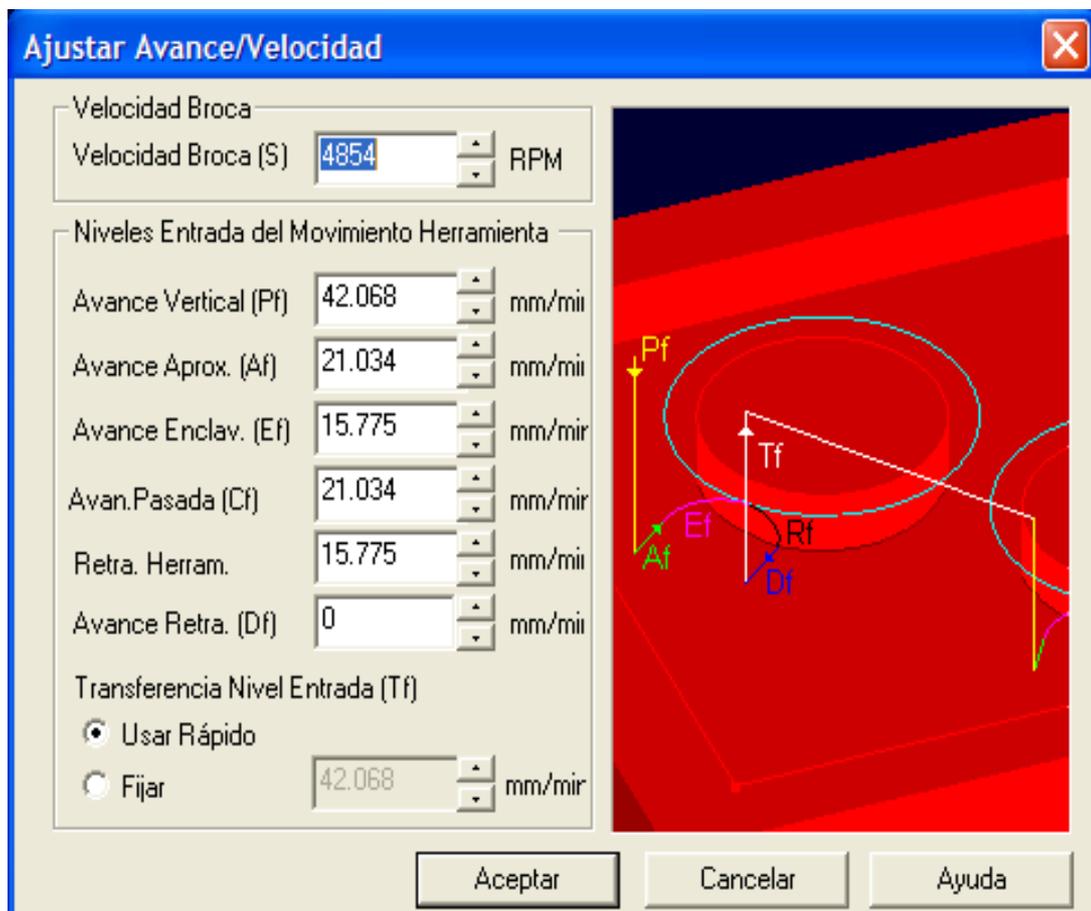


**FIGURA No. 4.44 Ventana de Métodos de Mecanizado**

En el cuadro de la Figura. No 4.44 de desbaste horizontal, se define algunas características como parámetros y niveles de pasada, entre los más importantes.

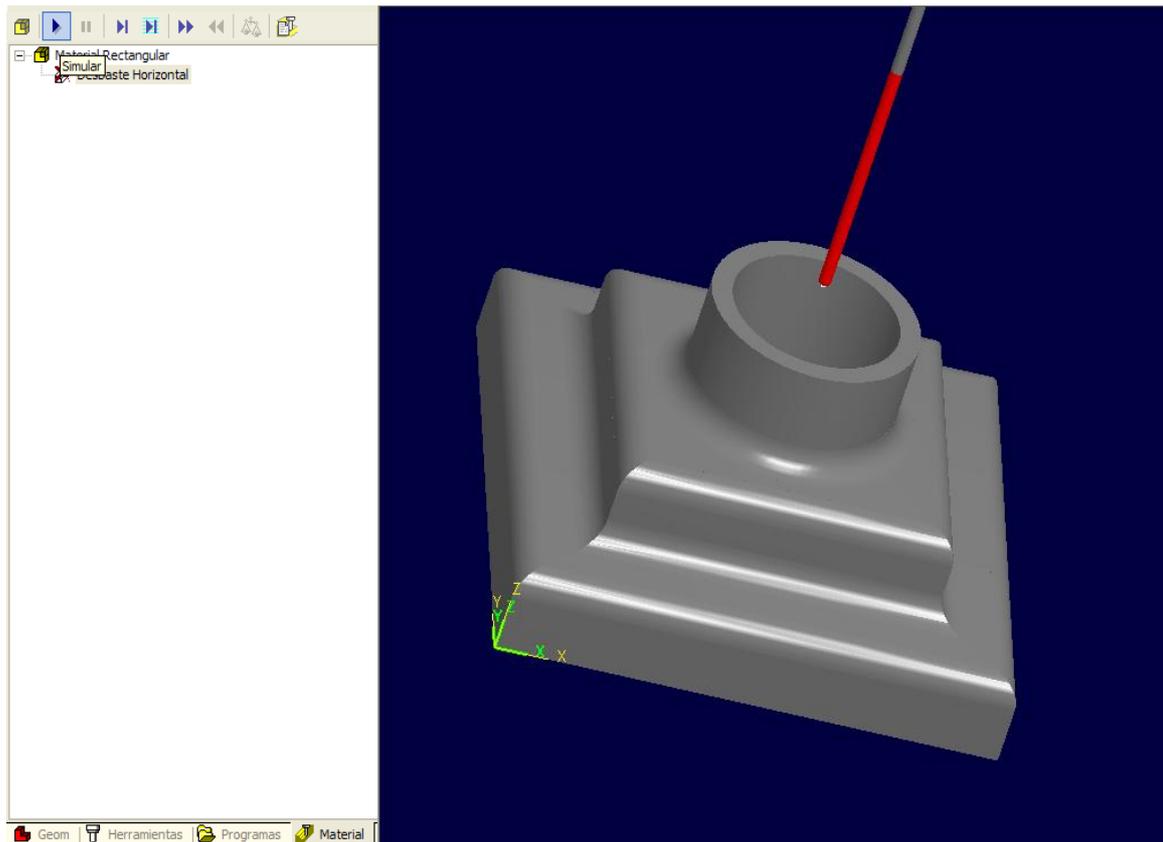
16.- Una vez definido los parámetros de material, corte y herramienta, se configura el avance y velocidad de corte, hay que tomar en cuenta el tipo de material que se va a desbastar, además de definir el tipo de material de la herramienta que va a mecanizar.

En la Figura No.4.45 se indica el cuadro de ajuste de velocidad y avance de la herramienta de corte.



**FIGURA No. 4.45 Ventana de selección de Velocidades y Avances**

17.- En la pestaña de Material (Figura No 4.33) se puede simular el proceso de mecanizado y apreciar cómo va a quedar los acabados del mismo al final del proceso, como se indica en la Figura No 4.46.



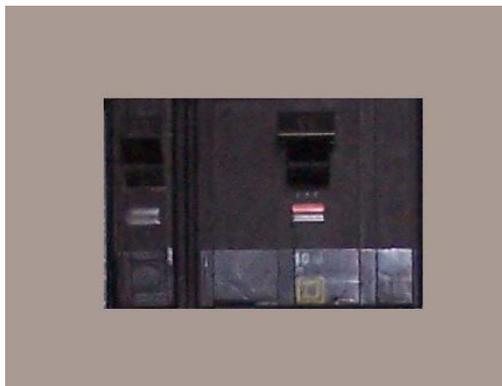
**FIGURA No. 4.46 Simulación de Mecanizado**

### **4.6.3 Arranque del Control**

Una vez entregado el archivo de diseño de la pieza a maquinarse. El operador procede a poner en funcionamiento el control de la fresadora Bridgeport serie I, para lo cual se debe seguir algunos pasos.

En primera instancia, se pone en posición “on” el breake trifásico de la acometida principal de la máquina.

La figura No. 4.47 indica la acometida trifásica de alimentación de la fresadora.



**FIGURA No. 4.47 Cometida trifásica**

Luego poner el interruptor de levas (Figura No 4.1), ubicado en la parte lateral derecha de la caja de control en la posición 1, para energizar el servo drive, la computadora, fuentes de alimentación y demás elementos que conforman el sistema.

Para arrancar el control CNC se presiona el interruptor de la computadora, de esta manera se carga el software CNC10 que aparece en la pantalla del monitor, permitiendo que la fresadora esté en condiciones óptimas para su aplicación.

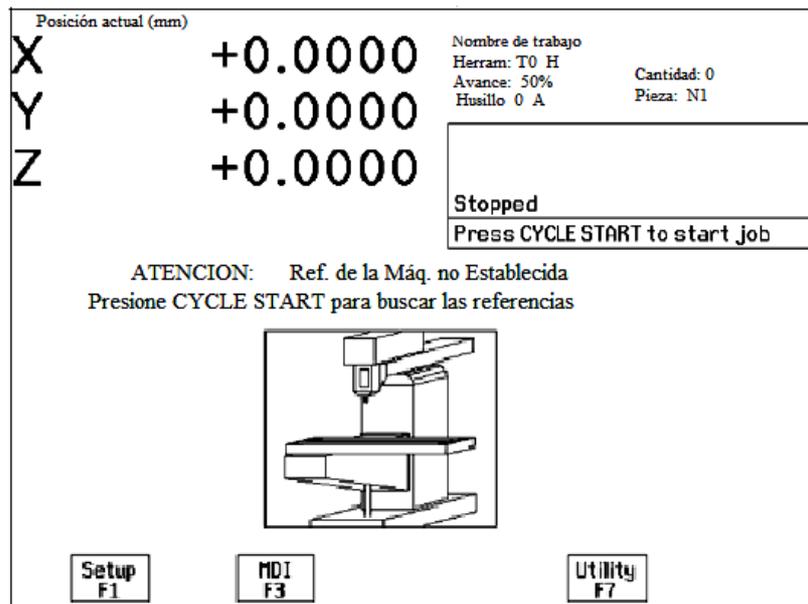
La figura No.4.48 indica la cara frontal de la computadora de control



**FIGURA No. 4.48 Cara frontal de la computadora**

#### 4.6.4 Referencia de la Máquina

Cuando se carga el software CNC10 aparece la pantalla de Machine Home, como se indica en la figura No. 4.49



**FIGURA No. 4.49 Pantalla de Machine home**

Presione <CYCLE START> del control pendant, automáticamente los ejes de la fresadora comienzan a moverse hasta conseguir el punto de referencia de la máquina.

#### **4.6.5 Montaje de la pieza a maquinarse**

Una vez realizado los pasos anteriores, se instala la entenalla sobre la bancada de la fresadora, cuya sujeción se lo hace por medio de pernos y tuercas, dependiendo de las dimensiones del material a maquinarse se utiliza la entenalla o bridas de sujeción. La figura No. 4.50 indica la entenalla instalada en la bancada de la fresadora.

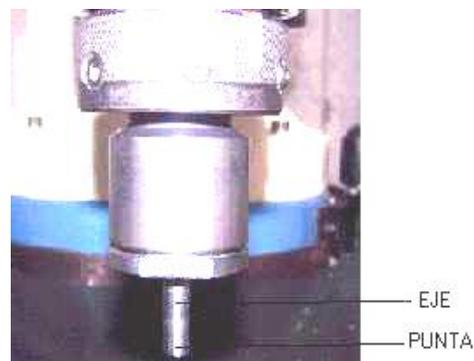


**FIGURA No. 4.50 Entenalla instalada en la bancada**

Luego se monta el material que se va a trabajar en la entenalla, por lo general el material utilizado es un acero SAE 1045.

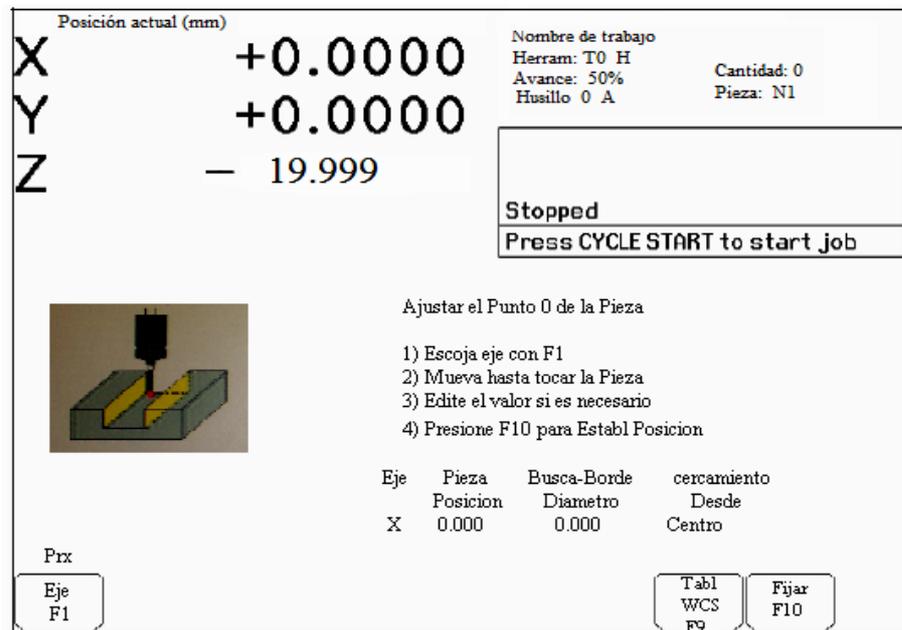
#### **4.6.6 Centrado de la pieza**

Seguidamente se realiza el centrado de la pieza, primero se ajusta el palpador en la boquilla de la fresadora, el palpador es un instrumento formado por un eje y una punta que gira alrededor de éste. La figura No. 4.51 indica el palpador instalado en la fresadora.



**FIGURA No. 4.51 Palpador**

Posteriormente presionar <F1> de la pantalla principal para entrar al menú de ajuste, dentro de esta pantalla presionar <F1>, y se despliega la pantalla de ajuste cero de la pieza como se indica en la figura No. 4.52



**FIGURA No. 4.52 Pantalla de punto cero de la pieza**

Una vez en esta pantalla, presionar la tecla <MPG> del control pendant para controlar el movimiento de los ejes desde el control remoto, la perilla del control remoto debe estar en la posición X.

Luego energizar el variador de frecuencia mediante la tecla <1> del control pendant y regular la velocidad con la tecla (+) o (-), la velocidad debe estar alrededor de 1200rpm.

Con el control remoto mover el eje X, hasta tocar un extremo de la pieza con el palpador, como se indica en la figura No. 4.53.



**FIGURA No. 4.53 Palpador en un extremo de la pieza**

La punta del palpador debe girar concéntricamente con el eje, solo de esta manera queda correctamente palpado el primer extremo de la pieza.

Realizado esta operación, subir el palpador y con el control remoto desplazar el eje X a lo largo de la pieza, hasta tocar el otro extremo, como se indica en la figura No.4.54



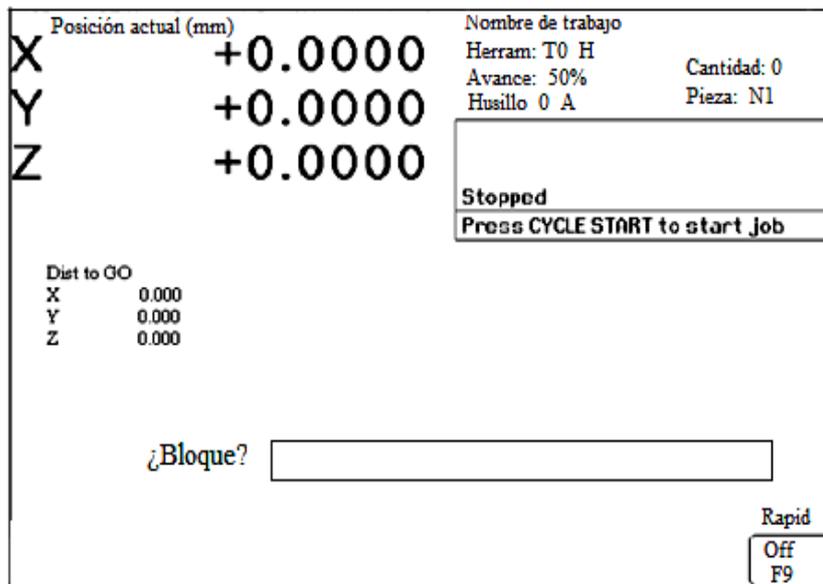
**FIGURA No. 4.54** Palpador en otro extremo de la pieza

En la pantalla de ajuste del punto cero de la pieza (Figura No. 4.52), en la ventana del DRO se observa el desplazamiento total del eje X, que es a su vez la medida de la pieza en la coordenada X, esta medida se divide para dos y se obtiene el punto medio de la pieza en la coordenada X.

Presione <SCAPE>, para salir de la pantalla de ajuste del punto cero de la pieza.

En la pantalla principal (Figura No 4.58) presionar <F3> y despliega la pantalla de MDI.

En la figura No. 4.55 se indica esta pantalla.



**FIGURA No. 4.55** Pantalla del MDI

En esta pantalla en el recuadro se escribe “G0X” y el valor medio de la pieza en la coordenada X.

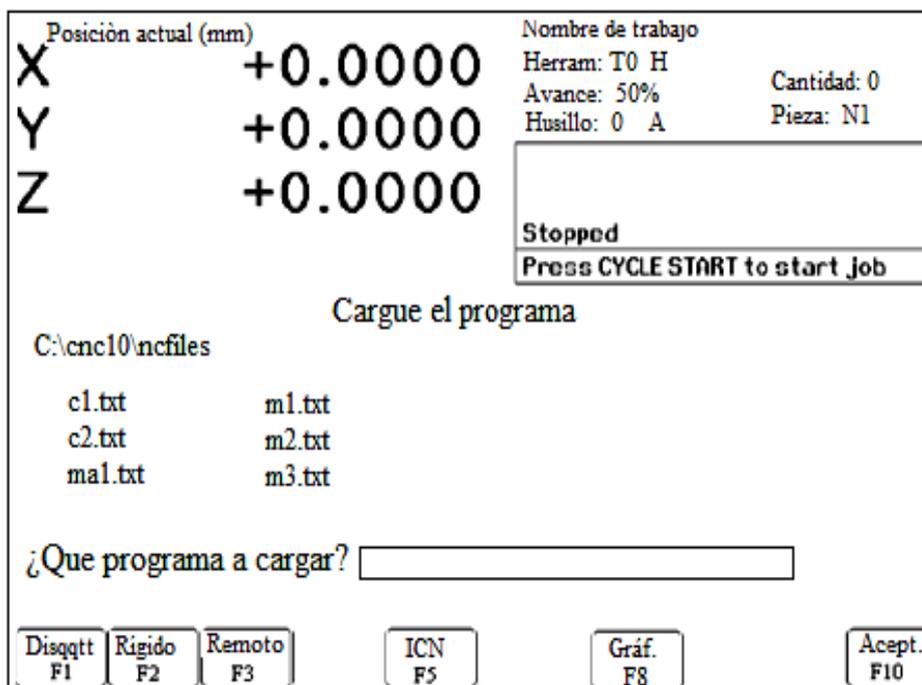
Presione <CYCLE START >, y automáticamente se ubica en el punto medio de la pieza en la coordenada X.

Luego regresar a la pantalla de ajuste cero de la pieza, presionar <F10> para poner en cero el eje. De esta manera queda seteado el punto medio; es decir, el punto cero del eje X. Para el eje Y y Z se procede de la misma forma.

#### 4.6.7 Grabado del archivo de diseño

Insertar la memory flash en el terminal USB de la computadora del control, para cargar el programa de diseño.

En la pantalla principal presionar <F2> y se ingresa al menú de cargar el programa, como se indica en la figura No. 4.56



**FIGURA No. 4.56 Pantalla de cargar el programa**

En esta pantalla se escribe **b**: y se accede a los programas de diseño que se encuentran en la USB, con las teclas de dirección del teclado se escoge el programa, presionar <F10> para grabar en el disco duro en el directorio C:\CNC10\NCFILES.

#### **4.6.8 Instalación de la herramienta de corte**

Después de cargar el programa, el operador debe ajustar la herramienta de corte (fresa), en la boquilla del eje Z, cuyo ajuste se lo realiza con la llave de uña como se indica en la figura No. 4.57



**FIGURA No. 4.57 Ajuste de la fresa con la llave de uña**

#### **4.6.9 Selección del sentido de giro y de la velocidad del husillo**

A continuación se selecciona el sentido de giro del husillo, que se lo realiza presionando las teclas de sentido de giro horario o antihorario del control pendant, la tecla <AUTO SPINDLE MAN> debe estar con el led apagado para poder seleccionar.

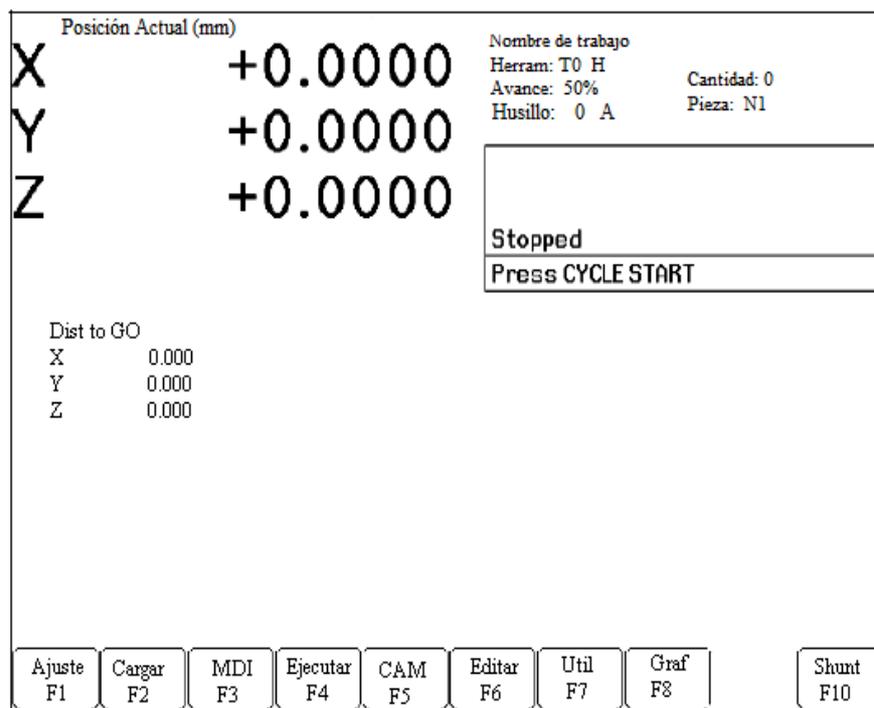
Se enciende el variador de frecuencia, para ello se presiona tecla <1> del control pendant, y si se desea apagar se presiona la tecla <0>.

La velocidad se escoge con las teclas (+) o (-) del control, la velocidad depende del material que se va a trabajar, el rango que se puede seleccionar es de 0 a 3615 rpm.

Nuevamente se presiona <AUTO SPINDLE MAN> el led debe estar encendido, para estar en modo automático.

Finalmente se presiona <CYCLE START >, la fresadora comienza a maquinar de acuerdo al programa de diseño. Una vez terminado el trabajo el control detiene los ejes de la fresadora.

Para salir del control se presiona <F10> de la pantalla principal. La figura No. 4.58 se indica la pantalla principal del control CNC.



**FIGURA No. 4.58 Pantalla principal del programa**

A continuación se presenta el manual de mantenimiento, el mismo que debe ser operado por personas calificadas de mantenimiento.

#### **4.6.10 Motores eléctricos**

Estos necesitan una revisión frecuente, una vez al mes, para verificar que no se estén recalentados (la revisión de recalentamiento se lo realiza con un pirómetro marca Fluke digital que adquirió la empresa), además deben estar libres de mota o polvo, que no tengan exceso de vibración, los ejes deben estar bien alineados para que exista una correcta relación de transmisión de movimiento de los platos.

#### **4.6.11 Aire comprimido**

El sistema de aire comprimido es especialmente susceptible de abusos y sobrecargas y lo afecta la humedad del aire entrante. Las tuberías deben tener suficientes trampas de agua y aceite, los cuales deben ser purgados diariamente para impedir la entrada de humedad al pistón (Freno cambio de herramienta), así como también a la turbina que permite el aumento o disminución de velocidad. El compresor debe contar con sus manómetros y válvula de seguridad.

#### **4.6.12 Freno neumático**

El personal de Mantenimiento debe revisar por lo menos una vez a la semana el estado del freno neumático, si al momento de frenar no se mueve el husillo y tiene gran fuerza de frenado, en caso de no activar el freno neumático, el personal de mantenimiento debe revisar el estado de las conexiones de las electroválvulas o la válvula de apertura del compresor.

#### **4.6.13 Contactores y relés**

Cada tres meses inspeccionar y dar mantenimiento a los contactos de dichos elementos, los mismos que son susceptibles a sufrir deterioros por apertura y cierre de circuito debido a su corriente que maneja.

#### **4.6.14 Unidad de lubricación**

Si se presenta algún inconveniente en el sistema de lubricación y no se visualiza el lubricante en los ejes X, Y de las bancadas así como en el husillo del eje vertical Z, cerciorarse de las conexiones de 110 Voltios, que alimentan a la bobina del motor de la unidad de lubricación o quitar la tapa de dicha unidad y verificar si el mecanismo de leva no sufrió algún desperfecto.

#### **4.6.15 Sensores de posicionamiento**

Cuando los topes mecánicos de los ejes X, Y, Z activen sus respectivos limit switch, éstos deben dar una señal hacia el PLC para que se detengan los servomotores. Caso contrario tiene una protección el software CNC10 que manda a parar inmediatamente dichos servos sin necesidad de los finales de carrera. Esta protección fue configurada en el seteo de la máquina, entonces el personal de mantenimiento puede encargarse de revisar si los limit switch tienen alimentación y si envían señal al PLC.

#### **4.6.16 Computador**

El personal de mantenimiento por lo menos una vez al año debe dar un mantenimiento a la PC para no permitir acumulación de polvo y mota, que podría ocasionar dificultad en la transmisión de datos y un mal desempeño de la misma.

#### 4.6.17 Variador de frecuencia

Al accionar el variador de frecuencia ( Cutler Hammer ) y no se alimenta de energía , se debe revisar si la fuente está suministrando energía, de ser así, y no ser ese el problema, seguidamente verificar si los breakers no se han activado.

Durante la operación de la máquina, es susceptible que se presente fallos, los mismos que deben ser corregidos por el operador de la máquina a fin de dar solución a los problemas.

El variador tiene un sistema comprensivo de diagnóstico de fallas que incluyen varias alarmas y mensajes de avería; una vez que se detecta la avería, las funciones protectoras correspondientes serán activadas y presentadas digitalmente en el display del Keypad.

Para mayor información acerca de eliminación de fallas en el vaciador ver ANEXO 1

### 4.7 PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.7.1 Prueba del variador de frecuencia

Con los parámetros configurados en el variador de frecuencia, se pudo controlar el prendido, apagado, inversión de giro y controlar la velocidad del variador desde el control pendant del sistema. La figura No. 4.59 indica el esquema de conexiones de la tarjeta DC3IO con los terminales del variador de frecuencia.

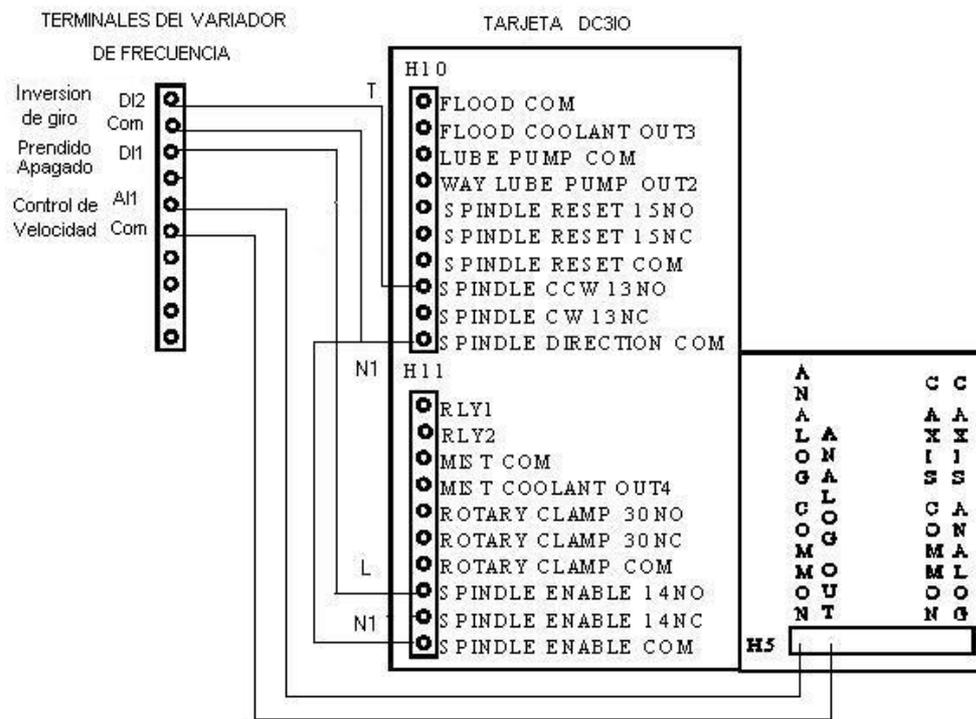


FIGURA No. 4.59 Esquema de conexiones de la tarjeta DC3IO y el variador de frecuencia

Para las pruebas del variador de frecuencia, se prendió el control de la fresadora, para luego desde control pendant, presionar las teclas <1>, <0>, <+>, <->, <iversion>, que se utiliza para el control del variador. Se verificó que cada una de las teclas cumpla con su función adecuadamente, en estas pruebas no se realizó ningún ajuste adicional ya que funcionó en perfectas condiciones.

El control de la velocidad se lo realizó habilitando la salida analógica del grupo H5 de la tarjeta DC3IO, cuyos terminales se conecta a la entrada analógica de voltaje (0-10V) del variador, el rango del control de la velocidad es de 0 a 3615 rpm con una sobrefrecuencia de 70 hertz.

#### 4.7.2 Prueba de servomotores

Como se menciona en el ítem 4.3, antes de realizar las pruebas de los servomotores, se procedió al mantenimiento de todos los elementos mecánicos de los ejes de la fresadora.

Instalado los servomotores, se comprobó la alineación del servo con el eje de la rueda conducida para los ejes X, Y, y Z respectivamente. Con el control remoto se gira los ejes y se comprueba si existe desplazamiento de la banda, es decir si la banda tiende a salir de la rueda, si no sucede esto los servos están perfectamente calibrados.

#### 4.7.3 Prueba de posicionamiento de la máquina en los tres ejes

Una vez realizado los pasos mencionados en el ítem 4.4, las pruebas de posicionamiento de la máquina se lo efectuó de la siguiente manera. Cuando se carga el software CNC10 aparece la pantalla de machine home como se indica en la figura No. 4.60, esta pantalla indica el mensaje de Referencia de la maquina no establecida, se presiona <CYCLE START > y automáticamente los ejes empiezan a desplazarse hasta conseguir el punto de referencia de la máquina.

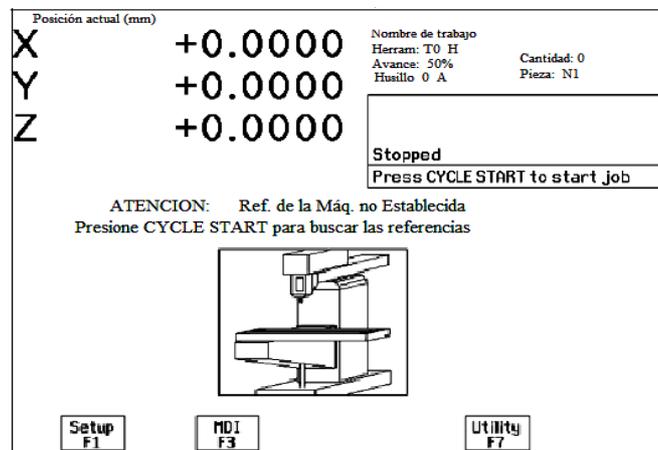


FIGURA No. 4.60 Pantalla de Machine home

Si se configuró en forma adecuada, el control encuentra el punto de referencia de la máquina y luego despliega la pantalla principal del software CNC10, caso contrario se debe configurar nuevamente el posicionamiento de la máquina en los tres ejes.

#### 4.7.4 Prueba de compensación de las holguras

Para la compensación de las holguras se procedió como en el ítem 4.5, el cual consiste en mover la rueda del control remoto, se desplaza el eje Z-, hasta tocar la punta del palpador, el mismo que defleja un cierto ángulo en la escala graduada, se mueves el eje en sentido contrario Z+, recorriendo la misma distancia, la aguja del palpador debe regresar a la posición inicial, de no ser así existe juego en el eje mencionado, el valor medido del juego se configura en la pantalla de parámetros del motor, el sistema permite compensar hasta un milímetro de juego.

#### 4.7.5 Prueba de relación de transmisión de los ejes de la fresadora

Para las pruebas de relación de transmisión de los ejes de la fresadora se procedió como en el ítem 4.5.1. Consiste en mover la rueda del control remoto, para recorrer el eje Z-, hasta tocar la punta del palpador, la aguja del reloj se lo hace girar algunas vueltas.

Tomamos el valor que indica la escala graduada del reloj, así mismo tomamos el valor del recorrido lineal del eje z, que se muestra en la pantalla de ajuste del punto cero de la pieza.

Los dos valores obtenidos se relacionan con el valor de 0.19685, que es un dato por defecto que aparece en la columna de <Motor rev/mm> en la pantalla de parámetros del motor.

Por ejemplo, si el reloj marca 7.87mm y el recorrido lineal es de 19.999 mm, la relación se realiza aplicando la ecuación 4.2

$$\begin{array}{r}
 7.87 \text{ -----} 0.196850 \\
 19.999 \text{ -----} Z \\
 19.999 * 0.19685 \\
 Z = \text{-----} \qquad \qquad \qquad (4.2) \\
 7.87 \\
 Z = 0.50022
 \end{array}$$

El valor obtenido se ingresa en la columna <rev/mm> de la pantalla de parámetros del motor correspondiente al eje mencionado.

Una vez ingresado el nuevo valor, se procede otra vez a mover el eje y por ende la aguja del palpador, los valores medidos se relacionan con el nuevo valor mencionado anteriormente.

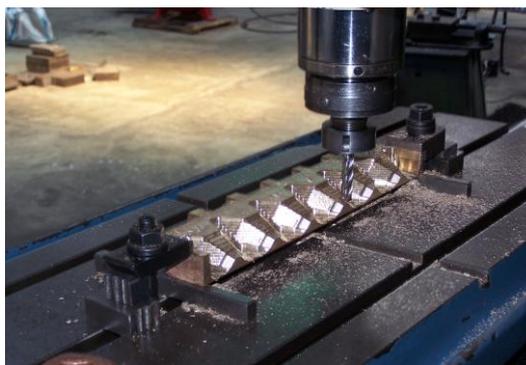
Este procedimiento se repite hasta conseguir que el valor del reloj sea igual o aproximado al desplazamiento lineal del eje. Se tiene para el eje X el valor de configuración es 0.5000, para Y es 0.499619 y para Z el valor es 0.499872.

#### **4.7.6 Prueba de funcionamiento del control**

Para las pruebas de funcionamiento del control, se grabó en la computadora mediante el puerto USB programas de diseño elaborados en Solid Works (Software CAD), corrido los programas, la máquina empieza a trabajar moviendo los ejes según los códigos G, que se muestran en la pantalla de control, en estas pruebas se simula el maquinado de la pieza y únicamente se verifica el correcto movimiento de los ejes.

El segundo grupo de pruebas corresponde al maquinado de la pieza, en un bloque de madera, con la finalidad de comprobar las dimensiones de la pieza elaborada con las dimensiones del diseño de la pieza, culminado el trabajo se determinó que tanto la una medida con la otra son iguales.

Finalmente se elaboró un molde de una cubeta de huevos, siendo ésta la primera matriz realizada en la fresadora, dando como resultado un buen acabado superficial y las medidas exactas. De esta manera la máquina esta en condiciones de realizar cualquier tipo de maquinado. La Figura No.4.61 ilustra el maquinado del molde de la cubeta de huevos



**FIGURA No. 4.61 Maquinado de la cubeta de huevos**

### **4.8 ANALISIS FINANCIERO**

Por medio de este análisis se pretende evaluar la inversión económica, ingresos, egresos que se generaron en el desarrollo de de este proyecto de tesis, con el único objetivo de

conocer si es rentable económicamente. El análisis financiero se realizó en 2 etapas, la primera será la sistematización y presentación de costos – beneficio de un flujo de fondos, y la segunda etapa será un resumen de la primera en un indicador que permita comprobar la rentabilidad y factibilidad del proyecto respecto a la inversión realizada.

La primera etapa se lo realiza en periodos de tiempo semestral o anual donde se presentan los ingresos y egresos según la contabilidad de caja, por lo que este análisis se lo ejecutará al final del período. El flujo de fondos es la resta de los ingresos menos los egresos que representan salida en efectivo en el momento en que se realiza. En la segunda etapa se analiza el costo, oportunidad del dinero que es la tasa mínima que representa la rentabilidad a la que se renuncia al invertir en el proyecto.

Con la estimación de esta tasa se podrá determinar la rentabilidad del proyecto, con la ayuda de conceptos como VPN y TIR.

#### 4.8.1 Flujo de Fondos

Para realizar un análisis de flujo de fondos es recomendable seguir con la estructura que se muestra a continuación. Aquí se encuentra un esquema (sumatoria Ingresos - Egresos) en un periodo, como se dijo anteriormente puede ser semestral o anual en donde los valores pueden ser ingresos (+) o egresos (-).

#### FLUJO DE FONDOS

INGRESOS DE OPERACIÓN	SEMESTRAL O ANUAL
Inversión	-X1
Materia Prima	-X2
Operación y Mantenimiento	-X3
Depreciación	-X4
Impuestos	-X5
Ingresos	+X6
Utilidad (Sin Impuestos)	+X7
Utilidad Neta	+X8
Valor Residual	+X9
<b>FLUJO FONDOS NETO</b>	<b>X SUMA TOTAL</b>

**TABLA No.4.12 Flujo de fondos**

Para reforzar el cuadro de flujo de fondos se toma en cuenta para los ingresos y egresos conceptos tales como:

- Ingresos de Operación
- Costo de Operación

- Amortización de activos Diferidos
- Utilidad antes de participación de Impuestos
  - Participación de trabajadores (15% Utilidad)
- Utilidad antes de Impuestos
  - Impuesto a la renta (15%)
- Utilidad antes de Impuestos a la renta.
  - Impuesto circulación de Capitales
- Utilidad Neta
  - Utilidad en venta de Activos
  - Impuestos a la utilidad de venta de activos
- Ingresos no Gravables
  - Costos de operación de deducibles

Depreciación

Amortización de activos diferidos

Costos de Inversión

Capital de Trabajo

Recuperación de Capital de Trabajo

Nota : Si el proyecto se lo realizara con financiamiento se deberá tomar en cuenta , interés (crédito) , el pago de capital que será la amortización principal.

#### 4.8.2 Valor Presente Neto (VPN)

Representa la suma presente, que es equivalente a los ingresos netos futuros y presentes del proyecto, la conversión de sumas futuras de dinero a sumas presentes toma en cuenta el costo de oportunidad del dinero a través de la siguiente ecuación , la misma que dará una proyección a fin de determinar el valor presente del proyecto.

$$VPN = + \sum_{n=0}^n \frac{FNC_n}{(1+i)^n} \quad (4.3)$$

donde:

VPN = Valor Presente Neto

FNCn = Flujo de fondos al año n

i = Tasa de interés

n = Número de Períodos

Cuando VPN es positivo significa que después de cubrir todos los costos de inversión y el costo de oportunidad, el proyecto generará recursos adicionales, si el VPN es cero significa que los recursos generados permiten cubrir exactamente el costo de la inversión, mientras que si el VPN es negativo implicará que los beneficios del proyecto no compensan los costos de oportunidad así como la inversión hecha en el proyecto

### 4.8.3 Factibilidad del Proyecto

Se determina la factibilidad del proyecto realizando un análisis del VPN.

**VPN:**

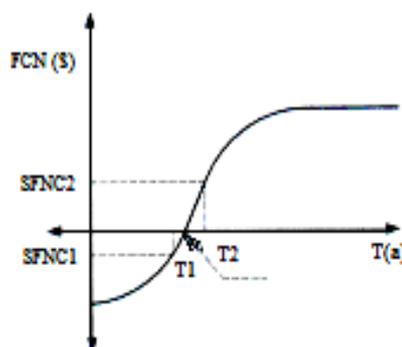
- $VPN > 0$ , el proyecto debe ser aceptado.
- $VPN = 0$ , será indiferente entre la realización o no del proyecto.
- $VPN < 0$ , el proyecto no vale la pena , existiendo alternativas de inversión que arrojan mayor beneficio.

### 4.8.4 Periodo de Recuperación

Indica el tiempo en que la empresa tardará en recuperar su inversión, con la ganancia que produce la máquina en un lapso de tiempo determinado (Ecuación 4.5).

Por interpolación o por medio del método de tanteo se puede realizar el cálculo de periodo de recuperación. Esto consiste en realizar una sumatoria de los flujos netos de caja para dos periodos diferentes dentro de la vida de un proyecto, para realizar una interpolación entre estos dos montos y periodos, así se determinará el tiempo exacto donde el proyecto ha cubierto la inversión inicial. La aceptación del periodo de recuperación está a criterio del inversionista.

La figura No. 4.62 indica la curva del Periodo de Recuperación.



**FIGURA No.4.62 Periodo de recuperación**

$$PR = T1 + \frac{SFNC_1 \cdot (T_2 - T_1)}{SFNC_1 + SFNC_2} \quad (4.4)$$

Donde:

PR = Periodo de Recuperación

SFNC<sub>1</sub> = Sumatoria de flujos netos de caja (Primer Periodo)

T1 = Tiempo de SFNC1

SFNC2 = Sumatoria de Flujos Netos de Caja (Segundo Periodo)

T2 = Tiempo de SFNC<sub>2</sub>

#### 4.8.5 Inversión Inicial del Proyecto

En la tabla 4.13, se muestra el monto requerido para la inversión de dicho proyecto. Los elementos utilizados para el control de la fresadora Bridge Port Series I son:

#### INVERSIÓN INICIAL DEL PROYECTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	P. UNIT	TOTAL
1	Kit fresadora CNC	1	3360	3360
2	100-Step MPG (Control Remoto)	1	559	559
3	Servo Motor 29 in-lb.	3	605	1815
4	Fuente de 110 Vol. AC	1	270	270
5	Fuente de 24 Vol. DC	1	100	100
6	Puente Rectificador de Señal	1	29	29
7	Capacitor 1200 uF	1	69	69
8	Terminales de Cable (15 Posiciones )	2	5	10
9	15m. cable AWG # 14	1	13	13
10	Contactador Siemens	1	18.50	18.50
11	Breakers monofásicos	5	6	30
12	Breaker Trifásico	1	9	9
13	Computadora de Escritorio	1	300	300
14	Ventilador	1	9	9
15	Adaptador (Monitor)	1	8	8
16	Adaptador (Teclado)	1	8	8
17	Monitor 15" Pantalla Plana	1	180	180
18	Teclado	1	15	15
19	Accesorios Eléctricos	1	80	80
20	Variador de Frecuencia	1	320	320
			<b>SUMA</b>	7133,5
			<b>IMPUESTO</b>	856,02
			<b>TOTAL</b>	\$ 7989,52

**TABLA No.4.13 Inversión Inicial del Proyecto**

Nota : El kit de la fresadora CNC contiene los siguientes elementos como se indica en la figura No. 4.63.

Disco duro de 512 MB de estado sólido

CNC10 Linux Control Software

Control Pendant

PCI Motion Control Card

Servo Drive, tarjeta de control de interfase

Cables de Fibra óptica

PLC Preprogramado



**FIGURA No. 4.63 kit de tarjetas fresadora CNC**

Los elementos mecánicos requeridos en la máquina Bridgeport se indican en la tabla No. 4.14.

#### **ELEMENTOS MECÁNICOS FRESADORA BRIDGEPORT**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANT</b>	<b>P. UNIT</b>	<b>TOTAL</b>
1	Sistema De Lubricación (Aceite)	1	120	120
2	Bomba de Refrigeración	1	110	110
3	Rodamientos	15	10	150
4	Bandas Transmisoras de movimiento	4	25	100
5	Binchas de Seguridad	6	2	12
6	Accesorios Mecánicos	1	40	40
			<b>SUMA</b>	532
			<b>IMPUESTO</b>	63,84
			<b>TOTAL</b>	\$ 595,84

**TABLA No.4.14 Elementos Mecánicos Fresadora Bridgeport**

Los accesorios requeridos en montaje del sistema neumático se presentan en la tabla No. 4.15.

### ACCESORIOS PARA SISTEMA NEUMÁTICO

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	P. UNIT	TOTAL
1	Mangueras neumáticas	1	50	50
2	Acoples en T	1	20	20
3	Accesorios de Adaptación	1	10	10
<b>SUMA</b>				80
<b>IMPUESTO</b>				9,6
<b>TOTAL</b>				\$ 89,6

**TABLA No.4.15 Accesorios para el sistema Neumático**

En la tabla No. 4.16 se indican los activos diferidos, montos de instalación e implementación.

### ACTIVOS DIFERIDOS

ITEM	DESCRIPCIÓN	HORAS	P. UNIT	TOTAL
1	Estudio de Factibilidad	60	10	600
2	Instalación	80	12	960
<b>SUMA</b>				1560
<b>IMPUESTO</b>				187,2
<b>TOTAL</b>				\$ 1747,2

**TABLA No.4.16 Activos diferidos de Implementación**

**Monto Total:**

### MONTO TOTAL

ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	Elementos de control	7989,52
2	Elementos Mecánicos	595,84
3	Accesorios Sistema Neumático	89,6
4	Activos Diferidos	1747,2
<b>TOTAL =</b>		<b>\$ 10422,16</b>

**TABLA No.4.17 Monto Total**

**La inversión inicial** para la construcción del proyecto es de diez mil cuatrocientos veinte y dos dólares con dieciséis centavos. (\$ 10422,16).

#### 4.8.6 Costos Anuales del Proyecto

Los costos proyectados en la ejecución del proyecto ascienden a doce mil doscientos dieciocho (\$ 12218) y son detallados a continuación en las siguientes tablas.

##### COSTOS ANUALES DE OPERACIÓN DE EQUIPO

EQUIPO	POTEN. (kw)	USO/DIARIO (HORAS)	CONSUMO DIARIO (KWh)	COSTO KW/h USD.	COSTO ANUAL (USD)
Bomba Refrigerera.	0.083	12	0.996	0,08	22,94
Motor Husillo.	1.484	12	17,808	0,08	410,29
PLC	0,2	12	2,4	0,08	55,29
Sistema Lubricaci.	0,0035	12	0,042	0,08	1
PC	0,23	12	2,76	0,08	63,59
Servomotores	0,96	12	11,52	0,08	265,42
Sub Total					\$ 818

**TABLA No.4.18 Costos anuales de operación del Equipo**

##### COSTO DE RECURSOS HUMANOS

DESCRIPCIÓN	CANT. HOMBRE	HOMB. TOT (H*MES)	COS. UNIT. (USD/H*MES )	COSTO ANUAL (USD)
Gerente	1	16	300	3600
Jefe de Mantenimiento	1	20	250	3000
Ventas	1	20	150	1800
Contabilidad	1	10	100	1200
Operador	1	30	100	1200
Sub Total				\$ 10800

**TABLA No. 4.19 Costo de Recursos Humanos**

##### COSTO DE MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN	CANT. HOMBRE	TIEMPO HORA / AÑO	COSTO (USD/HORA)	COSTO ANUAL (USD/AÑO)
Personal Mantenimien.	1	20	15	300
DESCRIPCIÓN	CANT (GALON)	TIEMPO (AÑO)	COST. UNIT. (USD/ GAL)	COST. ANUAL (USD)
Aceite	1	1	8	26.66
Taladrina	13	1	9	117
Sub Total				\$ 600

**TABLA No.4.20 Costo de Mantenimiento**

## COSTOS TOTALES

ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
1	Costos Anuales Operación Equipo	818
2	Recursos Humanos	10800
3	Mantenimiento	600
		= \$ 12218

**TABLA No.4.21 Costos totales**

### 4.8.7 Rendimiento de la Fresadora CNC

Por pruebas realizadas en la fábrica se determinó que el rendimiento de la máquina es del 99 % debido a su eficiencia, eficacia, número de horas trabajadas, en cuanto a precisión de trabajo, además se determinó que las medidas diseñadas en Solid Works son exactamente iguales a las medidas que se tomó de los moldes.

### 4.8.8 Ingresos del Proyecto

Los ingresos que se generará en el proyecto es el resultado de la proyección de la operación de la máquina, trabajando con un molde promedio que se realiza en la fábrica, tomando en cuenta que la máquina trabajará con un rendimiento total del 99 %.

<b>PRODUCTO</b>	Molde para Cubeta de huevos	
<b>PESO</b>	23	Kg
<b>PVP</b>	2800	USD
<b>VIDA UTIL (Máquina)</b>	10	Años

## INGRESOS - EGRESOS DEL PROYECTO

DETALLE	UNIDAD	MAQUINA AUTOMATIZADA
Costo de Operación	USD/ MES	818/12 = 68,16
Costo de materia prima	USD/ MES	350
Costo matricería (brocas, Fresas, etc)	USD/ MES	60
Costo de Producción	USD / MES	478,18
Costo final	USD / MES	2800
Número piezas	UNID/ MES	1
Costo Unidad	USD	478,18
Costo Venta	USD	2800
<b>Utilidad</b>	USD	2321,82
<b>Utilidad Neta</b>	USD / MES	2321,82
<b>Utilidad Neta</b>	USD / AÑO	27861,84

**TABLA No.4.22 Ingresos-Egresos del Proyecto**

El costo de producción se obtiene de la suma del costo de operación, de materia prima y matricería, este costo se calcula por mes. Se encuentra entonces la utilidad Neta por mes que es dos mil trescientos veinte y un dólares con ochenta y dos centavos ( \$ 2321,82).

Todo el ingreso se indica en un flujo neto de caja anual del proyecto; descrito a continuación en la tabla No. 4.23.

#### FLUJO NETO DE CAJA ANUAL

AÑO 0	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4-9	AÑO 10
Ingresos		33600	33600	33600	33600	33600
Recursos Humanos		10800	10800	10800	10800	10800
Costos de Operación		68,16	68,16	68,16	68,16	68,16
Costos de Mantenimiento		600	600	600	600	600
Materia Prima		4200	4200	4200	4200	4200
Depreciación		1042,216	1042,216	1042,216	1042,216	1042,216
Utilidad antes de la participación de impuestos		16889,6	16889,6	16889,6	16889,6	16889,6
Impuestos (15%)		2533,44	2533,44	2533,44	2533,44	2533,44
Utilidad Neta		14356,16	14356,16	14356,16	14356,16	14356,16
Valor Residual (Máquina)		0	0	0	0	5000
Depreciación		1042,216	1042,216	1042,216	1042,216	1042,216
Inversión	10422,1	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Flujo de fondos Neto	-10422,1	15398,37	15398,37	15398,37	15398,37	20398,37

**TABLA No.4.23 Flujo Neto de caja Anual**

#### **Factibilidad del Proyecto**

El valor actual neto a una tasa del 10 % anual, calculado con la ecuación 4.4 es de 73455,81 USD . Este valor es mayor a cero, siendo la ejecución del proyecto aceptada y así de esta forma justificando su inversión.

#### **Periodo de Recuperación**

$$PR = T_1 + \frac{SFNC_1 \cdot (T_2 - T_1)}{SFNC_1 + SFNC_2}$$

$$SFNC_1 = -10422,1 \text{ USD}$$

$$T1 = 0 \text{ Año}$$

$$SFNC_2 = 15398,37$$

$$T2 = 1 \text{ Año}$$

$$PR = 2 \text{ años}$$

El período de recuperación de la inversión en el proyecto es de 2 años. Este período se calculó con la ecuación 4.4, llegando a la conclusión que es un proyecto rentable con una recuperación de capital inmediata.

## CAPITULO V

### 5.1 CONCLUSIONES

Con la implementación de este proyecto, se cristalizó todos los objetivos generales y específicos planificados, permitiendo a la empresa Carlos Cruz e Hijos mejorar su producción y productividad.

En la elaboración del presente proyecto, se pudo observar el atraso tecnológico de nuestro país, debido a que no existen en el medio máquinas de control numérico, siendo muy pocas las empresas que se preocupan por innovar tecnología. Lamentablemente la tendencia es seguir utilizando máquinas manuales y obsoletas.

Al reemplazar el sistema antiguo, por un control moderno se mejoró notoriamente las características de maquinado de la fresadora, por cuanto en el control anterior la programación se lo hacía mediante líneas de código, que el operador ingresaba, tendiendo a cometer errores de programación que repercutía en tiempos de producción. Lo que no sucede en el nuevo control ya que el diseño de las piezas se lo realiza en software's CAD-CAM, que automáticamente genera los códigos G de programación, los cuales ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola.

El control se debe implantarse exclusivamente en máquinas CNC, porque los ejes de este tipo de máquinas herramientas poseen un mecanismo llamado husillos de bolas, esto hace que exista una mayor presión de movimiento, permitiendo que haya un buen control de los ejes de la máquina, por lo tanto en máquinas manuales no es posible adaptar este tipo de control.

Al implementar un variador de frecuencia permitió, controlar el tiempo de arranque del motor del husillo, y además se efectuó un incremento de la velocidad nominal del motor logrando con ello que el maquinado sea a altas revoluciones.

En lo que respecta al ahorro de energía, el control moderno disminuye considerablemente el consumo, si se compara con el control anterior, éste poseía dos armarios de control haciendo que la demanda de energía sea muy superior al del actual.

En la red ethernet entre la computadora de diseño y la computadora del control, se eliminó el tedioso trabajo de grabar el programa de diseño en la USB, para luego descargarlo en la otra computadora, de esta manera disminuyendo tiempos muertos, en beneficio de una mayor producción.

El control implementado en este proyecto, es un control versátil que no únicamente permite automatizar máquinas herramientas marca bridgeport, si no que es compatible con otras marcas que existen en el mercado.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Al realizar la automatización de la máquina, se debe tener cuidado en el desmontaje de las partes mecánicas ya que una mala acción podría dañar las partes de la misma. En el momento del montaje de los elementos verificar que estén colocados de la misma manera que cuando se desmontó la máquina.

Antes de la instalación de los elementos del control, leer detalladamente el manual de instalación, a fin de evitar daño debido a una incorrecta instalación de los mismos, sobre todo tener mucho cuidado en la manipulación de la tarjeta CPU10.

Verificar el tanque reservorio del sistema de lubricación, para que esté con suficiente aceite y evitar problemas de lubricación de la fresadora.

Para realizar el mecanizado de un producto en una fresadora CNC, no necesariamente se debe utilizar Solid Works y Visual Mill, existen otros software's de diseño y mecanizado que son compatibles con el CNC 10 Linux.

Se recomienda realizar este tipo de automatización, tomando como referencia el análisis económico presentado en el capítulo IV, el tiempo estimado de recuperación de la inversión es de dos años, como la proyección de la vida útil de la máquina es de diez años, entonces se tiene un rango de ocho años en el cual se puede aprovechar al máximo la máquina.

Para la implementación del control se recomienda no comprar todos los elementos que conforman el sistema, puesto que la computadora de control, fuentes de alimentación y elementos auxiliares se pueden adquirir en el país a precios más económicos, disminuyendo considerablemente el costo del proyecto.

Si las empresas cuentan con los recursos necesarios para la implementación de este tipo de control, el tiempo para la realizar la automatización es de dos meses aproximadamente. Tiempo relativamente corto, si tomamos en cuenta los beneficios y réditos que representa tener una máquina CNC.

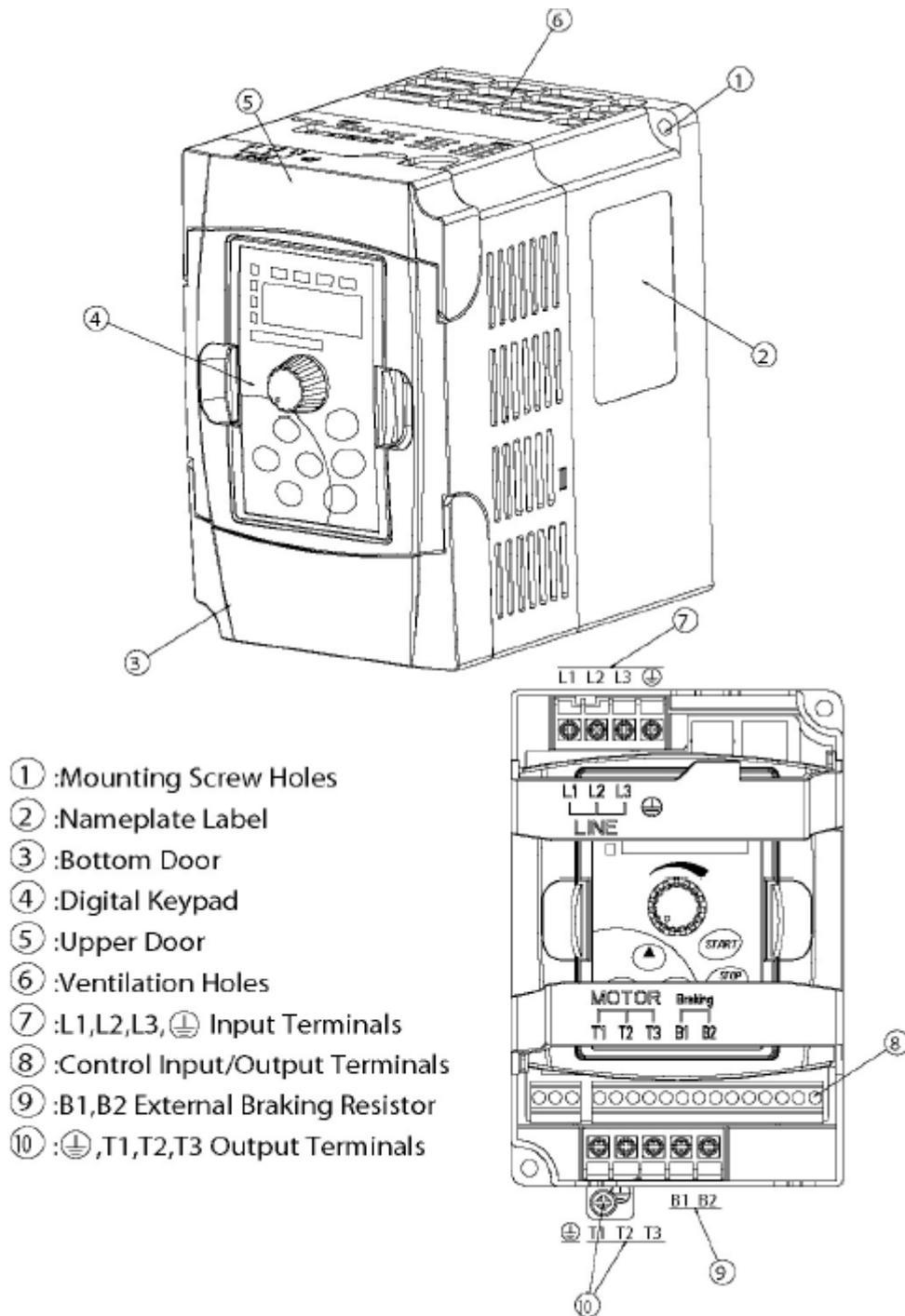
Se recomienda seguir con esta política de automatización, con la finalidad que la Empresa esté en condiciones de competir, por medio de las implementaciones de nuevos controles para las otras máquinas existentes en ésta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Manual de Mecánica Industrial IV TOMO.
- Curso Básico de CISCO SYSTEMS.
- Las Redes y el futuro de las Comunicaciones TOMO II.
- Manual del Variador de frecuencia Cutler-Hammer MVX9000.
- Manual de Instalación AJAX.
- Manual de operación y control CNC10 Linux.
- [www.dsptutor.freeuk.com/intro.htm](http://www.dsptutor.freeuk.com/intro.htm)
- [www.wilsonchamp.com.ar/notas.htm](http://www.wilsonchamp.com.ar/notas.htm) principio.
- [www.zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain](http://www.zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain).
- [www.maquinas de control numérico \(CNC\)-ilustrados-com.htm](http://www.maquinasdecontrolnumérico.com/illustrados-com.htm).
- [www.// fai.unne.edu.ar/contenido/5Maquinas%20Herramientas.htm](http://fai.unne.edu.ar/contenido/5Maquinas%20Herramientas.htm).

## ANEXO 1

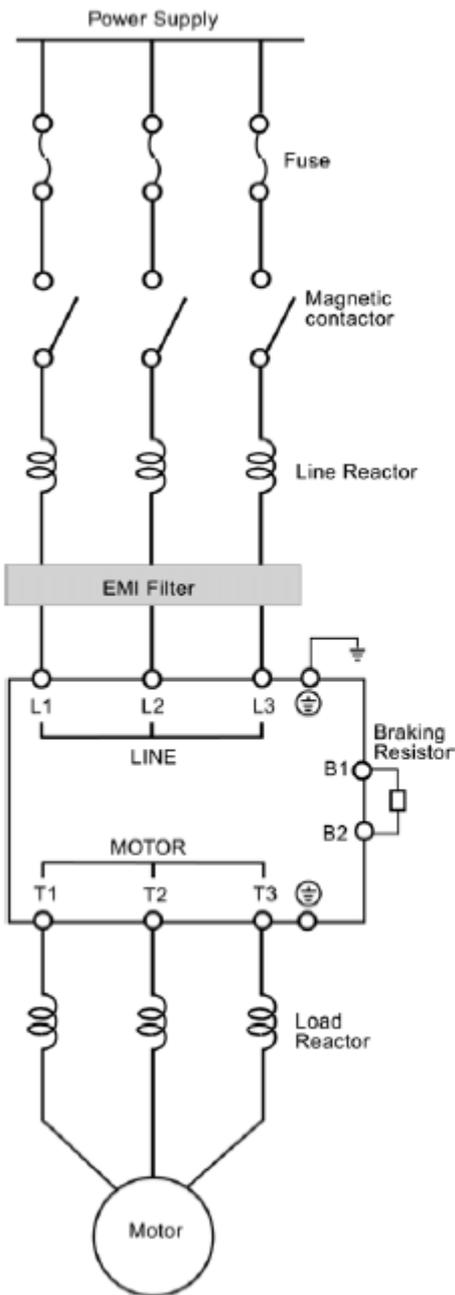
### Componentes Externos del Variador



## Mensajes de Display AC DRIVES

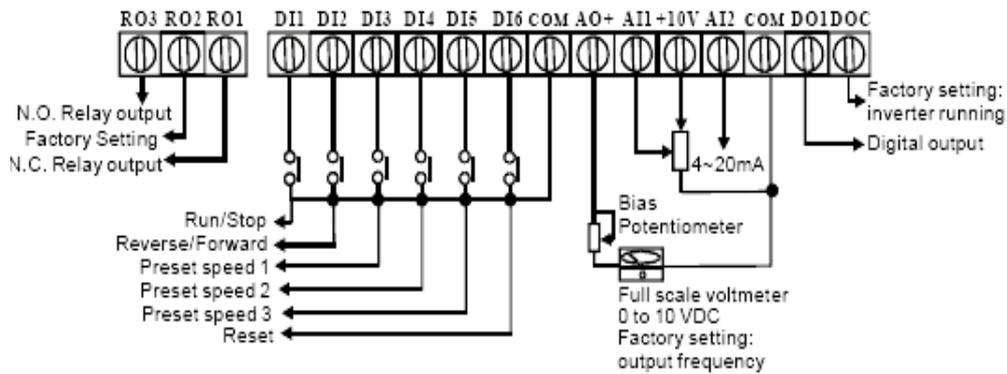
Displayed Message	Descriptions
 60.0	The AC drive Input Frequency Reference.
 60.0	The Actual Operation Frequency at the output terminals T1, T2, and T3.
 2.5	The output current present at the output terminals T1, T2, and T3.
 5.0	The value of the user defined units.
 u 120	The output voltage present at the output terminals T1, T2, and T3.
 t20.0	The temperature of the unit.
F r d	The AC drive forward run status.
r E u	The AC drive reverse run status.
20.	Parameter group selection.
20.05	The specific parameter selection.
E n d	"End" displays for approximately 1 second if input has been accepted. After a parameter value has been set, the new value is automatically stored in memory.
E r r	"Err" displays, if the input is invalid.

## Conexión Externa AC Drives



Items	Explanations
Input Power	Please follow the specific power supply requirement shown in Appendix A.
Fuse	Please check the Fuse Specification table in Appendix C for proper fuse selection.
Magnetic contactor (Optional)	Please do not use a Magnetic contactor as the ON/OFF switch of the AC drive, this will reduce the operating life of the AC drive. The contactor should only be used as a safety device for disconnecting power to the drive.
Line/Load Reactor (Optional)	To improve the power factor. An AC Reactor may be necessary when capacity is above 1000kVA, and the wiring distance is within 10m.
EMI filter (Optional)	Used to reduce the electromagnetic interference.
Braking Resistor (Optional)	Used to reduce stopping time of the motor. Please refer to the Braking Resistor table in Appendix C for specific Braking Resistors.

## Bloque de Terminales de Control

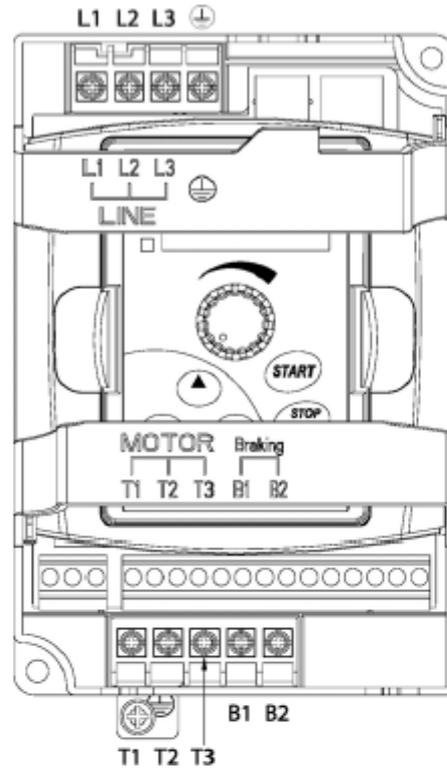


*Note: For Wire Gauge and Torque tightening specifications, please refer to the next page.*

Table 3-1

Terminal symbols	Terminal name	Remarks
RO1 - RO2	Digital Output Relay	Refer to 40.04 Relay output contact
RO3 - RO2	Digital Output Relay	RO1-RO2 (N.C. Contact) RO3-RO2 (N.O. Contact)
DO1 - DCM	Digital photocouple output	Refer to 40.03
RJ - 12	Serial communication port	RS-485 serial communication interface
+10V - COM		Power Supply (+10 V)
AI1 - COM	Analog voltage input	0 to +10 V Input
AI2 - COM	Analog current input	0-20mA or 4 to 20mA Input
AO+ - COM	Analog frequency/current meter	0 to +10 V Output
DI1 - COM	Digital input 1	Refer to 30.11
DI2 - COM to to	Digital input 2 to	
DI6 - GND	Digital input 6	

## Conexión Principal del Circuito



Wire Type: 75°C Copper Only

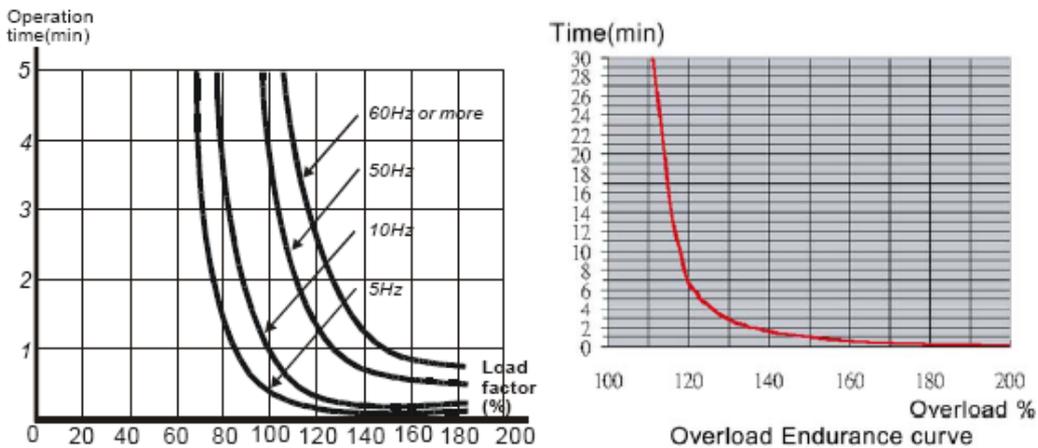
Catalog Number	Voltage, Horsepower	Max. Current(A) (Input/Output)	Wire Gauge (AWG)	Torque Rating (kgf-cm)
MVXF50A0-2 (1 phase)	240 VAC, 0.5 Hp	6.3	12-14	14
MVXF50A0-2 (3 phase)	240 VAC, 0.5 Hp	3.2	12-14	
MVX001A0-2 (1 phase)	240 VAC, 1 Hp	11.5	12-14	
MVX001A0-2 (3 phase)	240 VAC, 1 Hp	6.3	12-14	
MVX002A0-2 (1 phase)	240 VAC, 2 Hp	15.7	12	
MVX002A0-2 (3 phase)	240 VAC, 2 Hp	9	12-14	
MVX003A0-2 (1 phase)	240 VAC, 3 Hp	27	8	15
MVX003A0-2 (3 phase)	240 VAC, 3 Hp	15	8-12	
MVX005A0-2	240 VAC, 5 Hp	19.6	8-10	
MVX007A0-2	240 VAC, 7.5 Hp	28	8	14
MVX001A0-4	480 VAC, 1 Hp	4.2	12-14	
MVX002A0-4	480 VAC, 2 Hp	5.7	12-14	
MVX003A0-4	480 VAC, 3 Hp	6	12-14	
MVX005A0-4	480 VAC, 5 Hp	8.5	8-14	
MVX007A0-4	480 VAC, 7.5 Hp	14	8-12	
MVX010A0-4	480 VAC, 10 Hp	23	8-10	15

## Sobrecalentamiento del Motor -Sobrecarga

**Electronic Thermal Motor Overload** Range: 30 to 300 seconds      Default: 60sec  
Unit: 1 seconds

This parameter can be set during operation.

The parameter determines the time required to activate the I<sup>2</sup>t electronic thermal motor overload function. The graph below shows I<sup>2</sup>t curves for, 150% output power for 1 minute.



**Auto Voltage Regulation (AVR)** Range:      Default: 00  
00 AVR function enabled  
01 AVR function disabled  
02 AVR function disabled during deceleration  
03 AVR function disabled upon a stop command

The AVR function automatically regulates the AC drive's output voltage to meet the value set in 50.06 (Motor Nameplate Voltage).

Example: If 50.06 is set at 200 VAC and the input voltage is varying between 200V to 264VAC, the drive's output voltage will automatically be limited to 200 VAC.

Without AVR function, the motor nameplate voltage may vary between 180V to 264VAC, due to the input voltage varying between 180V to 264 VAC.

Selecting value 2 enables the AVR function and also disables the AVR function during deceleration. This offers a quicker deceleration and is most commonly used.

## Datos Técnicos Variador

Voltage Class		230V Series					
Model Number MVX AO-		F50	001	002	003	005	007
Max. Applicable Motor Output (kW)		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5
Max. Applicable Motor Output (HP)		0.5	1	2	3	5	7.5
Output Rating	Rated Output Capacity (kVA)	1	1.9	2.7	3.8	6.5	9.5
	Rated Output Current (A)	2.5	5	7	10	17	25
	Max. Output Voltage (V)	Proportional to input voltage					
	Rated Frequency (Hz)	0.1 to 400 Hz					
Input Rating	Rated Voltage	180 to 264 VAC					
	Frequency Tolerance	50/60 Hz $\pm$ 5%					
	1 phase/3 phase Rated Input Current	6.3/3.2	11.5/6.3	15.7/9	27/15	19.6	28
Control Characteristics	Control System	SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation)					
	Output Frequency Resolution	0.1Hz					
	Overload Endurance	150% of rated current for 1 minute					
	Acceleration/Deceleration Time	0.01 to 600.00 seconds					
	Torque Characteristics	Including the auto-torque, auto-slip compensation; starting torque can be 150% at 1Hz in vector, 3Hz in V/F					
	V/F Pattern	Adjustable V/F pattern or sensorless vector					
	Stall Prevention Level	Set to percentage of rated current					
Operating Characteristics	Frequency Setting	Keypad	Set by UP, DOWN keys or potentiometer				
		External Signal	Potentiometer-5KW/0.5W, 0 to +10VDC or 0 to +5V (Input impedance 47KW), RS-485 interface, 4 to 20mA (Input impedance 250 $\Omega$ ), 1 to 7 step speeds, PID feedback				
	Operation Setting Signal	Keypad	Set by START, STOP, RIGHT and LEFT keys				
		External Signal	FWD/STOP, REV/STOP (RUN/STOP, FWD/REV), 3-wire control, serial communication				
	Digital Input Signal	Multi-step selections 1 to 7, Jog, acceleration/deceleration inhibit, first/second acceleration/deceleration switch, counter, External BB (Pause), PLC operation. Terminals have 5V potential and must be brought to DC common to enable (Sinking).					
	Digital Output Indication	Operating, Up to frequency, Desired frequency, Non-zero B.B., Abnormal indication, Local/Remote indication, PLC, Low Voltage.					
	Analog Output Signal	Analog frequency/current signal output.					
Other Functions	AVR, S-Curve, Over-Voltage, Over-Current stall prevention, Fault records checking, Carrier Frequency adjustable, DC injection braking, Momentary power loss restart, Frequency limit setting, Parameter lock/reset, Frequency input operation method selection, Reverse run inhibit, etc.						
Protection	Self-testing, Over-voltage, Over-current, Under-voltage, Overload, Overheating, External Fault, Ground Fault, I <sup>2</sup> t.						
Cooling Systems	Forced air-cooling						
Environment	Installation Location	Altitude 1,000 m or lower, keep from corrosive gasses, liquid and dust					
	Pollution Degree	2					
	Ambient Temperature	-10°C to 50°C (Non-Condensing and not frozen)-10°C to 40°C for the models of 5.5kW and higher					
	Storage Temperature	-20°C to 60°C					
	Ambient Humidity	Below 90% RH (non-condensing)					
	Vibration	9.80665 m/s <sup>2</sup> (1G) less than 20Hz, 5.88m/s <sup>2</sup> (0.6G) at 20 to 50Hz					

## ANEXO 2

### Componentes Control CNC10



#### 29in-lb DC Brush Servo

This high quality servo motor comes complete with a 2000 line differential encoder preinstalled in the motor.

Max. RPM	3000
Max. Voltage	140VDC
Stall Torque	26in-lb
Stall Current	6.8A



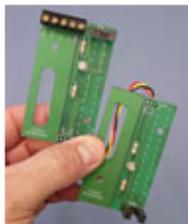
#### Mill Control Pendant

The Control Pendant can be hand held or mounted in place. Features dedicated controls for 4-axis jogging, program start / stop, feedrate override, spindle speed override, E-stop, coolant, tool check, and user-programmable auxiliary keys. Tactile feedback, industrial sealed overlay, tough steel and aluminum construction make this a must have for your AjaxCNC control. Attaches to the control via a 12' cord.



#### Motor/Encoder Prewire

To simplify the installation of your new AjaxCNC control, this motor / encoder prewire is completely sealed to protect the motor from chips and coolant. All connections are terminated for simple plug-n-play installation. 12'



#### Z-axis Optical Limit Switches

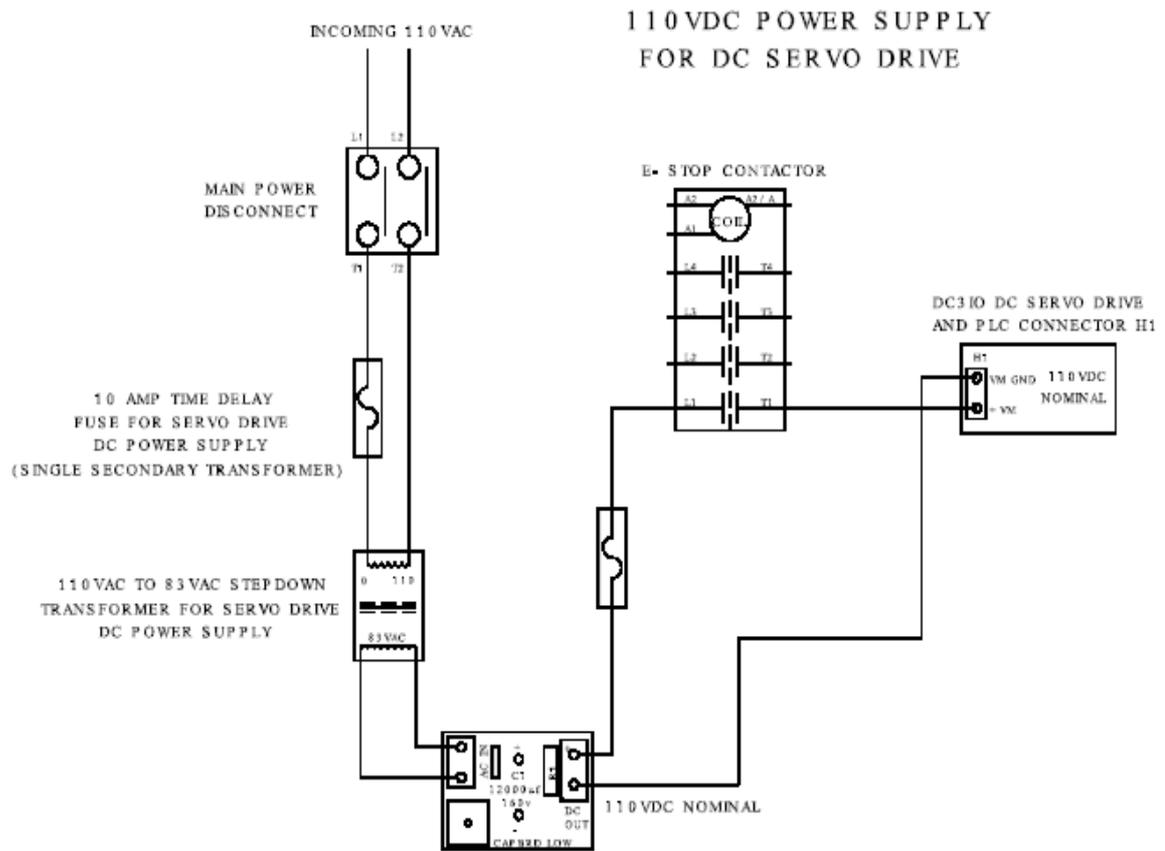
These limit switches are perfect for knee mill quills where rough cuts and vibration can trigger sensitive mechanical switches. These are the last limit switches you will ever need to buy.



#### 110VAC Power Supply Kit

This complete power supply kit comes with everything you need to produce a strong stable DC power source for your motors. This kit includes a 110VAC transformer, capacitor, rectifying bridge, and an EMI filter. The power supply is capable of driving up to (4) 29in-lb servos.

# Fuente de 110 Para El drive de DC del servo



## ANEXO 3

### Datos Técnicos de Limit Switch Hanyoung Roller Utilizado en automatización de fresadora Bridgeport:



MODEL	ROLLER PLUNGER		TOP BALL PLUNGER		VARIABLE ROLLER LEVER		VARIABLE ROD		ROLLER LEVER		SPRING WIRE	
	M902	LM902	M903	LM903	M904	LM904	M907	LM907	M908	LM908	M909	LM909
Appearance												
Operation												
Frequency	Mechanical		1mm~1 m/s									
	Electrical		120/minute									
Insulation resistance		30/minute										
Dielectric Strength		100m Ohm above(At DC 500V)										
Contact Resistance		1,000VAC 50/60Hz for 1 minute (between charging part) 2,000VAC 50/60Hz for 1 minute (between discharging part)										
Vibration/Malfunction		25m Ohm below(initial)										
Shock	Durability		10~55Hz Double amplitude width 1.5mm									
	Malfunction		1,000 m/s <sup>2</sup> above (100G MIN.)									
Life	Mechanical		30 m/s <sup>2</sup> above (30G MIN.)									
	Electrical		5 millions operations min.									
7.5 millions operations min.												

#### RATINGS

RATED VOLTAGE (V)	NON-INDUCTIVE(A)					INDUCTIVE LOAD(A)				
	RESISTANCE LOAD		RAMP		INDUCTIVE LOAD		MOTOR LOAD			
	N.C	N.O	N.C	N.O	N.C	N.O	N.C	N.O		
AC	125	10	3	1.5	10		5	2.5		
	250	6	2	1	10		3	1.5		
	480	4	1.5	0.8	3		1.5	0.8		
DC	8	10	6	3	10		6			
	14	10	6	3	10		6			
	30	6	4	3	6		4			
	125	0.8	0.2	0.2	0.8		0.2			
	250	0.4	0.1	0.1	0.1		0.1			

## Datos Técnicos de Tipos Limit Switch Hanyoung

<b>惠美仪器</b> WELLMATE INSTRUMENT		MINI LIMIT SWITCH			
MODEL	VARIABLE ROLLER LEVER (L804)	VARIABLE ROD (L807)	ROLLER LEVER (L808)	SPRING WIRE (L809)	
Appearance					
Contact		Contact type:2b(n.c)			
Frequency	Mechanical	120/minute			
	Electrical	30/minute			
Insulation resistance		100MΩ above (AT DC 500V)			
Contact resistance		25mΩ below (initial) 100mΩ below (after tasting)			
Dielectric strength		Between noncontinuous terminal: AC1500V 50/60Hz 1 minute Between terminal&non-current carrying metal part: AC2000V 50/60Hz 1 minute			
Vibration/Malfunction		10-55Hz double amplitude width 1.5mm			
Shock	Durability	300m/s <sup>2</sup> above (30G above)			
	Malfunction	100m/s <sup>2</sup> above (100G above)			
Life	Mechanical	1 Millions Operations min (Switching frequency 60/minute)			
	Electrical	0.1 Millions Operations min (Switching frequency 20/minute, at rated load)			
Ambient temperature and humidity		-10°C ~ +70°C 95%RH below (20°C)			
*RATINGS					
RATED VOLTAGE\LOAD		RESISTANCE LOAD (cosφ=1)		INDUCTIVE (cosφ=0.4)	
AC 125V		5A		3A	
AC 250V		5A		2A	
DC 125V		0.4A		0.1A	

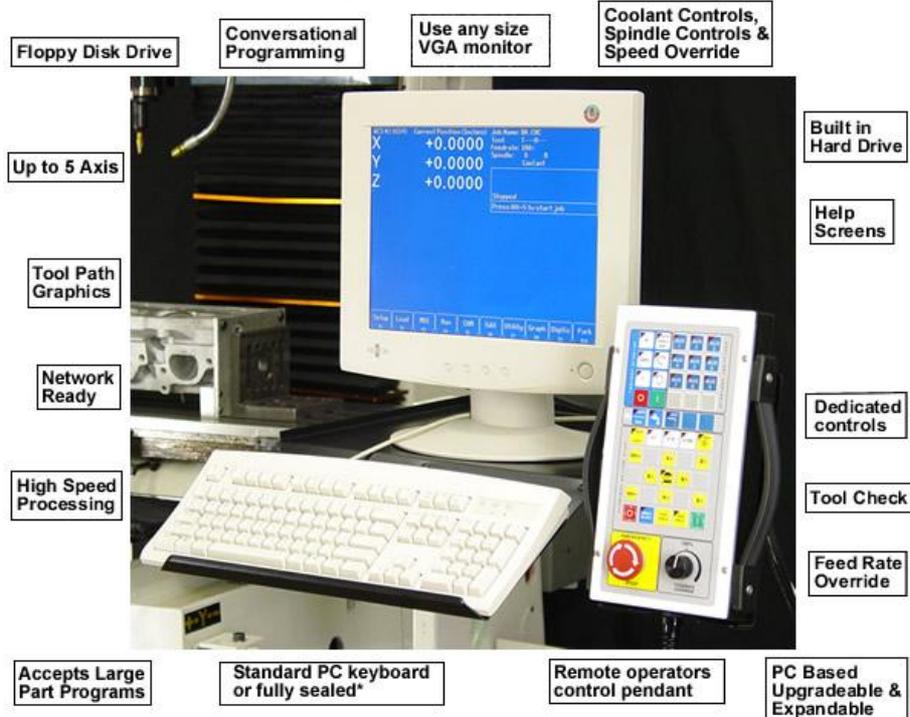
<b>惠美仪器</b> WELLMATE INSTRUMENT		M/LM LIMIT SWITCH									
MODEL	ROLLER PLUNGER	TOP BALL PLUNGER	VARIABLE ROLLER LEVER		VARIABLE ROD		ROLLER LEVER		SPRING WIRE		
	N902	LM902	N309	LM903	N904	LM904	N907	LM907	N908	LM908	N909
Appearance											
Operation speed		1mm-1m/s									
Frequency	Mechanical	120/minute									
	Electrical	30/minute									
Insulation resistance		100MΩ above (AT DC 500V)									
Contact resistance		25mΩ below (initial)									
Dielectric strength		AC1,000V 50/60Hz 1 minute (between charging part) AC2,000V 50/60Hz 1 minute (between discharging part)									
Vibration/Malfunction		10-55Hz double amplitude 1.5mm									
Shock	Durability	1000m/s <sup>2</sup> above (100G above)									
	Malfunction	300m/s <sup>2</sup> above (30G above)									
Life	Mechanical	5 Millions Operations min									
	Electrical	0.75 Millions Operations min									
*RATINGS											
RATED VOLTAGE (V)		NON-INDUCTIVE LOAD (A)				INDUCTIVE LOAD (A)					
		RESISTANCE LOAD		LAMP LOAD		INDUCTIVE LOAD		MOTOR LOAD			
		N.C	N.O	N.C	N.O	N.C	N.O	N.C	N.O		
AC	125	10	3	1.5	10	5	2.5				
	250	6	2	1	10	3	1.5				
	480	4	1.5	0.8	3	1.5	0.8				
DC	8	10	6	3	10	6					
	14	10	6	3	10	6					
	30	6	4	3	6	4					
	125	0.8	0.2	0.2	0.8	0.2					
	250	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1					

MODEL		PUSH BUTTON	ROLLER LEVER	LEVER	ROLLER PUSH BUTTON		
		P501A	R504AC	L507AC	PR508AB		
Appearance							
Operation speed		0.05mm-0.5m/s					
Frequency	Mechanical	120/minute					
	Electrical	20/minute					
Insulation resistance		100MΩ above (AT DC 500V)					
Contact resistance		25mΩ below (initial) 100mΩ below					
Dielectric strength		between charging part: AC1,000V 50/60Hz 1 minute between discharging part: AC2,000V 50/60Hz 1 minute					
Vibration/Malfunction		10-55Hz double amplitude width 1.5mm					
Shock	Durability	1000m/s <sup>2</sup> above (100G above)					
	Malfunction	300m/s <sup>2</sup> above (30G above)					
Life	Mechanical	1 Millions Operations min					
	Electrical	0.3 Millions Operations min					
Net weight		90g (ZCN-PR508 type)					
Ambient temperature and humidity		-10°C~+80°C 25-95%RH below					
<b>*RATINGS</b>							
RATED VOLTAGE (V)		NON-INDUCTIVE LOAD (A)		INDUCTIVE LOAD (A)			
		RESISTANCE LOAD		INDUCTIVE LOAD		MOTOR LOAD	
		N.C	N.O	N.C	N.O	N.C	N.O
AC	125	15		10		3	1.5
	250	10		6		2	1
	600	3		2		1.5	0.75
DC	8	15		10		-	-
	14	15		10		-	-
	30	6		5		-	-
	125	0.4		0.05		-	-
	250	0.2		0.03		-	-

## ANEXO 4

### Control CNC Para Fresadora Bridgeport

#### High performance, user-friendly CNC controls for Milling applications



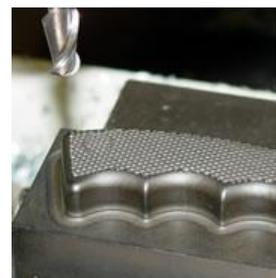
#### Powerful control with user-friendly operation

- Cut parts the first day with straight-forward operation.
- Machine parts not possible with other controls.
- Get more work through a machine with faster setups.
- Produce parts with a better surface finish.
- Spend less time programming and more time making chips.
- Bring in more work and bid on higher paying jobs.
- Economical control delivers the power and features.
- Easily customizable, use any size display.
- Remote control for faster setups.



#### Useful Tools for quicker job turn around.

- Stop and restart the job at any point.
- Stop, make any adjustments, and restart right where you left off.
- Toolpath Graphics show you the cutter path before & during the job.
- On-the-fly override control of feeds and speeds.
- Useful Help Screens guide you through Setup and Programming.
- Remote control for fast job setups on large format machines.
- Run large part programs with no limitations.
- High Speed processing provides smooth machining, no gouging.
- Fast, smooth continuous tool motion, no hesitation or dwell



## Dedicated control panel for all common Milling functions

- Remote control pendant can be used hand-held or mounted.
- Clearly labeled controls for each axis and direction.
- Dedicated buttons for spindle and coolant controls.
- Spindle speed override and Feedrate override.
- Tool Check, Feed Hold, Cycle Start, Rapid override, Incremental and Continuous Jog, Single Block.
- Customize with Tool index +/-, Clamp/Unclamp, Vac on/off, & more.
- Extra auxiliary buttons are programmable for special applications.
- Fully sealed, coolant-proof, long lasting in shop environment.
- Tactile feedback, raised buttons with distinct action.
- Indicator lights show the selection made.



## Conversational Programming is fast and easy

- Program parts right at the control or offline with your desktop PC
- Centroid's Intercon generates the G codes for you.
- Help screens for all the common milling cycles, just fill in the dimensions. Even lines and arcs are canned cycles.
- A graph of the part shows your work as you go. Graph at any point.
- Automatic pocket cleanout, Intercon auto creates the roughing and finish passes automatically.
- Fill in the blank: Threadmilling, Drilling, (3 types of cycles), Tapping (Rigid, Rigid peck tapping, Floating), Pocketing, Facing, Auto connect radius, Lines, Arcs, Math Help, Teach in and much more!



## 5 Axis CNC control. True simultaneous 5 axis machining.

- NEW! True 5 axis machining is now available. Smooth consistent 5 axis motion. Great for either gimble table setups or knuckle head machines. X,Y,Z,A and B motion all at the same time or in any combination. For Milling machines and CNC routers.



## Auto tool changer

- The Centroid CNC control can operate a wide variety of types of tool changers. Umbrella type to Swing arm -- the Centroid provides fast repeatable tool changes. Automatic batch measurement is also available when used with our TT-1 Auto Tool Setter. Just highlight the tools you would like to measure and the batch feature will automatically retrieve, measure and replace each tool automatically.



## Rigid tapping, Deep hole tapping and Threadmilling

- With a Centroid you can make all kinds of threads. You can use Tapping, Rigid Tapping and Thread milling depending on your part for the best result! Centroid's advanced rigid tapping is simple to program and will both tap a hole in the regular way AND can also use the deep hole cycle to make a thread. Deep hole tapping taps a hole much in the same way as you would by hand. It allows you to tap a much larger hole than the HP of your machine would normally allow!



## Digitizing. Turn your milling machine into a copy machine.

- Copy and Cut 2D and 3D shapes. Centroid's affordable, effective Digitizing is the simplest CNC Digitizing on the market. Just record and play back. Do you have a 2D contour such as a CAM or a 3D part like a mold or plug? But no print? Let our Digitizing feature copy the part for you. Digitizing turns your milling machine into a copy machine. Centroid has overcome the cumbersome problems associated with Digitizing on other controls. With a Centroid, it's actually one of the simplest features on the control to use. With our Digitizing feature you will be able to copy and reproduce an existing shape with little or no programming! No CAD/CAM necessary, however you can export the Digitizing information to a CAD/CAM system for further modification. It's very popular for repairing cylinder head combustion chamber damage, copying cams, creating molds and plugs from existing objects and many other uses.



### Auto tool set

- Setup your tools in a quarter of the time it would normally take! If you often machine short-run parts and are always setting up and tearing down for a new job, the TT-1 Auto tool set will save you tons of time while more accurately setting your tool height offsets. With the TT-1 you can create more parts per hour since the tool set up is so much faster. You'll even save time when you have to replace a dull tool with a new one in the middle of a job. The TT-1 is completely automatic. Press "measure" and the tool will automatically touch off the TT-1 and set the tool height offset in the tool library. See the TT-1 in action on our Video CD. The TT-1 plugs into the control...



### Fully sealed, coolant-proof Keyboard

- With any CENTROID CNC control you can use a regular PC keyboard or our fully sealed unit. We found that about half our customers prefer a regular open style PC keyboard and the other half prefer a sealed unit. The CENTROID sealed PC keyboard is liquid-proof and provides reliable and durable keyboard operation in a shop environment. Our keyboard is: fully sealed, coolant proof, long lasting in shop environment, has tactile feedback, and has raised buttons with distinct action.



### Centroid CNC Service and Support

- Centroid CNC controls have a proven reliable track record and offer cool, quiet operation. Our controls are easy to maintain, with autotune, dragplot and self diagnostics. Centroid CNC users are supported by a nation wide network of local Factory Trained Technical Representatives who provide fast affordable service, training and upgrades. Centroid users can stay up with current technology with easy Centroid CNC software updates. In just minutes, new CNC features can be added to the control.



## ANEXOS 5

### Parámetros de Seteo de la máquina

Parámetro	Definición	Defecto
2	Interpretación de Códigos-G	0
3	Herramienta Modal y Compensación de Altura	0
4	Archivos RS-232	1
5	Suprimir el Ajuste de Home de la Máquina	0
6	Cambiador Automático de Herramienta Instalado	0
7	Mostrar Colores	0
8	Sistema(s) de Enfriamiento Disponible	2
9	Mostrar Lenguaje/Idioma	0
10	Control de Función Macro M	0
11	Input PLC del Palpador	0
12	Número de Herramienta del Palpador	0
13	Distancia de Recuperación del Palpador	0.05
14	Velocidad Rápida del Palpador	n/a
15	Velocidad Lenta del Palpador	n/a
16	Distancia de Búsqueda del Palpador	10
17	Número de Referencia del Detector de Herramienta	0
18	Input PLC del Inhibidor del Husillo	0
19	Auto-Activación del MPG	0
20	Temperatura Ambiental	72
21-24	Coefficientes de Calentamiento del Motor	Vea el texto
25-28	Coefficientes de Enfriamiento del Motor	Vea el texto
29	Temperatura de Advertencia	150
30	Temperatura Limite	180
31	Porte de la Unidad de Vectores del Husillo	0
32	Índice de Velocidad de Transmisión Digital de la Unidad de Vectores del Husillo	19.200
33	Índice de Velocidad del Motor de la Unidad de Vectores del Husillo	1
34	Cuentas/Rev del Encoder del Husillo	8.000
35	Data del Encoder del Husillo	n/a
36	Activar/Desactivar Rígido de Golpear Ligeramente	0
37	Tiempo de Deceleración del Husillo	10
38	Avance de Ejes Múltiples	0
39	Limite del Perilla del Ajuste del Avance	200
40	Incremento de Movimiento Básico	0.0001
41	Incremento de Movimiento del Operador	0.25
56-59	Límites de Paradas Fuertes	0
60	Tamaño de Digital Filler	1
61	Tiempo de Parada de Alta Potencia	0.5
62	Limite PID de Parada de Alta Potencia	115
63	Multiplicador PID Ocioso de Alta Potencia	1.5
64	Atar Cuarto Eje	0
65-67	Proporciones de los Engranajes del Husillo	1
70	Tabla de Compen Inc/Monto de Decremento	001/.02mm
71	Detector del altura del ajuste del parte	n/a
73	Cantidad de Retración de Picado	0.05
74	Función M del Husillo CCW	4
81	Función M de Taladrado Aéreo	-1
83	Cantidad de Despejo de Taladrado Profundo	0 05
8-4	Función M del Husillo CW	3
87-90	Tiempo de Aceleración de Autotune y Ka	48
91-94	Ejes Rotatorios Instalados	0
95-98	Distancias de los Movimientos de Autotune	2
99	Número de Eventos de Busca-Adelante	10

## Parámetro 2 - Interpretación de Códigos-G

Este parámetro es un campo de 3-bits que controla interpretaciones opcionales de muchos códigos-G. La tabla siguiente muestra las funciones ejecutadas por el valor entrado en este parámetro.

Bit	Descripción de la Función	Valor del Parámetro
0	Centros de arcos I, J, K están absoluto en modo G90?	Si= 1, No = 0
1	Permitir Z siendo especificado solamente para ser suficiente a hacer ejecución de un ciclo de taladrado o ciclo fijo?	Si= 2, No = 0
2	Interpretar tiempos de demora asociado con G4, G74, G82, G84, y G89 como milisegundos en vez de segundos?	Si = 4, No = 0

## Parámetro 3 - Herramienta Modal y Compensación de Altura

Este parámetro controla si la última herramienta y compensación de altura activada durante una ejecución de un programa permanecerá activo después de la ejecución del programa. También controla el estado de Herramienta en la Pantalla de Estado.

Valor	Significado
0	<ul style="list-style-type: none"><li>Números de Comp. de Herr. y Altura serán modal, permanecerán activo entre programas.</li><li>Muestra de Estado de Herr. permanecerá activa aun si el programa no está bajo ejecución.</li><li>Muestra de Estado de Herr. mostrará solamente los números corrientes de T y H.</li></ul>
1	<ul style="list-style-type: none"><li>Números de Comp. de Herr. y Altura serán reajustado a sus defectos después de la ejecución del programa.</li><li>Muestra de Estado de Herr. será actualizada solamente durante ejecución del programa. Muestra de Estado de Herr. mostrará solamente el número actual de T.</li></ul>

## Parámetro 4 - Archivos RS-232

Este parámetro controla la acción del menú Cargar Trabajo cuando archivos CNC son seleccionado de unidades mas alto que C: Estas unidades (i.e. D:, E:, F:, etc.) son presumidas a ser unidades de network o Interlink. Si el valor es 1, el menú de Cargar un Trabajo cargará un archivo de una unidad mas alto que C: al hacer una copia y poniéndola en el disco duro del control (en el directorio C:\CNC7\NCFTLES) Cuando el archivo está ejecutado mas tarde, el control usará la copia que permanece en su disco duro Sin

embargo, si este parámetro es 0, no se copia el archivo al disco duro. Una referencia al archivo será creado. Cuando este archivo está ejecutado, el control leerá el archivo donde se encuentra.

### **Parámetro 5 - Suprimir el Ajuste de Home de la Máquina**

Este parámetro controla el ajuste a home del control y no permite que la extensión de WCS (sistema de coordenadas de trabajo) funcione, la siguiente tabla muestra las funciones por defecto:

<b>Bit</b>	<b>Descripción de la Función</b>	<b>Valor de Parámetro</b>
0	Suprime el requisito del ajuste del home antes de power la maquina en marcha?	Si= 1 No = 0
1	Permite extensión de WCS?	Si = 2 No = 0

Este parámetro suprime el requisito de ajustan la posición home de la máquina antes de ponerla en marcha. Si el valor de parámetro 5 es 0, el home de la máquina debe ser fijado antes de ejecutar cualquier trabajo. Si el valor de parámetro 5 es 1, el ajuste de la posición home no es pedido ni requerido.

**NOTA:** El parámetro 5 es diferente al pedido "Máquina a Referencia al Encender" de la Pantalla de Configuración del Control. El parámetro 5 determina si usted debe fijar la posición home; "Máquina a Referencia al Encender" determina como usted fijará la posición home, si lo tiene que hacer.

@Bit 1 permite/no permite que WCS Funciona. Cuando funciona hay 18 orígenes del parte de trabajo (en vez de lo normal de 6) y 4 puntos de regreso (en vez de 2). Los puntos extra de regreso serán accesibles en el menú de configuración de WCS. Los puntos extra de los orígenes no serán disponibles en este menú. Pero solamente puedan ser fijado usando ajuste parteo/menú de posición. En los códigos G, los 12 orígenes extra puedan ser escogido con "G54P1" por medio de "G54P12" o "E7" por medio de "E18." En los cogidos G, los puntos adicionales de regreso puedan ser escogidos con "G30P3" y "G30P4."

### **Parámetro 6 - Cambiador Automático de Herramienta Instalado**

Este parámetro dice al control si se tiene instalado un cambiador automático de herramienta instalado en su máquina. Este campo afecta la acción de M6 en sus programas CNC.

<b>Valor</b>	<b>Significado</b>
0	Cambiador automático de herramienta NO instalado
1	Cambiador automático de herramienta instalado

### **Parámetro 7 - Mostrar Colores**

Este parámetro determina que combinación de colores serán usados en la pantalla. Si usted tiene una pantalla de colores, ajuste este parámetro a 0. Si usted tiene una pantalla de monocromo (especialmente un panel de monocromo LCD) ajuste este parámetro a 1.

### **Parámetro 8 - Sistema(s) de Enfriamiento Disponibles**

Este parámetro es usado por Intercon para determinar que sistemas de enfriamiento están disponibles en la máquina. El parámetro debe ser ajustado de la siguiente manera:

<b>Valor</b>	<b>Significado</b>
1	Enfriamiento de Spray (M7) solamente
2	Ambos sistemas de enfriamiento
3	Enfriamiento de Bomba (M8) solamente

### **Parámetro 9 - Mostrar Lenguaje/ Idioma**

Este parámetro determina que lenguaje/idioma que será usado para los mensajes de peticiones y errores. Si usted compró la opción de español y desea ver los mensajes en Español, ajuste este parámetro a 1. Para ver los mensajes en Ingles, ajuste este parámetro a 0.

### **Parámetro 10 - Control de Función Macro M**

Este parámetro es un campo de 4 bits que controla varios aspectos de las funciones M. La siguiente tabla muestra las funciones ejecutadas por el valor indicado en este parámetro. El valor de defecto es 0.

<b>Bit</b>	<b>Descripción de la Función</b>	<b>Valor del Parámetro</b>
0	Mostrar los códigos M & G en los macros de las funciones MI	Si = 1, No = 0
1	Ejecutar los macros de las funciones M en Modo de Bloque?	Sí = 2, No = 0
2	Decelerar para parar en M 105 y M 106?	Sí = 4, No = 0
3	Mover a Z home en M2, M6 y M25?	No=8, Si = 0

### **Parámetros 11-17 - Parámetros de Palpado**

Estos parámetros controlan el palpador y la operación del detector de herramienta. Vea el Capitulo 4 para más información.

### **Parámetro 18 - Input PLC del Inhibidor del Husillo (M-39 y M-400 solamente)**

Este parámetro guarda el input por la unidad PLC I/O del control por la característica Inhibidor del Husillo. Un valor positivo debe ser entrado si un palpador "normalmente cerrado" es usado con el control. Un valor negativo debe ser entrado si un palpador "normalmente abierto" es usado con el control. El valor absoluto de Parámetro 18 indica directamente el input de PLC de que el Inhibidor de Husillo esté en conexión. Cuando este

parámetro es ajustado, ciclos de Digitización y Palpado no serán ejecutados a menos que un palpador o TT1 está conectado. Este parámetro es usado para prevenir que la

herramienta o palpador vaya a chocar la mesa. Un valor del parámetro 18 de 0 (defecto) desactivará esta característica.

### Parámetro 19 - Auto-Activación del MPG

Este parámetro determina si el MPG será activado al encender el control. Un valor de 0 (defecto) hará que el control espere a que el usuario presiona el botón MPG en el panel de movimientos. Un valor de automáticamente activará el MPG al encender el control.

### Parámetros 20-30 - Estimación de la Temperatura del Motor

Estos parámetros son usados para estimar la temperatura del motor. Los parámetros 20, 29 y 30 corresponden a la temperatura ambiente del taller, a la temperatura con la cual usted quiere generar una advertencia de sobrecalentamiento, y la temperatura con la cual usted quiere cancelar el trabajo y descargar la potencia, respectivamente, en grados Fahrenheit. Los parámetros 21 a 24 son los coeficientes de calentamiento para cada uno de los cuatro ejes. Los parámetros 25 a 28 son los coeficientes de enfriamiento para cada uno de los ejes. La siguiente tabla contiene los valores de defecto para los parámetros 20 - 30:

Para metro	Eje	Valores				
		Unidad de 8A, Motores de 15 in/lb	Unidad de 12A, Motores de 29 in/lb	Unidad de 15A, Motores de 29 in/lb	Unidad de ISA, Motores de 40 in/lb	Unidad de 25A, Motores de 40 in/lb
20	N/A	72	72	72	72	12
21	X	0.028	0.02	0.027	0.03	0.04
22	Y	0.028	0.02	0.027	0.03	0.04
23	Z	0.028	0.02	0.027	0.03	0.04
24	4rto	0.028	0.02	0.027	0.03	0.04
25	X	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
26	Y	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
27	Z	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
28	4rto	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
29	Todos	150	150	150	150	150
30	Todos	180	180	180	180	180

### Parámetro 31 - Porte de la Unidad de Vectores del Husillo

Parámetro 31 determina el puerto serial de la PC que ha sido establecido para la unidad de vectores. La siguiente tabla contiene los valores de este parámetro:

<b>Valor</b>	<b>Significado</b>
0	Ninguna unidad de vectores
1	COM1
2	COM2

**NOTA:** Ajuste parámetro 31 a -1 para enviar 12 dígitos binarios con el CPU7 a un Koyo PLC Direct.

### **Parámetro 32 - Índice de Velocidad de Transmisión Digital de la Unidad de Vectores de Husillo**

Este parámetro indica la velocidad de transmisión digital (9600, 19200, etc.) con la cual el control debe comunicarse con la Unidad del Husillo.

### **Parámetro 33 - Índice de Velocidad del Motor de la Unidad de Vectores del Husillo**

La proporción entre el motor de la unidad de vectores y el chuck en velocidad alta. Este valor debe ser mayor que 1.0 si el motor da vueltas más rápido que el chuck; este valor debe ser menor que 1.0 si el chuck da vueltas más rápido que el motor. Nota: este valor aplica a la velocidad alta. La proporción entre las velocidades altas y bajas está establecida por los parámetros de proporción del engranaje (65-67).

### **Parámetro 34 - Cuentas/Rev del Encoder del Husillo**

Este parámetro controla las cuentas/revolución del encoder del husillo. Si el encoder cuenta hacia arriba al moverse en la dirección CW (M3), el valor de este parámetro debe ser positivo. Si el encoder cuenta hacia arriba al moverse en la dirección CCW (M4), el valor de este parámetro debe ser negativo.

**NOTA:** El encoder del husillo debe ser conectado en el quinto input de encoders de la tablilla CPU7.

### **Parámetro 35 - Data de; Encoder del Husillo**

Este parámetro especifica la información de entrada que corresponda con el encoder del husillo. La información de entrada del encoder de husillo es requerido por los movimientos del husillo enclavado durante los ciclos de giro rígido. Si el ciclo de giro rígido es usado, este parámetro tiene que ser ajustado al valor correcto. Lo pasa por alto. Un valor de 2 corresponda al tercer encoder de información; un valor de 3 corresponda al cuarto encoder de información, y un valor de 4 corresponda quinto encoder de información.

### **Parámetro 36 - Activar/Desactivar Rígido de Golpear Ligeramente**

Este parámetro es un campo de 4-bits que activa o desactiva Rígido de Golpear Ligeramente y sus opciones. Bits 1 y 2 no tienen significación a menos que bit 0 está activado.

Bit	Descripción de la Función	Valor del Parámetro
0	Activar Rígido de Golpear Ligeramente?	Sí=1, No = 0
1	Suprimir enviando "Espera por Pulsa de índice" durante Rígido de Golpear Ligeramente?	Si-2, No-0
2	Permitir Override del Husillo durante Rígido de Golpear Ligeramente	Sí = 4, No = 0

### **Parámetro 37 - Tiempo de Deceleración del Husillo**

Este parámetro está usado en conjunción con el parámetro 36 cuando Rígido de Golpear Ligeramente está activado. Este ajuste el tiempo requerido por el husillo a decelerar antes de cambiar dirección durante una operación de rígido de golpear ligeramente.

### **Parámetro 38 - Avance de Ejes Múltiples**

Este parámetro es usado para limitar el avance a lo largo de todos los vectores de movimientos escogidos. Este parámetro puede ser usado para limitar la velocidad de movimientos de ejes-múltiples en máquinas que tienen suficiente potencia para mover un eje singular rápidamente, pero al faltar potencia en movimientos rápidos de 2 o 3 ejes. Un valor de 0 deshabilita éste parámetro.

### **Parámetro 39 - Límite del Perilla del Ajuste del Avance**

Este parámetro es usado para limitar el porcentaje de la Perilla del Feedrate Override a un valor entre 100% y 200%. Este parámetro puede ser usado para restringir el efecto de la Perilla de Feedrate Override en máquinas con valores máximos mas que 200 pul/min. El porcentaje de la Perilla de Feedrate Override es normalmente permitido a subir hasta 200%. Sin embargo, en algunas máquina con velocidad alta, si la perilla está fijado a 200%, crea "overshoots". Si este parámetro es ajustado a algo como 110, lo detendrá la Perilla de Feedrate Override, de exceder 110% puede causar overshoots.

### **Parámetro 40 - Incremento de Movimiento Básico**

Este parámetro fija el incremento de movimiento básico (0.0001" ó 0.002 mm por defecto). Este valor es usado por las teclas de movimiento xl, x10 y x100 (0.0001, 0.001 y 0.01 en consolas viejas).

### **Parámetro 41 - Incremento de Movimiento del Operador**

Este parámetro fija el incremento de movimiento del operador (0.25" ó 1.0 mm por defecto). Este valor es usado por la tecla de movimiento 0.25 en consolas viejas. No afecta las nuevas consolas.

### **Parámetros 56-59 -Límites deparadas Fuertes**

Si una máquina está ajustada para crear un home al encontrar una parada fuerte (en vez de interruptores de home o límite), estos parámetros escogen, por cada eje, cuanta fuerza el control aplicará antes de determinar que ha llegado a la parada. Los valores cambian desde 0 a 32000. El valor de defecto es 8000 también será usado si el parámetro es dejado en 0. Si este parámetro es demasiado bajo, la secuencia de home se detendrá antes de llegar a la parada fuerte, creando el home de la máquina en el lugar equivocado. Si este parámetro es demasiado alto, la máquina podría dañar la parada.

### **Parámetro 60 - Tamaño del Filtro Digital**

Este parámetro define el tamaño digital de output de PID por los outputs de los motores. Este parámetro es designado para promover un filtro del software donde no existe un filtro del hardware para bajar la frecuencia de PID output (normalmente 4000 veces/seg), o para suplir un filtro del hardware que aparece a no ser adecuada. Es el número de muestras para calcular el promedio del PID output. Por ejemplo, un valor de 2 dice un promedio del PID output de 2 muestras, lo cual reduce la frecuencia de PID output a 2000(4000/2) veces/seg. El valor de defecto por este parámetro es 1 (sin hacer un promedio).

### **Parámetros 61-62 - Parámetros para Detectar Paradas**

El M-Series Control detectará y reportará varias condiciones de paradas. Una parada de baja potencia ocurre si el control ha estado aplicando una corriente mínima especificada por un tiempo especificado, y ningún movimiento del encoder ha sido detectado. Esto puede indicar un cable de encoder flojo o dañado. Una parada de alta potencia ocurre si el control ha estado aplicando por lo menos una corriente de 90% por un tiempo especificado, y ningún movimiento mayor de 0.0005 ha sido detectado. Esto puede indicar una obstrucción física.

El parámetro 61 es el límite de tiempo, en segundos, para una parada de alta potencia. El valor de defecto es 0.5 segundos.

El parámetro 62 es la entrada de output de PID para una parada de alta potencia. El valor de defecto es 115.

### **Parámetro 63 - Multiplicador PID Ocioso de Alta Potencia**

Este parámetro contiene el valor de una constante usada en la estimación de temperatura de un motor cuando un eje no está en movimiento y ningún programa está en ejecución, pero el motor sigue recibiendo potencia para mantener su posición. El valor de defecto es 1.5. El propósito de esta estimación de temperatura es detectar temprano si un eje se ha parado contra una resistencia anormal, la cual puede causar sobrecalentamiento en el motor.

## **Parámetro 64 - Atar Cuarto Eje**

### **Valor Significación**

0	No Atar (defecto)
1	Atar con Eje X
2	Atar con Eje Y
3	Atar con Eje Z

Esta característica permite que el 4rto motor del eje sea usado atado con uno de los otros 3 ejes. CNC10 Parámetro de Máquina 64 es ajustado a 1, 2, o 3 para indicar que los ejes X, Y, o Z son atados con el 4rto eje. El propósito es para instalar 2 tornillos opuestos en los lados de la mesa (probablemente una mesa de router o sistema de gantry). CNC10 Parámetro de Máquina 64 es ajustado a 0 (defecto) para indicar que no otro eje está atado con el 4rto eje.

## **Parámetros 65-67 - Proporciones de los Engranajes del Husillo**

Estos parámetros dicen al control las proporciones de los engranajes para los motores de husillos con niveles múltiples. Hasta cuatro niveles de velocidades pueden ser soportados; el nivel alto es establecido por defecto. Los parámetros 65-67 especifican la proporción del engranaje para cada nivel bajo, relativo al nivel alto. Por ejemplo, si la máquina es una fresadora con un husillo de nivel dual y la velocidad del husillo en el nivel bajo es 1/10 del nivel alto, entonces el parámetro 65 debe ser ajustado a 0.1.

Parámetro 65 es la proporción de engranaje del nivel bajo.

Parámetro 66 es la proporción de engranaje del nivel medio-bajo.

Parámetro 67 es la proporción de engranaje del nivel medio-alto.

## **Parámetro 70 - Tabla de Compensación Inc/Monto de Decremento**

0.0001" a .1" (.001 defecto) o

0.00025mm a 2.54mm (.02mm defecto)

Ajusta el monto de incremento y decremento usado en la tabla de compensaciones.

## **Parámetro 71 - Detector de altura**

Si este parámetro esta fijado con un valor que no es cero indica que la opción F3/automático, debe ser disponible usando el detector de herramienta (TT1) en vez del palpado. El valor en este parámetro es la altura del detector. Un valor de cero hace que esta opción no es disponible.

Cuando esta opción es disponible:

a) detector del palpado (parámetro 18) no es fijado

b) el numero de herramienta 0 y el diámetro del busca-borde entrado por el operador son usados, parámetro 12 no es disponible.

c) el valor del parámetro 71 es añadido (o sacado de; dependiente del cual dirección esta legando) a la posición inicial.

### **Parámetros 73, 74, 81, 83, y 84 - Parámetros de los Ciclos Fijos**

Estos parámetros pertenecen a los ciclos fijos de taladrado y roscado. Para una descripción completa de los usos de estos parámetros, vea el código G asociado con el parámetro (por ejemplo, G73 usa el parámetro 73).

### **Parámetros 87-90 - Tiempo de Aceleración de Autotune y Ka**

Estos parámetros son usados por autotune. Aumentando el valor dará mas tiempo para acelerar y reducirá el valor de “ka” dado por autotune. Bajando el valor dará menos tiempo para acelerar y aumentar el “ka”. Primero ajuste los parámetros y re-ejecutar autotune. El valor de defecto es 48. El valor máximo es 64, y el valor mínimo es 1.

### **Parámetros 91-94 - Ejes Rotatorios Instalados**

Estos parámetros pueden ser usados para indicar que uno de los ejes es rotatorio. Estos parámetros corresponden a los ejes X, Y, Z y 4rto, respectivamente. Si el valor de uno de estos parámetros es 0, entonces el eje es lineal. Si el valor es 1, entonces el eje es rotatorio. Esta información es usada por Intercon para hacer disponible el soporte de un eje rotatorio (al ajustar el valor del parámetro 94 a 1 indicando que el cuarto eje es rotatorio). Estos parámetros también son usados al hacer conversiones de pulgadas. Los valores de un eje rotatorio no serán convertidos porque son asumidos que están en grados, no importa si el sistema esté en unidades lineales.

### **Parámetros 95-98 - Distancias de los Movimientos de Autotune**

Estos parámetros fijan las distancias máximas que el control moverá cada eje en cualquier dirección desde el punto inicial al ejecutar Autotune. El valor de defecto de estos parámetros es 2.0 pulgadas.

### **Parámetro 99 - Número de Eventos de Busca-Adelante**

Este parámetro ajusta el número por defecto de eventos de líneas o arcos que busca para compensar por traslapo de la compensación de herramienta y problemas de despejo de herramientas. El valor por defecto es 10 pero puede ser entre 1 y 10.

## ANEXO 6

### Códigos del Programa CNC – Códigos G

G-code	Group	Description
G00	* A	Rapid Positioning
G01	A	Linear Interpolation
G02	A	Circular or Helical Interpolation CW
G03	A	Circular or Helical Interpolation CCW
G04	B	Dwell
G09	B	Exact Stop
G10	B	Parameter Setting
G17	* C	Circular Interpolation Plane Selection XY
G18	C	Circular Interpolation Plane Selection ZX
G19	C	Circular Interpolation Plane Selection YZ
G20	* K	Select Inch Units
G21	L	Select Metric Units
G28	B	Return to Reference Point
G29	B	Return from Reference Point
G30	B	Return to Secondary Reference Point
G40	* D	Cutter Compensation Cancel
G41	D	Cutter Compensation Left
G42	D	Cutter Compensation Right
G43	E	Tool Length Compensation (+)
G44	E	Tool Length Compensation (-)
G49	* E	Tool Length Compensation Cancel
G50	* M	Scaling/Mirroring Off (Optional)
G51	M	Scaling/Mirroring On (Optional)
G52	B	Offset Local Coordinate System Origin (Optional)
G53	B	Rapid Position in Machine Coordinates (Optional)
G54	L	Select Work Coordinate System #1 (Optional)
G55	L	Select Work Coordinate System #2 (Optional)
G56	L	Select Work Coordinate System #3 (Optional)
G57	L	Select Work Coordinate System #4 (Optional)
G58	L	Select Work Coordinate System #5 (Optional)
G59	L	Select Work Coordinate System #6 (Optional)
G61	F	Exact Stop Mode
G64	* F	Cutting Mode
G65	J	Call Macro (Optional)
G68	N	Coordinate Rotation on
G69	* N	Coordinate Rotation off
G73	G	High Speed Peck Drilling
G74	G	Counter Tapping (Optional)
G80	* G	Canned Cycle Cancel
G81	G	Drilling and Spot Drilling
G82	G	Drill with Dwell
G83	G	Deep Hole Drilling
G84	G	Tapping (Optional)
G85	G	Boring
G89	G	Boring with Dwell
G90	* H	Absolute Positioning Mode
G91	H	Incremental positioning Mode
G92	B	Set Absolute position
G98	* I	Initial Point Return
G99	I	R Point Return
G117	* C	Rotation of Plane Selection XY
G118	C	Rotation of Plane Selection ZX
G119	C	Rotation of Plane Selection YZ

## ANEXO 7

**Maquina Bridgport serie I antes de realizar el Overhall y su respectiva Automatización .**



**Fresadora Bridgeport**



**Fresadora Bridgeport antes de Automatización**

## ANEXO 8

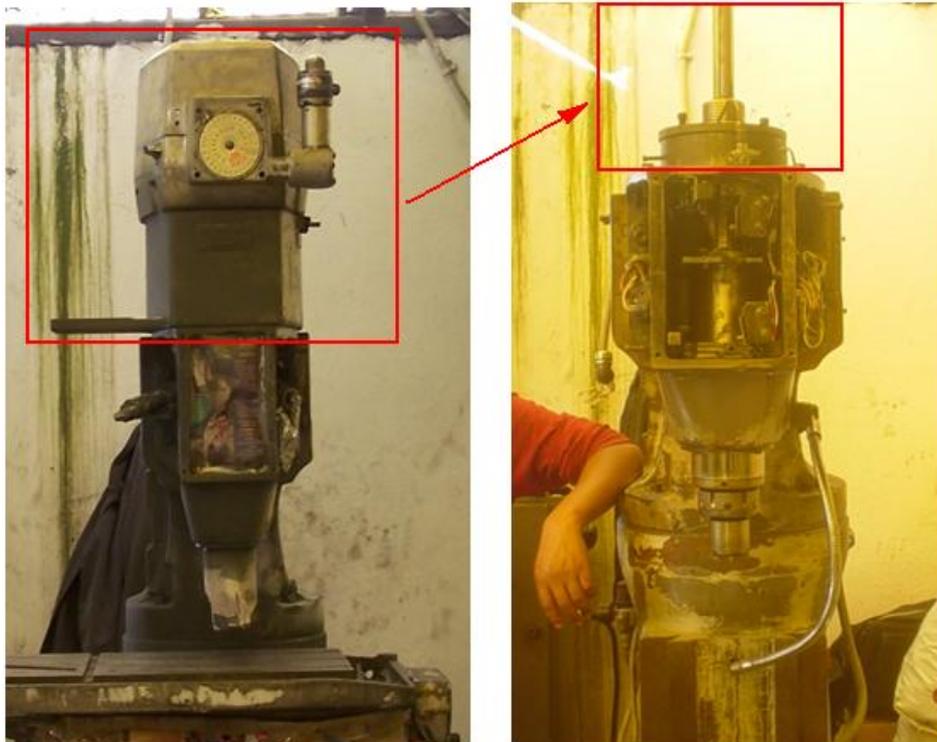
### Desmontaje del cabezal de máquina Bridgeport:

1.- Vista Previa del platos Reductores – Incrementadores de velocidad



**Cabezal Fresadora Bridgeport**

2.- desmontaje total de los mecanismos del Cabezal



**Cabezal Montado – Fresadora**

**Desmontaje Cabezal - Fresadora**

## ANEXO 9

### Desmontaje del Tornillo de Bolas

1. Secuencia de desmontaje de Tornillo de bolas correspondiente a la bancada del eje X.



**Desmontaje Tornillo de Bolas**

2.- Vista previa del tornillo de bolas con sus respectivos elementos después de haberse realizado el desbanque.



**Tornillo de Bolas**

**Partes del Tornillo de Bolas**

## ANEXO 10

### Overhall de la máquina Bridgeport

1.- Proceso de Overhall de la máquina (Lijada - Removida)



**Lijada – Removida de fresadora CNC**

2.- Colocación de Fondo protector



**Colocación de Fondo Protector**

## ANEXO 11

### Sistema de Lubricación

Antiguo Sistema de Lubricación de Fresadora Bridgeport



**Unidad de Lubricación**

Implementación de un nuevo sistema de Lubricación marca Vertex



**Unidad de Lubricación Implementada**

## ANEXO 12

### Panel de Control CNC

Control inicial de la fresadora Bridgeport Series I



**Panel de control Antiguo**

Implementación del nuevo Control CNC10 Linux



**Panel de control CNC10 Linux**

## ANEXO 13

### Instalación de Servomotores

Antiguos motores obsoletos de CC que utilizaba Fresadora Bridgeport.



**Motores de CC**

Implementación de los nuevos servomotores



**Servomotores**

## ANEXO 14

### Implementación de la Caja de Control

Antigua caja de control correspondiente a la fresadora Bridgeport Serie I



**Caja de control Antigua**

Nueva caja de control con su respectivo computador incorporado



**Caja de Control CNC10**

## ANEXO 15

### Instalación de Limit Switch

Limit switch antiguos utilizados en el control



**Limit Switch**

Modernos Limit switch marca Hanyoung Utilizados en la Automatización



**Limit switch marca Hanyoung**

## ANEXO 16

### Implementación del variador de frecuencia



Variador de frecuencia marca Cutler Hammer

## ANEXO 17

### Automatización de la Máquina Bridgeport Serie I

1.- Vista Lateral de la máquina CNC Bridgeport Antes y después de la automatización



**Vista Lateral Izquierda Antes y Después de Automatización**

2.- Vista frontal de la máquina



**Vista frontal Antes y Después de Automatización**

### 3.- Vista Lateral derecha de la fresadora



**Vista Lateral Derecha Antes y Después de Automatización**

## ANEXO 18

### ARMARIO DE LA COMPUTADORA DE CONTROL

Armario de Computador y control CNC 10 que se encuentra en la parte trasera de la máquina fresadora.



**Armario Control y Computador**

## ANEXO 19

### PARTES DE LA FESADORA

Observamos los sensores de Posicionamiento, servomotores, Caja de electro válvulas, Turbina Neumática, Freno Neumático, correspondientes a la fresadora CNC.



#### Sensores, servomotores y Elementos Neumáticos

1. Servomotor Eje Z.
2. Turbina Neumática.
3. Freno Neumático.
4. Caja de Electro válvulas.
5. Sensores de Posicionamiento Eje x (Limit Switch).
6. Servomotor eje Y.

Nota: Cada Eje tiene 2 Sensores de Posicionamiento y 1 Servomotor.

## ANEXO 20

### VARIADOR DE FRECUENCIA Y SUS COMANDOS

Variador de frecuencia y sus comandos.



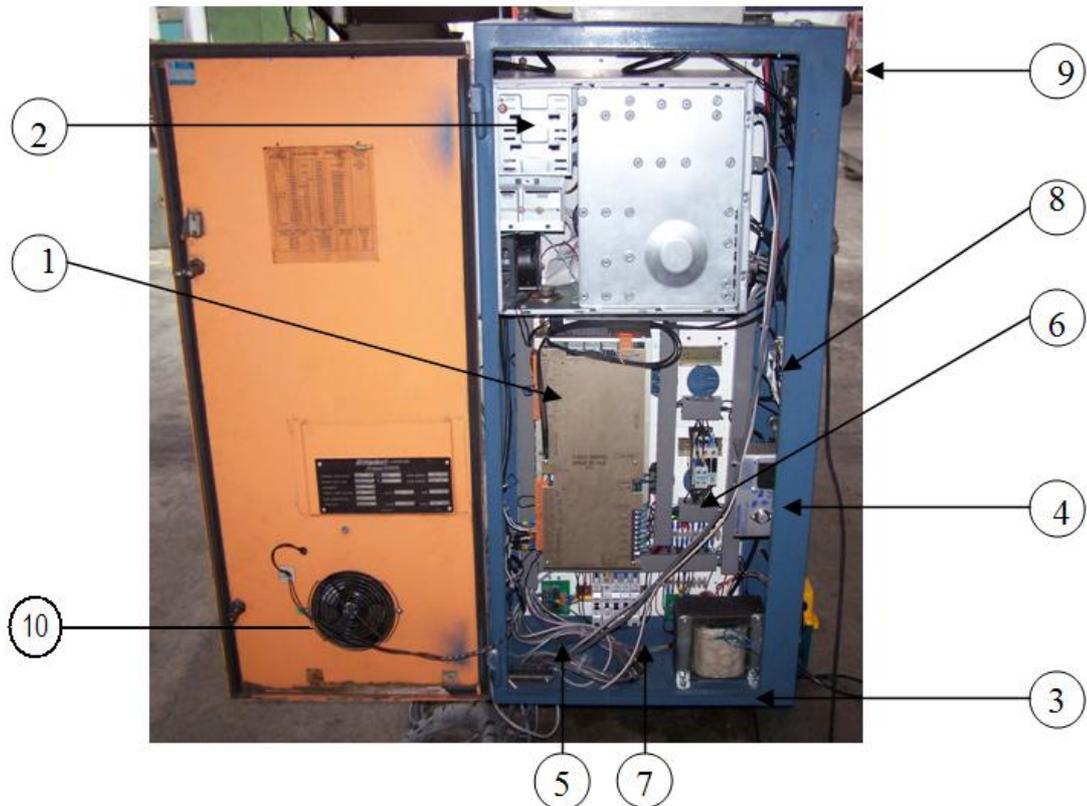
#### Variador de Frecuencia

1. Botón “Enter”
2. Botón “ Stop/ Reset”
3. Botón “ Start”
4. Pantalla de Señalización (Display)
5. Led Indicadores
6. Potenciómetro
7. Flechas Seleccionadoras.

## ANEXO 21

### PARTES QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE CONTROL

Partes que conforman el sistema de control.



#### Partes del sistema de control

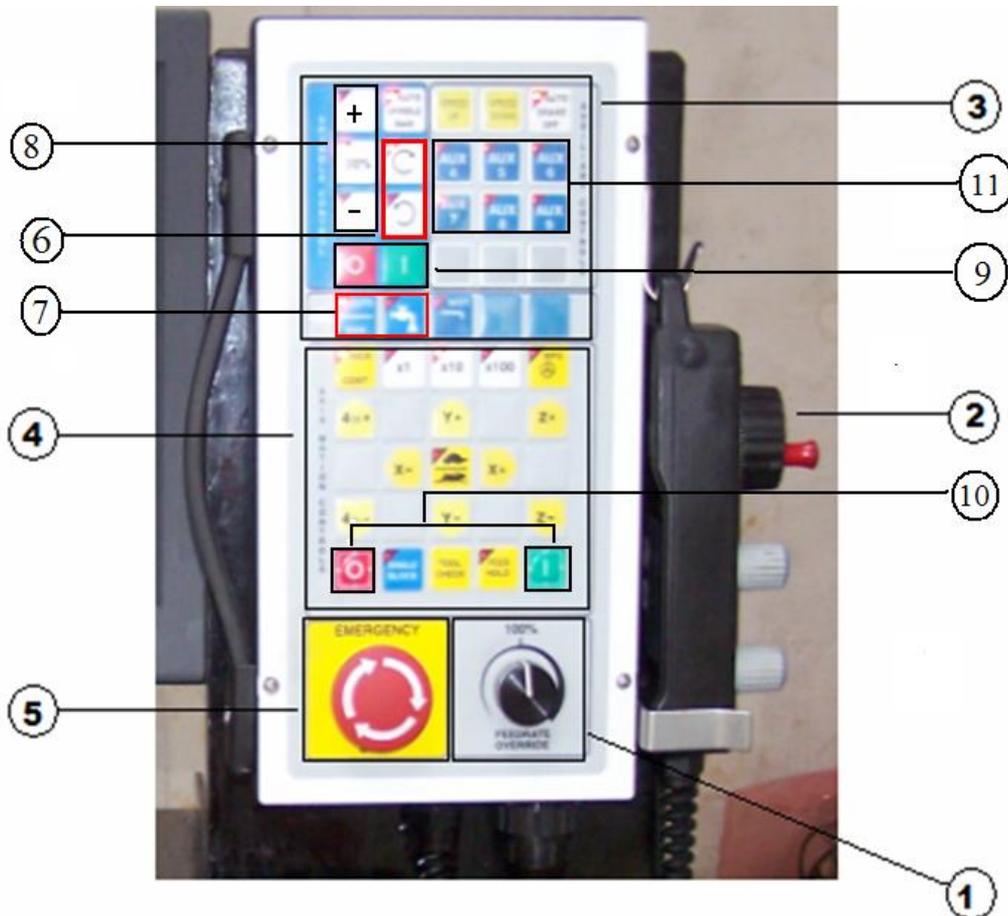
##### 4.1.1 Partes del sistema de control

10. Tarjeta de control DC3IO
11. Computadora de control
12. Transformador No1
13. Transformador PS2
14. Dos módulos de relés M15SPRLY REV980527
15. Contactor siemens
16. Breakers monofásicos
17. Breaker trifásico
18. Interruptor de levas trifásico
19. Ventilación

## ANEXO 22

### CONTROL PENDANT

Comandos de control de la fresadora Bridgeport (Control Pendant).



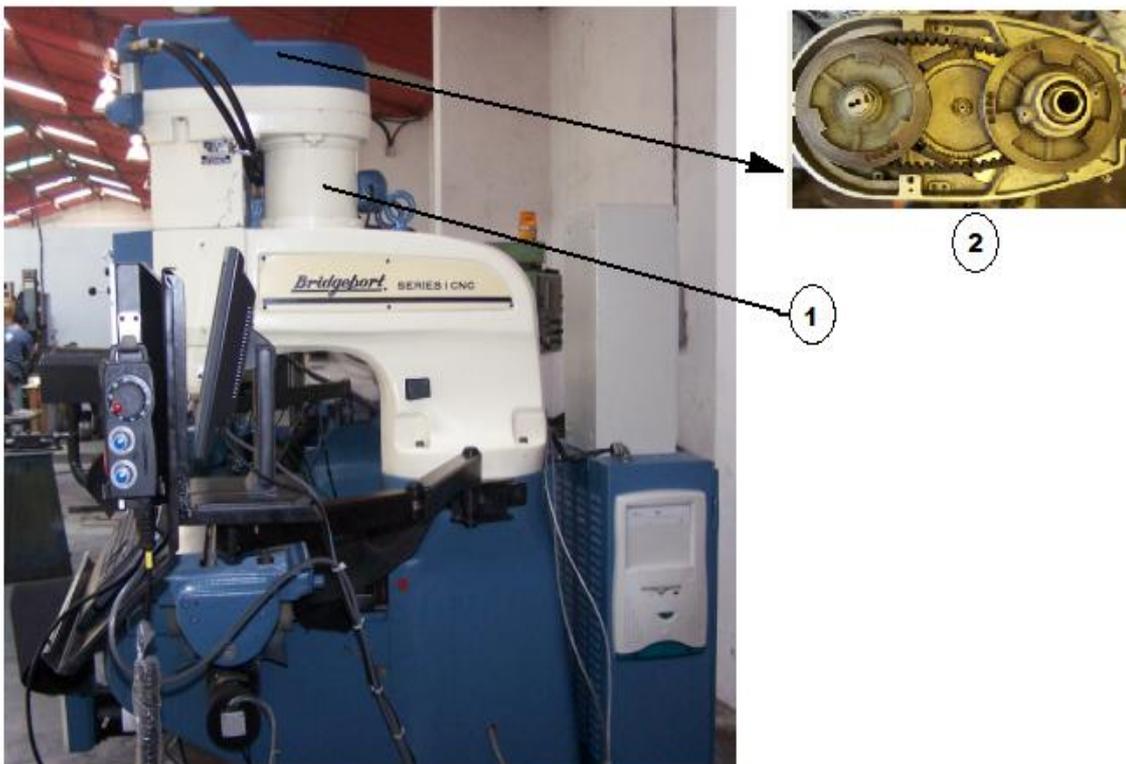
**Control Pendant**

1. Perilla Reguladora del % de Velocidad de los Ejes.
2. Control remoto del Control Pendant.
3. Sección Botoneras auxiliares.
4. Sección Botoneras para el control de posicionamiento de ejes.
5. Botón paro de emergencia.
6. Selección Botoneras inversión de giro.
7. Botoneras de Refrigeración Automática o Manual.
8. Aumento y disminución de velocidad del Husillo.
9. Start y Stop del Variador de Frecuencia.
10. Ciclo Start y Cancel del Control CNC.
11. Botoneras Auxiliares.

## ANEXO 23

### FRESADORA BRIDGEPORT VISTA LATERAL

En la máquina de Perfil Lateral podemos observar el motor 3Ø. del husillo con su respectivo mecanismo Elevador- Reductor de velocidad.



**Motor 3Ø- Mecanismo Elevador/ Reductor de Velocidad**

1. Motor del husillo.
2. Elevador/ Reductor de velocidad del Husillo

## ANEXO 24

### SISTEMA DE CONTROL DE OPERACIÓN

Aquí se observa el sistema de control de operación, monitoreado y comandado por medio de control CNC10 Linux.



**Sistema de Control de Operación**

## ANEXO 25

### ALINEACIÓN Y CENTRADO DE LA PIEZA

Alineación y centrada de la pieza para inicializar con el proceso de fresado CNC



**Alineación Pieza**

Proceso de desbaste del material



**Mecanizado Pieza**

Vista previa antes del acabado del molde.



**Acabado Pieza**

Latacunga, Marzo 2006

Elaborado por:

---

Santiago F. Villacís Camacho

---

Lenin M. León Guerrero

EL DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECHANICA

---

Ing. Pablo Mena

EL SECRETARIO DE LA ESPE LATACUNGA

---

Ab. Eduardo Vásquez Alcázar