

F-101ES
1504
1828d
1993
EJ 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



"DISEÑO Y CONSTRUCCION PARCIAL DE UN SISTEMA CONTROLADO NUMERICAMENTE PARA PERFORACION DE TABLETAS DE CIRCUITOS IMPRESOS"

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

OSCAR ERNESTO MORALES PALOMARES
MARIO ALEJANDRO NAVAS RODRIGUEZ

15101339
15101389

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA



JUNIO 1993

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

Recibida: 18/10/93

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR:

Dr. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL:

Lic. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

Ing. JUAN JESUS SANCHEZ SALAZAR

SECRETARIO:

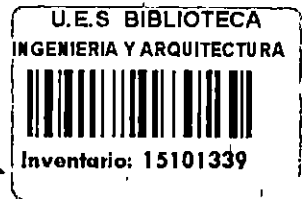
Ing. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

DIRECTOR DE ESCUELA:

Ing. RICARDO ERNESTO CORTEZ





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA**

**TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OPCION AL GRADO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

TITULO:

**"DISEÑO Y CONSTRUCCION PARCIAL
DE UN SISTEMA CONTROLADO NUMERICAMENTE
PARA PERFORACION DE TABLETAS
DE CIRCUITOS IMPRESOS"**

PRESENTADO POR:

**OSCAR ERNESTO MORALES PALOMARES
MARIO ALEJANDRO NAVAS RODRIGUEZ**

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

COORDINADOR Y ASESOR



ING. RICARDO ERNESTO CORTEZ

SAN SALVADOR, JUNIO DE 1993

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

24

Mayo

3

En esta fecha, de de 199.....
en el local de Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica
a las 14:00 horas, con la presencia de las siguientes autoridades de la
Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

- 1- Ing. Ricardo E. Cortez
Director de la E.I.E.
- 2- Ing. Jorge A. Galdámez
Secretario de la E.I.E.
- 3-

Fecha
[Handwritten Signature]
[Handwritten Signature]



Y con el Honorable Jurado de evaluación integrado por las personas
siguientes:

- 1- Ing. Luis Ramón Portillo *[Handwritten Signature]*
- 2- Ing. Antonio Buenaventura Matus *[Handwritten Signature]*
- 3- Ing. Arnoldo Cruz Parada *[Handwritten Signature]*
- 4-
- 5-

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de
Graduación: "DISEÑO Y CONSTRUCCION PARCIAL DE UN SISTEMA CONTROLADO
NUMERICAMENTE PARA PERFORACION DE TABLETAS DE CIRCUITOS IMPRESOS"

a cargo del (los) Br(es): Oscar Ernesto Morales Palomares
Mario Alejandro Navas Rodríguez

Habiendo obtenido el presente trabajo una nota final, global de 8.4
(Ocho Punto Cuatro.)

Dedico este trabajo..

A DIOS TODOPODEROSO:

Por ser el Guía en todo mi camino, por permitirme llegar a cumplir esta meta y acompañarme en todo momento.

A LA VIRGEN MARIA AUXILIADORA:

Por brindarme siempre su luz, escuchar mis oraciones y mostrarme la ayuda incondicional que brinda a sus hijos.

A MIS PADRES:

Por su ejemplo, su apoyo, su amor y comprensión y ser la inspiración que me alentó a seguir adelante.

A MIS HERMANOS:

Por su amor, comprensión y ayuda sin medir sacrificios.

A MI NOVIA:

Por ser la persona en que se centran mis pensamientos, inspiración y amor, por su comprensión infinita, su apoyo y aliento en todo momento.

A MIS PROFESORES:

Por los conocimientos transmitidos, sin recelo y consejos oportunos.

A MIS AMIGOS Y SUS PADRES:

Por su tiempo compartido, apoyo y amistad mostrada.

A todas las personas que en una u otra medida contribuyeron desinteresadamente a la realización de este trabajo.

Oscar Ernesto

Dedico este trabajo..

A DIOS TODOPODEROSO:

Por concederme la gracia de alcanzar esta meta y permitirme continuar en el camino para hacer su voluntad.

A LA SANTISIMA VIRGEN MARIA:

Nuestra madre que siempre nos acompaña e ilumina, intercediendo por nosotros en todo momento.

A ROSA ELENA Y MARIO AGUSTIN, MIS PADRES:

A quienes debo lo que soy, por su abnegación, su ejemplo, su apoyo y sus sabias enseñanzas.

A CLAUDIA DENISSE Y ROSA ELENA, MIS HERMANAS:

Quienes con su alegría, apoyo y ejemplo han estado siempre conmigo.

A ROSA MARIA:

La persona que llena mi corazón y que me brinda inspiración, amor, apoyo y comprensión.

A OSCAR ERNESTO:

Mi compañero y amigo desde la enseñanza básica, y a su familia, sin cuyo apoyo, dedicación y aporte, este logro no hubiese sido posible.

A MIS MAESTROS:

Que brindaron sus conocimientos y experiencia en la formación de mi carrera.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Que siempre estuvieron a mi lado para compartir alegrías y tristezas, triunfos y derrotas, en fin la vida que hasta hoy nos ha formado a todos.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Que ya no están con nosotros, pero que hicieron posible que en nuestro país existiera una esperanza de un mejor mañana.

Mario Alejandro

AGRADECIMIENTOS

Al personal de laboratorios y administración de la Escuela de Ingeniería Eléctrica por su colaboración en la culminación de nuestra carrera, especialmente a:

Salvador Posada

Juan Carlos Olano

Jaime Muñoz

Jaime Burgos

Al personal de la Unidad Productiva de la Escuela de Ingeniería Mecánica, especialmente a Julio Cesar Quintanilla por la inmensa colaboración recibida en la construcción de las partes mecánicas de este Trabajo de Graduación.

Al Ing. Christian G. Lama y a todo el personal de C.C.S. S.A. por brindarnos su confianza y decidido apoyo en la culminación de nuestra carrera.

Al personal docente del Instituto Emiliani y de CENPROTEC por su contribución a la obtención de los elementos eléctricos y electrónicos que forman parte de este Trabajo de Graduación.

A Gerhard Schreihage por su valioso y desinteresado aporte en el estudio del Software de Diseño que sirve de base para el Programa CNC-EIE.

Al Ing. Ricardo Cortez por su meritoria labor desarrollada en la coordinación de este Trabajo de Graduación.

PREFACIO

El desarrollo de proyectos en la Escuela de Ingeniería Eléctrica que involucren el diseño y construcción de circuitos electrónicos encierra una serie de pasos, de los cuales, uno de los más importantes es la elaboración de las tabletas de circuito impreso (PCB's) prototipos para el montaje de los dispositivos que son parte del diseño.

Actualmente se cuenta para este fin, con equipo de computación y software de diseño que son apropiados para desarrollar casi cualquier tipo de circuito que se requiera, sin embargo, el proceso sufre de la falta de una herramienta que ejecute la función de perforar los agujeros de la tableta acorde con la ubicación de los Pads en el diseño. Por tradición, este trabajo ha requerido la utilización de herramientas de tipo manual, las cuales, unidas a una buena dosis de destreza del operario, puede lograr su cometido en un tiempo y una calidad aceptables. Este Trabajo de Graduación tiene como objetivo suplir la necesidad de contar con una herramienta capaz de realizar el trabajo de perforar tarjetas de circuito impreso para diseños exclusivos o prototipos tales como trabajos de graduación o proyectos de ingeniería a partir de un diseño realizado en la computadora. Se pretende además diseñar un sistema de tipo didáctico que permita a los estudiantes aplicar la teoría del Control Numérico por Computadora (CNC) a maquinas herramientas simples.

Se ha tomado como punto de partida para el trabajo, la existencia de un sistema prototipo, de orientaciones didácticas (el sistema FEEDBACK CNC-932), que cumple con ser una herramienta controlada numéricamente para perforación. Se pretende utilizar la circuitería de interfase y control en el nuevo sistema, lo cual implica que habrá de construirse una herramienta similar a la existente, pero con mayor capacidad de trabajo, y a cuyo diseño habrán de introducirse las mejoras provenientes de la investigación misma en el área de la fabricación de circuitos impresos.

El trabajo comprende tres aspectos muy importantes: El diseño y construcción de un dispositivo mecánico que pueda servir para realizar las perforaciones con una calidad aceptable, el diseño e implementación de la circuitería de manejo de potencia; y, el diseño e implementación de los programas de computadora para el control de tal sistema mecánico, de modo que sea capaz de servir de enlace para un programa especializado en el diseño de circuitos impresos, para luego controlar la perforación en

forma coincidente con el diseño de las pistas en la tableta.

Este trabajo ha completado los aspectos relacionados a la implementación de la circuitería de control, de los actuadores, para una máquina perforadora cuyo diseño se presenta en este documento. La construcción de un sistema mecánico ha alcanzado la etapa de ensamblaje de las partes, en la cual surgen dificultades debido al diseño de la máquina misma. Por lo tanto se propone de manera formal, la realización de un proyecto conjunto de ingeniería mecánica y eléctrica, cuyo fin sea la puesta en marcha de este mecanismo.

La implementación de un equipo para la realización de perforación de tabletas de circuito impreso para la producción en serie, es decir empleando procesos industriales de fabricación está fuera del alcance de este trabajo ya que incurriría en la utilización de maquinaria mas sofisticada y de mayor costo.

En el aspecto software se ha completado el desarrollo de un sistema capaz de controlar la máquina perforadora y de relizar el enlace entre el programa de diseño de PCB's EAGLE y la realización de las perforaciones en forma coincidente con las pistas elaboradas.

RESUMEN

Este documento es el resultado de un trabajo de investigación diseño y construcción de una máquina capaz de perforar circuitos impresos en forma semiautomática controlada por una computadora utilizando la interfase de control del sistema prototipo FEEDBACK 932, además de un sistema software que permite acoplar diseños de PCB's realizadas en el programa EAGLE

En el capítulo I se hace una revisión de lo que son las tarjetas de circuito impreso, sus características y tipos diferentes; así también se explica en que consiste y que aspectos comprende el Control Numérico por Computadora (CNC).

En el capítulo II se hace una revisión del sistema FEEDBACK CNC 932 sus partes componentes y sus principales características.

El capítulo III presenta las partes más importantes del nuevo sistema que lo hacen diferente del actual, así como algunos criterios de diseño que se han de tomar en cuenta para su construcción. Además se desarrolló una amplia teoría acerca de los motores de paso.

El capítulo IV está dedicado a exponer el proceso y los criterios que se han utilizado en el diseño y construcción de la máquina perforadora controlada numéricamente por computadora basada en el sistema didáctico FEEDBACK CNC 932 expuesto en los capítulos anteriores.

El capítulo V se ha dedicado al software de control del sistema a construir el cual deberá controlar un sistema mecánico de mayores dimensiones, pero el software será igualmente aplicable al sistema que actualmente existe considerando las modificaciones realizadas en el nuevo sistema.

Se incluye entre los anexos los planos que se utilizaron en la construcción de este equipo, así como especificaciones técnicas de los componentes y materiales utilizados y un manual en el cual se explica en forma breve la operación del equipo y los requerimientos básicos para su operación. Se incluye además el perfil de un Proyecto de Ingeniería orientado a la implementación de la Máquina perforadora a partir del diseño y las partes mecánicas contruidas durante el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDOS

Página

CAPITULO I - GENERALIDADES ACERCA DE LAS PCB'S Y LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS.	1
INTRODUCCION	1
1.1 GENERALIDADES ACERCA DE LAS PCB'S.	1
1.2 TABLETAS PARA DIFERENTES APLICACIONES.	2
1.3 GENERALIDADES DEL CNC (CONTROL NUMERICO POR COMPUTADORA) Y LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS.	5
1.3.1 EL CNC.	5
1.3.2 USO DEL CNC EN LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS.	7
1.3.2.1 Posicionamiento para CNC.	8
1.3.2.2 Sistema fijador de la posición.	8
1.3.2.3 Preparación de un programa para CNC.	9
1.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO I	11
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	12
CAPITULO II - DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL.	13
INTRODUCCIÓN	13
2.1 QUE COMPRENDE EL EQUIPO CNC 932.	14
2.2 EL INTERFASE MIC 926.	14
2.3 CAJA DE CONTROL	16
2.4 SISTEMA MECÁNICO DE POSICIONAMIENTO.	18
2.5 TALADRO	18
2.6 EJES	18
2.7 MOTORES DE PASO.	20
2.7.1 CONTROL DE LOS MOTORES DE PASOS.	20
2.8 OTRAS SEÑALES EXISTENTES.	20
2.9 CONCLUSIONES DEL CAPITULO II	21
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	22
CAPITULO III - ELEMENTOS DE DISEÑO DEL SISTEMA CNC A IMPLEMENTAR	23
INTRODUCCION	23
3.1 MOTORES DE PASO.	23
3.1.1 Definición.	23
3.1.2 Aplicaciones comunes.	24
3.1.3 Características de construcción.	24
3.1.4 Métodos de operación.	26
3.1.5 Amplificadores de manejo y lógica de traducción.	30
3.1.6 El motor de pasos del tipo de reluctancia.	34
3.2 PARTES MECANICAS DE LA MAQUINA PERFORADORA.	36
3.2.1 Tipos de tabletas de circuitos impresos a perforar.	36

3.2.2	Consideraciones para escoger el tipo de broca.	37
3.2.3	Exactitud y precisión.	39
3.2.4	Velocidad y tasas de penetración.	39
3.2.5	Taladro.	40
3.3	OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR:	41
3.3.1	Sistema de control de movimiento vertical.	41
	Cambio de diámetro y posición de la broca.	41
3.3.3	Plataformas.	42
3.4	CONCLUSIONES DEL CAPITULO III	44
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45

CAPITULO IV - LA MAQUINA PERFORADORA DEL SISTEMA CNC-EIE 46

	INTRODUCCION.	46
4.1	DESCRIPCION DEL SISTEMA.	46
4.2	CARACTERISTICAS	47
4.3	ESPECIFICACIONES DE OPERACION.	48
4.3.1	Potencia.	48
4.3.2	Tiempos de operación.	48
4.3.3	Velocidades.	48
4.3.4	Desplazamiento.	49
4.3.5	Broca.	49
4.3.6	Materiales a Perforar.	49
4.4	COMPARACION CON EL SISTEMA ANTERIOR.	49
4.5	REQUERIMIENTOS DE FUNCIONAMIENTO.	51
4.5.1	REQUERIMIENTO DE HARDWARE.	52
4.5.2	REQUERIMIENTO DE SOFTWARE.	52
4.5.3	REQUERIMIENTOS DE ESPACIO FISICO.	52
4.6	CONOCIMIENTOS BASICOS PARA EL MANEJO DEL EQUIPO.	53
4.6.1	SOFTWARE.	53
	Indispensable.	53
	No indispensable.	53
4.6.2	HARDWARE.	54
	Indispensable	54
	No indispensable:	54
4.7	NOMBRE DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA PERFORADORA.	54
4.8	COMPONENTES DEL SISTEMA.	56
4.8.1	COMPONENTES MECANICOS	56
4.8.1.1	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO HORIZONTAL.	56
4.8.1.2	SISTEMA DE POSICIONAMIENTO VERTICAL.	57
	DISEÑO DEL SISTEMA	57

PARTES DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO VERTICAL	58
a) Conjunto de acople entre motor de arrastre y sistema de rotación:	59
b) Eje de transmisión de la rotación:	59
c) Cunas de soporte del conjunto estriado.	59
d) Eje estriado del husillo:	60
e) Manguito del husillo:	60
f) Cojinetes para rotación del eje de transmisión y del husillo.	60
g) Brazo de control de profundidad.	60
h) Placa de guía del manguito del husillo.	60
i) Mandril del taladro:	60
j) Motor de pasos del eje Z.	60
4.8.1.3 ESTRUCTURA DE SOPORTE.	61
a) Piezas angulares:	61
b) Placas estructurales frontal, media y posterior:	61
c) Cubierta de lámina:	62
d) Brazo de soporte:	62
e) Placa estructural inferior:	62
f) Placa de montaje del motor:	62
4.8.2 COMPONENTES ELECTRICOS Y ELECTRONICOS.	62
4.8.2.1 TARJETA DE INTERFASE MIC-926.	63
4.8.2.2 CAJA DE CONTROL CNC-932.	63
4.8.2.3 MOTORES DE PASO	63
4.8.2.4 ETAPAS DE MANEJO DE POTENCIA DE LOS MOTORES DE PASO	64
4.8.2.5 SENSORES DE FINAL DE CARRERA.	66
4.8.2.6 MOTOR AC PARA LA PRODUCCION DE LA ROTACION.	66
4.8.2.7 CONTROL DE ENCENDIDO/APAGADO DEL MOTOR DE ROTACION	66
Selección del tiristor	67
Detector de cruce por cero	68
Oscilador de alta frecuencia.	70
Circuito de Sincronización de los pulsos de disparo.	72
Circuito aislador de los pulsos de disparo.	73
CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV	76
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	77

CAPITULO V - SOFTWARE DE CONTROL DEL SISTEMA CNC-EIE 78

INTRODUCCION	78
5.1 GENERALIDADES DEL PROGRAMA	78
5.1.1 Hardware:	79
5.1.2 Software:	79
5.2 DESCRIPCION FUNCIONAL DEL PROGRAMA CNC-EIE.	79
5.2.1 MODO BLOQUE	81
Buscar origen:	81
Posición	81
Taladro	81
Repita taladro	81
Salida	82
5.2.2 MODO PROGRAMA	82

Introducción	82
Editar	82
Corrida	82
Cargar programa	83
Imprimir programa	83
5.2.3 MODO EAGLE	83
CONCLUSIONES DEL CAPITULO V	88
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	88
RECOMENDACIONES	89

ANEXOS:

1	DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA TARJETA INTERFASE MIC-926	90
2	DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA CAJA DE CONTROL CNC-932	92
3	PLANOS CONSTRUCTIVOS DE LA MAQUINA PERFORADORA CNC-EIE	95
4	MATERIALES Y PARTES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA MAQUINA PERFORADORA CNC-EIE	108
5	COMPONENTES ELECTRONICOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA MAQUINA PERFORADORA CNC-EIE	114
6	MANUAL DEL USUARIO DE LA MAQUINA TALADRADORA CNC-EIE	127
7	PERFIL DE UN PROYECTO DE INGENIERIA ORIENTADO A LA PUESTA EN OPERACION DE LA MAQUINA CNC-EIE	135
8	TARJETA ELECTRONICA DEL CONTROL DE ENCENDIDO/ APAGADO DEL MOTOR DE ROTACION DE LA MAQUINA CNC-EIE	137
9	TARJETA ELECTRONICA DE LAS ETAPAS DE CONTROL DE POTENCIA DE LOS MOTORES DE PASO DE LA MAQUINA CNC-EIE	140

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 - Características y aplicaciones de algunos materiales base	3
TABLA 1.2 - Composiciones y aplicaciones de algunos tipos de tabletas.	3
Tabla 1.3 - Equivalencia del peso y espesor del laminado de cobre.	4
Tabla 1.4 - Espesor de la tableta incluyendo el del cobre. 4	
Tabla 1.5 - Espesor únicamente del material base.	4
Tabla 2.1 - Asignaciones de los puertos de la tarjeta MIC 926.	15
Tabla 2.2 - Funciones de las líneas de los puertos de la MIC-926 y sus asignaciones a los pines del conector de la tarjeta	16
TABLA 3.3 Ciclo de conmutación completo para el motor de la figura 3.2 usando el diagrama esquemático de la fig. 3.7	33
TABLA 3.8 - Velocidades superficial y de rotación, como función del diámetro de la broca para tabletas del tipo FR-4 con una onza de cobre a ambos lados.	40
Tabla 4.1 - ANALISIS COMPARATIVOS ENTRE LOS SISTEMAS CNC-EIE Y CNC-932.	50
TABLA 4.1. Tabla de verdad para las compuertas AND de los circuitos de sincronizador de los pulsos de disparo.	73
Tabla 5.1 - Velocidades en mm/seg a la que puede perforar el taladro	81
Tabla 5.2 - Significado de los códigos de instrucción en el modo programa.	83
Tabla 5.2 - Contenido típico de un archivo de configuración de brocas creado por el subprograma XPLOT	85
Tabla 5.3 - Contenido típico de un archivo de reporte creado por el subprograma XPLOT en el caso de que alguna broca haga falta definir en el archivo de configuración de brocas. Nótese que el reporte proporciona las medidas de las brocas que es necesario adicionar	85

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1 - Los componentes de un sistema CNC.	6
Fig. 1.2 - Los ejes X y Y representan los movimientos horizontales de la mesa, el eje z representa movimiento vertical de la herramienta o de la mesa.	9
Fig. 2.1 - Forma en que son conectados todos los elementos del sistema CNC-932	13
Fig. 2.2 - Ejes en la pieza de trabajo y movimientos de la máquina	19
Figura 3.1 - Características de construcción del motor de pasos PM: a) Vista axial del Imán Permanente en la flecha del rotor; b) Sección transversal según el corte a-a con los polos del rotor de polaridad S; c) Sección transversal según el corte b-b con los polos de polaridad N.	25
Fig. 3.2 - Indexación del rotor en la dirección ccw en el ciclo completo de la excitación de las bobinas A-A'/B-B' en secuencia a su paso por los valores positivo y negativo.	27
Fig. 3.3 - Características de un motor de pasos.	28
Fig. 3.4 - Diagrama ilustrando el comportamiento del motor	29
FIG. 3.5 - Diagrama de bloques del motor de pasos y su suministro de conmutación.	30
Fig. 3.6 - Detalles de una unidad de amplificación bipolar	32
Fig. 3.7 - Unidad amplificador de tipo bifilar - unipolar. Cada bobina de fase del motor de pasos viene equipada con una conexión central de derivación.	33
Fig. 3.8 - Detalles de construcción del motor de pasos del tipo de reluctancia equipado con cuatro fases del estator, (es decir ocho polos) y seis polos del rotor.	35
Fig. 3.9 - Broca de husillo recto.	37
Fig. 3.10 - Broca de husillo común.	38
Fig. 3.11 - Bosquejo de la máquina taladradora a implementar.	43

Fig. 4.1 - Partes que componen la máquina perforadora CNC-EIE	55
Fig. 4.2 - Detalle del sistema de posicionamiento vertical	58
Fig.4.3 - Diagrama esquemático de la estructura de soporte del sistema de posicionamiento vertical del sistema CNC-EIE.	61
Fig.4.4 - Etapa de manejo de potencia de los motores de paso.	64
Fig. 4.5 Diagrama de bloques para el control de encendido y apagado del motor de rotación.	67
Fig. 4.6 - Circuito de Interrupción	68
Fig. 4.7 - Detector de cruce por cero.	69
Fig. 4.8 - Gráficos de voltaje entrada salida del disparador.	69
Fig. 4.9 - Disparador schmitt, detector de cruce por cero	70
Fig. 4.10 . a) Diagrama del circuito oscilador. b) Forma de onda de salida	71
Fig 4.11 - Diagrama del circuito sincronizador de los pulsos de disparo	72
Fig 4.12. Diagrama del circuito optoaislador de los pulsos de disparo	73
Fig. 5.1 - Diagrama funcional del programa CNC - EIE	80
Fig. 5.2 Flujograma principal del programa CNC-EIE .	87

CAPITULO I

GENERALIDADES ACERCA DE LAS PCB'S Y LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS.

INTRODUCCION

La fabricación de tarjetas para circuitería electrónica involucra varias etapas como son:

- La fabricación de las pistas de acuerdo al diseño en la tableta.
- El taladrado de los agujeros para el montaje de los elementos.
- Montaje de elementos electrónicos, etc.

Para la etapa de perforación, que es el objetivo de este trabajo de graduación, se deben considerar varios aspectos como son los materiales, las herramientas, etc.

En éste capítulo se presentan tópicos referentes a los PCB'S (Printed Circuit Board) y a las máquinas herramientas controladas numéricamente; se pretende con esto familiarizar al lector con el tipo de trabajo que habrá de desarrollarse.

Con el estudio de los PCB'S se pueden especificar en gran medida las características que debe cumplir el diseño de la máquina taladradora basándose en las propiedades del material a perforar; por ello se tratan aspectos tales como: construcción, clasificación, especificación y aplicaciones de las PCB'S.

Además se realiza un estudio de las máquinas herramientas y el CNC para dar una idea clara sobre las ventajas que este sistema ofrece. Con este objetivo, en el presente capítulo se desarrollan aspectos tales como: que es el CNC, su funcionamiento, la aplicación que este tiene en el control de máquinas herramientas, formas de posicionamiento y aspectos sobre la preparación de programas para el CNC.

1.1 GENERALIDADES ACERCA DE LAS PCB'S.

Como PCB'S (printed circuit board) son conocidas aquellas tabletas sobre las cuales ya existe un circuito impreso.

Generalmente las tarjetas sobre las cuales se imprime un circuito están constituidas por capas de fibra de vidrio endurecidas con resina de epóxico y cubierta por una delgada capa de cobre a uno o a ambos lados. Sobre cada cubierta de cobre pueden grabarse pistas para la conexión de los diferentes componentes que forman el circuito. Las PCB'S tienen aplicación en todas las áreas conocidas ya que son componentes indispensables de todo equipo electrónico, especialmente porque optimizan la conexión entre componentes, entre sistemas de control y reducen considerablemente el tamaño de los equipos. El diseño de los circuitos impresos se realiza considerando diferentes aspectos tales como dimensión de las pistas de interconexiones, la disminución de EMI, número de elementos, etc.

En la clasificación de las tabletas se consideran características tales como: la resistencia de los materiales base y el número de capas de cobre aisladas. Cuando se considera la consistencia de los materiales base se clasifican como: rígidas y flexibles y cuando se considera el número de capas de cobre se clasifican como: tabletas de un solo lado, tabletas de doble lado y tabletas de capas múltiples. Los materiales base con las que se construyen las PCB'S son importantes porque determinan el buen funcionamiento del circuito diseñado. Para tal fin, se consideran aspectos tales como: condiciones eléctricas, aspectos mecánicos y condiciones ambientales a los cuales se someterán. Normas de fabricación como MIL-STD (Military Standard) y NEMA (National Electrical Manufacturers Association) son las que determinan las propiedades más importantes de los materiales bases.

Algunos materiales bases para la fabricación de tabletas son:

- Resina poliéster de material de vidrio sin laminado.
- Cerámica.
- Película teflón.
- Teflón de fibra de vidrio laminado.
- Fenolíticos de base de papel y resinas endurecidas con fibra de vidrio.
- Kel-f laminado.
- Goma silicio. (flexible)

1.2 TABLETAS PARA DIFERENTES APLICACIONES.

Entre los tipos de tabletas considerando la aplicación para la cual son requeridas podemos mencionar: FR-2, FR-3, CEM-1, CEM-3, FR-4, FR-5 Y GI.

Las especificaciones de las PCB'S se dan de acuerdo al peso, espesor y lo más importante el tipo de aplicación para el cual se requiere. La apariencia física del substrato o material base

puede ser una característica para reconocer los materiales de los cuales están fabricadas las tabletas. En la tabla 1.1 y tabla 1.2 se muestra esta información incluyendo la temperatura de operación.

Tabla 1.1 - Características y aplicaciones de algunos materiales base

Sistema de Resina	Material Base	Color	Designación	Temperatura en °C	Aplicaciones
Fenólica Epoxi	Papel Vidrio	Calé opaco Traslúcido	FR - 2 6 - 10	105	Aplicaciones y frecuencias ordinarias
TFE TFE	Vidrio Vidrio	Calé opaco Calé opaco	GT GX	220 220	Para alta frecuencia

TABLA 1.2 - Composiciones y aplicaciones de algunos tipos de tabletas.

DESIGNACION	COMPOSICION	APLICACIONES
FR - 2	Capas múltiples de papel impregnadas con resina fenólica retardante al fuego.	Radios, calculadoras, juguetes y juegos de TV.
FR - 3	Capas múltiples de papel con resina epoxi como aglutinante, sin tela de vidrio como refuerzo.	Productos de uso masivo, computadoras televisores, equipo de comunicacion.
GEM - 1	Núcleo impregnado con resina epoxi. Tela de vidrio tejido con la misma resina que cubre las superficies.	Detectores de humo, televisión y calculadoras.
GEM - 3	Núcleo de fibra de vidrio no tejido impregnado con resina epoxi.	Computadoras, automóviles y productos de entretenimiento para el hogar.
FR - 4	Capas múltiples de tela de vidrio tejido impregnadas con resina epoxi.	La más ampliamente usada en proyectos aeroespaciales, comunicaciones y periféricos, controles industriales y en la industria automotriz.
FR - 5	Capas múltiples de tela de vidrio tejido con la mayor parte de resina epoxi polifuncional.	Utilizado donde se necesita alta resistencia al calor.

Los espesores de las tabletas son normalizados por la MIL-P-139491 y sus unidades están dadas en pulg x 10⁻³ esto incluye el espesor de la cubierta de cobre. Las tablas 1.3, 1.4 y 1.5 muestran esta información.

Tabla 1.3 - Equivalencia del peso y espesor del laminado de cobre.

PESO Onzas/Pie ²	ESPESOR Pulgadas
1/2	0.0007
1	0.0014
2	0.0028
3	0.0042

Tabla 1.4 - Espesor de la tableta incluyendo el del cobre.

DESIGNACION	ESPESOR En Pulgadas			
	1/32"	1/16"	3/32"	1/18"
FR - 3	3.6	7.2	11	14.5
CEM - 1	4.0	7.6	11.6	14.7
FR - 4	5.0	10.0	15.0	20.0

Tabla 1.5 - Espesor únicamente del material base.

-3 Pulg. x 10		
0010	a	0045
0046	a	0065
0066	a	0120
0121	a	0199
0200	a	0309
0310	a	0409
0410	a	0659
0660	a	1009
1010	a	1409
1410	a	2400

El cobre es el material usado por excelencia como conductor, además se utiliza el bronce y el aluminio. La plata es utilizada para el acabado que sirve como recubrimiento para ayuda en la soldadura. El oro se utiliza para el chapeado de una buena resistencia a la corrosión y facilidad de soldadura. Otros materiales utilizados son el rhodio y el níquel que proporcionan resistencia al desgaste. El espesor más usado en la capa conductora es de 0.036 mm (1 onza/pie²) en el cual el peso por unidad de área se refiere a la cantidad de cobre que recubre el sustrato.

Otro aspecto que también se lleva a cabo es el recubrimiento de aislamiento a las PCB'S con acrílico y resina de silicio, esto se hace con el propósito de mejorar el funcionamiento del circuito impreso sometido a la alta humedad o para mejorar la fijación de las partes de la tableta.

1.3 GENERALIDADES DEL CNC (CONTROL NUMERICO POR COMPUTADORA) Y LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS.

1.3.1 EL CNC.

El control numérico por computadora es simplemente un medio de dirigir algunas o todas las funciones de una máquina en forma automática desde instrucciones codificadas. El control automático de las máquinas se logra por medio de dispositivos eléctricos que reciben las instrucciones de operación desde un computador en lugar de recibirlas de un operario humano. Un CNC contiene un sistema propio de ordenador sobre la base de la moderna tecnología de microordenadores. En él, una memoria de semiconductor sirve de memoria de programación.

En la fig. 1.1 puede observarse que los sistemas CNC ofrecen la posibilidad de recibir programas directamente de ordenadores exteriores a través de las correspondientes interfases o por medios físicos como podría ser una banda perforada; además la mayor parte de los mandos CNC están equipados con un teclado y una pantalla que permiten realizar la programación directamente en la máquina. En este caso se habla de una programación en el taller. El teclado y la pantalla ofrecen asimismo la posibilidad de modificar y de optimizar funcionalmente los programas en el lugar. Esta es una ventaja decisiva en comparación con los sistemas CN (CONTROL NUMERICO) en los que las modificaciones y adaptaciones requieren mucho más tiempo puesto que las instrucciones son introducidas a través de medios físicos que no poseen ninguna forma que permita al usuario realizar modificaciones al instante de la ejecución. El microprocesador

procesa todas las señales de entrada que provienen de la memoria de programación y ocasiona la activación de los dispositivos de la electrónica de salida. La electrónica de salida esta compuesta por un conjunto de elementos y dispositivos que manejan

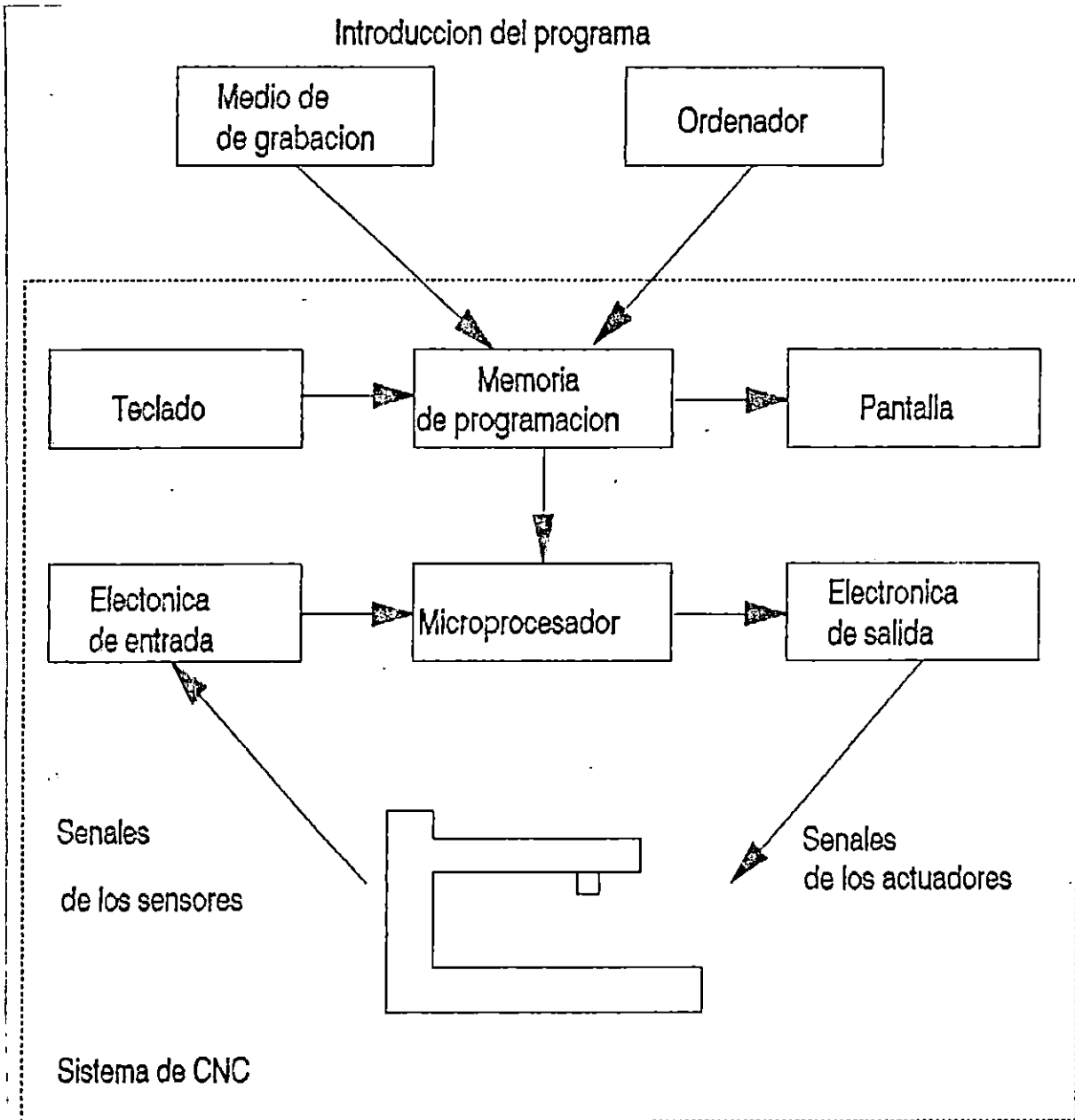


Fig. 1.1 - Los componentes de un sistema CNC.

señales y controlan elementos (motores, sierras, taladros, etc.) el movimiento se inicia una vez que las señales son dadas a los actuadores (encendido del equipo, condiciones iniciales de funcionamiento alcanzadas (calentamiento de la máquina)). En este momento la pieza de trabajo comienza a ser elaborada obedeciendo a las señales que proporcionan los sensores los cuales se activan cuando se alcanza una posición de final de carrera. El ciclo se completa formando un sistema de lazo cerrado con la parte del sistema llamada electrónica de entrada la cual procesa todas las señales que provienen de los sensores y realiza ajustes de acuerdo al programa hasta que la tarea se cumple. Otro aspecto importante es que por medio de la incorporación del microordenador pueden programarse la elaboración de trabajos complicados, que frecuentemente son muy extensos.

Las operaciones de corte, avance y/o perforación pueden adaptarse de forma óptima. El ordenador puede controlar y adaptar los valores consecuentemente y averiguar, por consiguiente, los valores de ajuste más favorables.

Los sistemas integrados de prueba y de diagnóstico, que han sido posibles, gracias a la utilización de microordenador, garantiza una gran disponibilidad de los sistemas CNC. El mando se autovigila, por decirlo así, y avisa automáticamente al operario sobre determinados errores.

1.3.2 USO DEL CNC EN LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS.

El equipo de control numérico por computadora (CNC) no sólo es capaz de hacer un trabajo complejo y preciso, sino que también ofrece ventajas económicas. Los requerimientos de herramientas y dispositivos se reducen, la flexibilidad de la máquina aumenta, el cambio de piezas de trabajo sólo puede requerir un receso en el programa principal.

Cuando un hombre maneja una máquina herramienta estándar de uso general es responsabilidad del operario determinar las velocidades y avances con que debe funcionar la máquina, así como hacer los continuos ajustes de la misma. Las máquinas herramientas especializadas por otra parte son guiadas por dispositivos electromecánicos. Son capaces de hacer un juego de operaciones fijas necesarias para producir piezas de un diseño.

El control numérico por computadora de las máquinas herramientas se logra por medio de instrucciones cifradas en instrucciones de programas. Estas instrucciones controlan las secuencias de las operaciones de maquinado, la selección de la

herramienta apropiada, la velocidad y avance de la máquina y la posición de la pieza de trabajo. El margen de error humano en la operación queda eliminado en su mayor parte puesto que la manipulación del operario sobre el sistema de control se limita a ejecutar el programa en la unidad de control o computadora. El deber del operario en un arreglo CNC es vigilar la herramienta en cuanto a desgaste o mal funcionamiento, cargar y descargar el trabajo, poner en marcha y cambiar las instrucciones en la unidad de control.

La preparación del CNC comienza durante la etapa de diseño. La pieza debe ser diseñada y transferida al programa del computador.

1.3.2.1 Posicionamiento para CNC.

Es posible definir la posición de un punto del espacio con referencia a otro punto considerando tres ejes mutuamente perpendiculares llamados por lo común X, Y y Z (FIG. 1.2) los ejes X y Y representan el movimiento horizontal de la mesa y el eje Z representa el movimiento vertical de la herramienta de corte, tal como en una taladradora o en una máquina fresadora.

1.3.2.2 Sistema fijador de la posición.

Uno de los sistemas mayormente utilizados por los programadores para fijar la posición es el sistema de punto a punto.

El sistema de punto a punto es muy sencillo. La fijación de la posición es siempre a lo largo de un eje. Tal sistema es ideal para controlar el corte o fresado en línea recta y para aplicaciones tales como el taladrado cuando se hace el trabajo después de haber fijado la posición. La fijación de la posición por el sistema de punto a punto puede ser incremental o absoluto. Con la fijación de la posición de tipo incremental, se programa cada movimiento posicionador a partir de la última posición. Con la fijación de la posición de tipo absoluto, se da cada posición de maquinado en relación a un punto cero u origen.

La fijación de posición del tipo absoluto conlleva el manejo de las coordenadas de cada punto referidas a un punto origen las cuales pueden llegar a convertirse en cantidades grandes, resultando esto en un manejo numérico mas complicado. En cuanto al tipo incremental resulta mas sencillo definir los cambios de posición ya que simplifica las tareas de calculo al no tener que tomar en consideración la primera posición (origen) o punto

de partida, ya que cada punto de colocación que se va alcanzando se convierte automáticamente en el origen, ahorrando cantidad de memoria ocupada en el computador.

La máquina CNC a construir utilizará el sistema fijador de posición PUNTO A PUNTO, realizando además una combinación del tipo de posicionamiento absoluto e incremental. Su referencia es siempre el origen del sistema (coordenadas X y Y iguales a cero) Una vez que el sistema este ubicado en la primera posición que se le asigne no tiene necesidad de regresar al origen para ir en busca de una segunda posición que se le asigne, sino que a partir de la ultima posición ocupada incrementa o decremента sus valores realizando desplazamientos en las direcciones positivas y negativas de cada eje.

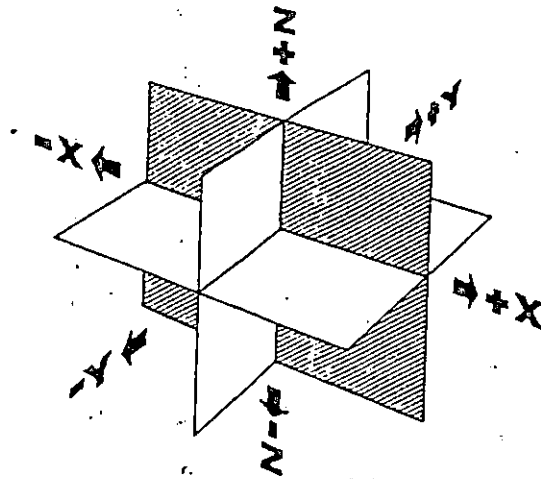


Fig. 1.2 - Los ejes X y Y representan los movimientos horizontales de la mesa, el eje z representa movimiento vertical de la herramienta o de la mesa.

1.2.3.3 Preparación de un programa para CNC.

Antes de preparar un programa para CNC, el programador debe saber si el programa se está elaborando para un sistema fijador de las posiciones de tipo incremental o absoluto; debe estar familiarizado también con el formato y claves requeridos por el lenguaje de programación. Con frecuencia es útil hacer un croquis de la parte, redimensionando según se requiera para propósitos de la programación y mostrando los cambios de herramientas. Fundamentalmente, se requieren los pasos siguientes para producir un programa:

1. Determinar las necesidades de herramientas para posicionar y sujetar la pieza sobre la mesa.

2. Seleccionar un punto de colocación. Este punto puede estar situado en una esquina de la pieza, en un punto de referencia del dispositivo sujetador, o en algún otro punto de referencia conveniente.
3. Seleccionar el primer punto para el cambio de herramienta, donde se descargará la pieza terminada y se insertará una nueva al completarse el programa. Esta posición puede estar en el punto de colocación o si fuese necesario, en un segundo punto que permita holgura suficiente cuando se retiren y se inserten las piezas.
4. Determinar una secuencia de operaciones y seleccionar cualquier punto adicional requerido para el cambio de herramientas. Asegurarse de que la herramienta no chocará contra el dispositivo sujetador o contra la pieza de trabajo durante cualquier movimiento al cambiar de posición.
5. Registrar la secuencia de operaciones junto con cualquier tipo de instrucciones para el operario en una hoja de programación.

1.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO I

- El conocimiento de las características de diseño y construcción de las PCB'S proporciona información importante para la especificación de la máquina perforadora a implementar.
- Los materiales bases utilizados en la fabricación de tabletas de circuitos impresos son de diferentes tipos y dependen principalmente de la aplicación para la cual se requieran. Este aspecto debe ser considerado al momento de que se realice una perforación ya que podría requerir de ajustes en el equipo perforador.
- Tomando en cuenta las características que presentan los diferentes tipos de tabletas de circuitos impresos, puede considerarse adecuado el diseño de la máquina perforadora que cumpla con los requerimientos de la tableta del tipo FR-4 dado su mayor espesor y diversidad de aplicaciones.
- El CNC (control numérico por computadora) es un medio de dirigir algunas o todas las funciones de una máquina perforadora en forma automática a partir de instrucciones codificadas.
- La realización de un trabajo complejo y preciso, bajos costos, reducción de los requerimientos de herramientas y dispositivos, aumento de la flexibilidad de la máquina y el cambio de las piezas de trabajo son las ventajas más relevantes que ofrece las máquinas herramientas controladas por sistemas CNC.
- El margen de error humano en sistemas CNC queda eliminado en su mayor parte puesto que la manipulación del operario sobre el sistema se limita a ejecutar el programa en la unidad de control o computadora.
- Vigilar la herramienta en cuanto a desgaste o mal funcionamiento, cargar o descargar el trabajo, puesta en marcha y cambiar las instrucciones en la unidad de control cuando sea necesario es la principal función del operario en un sistema CNC.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] Camacho Valle, José Atilio. Diseño y Fabricación de Circuitos Impresos en la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Tesis para optar al grado de ingeniero electricista. Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de El Salvador. Mayo 1990.

[2] Doyle, Lawrence E. Materiales y Procesos de Manufactura Para Ingenieros. 2ª edi. México. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 1988.

[3] Feirer, John L. Maquinado de Metales con Maquinas Herramientas. 2ª edi. México. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. 1990.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL.

INTRODUCCIÓN

El sistema CNC 932 (Control Numérico por Computadora), realiza el trabajo de una máquina herramienta en miniatura capaz de ser controlada por cualquier microcomputadora compatible con la interface MIC 926 que se posee.

La práctica con éste tipo de equipo puede verse desde dos puntos de vista: como un estudio para comprender la interacción que existe entre el computador y la interface, o cómo una práctica de entrenamiento para estudiantes interesados en programar mecanismos de control de partes tales como los que se requieren en los modernos talleres automatizados.

De esta manera el CNC 932 proporciona una valiosa introducción a las técnicas modernas de programación en computadoras para implementar controles numéricos por computadoras de máquinas herramientas.

Para formarse una idea de lo que son los sistemas CNC en el presente capítulo se desarrolla una descripción de las diferentes partes componentes del sistema CNC que se posee, esto servirá como preámbulo para cuando deban especificarse las características de la nueva máquina taladradora a construir basada en el sistema actual; estos tópicos se verán en el siguiente capítulo.

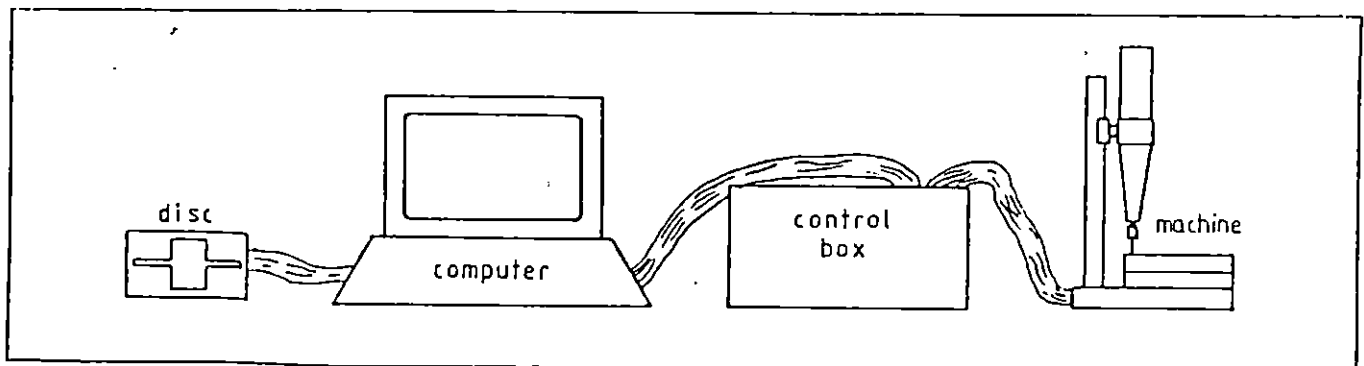


Fig. 2.1 - Forma en que son conectados todos los elementos del sistema CNC-932

2.1 QUE COMPRENDE EL EQUIPO CNC 932.

- Una máquina herramienta taladradora/cortadora.
- Una unidad de control con su fuente de alimentación incluida.
- Un interfase puerto de usuario MIC 926 para ser instalado en computadora IBM PC o compatible.
- Un manual para uso con soporte de software básico.
- 2 brocas de 2 mm. de diámetro y 2 brocas de 1.5 mm. de diámetro.
- Un lote de material simple de trabajo (acero de juguete).

2.2 EL INTERFASE MIC 926.

La tarjeta interfase MIC 926 es quien permite la conexión de una computadora compatible IBM con la máquina de control numérico CNC 932. La interfase esta diseñada para instalarse en cualquier ranura de expansión que se encuentre libre en la computadora.

La MIC 926 se conecta a la máquina CNC 936 por medio de cable plano con terminales en cada uno de los extremos correspondientes a cada dispositivo.

La interfase tiene una amplia variedad de aplicaciones en el control de dispositivos o como interfase de entrada/salida.

El elemento principal de la MIC 926 es el circuito integrado interfase programable de periféricos (PPI) INTEL D8255AC-2 que es un dispositivo programable de entrada/salida paralelo de propósito general que posee 24 líneas de entrada/salida que pueden ser programados individualmente en dos grupos de 12. En el modo de operación 0, que es el usado en el sistema CNC 932, se habilitan dos puertos de 8 bits : A y B como salidas en la tarjeta, y además la MIC 926 provee del puerto C como entrada. El 8255a posee otros dos modos de operación, que son útiles en otras aplicaciones; de ellos puede encontrarse información en las referencias [4] y [5] de este capítulo.

En general la computadora trata los puertos de entrada/salida tales como la MIC 926 como localizaciones de memoria, con cada puerto de entrada/salida, requiriendo una dirección que no haya sido asignada a la memoria RAM o usada por algún otro puerto de entrada/salida. Para evitar un conflicto entre dos dispositivos a los que se hubiese asignado la misma dirección, la MIC - 926 permite localizarla en el área de direcciones destinados para las tarjetas prototipos (dirección hexadecimal 300) a partir de la cual se configuran por software el otro puerto B. En la dirección (Hexadecimal 301) la MIC es configurada con 3 puertos de usuario de 8 bits, 2 de salida (A y B) y uno de entrada (C) mediante software en el momento de la inicialización de puertos

al escribir la palabra de control 10001001 = Hexadecimal 89 (137 en decimal) en la dirección de memoria 303 que corresponde a la de Registro de Control de la MIC 926.

Como ya se mencionó con anterioridad la interfase MIC 926 procesa y transfiere la información que proviene de la computadora a la caja de control la cual controla en funcionamiento de cada uno de los dispositivos mecánicos del equipo.

En la Tabla 2.1 se presenta la asignación de puertos que se pueden programar en la computadora y los usos que se le han dado a cada uno de los bit de los puertos A y B, ésta información se transfiere a la MIC926 y de ahí a la caja de control además de los puertos puede hacerse uso de las dos líneas de entrada CA1 y CB2 moviendo conexiones dentro de la caja de control.

Tabla 2.1 - Asignaciones de los puertos de la tarjeta MIC 926.

PORT	BIT	VALUE	INPUT/ OUTPUT	FUNCTION
A	0	1	Output	Enable Y' drive.
A	1	2	Output	Enable X' drive.
A	2	4	Output	Enable Z drive.
A	3	8	Output	Drill motor drive.
A	4	16	Input	Y reference detect (note 1).
A	5	32	Input	X reference detect (note 1).
A	6	64		Not used.
A	7	128		Not used.
B	0	1	Output	+Y' drive.
B	1	2	Output	-Y' drive.
B	2	4	Output	+X' drive.
B	3	8	Output	-X' drive.
B	4	16	Output	+Z drive.
B	5	32	Output	-Z drive.
B	6	64		Not used.
B	7	128		Not used.
CA1			Input	Y reference detect (note 1).
CB1			Input	X reference detect (note 1).

Para facilitar la explicación de la transferencia de datos se proporciona la tabla 2.2 donde se encuentra tabulado el puerto, el valor del bit tomado por el puerto, la función que ejecuta y el terminal de la caja de control al cual se transfiere la información.

Tabla 2.2 - Funciones de las líneas de los puertos de la MIC-926 y sus asignaciones a los pines del conector de la tarjeta

PUERTO	BIT	FUNCION QUE EJECUTA	TERMINAL DE LA CAJA DE CONTROL AL CUAL SE CONECTA
A	0	Habilita el control del eje Y de la mesa de trabajo	16
A	1	Habilita el control del eje Z de la mesa de trabajo	14
A	2	Habilita el control del eje Z movimiento vertical del taladro	12
A	3	Habilita el control del motor del taladro	10
A	4	Activa el detector de posición de referencia del eje Y (origen)	8
A	5	Activa el detector de posición de referencia del eje X (origen)	6
A	6	No se utiliza	4
A	7	No se utiliza	2
B	0	Controla el movimiento del eje Y de la mesa de trabajo en la dirección positiva	15
B	1	Controla el movimiento del eje Y de la mesa de trabajo en la dirección negativa	13
B	2	Controla el movimiento del eje X de la mesa de trabajo en la dirección positiva	11
B	3	Controla el movimiento del eje X de la mesa de trabajo en la dirección negativa	9
B	4	Controla el movimiento del eje Z de la mesa de trabajo en la dirección positiva	7
B	5	Controla el movimiento del eje Z de la mesa de trabajo en la dirección negativa	5
B	6	No se utiliza	3
B	7	No se utiliza	1
CA1		Activa detector de referencia del eje Y	20
CA2		Activa detector de referencia del eje X	19

El diagrama esquemático de las conexiones de la tarjeta MIC-926 puede verse en el anexo 1.

2.3 CAJA DE CONTROL

La caja de control es la encargada de recibir la información de la interfase MIC926 que proporciona señales para alimentar la circuitería que maneja los motores de paso (ejes X, Y y Z), operación de encendido y apagado del taladro y detección de las señales provenientes de los fotodetectores encargados de la localización del origen del equipo; todo esto contenido dentro de la caja de control.

El diagrama esquemático de las conexiones de la caja de control cnc-932 puede verse en el anexo 2

El funcionamiento de la caja de control se ejecuta de la siguiente manera: las señales de entrada que permiten habilitar el control de los motores de pasos en las direcciones X, Y y Z se transmiten a través de los terminales 16, 14 y 12 respectivamente, estas alimentan y activan a tres CI'S idénticos para control de los motores (SDB520) a través de los pines (7 y 10); la activación de los CI'S puede observarse desde la consola de la caja de control ya que también se alimentan tres led color naranja (D3, D10 y D17) uno respectivamente para cada CI.

La señal de control del encendido o apagado del taladro corresponde al pin 10 de las líneas de conexión, el cual pone en estado de conducción al arreglo D'Arlington (TIP121) que habilita el encendido del taladro, el estado de off/on puede verse en la consola de la caja de control por medio del Led 35 color rojo que también es alimentado.

La señal que transmite el estado del detector de posición X y Y (origen de la mesa de trabajo) se transmite a través de los terminales 6 y 8 respectivamente y la señal de finalización del proceso se transfiere de la caja de control a la computadora, las señales de los terminales 6 y 8 provienen de los fotodetectores respectivos (TIL 146) ubicados en la máquina.

Las señales de entrada que permiten el control de los motores de pasos para cada uno de los ejes se transfieren a través de los terminales siguientes:

Pin 15 movimiento del eje Y en dirección horaria (+ Y')
Pin 13 movimiento del eje Y en dirección antihoraria (- Y')
Pin 11 movimiento del eje X en dirección horaria (+ X')
Pin 9 movimiento del eje X en dirección antihoraria (- X')
Pin 7 movimiento del eje Z en dirección horaria (+ Z)
) Pin 5 movimiento del eje Z en dirección antihoraria (- Z)

Todas las señales que permiten el movimiento horario alimentan a su CI controlador (SBD520) respectivo en el pin 2, y las señales que permiten el movimiento antihorario (13, 9 y 5) al pin 1, cada uno de estos terminales (6 en total) al recibir señal encienden un led color amarillo (D1 ó D2 ó D8 ó D9 ó D15 ó D16) que puede visualizarse en la consola de la caja de control y saber de esa manera en que sentido gira el motor respectivo.

Además de las señales necesarias para el control de los motores, cada controlador SDB520 requiere de polarización (pines 3, 5, 15, 4 y 8). Cada motor de pasos posee cuatro fases distribuidas en dos pares de bobinados (A, C y B, D), el método de operación del motor de pasos permite entender que la acción de dar los pasos depende de una secuencia específica de conmutaciones que sirven para energizar y desenergizar las bobinas del estator. Para alcanzar éste objetivo se recurre a un esquema práctico que consiste en una unidad de amplificación integrada por cuatro transistores (esquematizados como TR) para cada motor, los cuales se conmutan de encendido a apagado secuencialmente, según las señales que se generan automáticamente por el IC controlador SDB520 el cual recibe pulsos de entradas, los cuales corresponden a una cantidad de pasos del motor y sentido de giro especificados desde el programa del computador. Además de los transistores, la unidad de amplificación también incluye 4 diodos

uno en paralelo con cada bobina, éstos se requieren para proporcionar trayectorias a las corrientes inductivas que fluirán siempre que los transistores se apaguen por la conmutación del conjunto de los circuitos de control lógico.

Los pines de cada SDB520 que se conectan a los transistores son los 14, 13, 12 y 11; cada motor de paso requiere de una alimentación de 12 V DC a través de dos líneas para todos los ejes(X, Y y Z)., además las bobinas de las cuatro fases de cada motor, se conectan cada una al colector del transistor correspondiente a través de los diodos. Además se observa en la consola de la caja de control, la bobina de la fase que esta energizada a través de los diodos color rojo conectados a la línea del colector de cada transistor.

2.4 SISTEMA MECÁNICO DE POSICIONAMIENTO.

El sistema de posicionamiento del sistema actual consiste en dos plataformas deslizantes, movidas por un conjunto tuerca/tornillo accionado por motores de paso; sus principales características físicas son:

- Recorrido en X (movimiento de la mesa) 100 mm.
- Recorrido en Y (movimiento de la mesa) 100 mm.
- Recorrido en Z (movimientos ascendente/descendente del taladro) 25 mm.
- Controles de los recorridos X, Y y Z: motores de paso, 48 pasos/rev.
- Máxima velocidad de movimiento de cualquier eje: 4 mm/seg.
- Mínimo tamaño de paso en los recorridos: 0.021 mm.
- Requerimientos de potencia 100, 110, 120 V (fusible de 1A).
200, 220, 240 V (fusible de 0.5 A)
50 VA
50 ó 60 Hz.

2.5 TALADRO

Esta máquina no está diseñada para cualquier uso, sino únicamente para taladrado ligero, se pueden hacer cortes pequeños en materiales seleccionados. Un material adecuado es el acero juguete proporcionado con éste equipo.

- Máxima velocidad de la broca sin carga . . 16000 rev/min.
- Máximo tamaño del diámetro de la broca: 3.2 mm.
- Potencia del motor de rotación: 100 watts.
- Alimentación al motor: 12 V DC.

2.6 EJES

La máquina mostrada en la Fig. 2.2a está diseñada para sujetar

una pieza de trabajo montada sobre su mesa. Cuando se proporcionan instrucciones a la máquina, ésta interpreta convenientemente como debe desplazarse con cortes relativos a la pieza de trabajo; para éste propósito se pueden establecer ejes fijos con relación a la mesa, tal como se observa en la Fig. 2.2b.

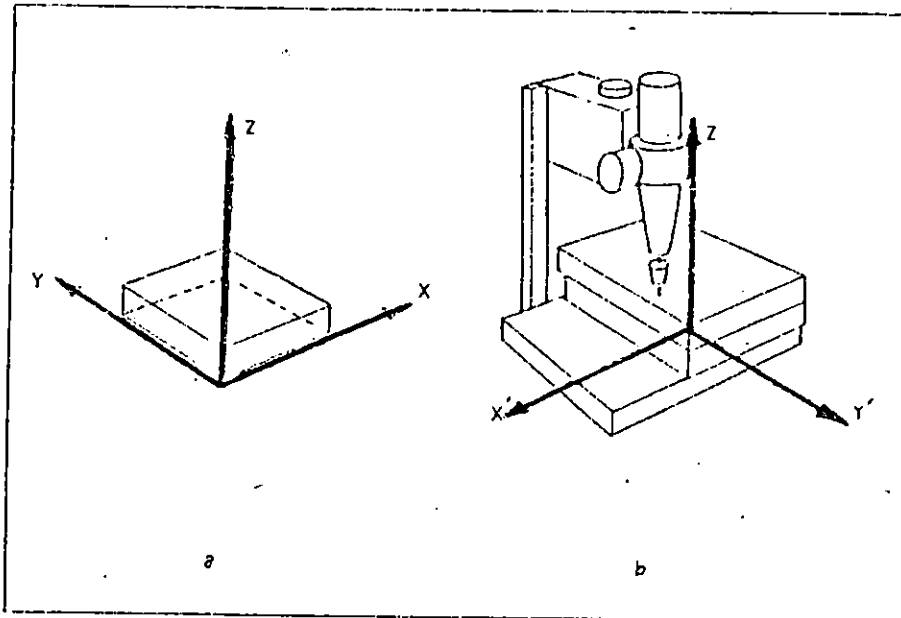


Fig. 2.2 - Ejes en la pieza de trabajo y movimientos de la máquina

Examinando la máquina, se observa que el movimiento del taladro relativo a la pieza de trabajo es directo. Así, un movimiento hacia arriba de taladro se logra con una magnitud mayor que la actual de Z, si Z es menor, el taladro se acercará a la pieza de trabajo con un movimiento descendente.

Si consideramos ahora los movimientos horizontales vemos que éstos no son trayectorias directas. La cabeza del taladro no se mueve en la dirección X ni Y, en cambio, un movimiento de la mesa moverá la pieza de trabajo. Si un movimiento del taladro relativo a la pieza de trabajo es X unidades en la dirección + X, entonces la mesa se moverá X unidades en la dirección opuesta, la cual es llamada X' en la fig. 2.2b similarmente un movimiento de magnitud Y y signo + Y moverá la mesa Y unidades en la dirección opuesta.

Los movimientos X', Y' y Z' son todos controlados por motores de paso. La otra parte controlada de la máquina es el motor del taladro, éste es un motor simple D.C. el cual puede ser apagado y encendido por la computadora (siempre que su interruptor local esté encendido).

2.7 MOTORES DE PASO.

En el CNC 932 cada motor de paso tiene un tamaño de paso de 7.5° , así que 48 pasos son requeridos para una revolución, cada motor de paso maneja un tornillo de 1 mm. de avance; la exactitud que se puede lograr es de 0.021 mm es decir 1/48 de milímetro. Los motores de paso del CNC932 son de magneto permanente y pueden rotar cualquier número de pasos en cualquier dirección. El sistema posee además fotodetectores en los ejes X y Y ya que se necesitan referencias externas para establecer el origen del sistema

2.7.1 CONTROL DE LOS MOTORES DE PASOS.

Cada motor de pasos tiene dos pares de bobinados (Fig. 2.7) los cuales pueden ser energizados en una secuencia tabulada para rotación horaria, la secuencia se toma en orden inverso para la rotación en la dirección opuesta. Cada paso es de 7.5° , así que 48 pasos son requeridos para hacer una revolución controlando los tornillos de 1 mm de paso, así que 48 pasos controlan un apropiado movimiento lineal de 1 mm de paso.

La generación de ésta secuencia es dada automáticamente por un circuito integrado controlador (SDB520) en respuesta a un tren de pulsos de entrada.

Cuando el controlador es habilitado éste producirá la próxima salida en secuencia siempre que ocurra un borde negativo de pulso. Si la entrada "+" es usada, la secuencia será aquella requerida para la rotación horaria. Si la entrada "-" es usada, la secuencia será aquella requerida para la rotación antihoraria.

Para operar el motor de pasos existen dos requerimientos esenciales utilizados por la computadora, los cuales son:

- 1 - Aplicar un "1" para habilitar el control de línea.
- 2 - Aplicar al pulso una entrada "+" o "-".

2.8 OTRAS SEÑALES EXISTENTES.

El motor del taladro es simplemente apagado o encendido por el estado del bit de salida, suponiendo que el interruptor manual del taladro esté encendido.

Dos señales de entrada son habilitadas para el computador desde la caja de control. Estas indican cuando el eje X o el eje Y es seleccionado para una posición de referencia. Podrían ser enviados hacia la computadora otros dos bit de entrada o

en las líneas CA2 y CB2 (normalmente usados para propósitos en transacciones de entrada/salida) el método es seleccionado por enlaces en la caja de control y una u otra pueden ser necesarias dependiendo del tipo de computadora.

2.9 CONCLUSIONES DEL CAPITULO II

- A través del uso del sistema CNC 932 pueden desarrollarse prácticas para el control por medio de computadoras de máquinas herramientas que pueden ser de mucha utilidad para estudiantes interesados en esta área.
- La práctica con el sistema CNC 932, permite ejercitar técnicas de programación para la elaboración de piezas mecánicas utilizando aspectos considerados en las modernas técnicas desarrolladas en los talleres.
- En el aprendizaje del Control numérico, los costos se ven reducidos al utilizar la máquina herramienta en miniatura que contiene el actual sistema CNC ya que los gastos que involucraría el utilizar una máquina herramienta de tamaño natural es mucho más elevado.
- Tomando en cuenta la utilización de los puertos de la tarjeta MIC -926, habrá de estudiarse la posibilidad de utilizar las líneas no empleadas, para la implementación de nuevos controles en la máquina tales como sensores y/o actuadores.
- La utilización de motores de paso de mayor capacidad en el sistema a implementar, puede significar la necesidad de modificar la etapa de potencia en la caja de control para el manejo de los mismos.
- En base a la experimentación se establece que el sistema actual no cumple con los requerimientos para perforar tabletas de circuitos impresos, debido a la fragilidad de su brazo de soporte, dispositivo de sujeción del taladro y el mecanismo de sostén de las plataformas de trabajo.
- El uso de un motor DC en el taladro permite el manejo del estado de encendido y apagado, controlado desde la computadora, utilizando circuitería menos compleja que si se utilizara un motor AC.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Computer Numerically Controlled Machine CNC 932 Volume 1 Programming in Basic. Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR England. 1982. FeedBack Instrument Limited.
- [2] Computer Numerically Controlled Machine CNC 932 Volume 2 Programming in Basic. Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR England. 1982. Feedback Instrument Limited.
- [3] Mic 946 Interface. Park Road, Crowborough, E. Sussex, TN6 2QR England. 1981. "Selecting The Address". Feedback Instruments Limited.
- [4] Peripheral Design Handbook. Santa Clara, California. 1979. "Peripheral Data Sheets". Intel corporation.
- [5] Platero saravia, Marco Antonio. Escalante Córdova, Herberth Alirio. Diseño y Construcción de un Dispositivo Analizador de Distorsión Armonica en Redes de Baja Tensión. Tesis para optar al grado de ingeniero electricista. Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Eléctrica. Universidad de El Salvador. Octubre 1991.

CAPITULO III

ELEMENTOS DE DISEÑO DEL SISTEMA CNC A IMPLEMENTAR

INTRODUCCION

La modificación del sistema CNC 932 orientada a la construcción de una máquina perforadora para tabletas de circuitos impresos, que utilice la misma circuitería de control así como la misma interfase, implica la utilización de elementos que habrán de cambiarse para adaptarse a un nuevo trabajo, entre estos elementos pueden mencionarse las plataformas, el sistema completo de perforación (taladro, posicionamiento, brocas, etc). En este capítulo se pretende hablar de aquellos elementos del diseño que habrán de modificarse cuya especificación se completa en el capítulo 4 en el que se hable de la máquina ya implementada.

De los principales elementos constructivos se presenta información acerca de los motores de paso. El sistema de taladrado actual (CNC 932) los emplea para controlar el movimiento de los tres ejes existentes (X, Y y Z) estos elementos se emplearán también en el sistema CNC a diseñar, dimensionados con la capacidad necesaria para el trabajo requerido de ahí la importancia de este tipo de estudio. El tema de motores de paso incluye tópicos tales como: Definición, aplicaciones comunes, clasificación, características de construcción, métodos de operación, amplificadores de manejo y lógica de traducción.

Además se han incluido aspectos importantes involucrados en el nuevo diseño tales como: tipos de brocas, velocidad de rotación, tasas de penetración, características del taladro, sistemas de control del movimiento vertical, evacuación de viruta, consideraciones sobre enfriamiento de la broca y plataformas de desplazamiento.

Al final del capítulo se presenta un diagrama del sistema a implementar indicando sus principales partes y algunas características de diseño.

3.1 MOTORES DE PASO.

3.1.1 Definición.

Los motores paso a paso son elementos especiales de la familia de los motores de corriente continua, aunque es manejado por un conjunto de señales digitales en la secuencia apropiada, el motor en si mismo manifiesta las características de un motor síncrono.

En su forma más común, actúa como una máquina de doble excitación, lo que significa que permanece en un estado permanente a una sola velocidad.

3.1.2 Aplicaciones comunes.

La precisión en el movimiento de mecanismos como las lectoras de discos rígidos o disquetes en microcomputadoras, de cabezas de impresión en impresos y de brazos de robots usados en aplicaciones industriales y experimentales depende fundamentalmente del motor paso a paso (step motor), otros ejemplos son el control de plumas de las coordenada X y Y de los costosos graficadores, sin embargo, el motor de pasos es utilizado también fuera de la industria de las computadoras. En instalaciones comerciales, médicas y militares, los motores de pasos se encargan de realizar funciones tales como medir, agitar, cortar, mezclar, combinar y drenar, se les ve frecuentemente en la producción de alimentos empacados y en el acabado de productos comerciales.

Para nuestro caso los motores de pasos los utiliza el sistema para controlar los movimientos de las 3 coordenadas requeridas por la máquina (X, Y y Z) el paso de cada motor es de 7.5, así que 48 pasos serán requeridos para lograr una revolución del eje del mismo, cada uno de los motores maneja un tornillo de 1mm de avance por lo tanto puede lograrse una precisión de 1/48 mm que es el paso de construcción de los tornillos en los cuales se apoyan las plataformas y el taladro. El motor de pasos es especialmente adecuado para estas aplicaciones porque en esencia es un dispositivo que sirve para convertir la información de entrada en forma digital a una salida en forma mecánica. Por lo tanto proporciona una interfase natural con la computadora digital las ventajas que ofrece el motor de pasos en estas aplicaciones se pueden aprovechar con facilidad con el uso de dos piezas de equipo auxiliar: el microprocesador y los interruptores controlados en forma de transistores.

3.1.3 Características de construcción.

La construcción del motor de pasos consiste en un estator ranurado equipado con dos o más bobinas individuales y una estructura del rotor sin devanado. Según el diseño que presente el rotor así clasificaremos al motor. Si éste está provisto de un imán permanente unido a su flecha, se le llama motor de pasos imán permanente (PM). Si no incluye el imán permanente, se le

llama motor de pasos de tipo reluctancia.

En el motor de pasos imán permanente, la existencia del imán permanente proporciona al motor el equivalente de una excitación constante del corriente directa. Así, cuando una o más de las bobinas del estator se energiza, la máquina se comporta como un motor síncrono.

La construcción de este tipo de motor se detalla en la figura 3.1 con un estator de cuatro polos y una estructura de rotor de cinco polos. Obsérvese que la acción del imán permanente sobre la orientación particular de la estructura del rotor consiste en magnetizar cada uno de los polos (o ranuras) en extremo del rotor con una polaridad de polo N y cada polo del otro extremo con una polaridad de polo S. Más aún, el conjunto de polos N del rotor está dispuesto para tener un desplazamiento con respecto al conjunto de polos S del rotor de la mitad del paso polar y esto resulta evidente al comparar las FIG. 3.1 (b) y (c),

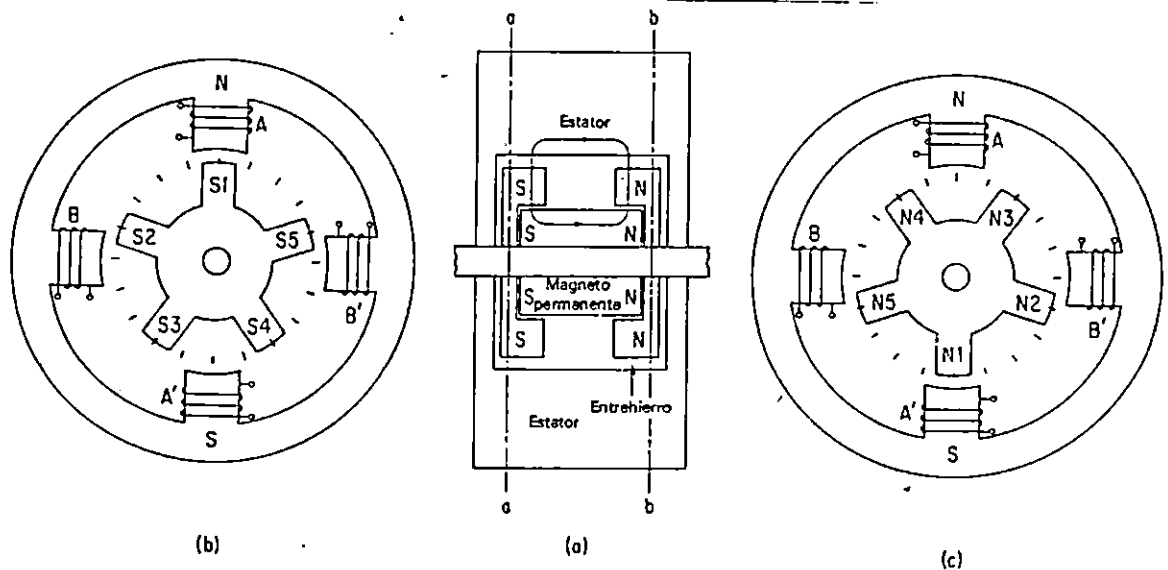


Figura 3.1 - Características de construcción del motor de pasos PM: a) Vista axial del Imán Permanente en la flecha del rotor; b) Sección transversal según el corte a-a con los polos del rotor de polaridad S; c) Sección transversal según el corte b-b con los polos de polaridad N.

la simetría que existe entre cada uno de los polos del estator y cada conjunto de los polos del rotor permite advertir que cada conjunto de polos del rotor se comporta de modo idéntico. Por ejemplo, si se supone que la bobina A-A' está energizada para dar una polaridad de polo norte en A y una polaridad S en A', la relación entre N del estator, y si S1, S2, S5 del rotor de la FIG. 3.1 (b) corresponde exactamente a la de S en el estator y N1, N2 y N5 del rotor en la FIG. 3.1 (c). Se puede hacer una afirmación semejante respecto a los conjuntos restantes de polos.

3.1.4 Métodos de operación.

La forma en que puede utilizarse el motor de pasos PM para realizar un posicionamiento se explica al examinar la secuencia de los diagramas que aparecen en la FIG. 3.2. El punto de inicio lo observamos en la FIG. 3.2 (a) y el punto final en la fig 3.2 (e) para un ciclo de conmutación completa de las bobinas del estator, esto produce que el rotor gire una cantidad igual a su paso polar es decir 72°.

El proceso mencionado anteriormente puede resumirse en la excitación alterna con valores positivos y negativos en las bobinas del estator, la acción del par producido por la excitación subsecuente de la bobina consiste en desplazar al rotor de su dirección preestablecida. Esto hace que el polo rotor poseedor del mínimo alineamiento angular con respecto al polo del estator de polaridad opuesta se atrae a un alineamiento exacto con ese polo.

La dirección de la rotación del motor de pasos se puede invertir asimismo si es necesario con solo invertir la secuencia de la conmutación. El resultado es un desplazamiento en sentido de las manecillas del reloj de 18°.

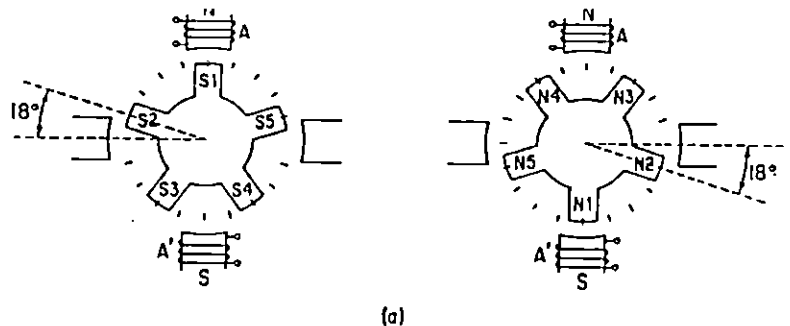


Fig. 3.2 - Indexación del rotor en la dirección ccw en el ciclo completo de la excitación de las bobinas A-A'/B-B' en secuencia a su paso por los valores positivo y negativo.

fig 3.2 (Cont)

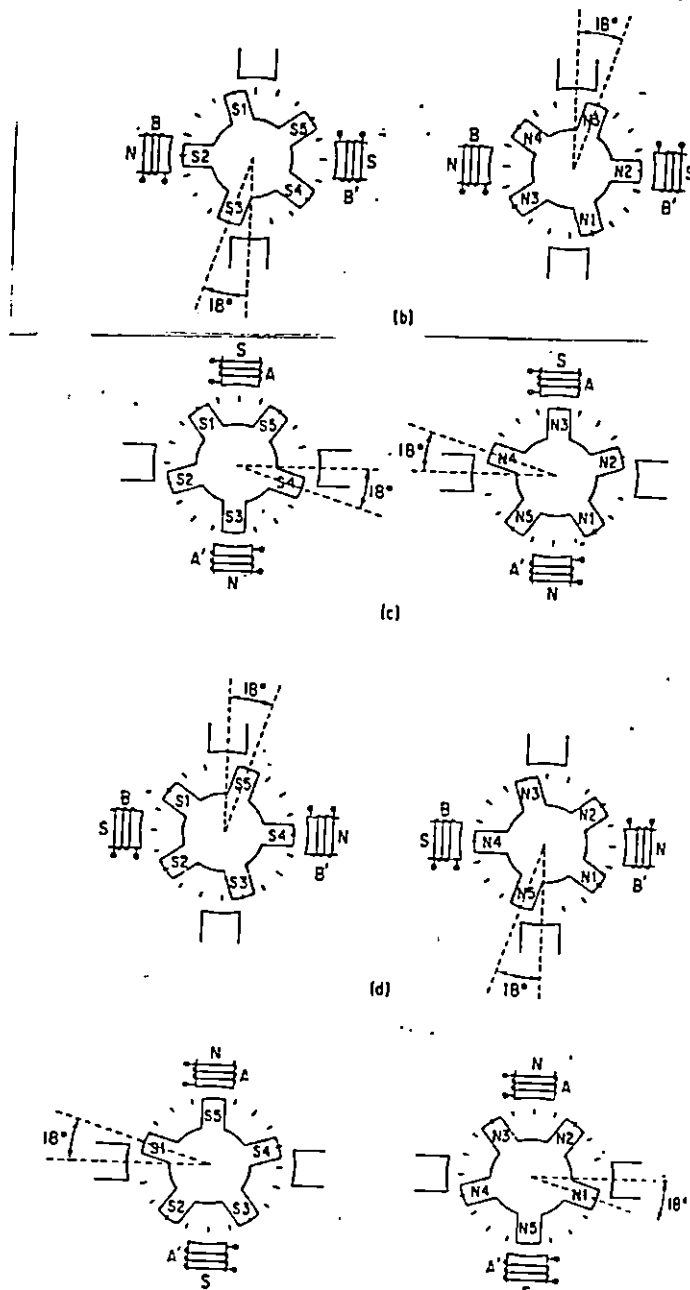


Fig. 3.2 - Indexación del rotor en la dirección ccw en el ciclo completo de la excitación de las bobinas A-A'/B-B' en secuencia a su paso por los valores positivo y negativo.

Dado que los motores de paso eliminan la necesidad de una referencia externa de posición éstos están sujetos a dos condiciones: la primera condición es que el motor de pasos debe haber iniciado su movimiento desde una posición conocida; para cumplir éste requerimiento, se necesitan algunas referencias externas, los fotodetectores en los ejes X y Y del CNC932 hacen esto.

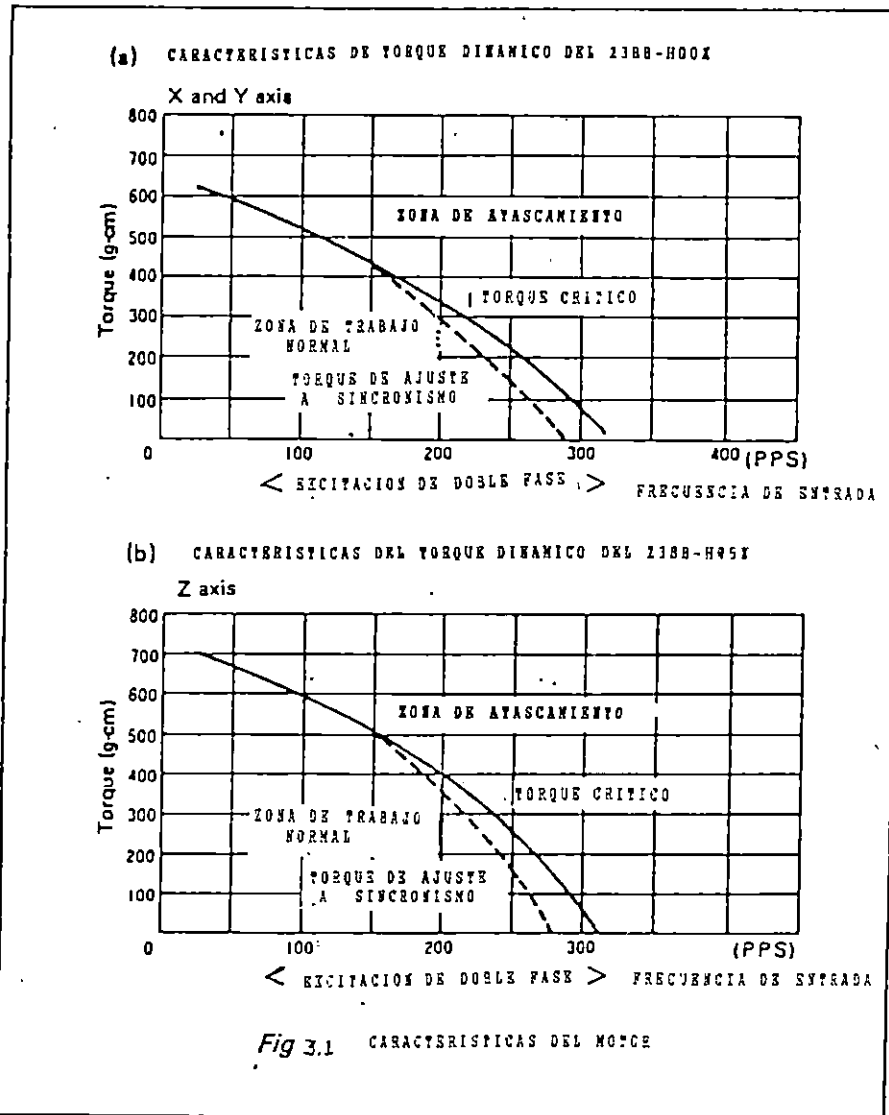


Fig. 3.3 - Características de un motor de pasos.

La segunda condición considera que el rotor debe en todas las veces seguir el patrón magnético establecido por el estator. Esta condición puede explicarse mejor observando las fig. 3.3 la cual muestra el torque dinámico de los motores de paso de

los ejes X y Y (a) y Z del sistema de posicionamiento de la máquina perforadora. Puede distinguirse en ambas gráficas dos curvas; una que contiene todos los momentos torsionales de ajuste al sincronismo y la otra curva que contiene todos los momentos torsionales críticos o límites del motor. Estas curvas a la vez dividen las gráficas (a) y (b) en tres zonas. La zona de trabajo normal o arranque, la zona de pre atascamiento y la zona de atascamiento o parada del motor. Cada una de las cuales representa un conjunto particular de torques de carga y tasas de pasos. Si el motor es encendido desde el reposo a una tasa de pasos y con un torque de carga el cual define un punto en la zona normal, el encendido será exitoso, ya que la carga conectada al eje del motor seguirá los pulsos sin perder los pasos. Si el motor es encendido y se incrementa ya sea la tasa de paso o el torque hasta alcanzar el punto de operación dentro de la zona de "pre - atascamiento" entre las dos curvas de gráficos (sombreada en la fig.3.3) el motor continuará operando, pero éste no podrá detenerse, arrancar desde el reposo e invertir su giro en esta zona. La zona de atascamiento establece condiciones que apagarán el motor, ya sea por que el motor sea sobrecargado en la capacidad de su torque o una frecuencia de energización muy elevada. Este último efecto producirá que el motor de pasos provea de un menor torque, debido a que el rotor tiene menos tiempo para llevar la carga de una posición a la siguiente según el patrón de pulsos de los arrollamientos del estator. Como sea, cualquiera de los dos aspectos mencionados anteriormente conducirán al motor a un estado final de vibración lo cual lo dañara.

La fig. 3.4 muestra algunos de los puntos de funcionamiento

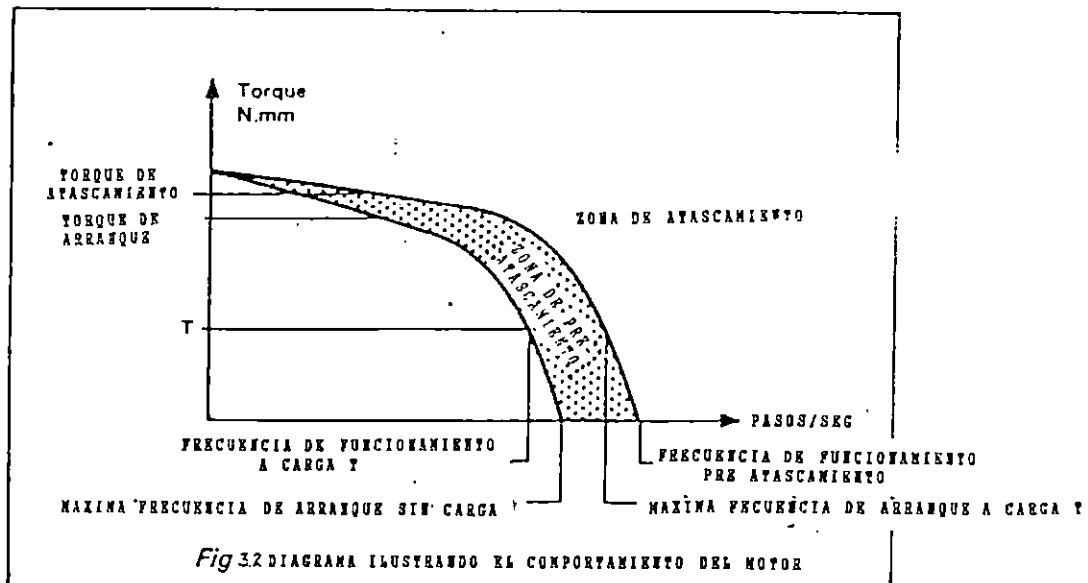


Fig. 3.4 - Diagrama ilustrando el comportamiento del motor.

particulares del motor de pasos los cuales pueden ser deducidos de la fig. 3.3 entre estos puntos se observa: El torque de parada o atascamiento que producirá que el motor se detenga, el torque o momento de torsión de arranque que garantiza un control del motor, la máxima frecuencia de arranque sin carga a la cual el motor de pasos puede responder sin perder su paso y la máxima frecuencia de operación de pre- atascamiento la cual al sobrepasarla el motor se detendrá. Además se ejemplifica el uso de la gráfica utilizando un torque deseado T para el cual corresponde una máxima frecuencia de arranque, se ve la dependencia que existe entre ambos parámetros.

3.1.5 Amplificadores de manejo y lógica de traducción.

El método de operación del motor de pasos permite entender que la acción de dar los pasos depende de una secuencia específica de conmutaciones que sirven para energizar y desenergizar las bobinas del estator. Para lograr esto podemos recurrir a un esquema que consiste en una unidad de amplificación integrada por transistores que se conmutan de encendido a apagado secuencialmente, según las señales que se originan desde un circuito de control apropiado de la lógica de traducción. En la FIG. 3.5 se tiene un diagrama de bloques de ese arreglo.

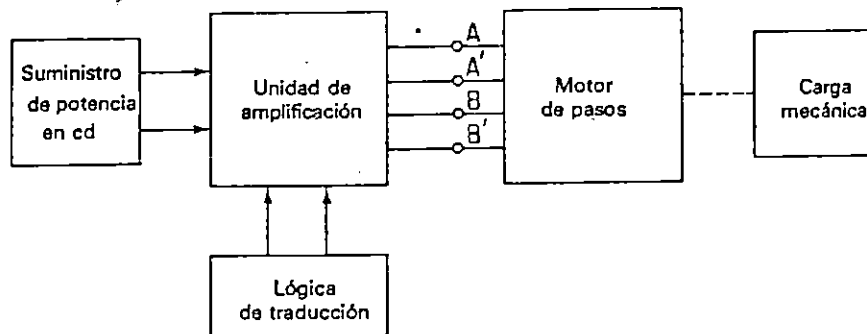


FIG. 3.5 - Diagrama de bloques del motor de pasos y su suministro de conmutación.

La unidad de amplificación proporciona la excitación de CD a las bobinas A-A' y B-B' a través de el conjunto de circuitos de interruptores controlados por el dispositivo de lógica del traductor. En la FIG. 3.6 se describe la unidad de amplificación tipo bifilar la cual se conoce así porque el circuito permite que uno de los dos extremos de la bobina se conecte al lado positivo del suministro de potencia. Cada bobina de fase utiliza cuatro transistores de conmutación siempre que se utilice un suministro de potencia y se desee la inversión de la corriente

en las bobinas de fase. Existe una unidad la cual emplea dos suministros de potencia, por lo tanto, se reduce el uso de transistores por bobina de fase a dos. Además de transistores la unidad de la FIG. 3.6 utiliza ocho diodos los cuales proporcionan trayectorias a las corrientes de bobina inductivas que fluirán siempre que los transistores se apaguen por la conmutación del conjunto de los circuitos de control lógico.

El plan lógico del circuito de control de traductor se explica mejor al desarrollar la lógica requerida para efectuar las operaciones del motor de pasos descritas en relación con la FIG. 3.2. En este caso, un ciclo de conmutación completo requirió que las bobinas del estator se energizarán según el plan de la tabla 3.1 para una rotación en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

TABLA 3.1 Plan lógico de un ciclo de conmutación para el motor de la figura 3.2 usando el diagrama esquemático de la fig. 3.5

BOBINA A-A'		BOBINA B-B'	
ON -		OFF	
OFF		ON +	
ON -		OFF	
OFF		ON +	

Aquí ON + se diferencia de ON - por la inversión de la corriente en la bobina.

El plan lógico que lleva a esta secuencia de conmutación de la unidad de amplificación de la FIG. 3.6 expresado en lenguaje binario, donde 1 significa ON y 0 significa OFF, es el que se muestra en la tabla 3.2.

TABLA 3.2 Ciclo de conmutación completo para el motor de la figura 3.2 usando el diagrama esquemático de la fig. 3.5

BOBINA A-A'				BOBINA B-B'			
Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1

Cada repetición de este ciclo de conmutación da un avance del motor de pasos igual a un paso polar del rotor. Por lo tanto en este caso se necesitan 5 ciclos de esta secuencia de conmutación para obtener una revolución completa del rotor.

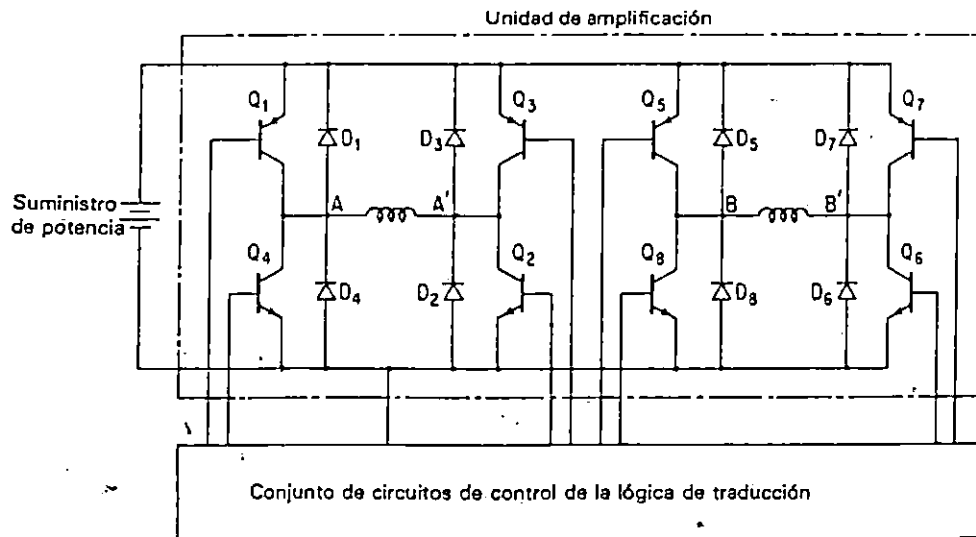


Fig. 3.6 - Detalles de una unidad de amplificación bipolar.

Otro circuito para unidad de amplificación, utilizado principalmente por su menor número de componentes y un conjunto de circuitos de polarización más simple en los transistores de conmutación es el que se muestra en la FIG. 3.7 el cual es conocido como unidad bifilar unipolar se le llama así porque los extremos de ambas secciones de bobinas permanecen conectadas al lado negativo del suministro de potencia durante la operación a diferencia del caso bipolar donde la conexión se alterna entre el lado alto y el lado bajo de la fuente. Cada bobina de fase del motor de pasos que se utiliza con estas unidades está equipada con una terminal central de derivación y la lógica de la conmutación de los transistores está dispuesta de modo que la corriente fluya por una sola sección a la vez. Dirigiendo la corriente hacia una sección o hacia la otra se obtiene la inversión de la polaridad en el polo magnético. La desventaja de este esquema consiste en que el cobre no se hace trabajar de continuos en la producción de potencia útil.

El plan lógico que debe proporcionar el conjunto de circuitos de control de traducción en cada ciclo de conmutación durante la operación de un motor de pasos, tal como el de la FIG. 3.2 se muestra en la tabla 3.3 .

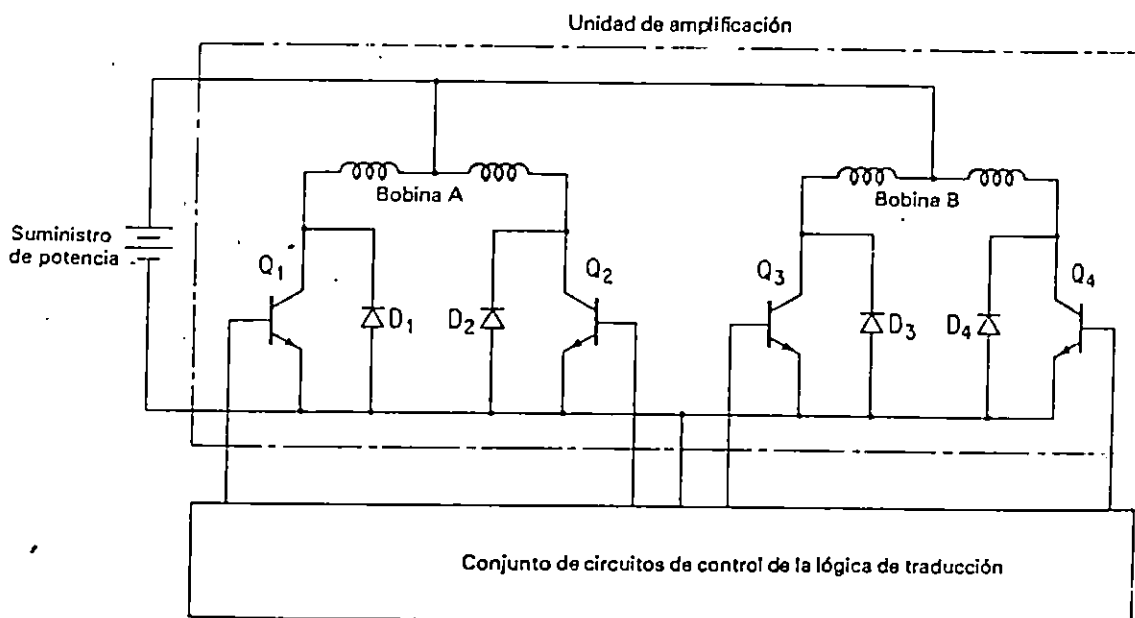


FIG. 3.7 - Unidad amplificador de tipo bifilar - unipolar. Cada bobina de fase del motor de pasos viene equipada con una conexión central de derivación.

TABLA 3.3 Ciclo de conmutación completo para el motor de la figura 3.2 usando el diagrama esquemático de la fig. 3.7

Bobina A		Bobina B	
Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
1	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	0	0	1

La bobina A se supone equipada con una terminal central de derivación en el punto de conexión entre la bobina A y la bobina A' de la FIG. 3.1, en la bobina B se usa el mismo arreglo.

Los diodos D1 hasta D4, que se ven en el conjunto de circuitos de la unidad de amplificación de la FIG. 3.7 tienen el propósito de mantener una trayectoria después del disparo de un interruptor del transistor en particular.

3.1.6 El motor de pasos del tipo de reluctancia.

El motor de pasos del tipo reluctancia no está equipado con un imán permanente en el rotor. Desarrolla un par de indexación en respuesta a la excitación de C.D en secuencia de las bobinas del estator debido a la gran diferencia en la reluctancia magnética que existe entre una trayectoria de eje directo y una trayectoria de eje en cuadratura. El campo de flujo estacionario resultante producido por la corriente de C.D. en las bobinas del estator seleccionadas siempre ejercen una fuerza que actúa para hacer mínima la reluctancia de la trayectoria del flujo. En la FIG. 3.8 se ilustra una configuración típica del motor de pasos del tipo de reluctancia. En este caso el estator está diseñado con ocho polos a los que corresponde un paso polar de 60° . El rotor está en una posición de equilibrio, la cual ocurre cuando la bobina A-A' (es decir, la fase A) está energizada y las fases restantes se dejan sin excitación. Obsérvese que el campo de flujo constante producido por la fase A encuentra una trayectoria de mínima reluctancia al pasar a través de los polos 1 y 4, los cuales están alineados con las estructuras de los polos del estator asociados con la fase A.

Es importante notar en esta combinación de polos del estator y rotor, diseñados para este motor, que los ejes de los polos 2 y 5 del rotor están desplazados 15° de los ejes de los dos polos del estator asociados a la fase B. Por lo tanto, si la fase A está desenergizada y la fase B se energiza para producir una polaridad N en la bobina B y una polaridad S en la bobina B', se desarrolla un par de reluctancia que actúa para alinear los ejes de los polos 2 y 5 del rotor con los ejes de los polos del estator en B-B'. El avance del rotor es de 15° ccw, el cual en esta máquina es también un cuarto del paso polar del rotor. La excitación sucesiva de las fases C, D, A; produce un avance total en la dirección durante seis veces de esta secuencia de conmutación en la excitación de las fases del estator resulta en una resolución de la flecha del motor.

La posición de equilibrio del rotor en la FIG. 3.8 también prepara al motor para moverse en la dirección de las manecillas del reloj. Sin embargo, ahora requiere que se energice la bobina D' con una polaridad N, y la bobina D con una polaridad S después de quitar la excitación a la fase A. Ahora se desarrolla un par de reluctancia que hala a los dientes 6 y 3 del rotor hacia su alineamiento con los polos producidos por la bobina D-D', se ve claro que esto resulta en una rotación en sentido de las manecillas del reloj.

El diseño de las unidades de amplificación y de la lógica de traducción para el motor de pasos del tipo reluctancia difiere en algunos detalles del que se describió en el motor de pasos

PM. Es necesario tener en cuenta esas diferencias en los aspectos del diseño de los dos tipos de motor. Sin embargo, los principios permanecen iguales y se transfieren con facilidad de un motor a otro.

El motor paso a paso solo, no nos brinda dispositivos precisos, ya que necesitamos una serie de elementos de control que involucren la electrónica, de esta forma, asociados al desarrollo de los motores paso a paso, surgieron diversos circuitos integrados especiales justamente proyectados para controlar estos nuevos elementos mecánicos, íntimamente ligados a la nueva ciencia que se desarrolla y que es la robótica.

Estos circuitos integrados funcionan como drivers (SDB520, SAA 10) para controlar los motores, los cuales excitan directamente los motores con tensiones de trabajo y corrientes específicas. La capacidad de manejo de corrientes mayores puede lograrse con el uso de etapas adicionales de potencia generalmente transistorizadas con disipadores adecuados. Los únicos componentes externos son elementos cuyos valores dependen del tipo de motor usado. El control del motor puede ser manual o automático dependiendo de la aplicación requerida y respondiendo a la lógica establecida anticipadamente (rotación del motor en sentido directo o inverso y el número de pasos deseados), la velocidad máxima

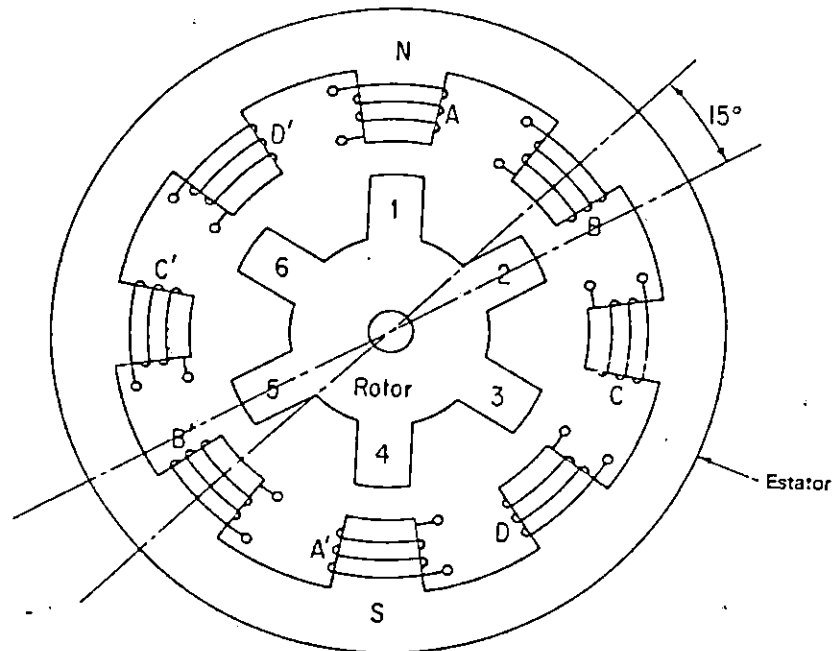


FIG. 3.8 - Detalles de construcción del motor de pasos del tipo de reluctancia equipado con cuatro fases del estator, (es decir ocho polos) y seis polos del rotor.

de operación del accionamiento automático está alrededor de 60 Hz, la menor no tiene límite ya que pueden obtenerse pulsos en intervalos grandísimos dependiendo de la combinación de los capacitores y resistencias.

Otro tipo de control que se ensaya es el óptico, a través de la incidencia de luz en dispositivos como los LDR, para que se inicie la producción del tren de pulsos programados que tienen la duración dada por monoestables.

El mismo proceso se utiliza para controlar ambos sentidos de rotación del motor alternando la incidencia de luz y el período sincronizado de pulsos. El modo de accionamiento sugerido, por medio de haz de luz o infrarrojo, es sólo una sugerencia, ya que fácilmente se puede desarrollar otros tipos de control externo, como por ejemplo, haciendo uso de señales de radio, vía corriente hogareña, campo magnético o incluso ultrasonidos.

El accionamiento por microprocesador se ha desarrollado últimamente por el auge de las computadoras, aquí la circuitería de control necesita además de un interfase con acopladores ópticos generalmente para la conexión con la compuertas de salida (I/O) del computador.

3.2 PARTES MECANICAS DE LA MAQUINA PERFORADORA.

La modificación del sistema debe plantearse a partir del objetivo final el cual es realizar perforaciones para el montaje de dispositivos discretos en una tableta de material epóxico y fibra de vidrio con la precisión necesaria para coincidir con la distribución de pines de los elementos a insertar (resistencias, condensadores, circuitos integrados, etc.).

A continuación se analizan aspectos importantes para determinar las características de diseño de la máquina a construir.

3.2.1 Tipos de tabletas de circuitos impresos a perforar.

A través del estudio desarrollado en el capítulo I sobre las PCB,s se logró conocer las características de construcción de las tabletas, otro aspecto que se destacó fue los tipos existentes; esta clasificación es importante por que permite conocer entre otros, dos aspectos muy importantes relacionados con la perforación de tabletas de circuitos impresos. Primeramente la dureza del material con el cual se construyen las tabletas el cual deberá ser perforado por el equipo perforador, y segundo el espesor que poseen las tabletas el cual es un dato que debe conocerse por ser la distancia que recorrerá la broca al perforar una tableta de circuito impreso.

Dentro de la clasificación de las tabletas que podrían utilizarse para las diferentes aplicaciones requeridas y que por consiguiente la máquina a construir debe tener capacidad de perforar están: FR-4, FR-3 y CEM-1, de las cuales puede encontrarse información en las tablas 1.2, 1.3 y 1.4 en el capítulo I. El espesor que posee cada tipo de tableta puede obtenerse específicamente en la tabla 1.4, donde la tableta que se considerara como base es la tableta FR-4 por ser la que presenta un espesor mayor (0.02 pulg.). Como se observa en esta tabla la tableta FR-4 representa un valor máximo para la distancia que debe recorrer la broca del taladro por lo tanto los otros tipos de tabletas (FR-3 Y CEM-1) que poseen un espesor menor serán perforadas sin dificultad.

3.2.2 Consideraciones para escoger el tipo de broca.

El propósito del taladrado de tabletas de circuitos impresos es doble:

1. Producir un agujero a través de la tableta lo cual permitirá un subsecuente proceso para formar una conexión eléctrica entre las superficies, bases y algunas veces intermediar en las trayectorias de conductores.

2. Permitir montar componentes a través de las tabletas con estructuras integradas y con colocación precisa.

Las brocas para hacer agujeros en tabletas de circuitos impresos están hechas de carburo de tungsteno. Esto está directamente vinculado con las necesidades de costo, durabilidad de las propiedades de las mismas y tipo de maquinaria utilizada.

Las brocas son de dos tipos: husillo común y husillo recto. En la figura 3.9 puede observarse que la broca de husillo recto

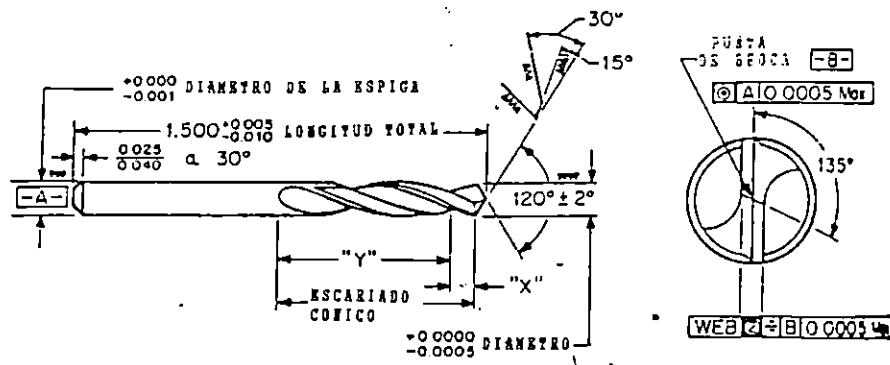


Fig. 3.9 - Broca de husillo recto.

no posee cambio de tamaño en su diámetro, mientras que en la broca de husillo común que se observa en la figura 3.10 ocurre un cambio en el diámetro de la broca en el punto exacto donde comienza la forma helicoidal de la misma.

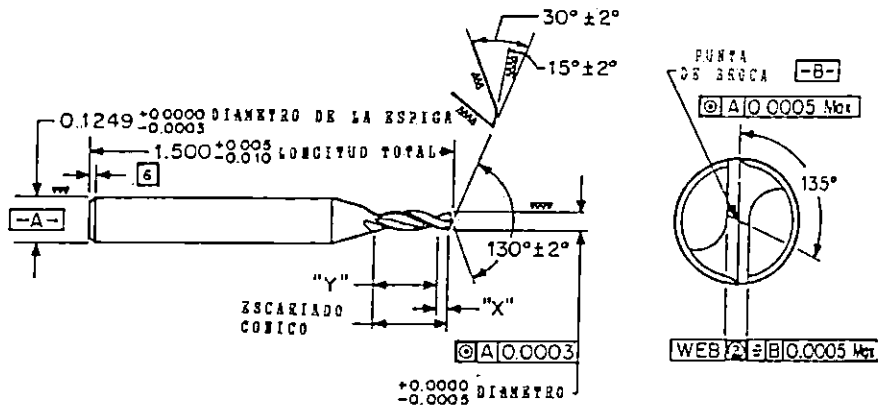


Fig. 3.10 - Broca de husillo común.

El diseño y desgaste de la broca afecta su temperatura de taladrado, capacidad de remover virutas, tendencias a crear rebabas en las entradas y salidas y deslizamientos de la pared de los agujeros (todo directamente relacionado con la calidad de los mismos). Por lo tanto el diseño de la broca es tan importante como el material del cual está construida.

El ángulo de la broca está usualmente entre 90° y 110° para materiales de base de papel y entre 115° y 130° para materiales de base de vidrio, el ángulo más usado de la punta de la broca es de 130°.

La broca que se utilizará será de alta velocidad o de carburo de tungsteno y del tipo de husillo recto, este tipo de broca es el más adecuado por las características que ofrece; el ángulo de corte dependerá de la disponibilidad en el mercado.

En cuanto a los diámetros de las brocas, estos dependerán de los diámetros de los PADS en la PCB. Generalmente el diámetro de los pines que poseen los elementos y chips a montar en las PCB'S, o en su defecto del tamaño de los pines de las bases que las soportan varían en rangos tales como: 0.018 pulg. (0.457 mm), 0.019 pulg. (0.48 mm), 0.020 pulg. (0.508 mm), 0.024 pulg. (0.61 mm), 0.035 pulg. (0.9 mm) y 0.040 pulg. (1.01 mm) por lo tanto el diámetro de los PADS deberá ser un tanto mayor.

3.2.3 Exactitud y precisión.

Es importante comprender como producir no sólo agujeros de alta calidad, sino también taladrar agujeros en puntos precisos. "EXACTITUD" puede ser definida como que tanto acierta la localización del agujero con el valor correcto. "PRECISION" es definida como cuan reproducible es la localización del agujero. Solamente la exactitud es afectada por el funcionamiento de la máquina, lo cual se debe al desgaste mecánico, pérdidas de datos de computadoras controladoras y errores electromecánicos. Los problemas de precisión son debidos a excesiva carga de viruta, aspereza de la superficie de la lámina, diámetro de la punta del taladro, espesor de la fibra de vidrio, diseño y concentricidad de la broca y recorrido del husillo (mientras menor sea el recorrido del husillo mayor será la precisión del taladro).

Ambos aspectos es importante conservarlos lo mejor posible si se desea obtener resultados satisfactorios; en cuanto a la exactitud un buen programa de mantenimiento a la máquina taladradora (lubricación y sustitución de partes desgastadas); así como mantenimiento de software y hardware de la unidad de control por computadora garantizará una buena exactitud.

La buena precisión del taladrado dependerá principalmente de escoger el equipo de taladrado y accesorios adecuados, tales como: brocas, materiales a perforar, superficies laminadas y equipos de eliminación de virutas (aspiradoras automáticas). Además se hace necesario considerar aspectos técnicos tales como: concentricidad de la broca y distancia que recorrerá el husillo.

3.2.4 Velocidad y tasas de penetración.

La velocidad de rotación y la tasa de penetración del Taladro está determinada según el tipo de material a perforar. Ambos parámetros están íntimamente relacionados, ya que debido a la forma helicoidal de las brocas en el proceso de taladrado, una mayor tasa de penetración implica una mayor cantidad de material que es necesario evacuar del agujero, lo cual se consigue con una determinada velocidad de rotación.

Los parámetros de velocidad de rotación y tasa de penetración pueden relacionarse mediante la carga de virutas, CL (del inglés chip load) dado por:

$$CL = \frac{\text{Tasa de penetración pulg./min.}}{\text{Velocidad de rotación rev/min.}} \quad \text{ecu. (3.1)}$$

La tabla 3.8 proporciona las velocidades superficiales, de rotación y cargas de virutas como función del diámetro de la broca para tabletas FR-4 con 1 onza de cobre en ambos lados. Esta tabla es un ejemplo de los parámetros de taladrado para laminados de doble cara a 1 onza de cobre. Si el tipo o capa de cobre de la tableta varían, así cambian los parámetros de taladrado. Un aspecto importante es que por medio del uso de los datos de la carga de viruta y velocidad de rotación del taladro (ambos en la tabla 3.8) y la aplicación de la ecu. (3.1) puede obtenerse la tasa de velocidad de penetración (velocidad de ascenso y descenso) que requiere el taladro. Ambos datos como se recalco anteriormente están en función del diámetro del agujero a perforar.

TABLA 3.8 - Velocidades superficial y de rotación, como función del diámetro de la broca para tabletas del tipo FR-4 con una onza de cobre a ambos lados.

DIAM. DE BROCA [PULG]	CARGA DE VIRUTA [MILS/REV]	VELOC. SUPERFICIAL [SFM]	VELOC. ROTACION [REV/MIN]
0.075	1.8	450	25.000
0.070	2.0	500	27,280
0.065	2.2	525	30.850
0.060	2.5	550	35.010
0.055	2.8	575	39.930
0.050	3.0	600	45.840
0.045	3.5	600	50.930
0.040	4.0	600	57.300
0.035	4.5	600	65.480
0.030	4.0	600	76.390
0.025	3.0	524	80.000 ^a
0.020	1.0	419	80.000 ^a
0.015	0.5	314	80.000 ^a
0.010	0.15	209	80.000 ^a
0.005	0.05 ^b	105	80.000 ^a

Notas:

a. Se asume que 80,000 rpm es la máxima velocidad de rotación de la mayoría de las máquinas taladradoras empleadas para éstos propósitos. (ver Tabla 3.8)

b. Se deben de mantener bajas las cargas de viruta para prevenir la ruptura.

3.2.5 Taladro.

La tabla 3.8 es importante ya que a través de la información allí descrita puede especificarse uno de los dos factores requeridos para escoger el taladro que se necesita para perforar agujeros de alta calidad en tabletas de circuitos impresos; este

factor es la velocidad de rotación que debe desarrollar el taladro, la ultima línea de la tabla 3.8 nos indica que una velocidad de 80,000 rpm es adecuada, ya que nos permite perforar agujeros con un diámetro de hasta 0.005 pulg. (0.127 mm). El otro factor para especificar el taladro, es el motor que desarrolle esa velocidad (80,000 rpm) éste debería ser un motor de D.C de 12 voltios preferentemente, esto nos permitirá utilizar el circuito de control ya existente, de no encontrarse un motor D.C capaz de desarrollar la velocidad requerida podría optarse a un motor A.C lo cual involucraria modificar el circuito de control existente en alguna medida. En cuanto a la potencia un motor de 1/2 de HP es suficiente para desarrollar el trabajo requerido, lo cual significa: trabajar continuamente durante X tiempo, produciendo la velocidad que se necesita, es decir el número de revoluciones requeridas en los diferentes procesos de perforación; el motor desarrollara una velocidad menor (25,000 rpm) a la anteriormente especificada, pero que se comprobó experimentalmente que es adecuada para los propósitos deseados.

3.3 OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR:

3.3.1 Sistema de control de movimiento vertical.

El sistema de control de movimiento vertical involucra el movimiento de ascenso y descenso del taladro. Se ha pensado en recurrir a dos alternativas en la utilización del motor de pasos controlador: primero utilizar un motor con características eléctricas (potencia, voltajes y corrientes) similares al actual, esto nos permitirá utilizar el sistema de control que existe. La otra alternativa es utilizar un motor de pasos de mayor capacidad, esto conllevaria a modificar el circuito de control, específicamente utilizando transistores de potencia de mayor capacidad en la etapa de potencia que controla los motores.

3.3.2 Cambio de diámetro y posición de la broca.

Cada tamaño de agujero a perforar requiere un diámetro de broca adecuado a ese trabajo, la cual poseerá probablemente una longitud diferente a la anterior, lo que variará la posición de la misma respecto a la plataforma; ambas cosas deberán ser ajustadas manualmente por los usuarios durante el cambio de broca respectivo, realizando las mediciones que se requieran respecto a la plataforma para introducir estos datos en el programa controlador. Esto deberá hacerse antes de iniciar y cada vez que el proceso de perforación lo requiera, asegurándose de detener el equipo previamente.

3.3.3 Plataformas.

El equipo constará de dos plataformas (eje X y eje Y) cuyo principio de funcionamiento se basará en las plataformas ya existentes, con la diferencia que se les proporcionará mayor firmeza y tamaño.

El control de posicionamiento se llevará a cabo a través de dos motores de paso con un tamaño de paso de 1.8° ya que éstos proporcionan gran exactitud de colocación ($1/200$ mm) y una velocidad máxima de desplazamiento de 5 mm/seg; pero con características en cuanto a potencia mayor ya que el torque a desarrollar es mayor también. Cada uno de éstos motores hará girar un tornillo de 1 mm de avance (logrado con 200 pasos de giro del motor que equivalen a 1 revolución) ajustado al eje del mismo, dicho tornillo tendrá una longitud de 40 cm en lugar de 10 cm que posee en la actualidad. Las plataformas se desplazarán impulsadas por una tuerca unida a ellas sobre la cual girará el tornillo de avance.

Para lograr una mayor firmeza de las plataformas se dotará a las plataformas de rieles tipo "T" que servirán de guías para la trayectoria. Estos irán colocados a ambos lados paralelos al tornillo de arrastre, esto le permitirá al sistema disminuir las posibilidades de vibración.

El sistema contará con sensores ópticos para ubicar el origen del sistema y eliminar el problema de referencia, además para la sujeción de los diferentes tipos de PCB's, se dotará a la plataforma superior de dos platinas las cuales ejercerán una fuerza adecuada que no permita moverse a las PCB's. Se colocará adicionalmente un material de soporte sobre la plataforma superior sobre la que descansa la PCB esto servirá para evitar que el taladro haga contacto con la base metálica de la misma luego de atravesar la PCB. Una marca de referencia colocada en una de las esquinas permitirá colocar la PCB a perforar en una posición conocida y fija.

Un diagrama esquemático completo del sistema mecánico completo se muestra en la fig. 3.11.

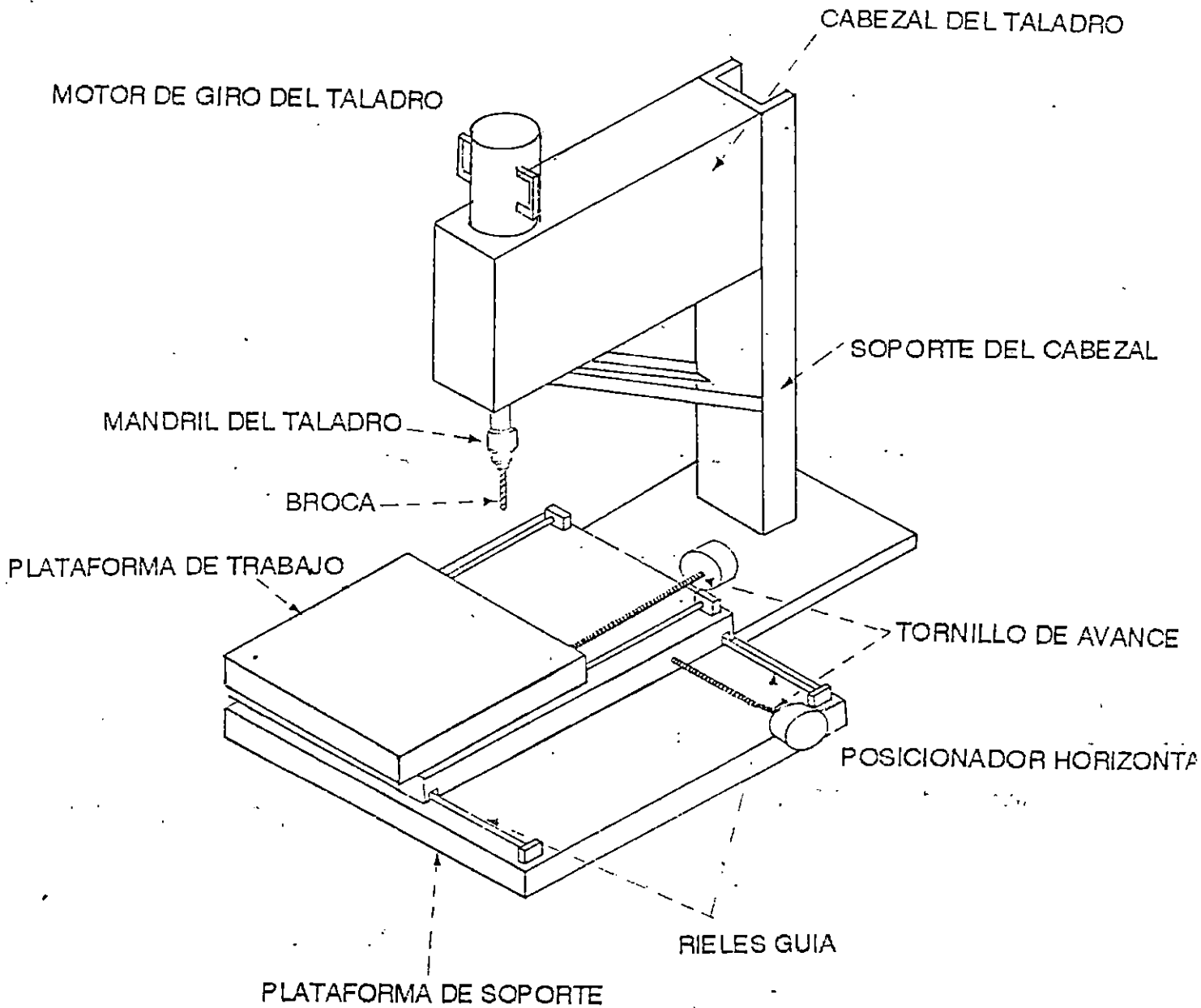


Fig. 3.11 - Bosquejo de la máquina taladradora a implementar.

3.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO III

- Los motores de paso están diseñados de tal manera que puede lograrse con su empleo gran precisión en cuanto a posicionamiento se refiere.
- El motor de pasos en esencia es un dispositivo que convierte la información de entrada en forma digital a una salida en forma mecánica.
- El diseño de una máquina para perforar tabletas de circuitos impresos requiere considerar aspectos tales como: El tipo de tableta que se va a perforar, tipo adecuado de broca, exactitud y precisión del proceso, velocidad y tasa de penetración que desarrollara el taladro y tipo de taladro.
- El sistema de control del movimiento vertical, evacuación de la viruta producida durante el proceso, enfriamiento de la broca, velocidad de rotación y diseño de las plataformas de movimiento horizontal son otros aspectos importantes que deben considerarse para el diseño de la máquina para perforar tabletas de circuitos impresos.
- El Taladro a utilizar deberá poseer una velocidad de rotación óptima de acuerdo al material a perforar para que de esta manera se evite el atascamiento o quiebre de la broca y a la vez se logren perforaciones de calidad.
- Los motores de paso utilizados para el desplazamiento horizontal, deberán ser de mayor capacidad que los actuales puesto que el trabajo a desarrollar es muy similar, pero en escala mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Coombs Jr., Clyde F. Printed Circuit Handbook. 3ª. edi. U.S. McGraw-Hill Book Company. 1988.
- [2] Del Toro, Vincent. Fundamentos de Ingeniería Eléctrica. 2ª edi. México. Prentice-Hill hispanoamericana S.A. 1988.
- [3] Grainger General Catalog N 379. 1990. Grainger Industrial and Comercial and Supplies.
- [4] Lindsey, Darryl. The Design and Drafting of Printed Circuit. 2ª edi. C.A. Bishop Graphics Inc. 1986.
- [5] Mc Master Carr Catalog N 90. 1990. Mc Master Carr Supply Company.
- [6] Schuler, Charles A. McNamee, William L. Industrial Electronics and Robotics. 2ª edi. McGraw-Hill Book Company. 1986.

CAPITULO IV

LA MAQUINA PERFORADORA DEL SISTEMA CNC-EIE

INTRODUCCION.

Este capítulo esta dedicado a exponer el proceso y los criterios que se han utilizado en el diseño y construcción de una maquina perforadora controlada numéricamente por computadora basada en el sistema didáctico FEEDBACK CNC 932 expuesto en los capítulos anteriores.

El nuevo sistema CNC - EIE hace uso de los componentes de control de su predecesor, adaptados ahora al manejo de una maquina de mayor capacidad y dimensiones de operación a fin de simplificar el diseño de los programas relacionados con el manejo de la misma

Se incluye como anexos los planos que se utilizaron en la construcción de este equipo, así como especificaciones técnicas de los componentes y materiales utilizados y un manual en el cual se explica en forma breve la operación del equipo y los requerimientos básicos para su operación

4.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA.

La máquina perforadora ha sido construida cumpliendo con la característica principal que identifica los sistemas CNC (control numérico por computadora), es decir que es controlada por medio de instrucciones introducidas en un programa e interpretadas por una computadora (capítulo I). En su construcción se han considerado los criterios de diseño eléctricos y mecánicos mencionados en el capítulo III. Todo esto permite que la máquina perforadora ejecute con calidad y exactitud la perforación de agujeros en tabletas de circuito impreso en las coordenadas especificadas en el programa controlador creado a partir del diseño de la tableta.

La máquina perforadora posee tres formas de desplazamiento; dos de ellas son horizontales (eje x y eje y) y uno es vertical (eje z) . Los movimientos horizontales los ejecutan dos plataformas metálicas una sobre la otra; ambas se desplazan guiadas por tornillos roscados de paso milimétrico, controlado

su giro por motores de paso, bastará hacer girar estos motores para desplazar las plataformas en un sentido u otro. Sobre la plataforma superior se coloca la tableta de circuito impreso a perforar.

El movimiento vertical lo controla un motor de paso, este sistema es un tanto mas complejo ya que debe permitir el desplazamiento ascendente / descendente del mandril del taladro y giro del mismo; la rotación es proporcionada por un motor AC que gira a 25000 RPM y es transmitida al husillo mediante un eje de transmisión estriado, que es el que permite el movimiento vertical a la vez que transmite la rotación. El eje del motor se une al sistema mediante una pieza de acople que contribuye a disminuir las vibraciones provenientes del motor.

El husillo se ha montado en un conjunto de cojinetes capacitados para alta velocidad, formando un cilindro (manguito del husillo) que es movido mediante un brazo, que a su vez es controlado por un motor de pasos.

Todos estos elementos deben estar en perfecto alineamiento vertical para evitar desgaste y torques producidos por fricción.

Toda la máquina perforadora descansa sobre una base sólida y reforzada de hierro la cual brinda un soporte adecuado que no permite movimiento. Ya que esto, repercutiría en todo el trabajo que se este realizando. A un costado de esta base se ha montado una columna rectangular sobre la cual descansa el cabezal del taladro que contiene todo el conjunto de elementos que se emplean para el movimiento vertical. Esta columna tampoco permite ningún grado de movimiento al eje vertical (eje z), el cual debe permanecer siempre alineado y perpendicular a la superficie que se perfora.

4.2 CARACTERISTICAS

La máquina perforadora componente del sistema CNC - EIE posee una diversidad de aplicaciones, esto se debe principalmente a las características que la identifican entre las cuales se pueden mencionar: La **EXACTITUD**, es decir, que coincide la ubicación de las coordenadas introducidas en el programa controlador con la ubicación del agujero perforado en la PCB; la **PRECISIÓN** es decir que existe una reproducción real de la localización de cada agujero; la **AUTOMATIZACIÓN** ya que bastara introducir, la información requerida por el programa controlador una sola vez para perforar en serie una a una, las tabletas de circuito impreso que sean requeridas. Además si se desea **PUEDE ALMACENARSE LA INFORMACIÓN** en discos flexibles para posteriores aplicaciones o modificaciones en el diseño de la perforación; por ultimo la **VERSATILIDAD** que posee, ya que permite trabajar con una gran diversidad de tipos de tabletas y de diferentes tamaños (véase capítulo 1 acerca de las especificaciones de las

PCB).

Entre las APLICACIONES mas comunes que posee la máquina perforadora están:

- Perforación de agujeros en tabletas prototipo.
- Procesos de producción en serie de PCB's.
- Perforación de agujeros con precisión milimétrica en superficies de materiales similares a los de las PCB's.

4.3 ESPECIFICACIONES DE OPERACION.

Las especificaciones de operación del sistema CNC compuesto por la computadora, interfase, caja de control y máquina perforadora que se mencionan a continuación deberán ser tomados en cuenta antes y durante la utilización del sistema, ya que son los alcances y limitaciones que este posee; si estos son sobrepasados podría llevar a un daño físico de los diferentes elementos que componen al sistema. Después de leer estas especificaciones remitase al manual de operación del equipo en el anexo 1 para mayores detalles.

4.3.1 Potencia.

- Tensión de operación para computadora: 110 v ó 220 v AC.
(ver manual de P.C. en uso).
- Tensión de operación del motor A.C. 110 V AC.
de giro del taladro:
- Tensión de operación caja de control: 110 VAC.
- Tensión de operación de la fuente de potencia: 110 VAC.

4.3.2 Tiempos de operación.

- Tiempo máximo de operación para motores eje x e y sin límite
- Tiempo máximo de operación para motor eje z. sin límite
- Tiempo máximo de operación para motor A.C. de giro del taladro. 15 minutos⁽¹⁾

4.3.3 Velocidades.

- Velocidad máxima de desplazamiento eje x e y: 4 mm/seg.
- Velocidad máxima de desplazamiento eje z.: 4 mm/seg.
- Máxima velocidad de giro de la broca sin carga: 25000 rpm.

⁽¹⁾ Esta limitación es debida al calentamiento que puede sufrir el motor de rotación; se recomienda vigilar atentamente su funcionamiento para evitar posibles daños al mismo.

4.3.4 Desplazamiento.

- Máximo recorrido en eje x: 400 mm.
- Máximo recorrido en eje y: 400 mm.
- Máximo recorrido en eje z: 25 mm.
- Mínimo desplazamiento en los recorridos de eje x y eje y.: 1/200 mm.
- Mínimo desplazamiento en el recorrido de eje z: 1/180 mm.

4.3.5 Broca.

- Máximo tamaño del diámetro de la broca: 3.2 mm.
- Tipos de brocas:
 - a) HSS (acero de alta velocidad) del tipo de husillo recto.
 - b) Punta de tungsteno del tipo husillo recto.

4.3.6 Materiales a Perforar.

Tabletas del tipo FR-4, FR-3, FR-2, FR-5, CEM-1 y CEM-3. Además cualquier material que presente características constructivas similares a las PCB. con un espesor máximo de 10 mm. El tamaño máximo de la tableta a perforar es de 400 mm. (40 cm.) por lado (área de 1600 cm²).

4.4 COMPARACION CON EL SISTEMA ANTERIOR.

El sistema CNC-EIE está en capacidad de perforar tabletas de circuito impreso por lado (400 mm.) y de espesor máximo de 10 mm. El taladro logra una velocidad de giro de 25000 rpm sin carga lo cual permite elaborar agujeros de gran calidad. La precisión que se posee para cualquiera de los tres movimientos es aproximadamente de 1/200 mm. Además, la estructura de construcción del nuevo sistema permiten una total estabilidad durante el trabajo de perforación lo cual es un factor importantísimo para obtener resultados favorables al trabajar.

El programa CNC-EIE controlador de la máquina perforadora comprende muchos aspectos pertenecientes al programa prototipo CNC-932 con la implantación de muchas mejoras que le permiten ser mucho mas versátil, fácil de comprender y poseer mayor aplicación en procesos controlados por computadora. Primero vale la pena mencionar que el programa prototipo CNC-932 está escrito en lenguaje BASIC un lenguaje no estructurado y con muchos inconvenientes para el manejo de rutinas, memoria, y presentación en pantalla. El programa CNC-EIE ha sido elaborado en Lenguaje PASCAL el cual posee la característica de ser completamente

estructurado, permite el manejo dinámico de la memoria, así como también la estructuración en base a rutinas o subprogramas.

Además el lenguaje de programación PASCAL ofrece una diversidad de opciones en su modo gráfico, lo cual permite mejorar grandemente su presentación y el empleo de gráficos. Otra de las mejoras importantes alcanzadas es que se han desarrollado rutinas que permiten almacenar y recuperar programas en unidades de disco, ambas posibilidades dan al programa CNC-EIE gran versatilidad al momento de trabajar con él. Un aspecto de realzar es que la creación de la rutina que permite realizar las perforaciones a una PCB completa es posible a partir de un archivo de coordenadas creado por el usuario desde un programa especializado de diseño de PCB's como lo es EAGLE ó a partir de una rutina que permite la introducción de las coordenadas manualmente.

Esta es la principal característica que permite enlazar el diseño de PCB's con la ayuda de la computadora (CAD)^[2] y la realización de las perforaciones coincidiendo con ese diseño usando una máquina controlada por una computadora (CAM)^[3] haciendo uso de control numérico (CNC).

Tabla 4.1 - ANALISIS COMPARATIVOS ENTRE LOS SISTEMAS CNC-EIE Y CNC-932.

ELEMENTOS	CNC-EIE	CNC-932
HARDWARE		
Superficie útil de trabajo	1600 cm ²	100 cm ²
Velocidad del taladro sin carga	25000 RPM	17000 RPM
Potencia del motor de rotación	1 HP	100 watts
Motores para control de desplazamiento de ejes	Ejes x,y: Motor de paso 1.8 °/paso Eje z: Motor de paso 2 °/paso	Ejes x,y,z: Motores de paso de 7.5 °/paso
Precisión	Aproximadamente 1/98 mm	1/48 mm
Tipo de materiales que pueden perforarse	Tabletas PCB tipo FR-4 y todas las similares o inferiores	solo acero juguete
Orientación para la aplicación del equipo	Perforación de tarjetas prototipo con posibilidades de producción en serie	Uso didáctico
Acabado de perforación	Buena a excelente	Regular
Grado de estabilidad	Rigidez total del sistema	Fragilidad del mecanismo de soporte
Control de encendido del motor de rotación	Caja de control CNC-932 + Circuito de control 110 v en máquina perforadora	Caja de control CNC-932

[2] Computer Aided Design

[3] Computer Aided Mechanisation

ELEMENTOS	CNC-EIE	CNC-932
Control de motores de paso	Caja de control CNC-932 + etapas de amplificación de potencia en máquina perforadora	Caja de control CNC-932
SOFTWARE		
Lenguaje de programación	PASCAL	BASIC
Rutinas implementadas	<p>Modo Bloque:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posicionar en el origen. - Posicionar en punto dado - Perforar en punto dado <p>Modo programa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducir programa - Editar programa - Grabar programa - Cargar programa - Correr programa - Imprimir programa - Perforar C.I. en posición dada <p>Modo PCB:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Edición de Coordenadas - Posicionar origen - Cargar archivo de coordenadas - Perforar PCB 	<p>Modo Bloque:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posicionar en el origen. - Posicionar en punto dado - Perforar en punto dado <p>Modo programa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introducir programa - Correr programa
Formas de Adquisición de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción manual - Recuperación desde disco en forma de programa de control - Recuperación desde disco en forma de archivo de coordenadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción manual
Salidas de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Grabación en forma de programa de control - Grabación en forma de archivo de coordenadas. - Impresión de programa control. - Impresión de archivo de coordenadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - No tiene

4.5 REQUERIMIENTOS DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez consideradas todas las especificaciones de operación, las cuales garantizaran que el equipo no sufrirá ningún daño eléctrico y/o mecánico en alguno de sus componentes, es necesario conocer ahora los requerimientos de funcionamiento que permitan controlar la máquina de una forma adecuada.

Como se mencionó con anterioridad el sistema CNC (control numérico por computadora) lo componen una serie de elementos físicos (Hardware) los cuales interactúan para obtener un trabajo final de perforado. Esto lleva al primer requerimiento de operación; es decir, un conjunto hardware completo y en buen estado. Otro aspecto ya mencionado, es que la máquina perforadora responde a un programa controlador, que sigue las perforaciones cuyas coordenadas están grabadas en un archivo, entonces, el segundo requerimiento de operación es el software de control o programa controlador; por ultimo, y no es de menor importancia, es el espacio físico que debe disponer el equipo para trabajar eficientemente y evitar posibles choques de sus plataformas de

desplazamiento con objetos extraños o paredes así como con la propia broca del taladro. A continuación se enumeran cada uno de los requerimientos de operación en forma mas específica.

4.5.1 REQUERIMIENTO DE HARDWARE.

Son necesarios tres módulos:

- Una computadora IBM-PC o compatible con una unidad de disco flexible.
- Una interfase FEEDBACK MIC- 926 instalada en la computadora.
- La caja de control FEEDBACK 932.
- Máquina perforadora CNC-EIE.
- Fuente de poder para la máquina CNC-EIE

Es necesario para la operación del sistema CNC-EIE que este instalada la interfase MIC-926 en la computadora y la interconexión tanto de la máquina perforadora, como de la computadora (a través de la interfase), con la caja de control usando los cables que son parte del equipo.

4.5.2 REQUERIMIENTO DE SOFTWARE.

- Programa CNC-EIE en su forma ejecutable o el programa CNC-EIE código fuente y un compilador Turbo Pascal 4.0 o superior.
- Para el funcionamiento del programa de control CNC-EIE se requiere del archivo de coordenadas creado por el usuario mediante un programa especializado de diseño de PCB's (EAGLE) o mediante la rutina de edición de coordenadas del programa de control mismo.

4.5.3 REQUERIMIENTOS DE ESPACIO FISICO.

El lugar donde debe colocarse el equipo debe de disponer de espacio suficiente para que las plataformas horizontales puedan desplazarse con libertad hasta alcanzar sus valores máximos (400 mm. o 40 cm.), además la mesa o mueble sobre la cual se coloque la máquina taladradora y la caja de control debe ser de material fuerte, debido al peso que soportara (aproximadamente 115 lbs.), debe poseer una superficie lisa y sus patas deben estar al mismo nivel para evitar que se muevan y distorsione el trabajo; la computadora de preferencia debe estar en otra mesa a distancia cercana de la máquina perforadora, además, deberá tenerse el cuidado de colocar la computadora hacia el lado del cual no existe desplazamiento de las plataformas horizontales, esto con el propósito de evitar choques. Un área de 6 mts² (2 mts. x 3 mts.) es adecuada para todos los requerimientos y circulación del usuario.

Antes de iniciar el trabajo con la máquina perforadora es necesario sujetar perfectamente la tableta sobre la plataforma superior (eje y) con ayuda de los soportes colocados sobre la misma, los cuales pueden cambiarse de posición de acuerdo a la necesidad que se presente; además referir la colocación de la tableta a un punto u origen (coordenadas 0,0) ubicado en la esquina de la plataforma. La tableta debe estar completamente asentada sobre una base de material que le sirva de colchón, que posea dimensiones similares a la PCB a perforar, y su función es la de evitar que la broca perfora la plataforma metálica de trabajo.

4.6 CONOCIMIENTOS BASICOS PARA EL MANEJO DEL EQUIPO.

Cuando se han cumplido tanto las especificaciones de operación así como los requerimientos de funcionamiento se esta en condición de iniciar el trabajo con el sistema CNC-EIE, para esto debe tenerse conocimientos básicos tanto de software como de hardware.

Adicionalmente se considera necesario para una operación adecuada del sistema CNC-EIE el conocimiento de:

- Requerimientos de operación del sistema.
- Manual del usuario de la máquina CNC-EIE (anexo 3).

Si se desea entrar en mayores detalles en cuanto al diseño del programa controlador, será necesario contar además con conocimientos de programación en lenguaje PASCAL, que es el que ha sido utilizado en el diseño del mismo.

Es de resaltar que el uso del computador en el control de máquinas herramientas para procesos específicos es ventajoso en comparación con los procedimientos manuales, que involucran siempre cierta cantidad de errores. A continuación enumeramos los procesos básicos que todo operario del sistema CNC-EIE debe saber para trabajar con el equipo:

4.6.1 SOFTWARE.

Indispensable.

- Conocimientos básicos sobre el sistema operativo de la computadora (DOS).
- Acceso a programas ejecutables.
- Conocer el programa CNC-EIE, que es el programa de control del equipo.
- Manejar programas de diseño gráfico para tabletas de circuito impreso, preferentemente el programa EAGLE u otro similar.

No indispensable.

- Conocer el manejo del compilador PASCAL, así como el manejo de programas en código fuente.

- Conocer técnicas de programación estructurada.
- Conocer la programación PASCAL.

4.6.2 HARDWARE.

Indispensable

- Tener conocimiento básico sobre el manejo y funcionamiento de la máquina perforadora utilizada en el proceso, con el objeto de detectar fallas en el mismo o errores que se puedan estar cometiendo.

No indispensable:

- Conocimientos sobre hardware de computadoras personales, interfases para computadora, manejo de periféricos, etc.
- Conocimientos de electrónica digital.

4.7 NOMBRE DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA PERFORADORA.

En esta sección se mencionan los nombres de todos los componentes de la máquina perforadora y se utiliza para ello un diagrama esquemático para facilitar su ubicación al momento de dar mantenimiento al equipo ó ubicar una posible falla. La figura 4.1 muestra la totalidad de las piezas que componen la máquina. Mayores detalles sobre las dimensiones de cada una de las piezas pueden verse en el Anexo 3 - Piezas de la máquina perforadora.

Elementos :

- 1 - Plataforma base.
- 2 - Placa de la base.
- 3 - Brazo para soporte de sistema de desplazamiento vertical.
- 4 - Rieles guía para desplazamiento de plataformas.
- 5 - Plataforma de desplazamiento horizontal eje X.
- 6 - Motor de paso para plataforma de desplazamiento horizontal (eje X).
- 7 - Conjunto de tuerca-tornillo milimétricos para desplazamiento de ejes X e Y
- 8 - Plataforma de trabajo para desplazamiento horizontal eje Y.
- 9 - Motor de paso para plataforma de desplazamiento horizontal (eje Y).
- 10 - Soportes sujetadores para P.C.B.
- 11 - Placa estructural guía del manguito del husillo.
- 12 - Piezas angulares de estructura del cabezal.
- 13 - Placas estructurales frontal, media y posterior del cabezal.
- 14 - Cubierta del cabezal.
- 15 - Broca del taladro.
- 16 - Mandril del taladro.
- 17 - Husillo del taladro.
- 14 - Cojinetes para soporte del husillo.

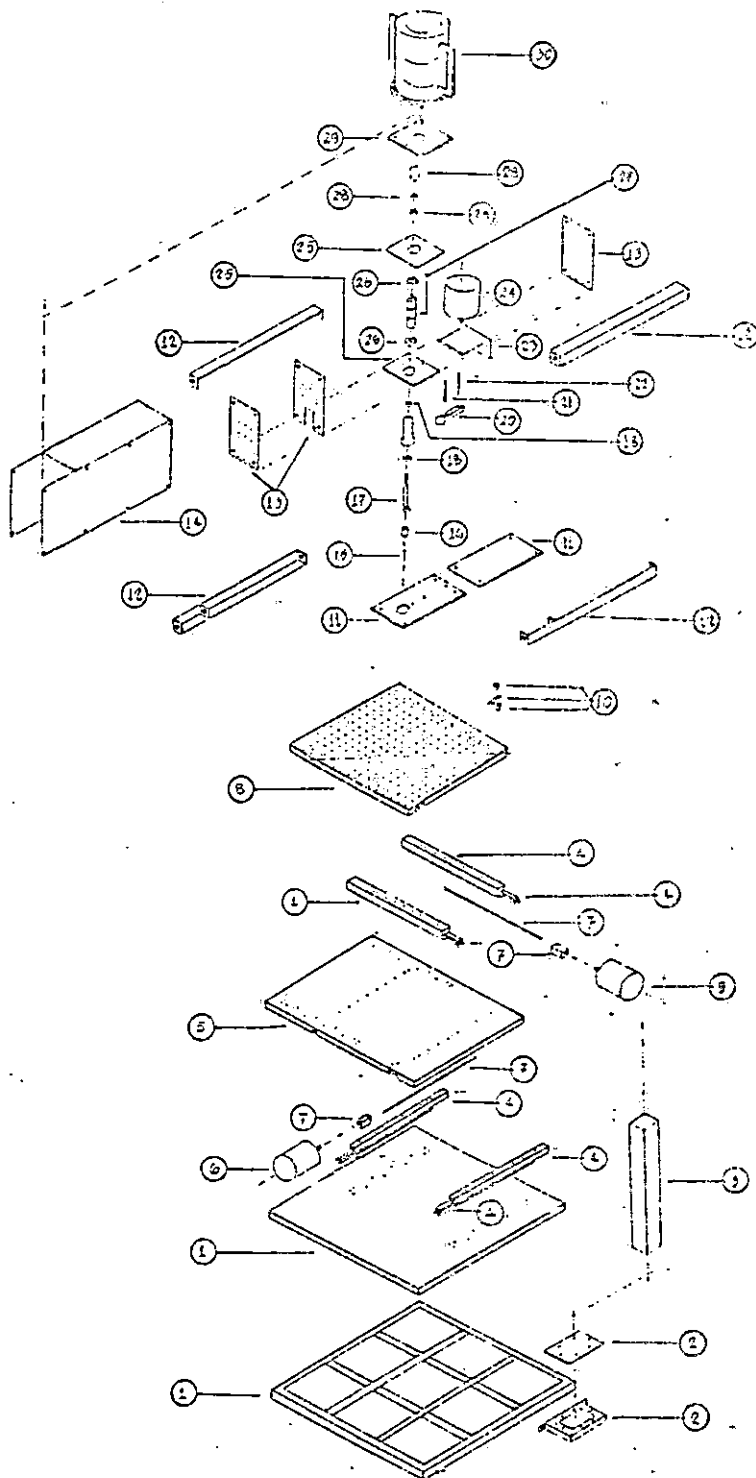


Fig. 4.1 - Partes que componen la máquina perforadora CNC-EIE

- 19 - Manguito del husillo.
- 20 - Brazo de control de profundidad.
- 21 - Eje liso guía del brazo de control de profundidad.
- 22 - Varilla roscada milimétrica control de profundidad.
- 23 - Soporte del motor de pasos eje Z.
- 24 - Motor de pasos eje Z.
- 25 - Cunas de soporte cojinetes eje de transmisión.
- 26 - Cojinetes del eje de transmisión.
- 27 - Eje de transmisión.
- 28 - Conjunto de acople motor-sistema.
- 29 - Placa de montaje del motor.
- 30 - Motor de rotación del taladro.

4.8 COMPONENTES DEL SISTEMA.

La máquina perforadora CNC-EIE comprende tres tipos de componentes:

- Mecánicos,
- Eléctricos/Electrónicos,
- Software.

En esta sección habrá de exponerse los primeros dos tipos de componentes, para explicar con más detalle los aspectos relativos al software en el capítulo V.

En la figura 4.1 se presenta el conjunto de partes que componen a la máquina, en la cual se han indicado sus nombres. A continuación se describe cada uno de los subsistemas principales, sus principales partes y algunos de los criterios de diseño que fueron utilizados para llegar a su construcción.

4.8.1 COMPONENTES MECANICOS

4.8.1.1 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO HORIZONTAL.

Consiste en dos plataformas deslizables que se desplazan en direcciones perpendiculares, movidas por dos motores de paso, los cuales accionan, respectivamente en cada eje, un conjunto tuerca tornillo que permite lograr un posicionamiento exacto en cada dirección.

Las plataformas se deslizan sobre guías tipo "T" elaborados en acero norma AISI 1020, su objetivo es proporcionar un soporte lo suficientemente rígido que permita el deslizamiento en la dirección axial solamente, eliminando la posibilidad de movimiento en las direcciones vertical y lateral. Se diseñó usando guías tipo "T" a fin de permitir que cada plataforma se desplace más allá de la orilla de su respectiva base, siendo posible utilizar toda la superficie de la plataforma con una base cuyas dimensiones no requieran de excesivo espacio físico.

El sistema de guías de las plataformas requiere de una lubricación periódica, usando grasa suave de uso industrial, el objetivo es disminuir la fricción de esos elementos al mínimo.

Cada plataforma es movida por un conjunto tuerca-tornillo en el cual la plataforma se desplaza 1 mm. por cada rotación del tornillo, el cual a su vez es accionado por un motor de pasos.

El motor de pasos fué seleccionado a fin de que pudiera ser controlado en la misma forma que sus similares del sistema CNC-932 desde la caja de control, requiriendo que se agregase solamente la circuitería electrónica necesaria para manejar sus niveles de potencia; por otra parte, el usar el mismo sistema de control, contribuye grandemente a simplificar el diseño del programa controlador.

El motor de pasos utilizado es del tipo imán permanente, de 12 polos y 3.6 Ω /fase, este realiza un desplazamiento angular de 1.8 °/paso, es decir requiere de 200 pasos para realizar una rotación completa.

4.8.1.2 SISTEMA DE POSICIONAMIENTO VERTICAL.

DISEÑO DEL SISTEMA

La construcción del sistema de posicionamiento vertical se desarrolló considerando todos los aspectos de diseño que involucran los sistemas de posicionamiento vertical de los modernos taladros de banco, reduciendo en escala de tamaño de la mayoría de las piezas componentes y agregando otras que eran requeridas. El proceso de construcción involucra los pasos que se mencionan a continuación:

- i) Estudio del sistema vertical de los taladros de banco.
 - ii) Diseño de las piezas mecánicas componentes del sistema CNC-EIE.
 - iii) Construcción de las piezas mecánicas.
 - iv) Ensamblaje de las piezas mecánicas.
 - v) Determinación de torques necesarios para la especificación de los piñones de motores de paso.
- i) El estudio del sistema vertical de los taladros de banco, fue de gran importancia ya que permitió la comprensión exacta de como interactúan los diferentes componentes (formas de desplazamiento, colocación, sujeción, rotación, etc.) con ayuda de los manuales respectivos.
- ii) Habiendo estudiado con detalle cada una de las diferentes

piezas del sistema vertical, se procedió el diseño de las mismas, las cuales presentan características similares a las de los taladros de banco pero son de menor tamaño Para la determinación de la medida de las piezas se consideraron aspectos tales como: aplicación para lo cual eran requeridas, esto involucra: tamaño de los agujeros que se desean perforar, velocidad de ascenso/descenso de la broca, fuerza requerida para la perforación, materiales con los cuales se trabajaría ,velocidad de rotación.

iii) Para la construcción de la mayoría de las piezas mecánicas se contó con la ayuda de la Unidad Productiva de la Escuela de Ingeniería Mecánica quienes en base a los diseños presentados elaboraron las piezas componentes mecánicas. El material escogido para la elaboración de las piezas relacionadas con la transmisión de rotación fue el acero norma AISI 1020 ya que este posee las características óptimas para las funciones que van ha desempeñar. Las características que presenta este tipo de acero pueden verse en la tabla del Anexo 4 - Materiales y partes utilizados en la construcción de la máquina.

iv) Una vez elaboradas cada una de las piezas mecánicas se procede a su ensamble, con el objeto de realizar pruebas relacionadas con su libertad de movimiento y precisión.

PARTES DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO VERTICAL

Este sistema es el que permite el movimiento vertical del husillo al tiempo que rota arrastrado por el motor de alta velocidad; pueden apreciarse sus partes en la figura 4.2.

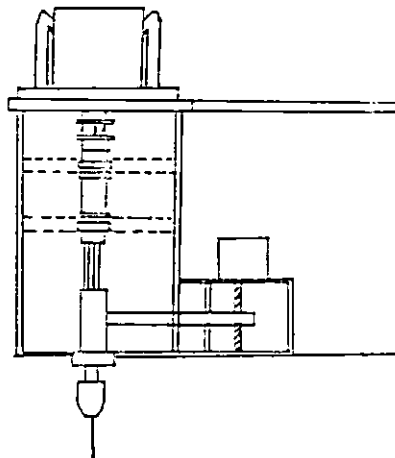


Fig. 4.2 - Detalle del sistema de posicionamiento vertical

Las partes que componen al sistema vertical son:

- a) Conjunto de acople entre el sistema de rotación y motor de arrastre.
- b) Eje de transmisión de la rotación
- c) Cunas de soporte del conjunto estriado.
- d) Eje estriado del husillo.
- e) Manguito del husillo
- f) Cojinetes para rotación del husillo.
- g) Brazo de control de profundidad.
- h) Placa de guía del manguito del husillo
- i) Mandril del taladro.
- j) Motor de pasos de eje Z

a) Conjunto de acople entre motor de arrastre y sistema de rotación:

Es un conjunto de piezas que sirve de unión entre el motor AC encargado del giro del sistema y el eje de transmisión. Otra función importante que ejecuta es compensar algún grado de torsión existente entre los ejes verticales de los componentes que una evitando con esto torques excesivos o rotura de los mismos. (ver figura 4.2). Además se pretende evitar con este acople algún grado de la vibración producida por el motor, a fin de evitar que esta se transmita al husillo y distorsione la perforación. Esta pieza está elaborada en acero 1020.

b) Eje de transmisión de la rotación:

Se une al motor mediante el acople y husillo mediante un estriado hembra. Su función es transmitir la rotación al eje estriado del husillo dejando libertad a este último para ejecutar movimientos en la dirección axial al tiempo que continúa girando. Está unido a la estructura del cabezal mediante cojinetes encajados en la cunas de soporte. Esta pieza está elaborada en acero 1020

c) Cunas de soporte del conjunto estriado.

Son piezas elaboradas en lámina de hierro de 19 mm de espesor y en ellas se ha labrado un agujero con las medidas de los cojinetes que sostienen al eje de transmisión.

d) Eje estriado del husillo:

Se encuentra sostenido por el eje de transmisión y gira libremente con él, en la parte superior posee un tallado en forma de estrella el cual encaja de forma perfecta en la pieza hembra la cual transmite el movimiento rotacional, en su parte inferior posee una rosca fina en la cual se monta el mandril del taladro (ver fig.4.2). Este eje atraviesa el manguito del husillo, y se une a este mediante cojinetes diseñados para alta velocidad.

e) Manguito del husillo:

Consiste en un cilindro hueco de acero 1020 cuya función es la de sostener al eje del husillo el cual gira en su interior montado en cojinetes para alta velocidad. Esta pieza es la que, unida al motor de pasos mediante un brazo, ejecuta el movimiento vertical del taladro.

f) Cojinetes para rotación del eje de transmisión y del husillo.
Se trata de cojinetes diseñados para rotación a alta velocidad capaces de soportar esfuerzos axiales y transversales, esto debido al trabajo al que serán sometidos. Son de tipo sellado, con lubricación de aceite, lo que disminuye la necesidad de mantenimiento a la máquina.

g) Brazo de control de profundidad.

Se une firmemente al manguito del husillo y es movido por un tornillo milimétrico sin fin, que a su vez es hecho rotar por el motor de pasos del eje Z. Se desliza guiado por un eje liso paralelo al eje del taladro. Por medio de este brazo es posible mover el manguito del husillo usando el motor de pasos ubicado en una dirección paralela al eje del taladro; esta forma de control sostiene al husillo aún cuando el sistema esté apagado.

h) Placa de guía del manguito del husillo.

Es una de las placas que forman la estructura de la máquina en la cual se elabora un agujero que sirve de guía al manguito del husillo para que este mantenga la linealidad de todo el eje de rotación.

i) Mandril del taladro:

Es la pieza en la cual sujetan las brocas para la perforación, soporta un diámetro máximo; de broca de 3.2 mm, se encuentra atornillado al extremo del husillo.

j) Motor de pasos del eje Z.

Se trata de un motor de pasos que tiene un desplazamiento angular de 2° /paso, es decir que son necesarios 180 pasos para que este efectúe una revolución. Al igual que sus similares del Sistema horizontal, fué seleccionado con el propósito de utilizar el mismo sistema de control que se poseía con anterioridad únicamente agregando la etapa electrónica de manejo de la potencia adecuada.

4.8.1.3 ESTRUCTURA DE SOPORTE.

La estructura de soporte la componen los siguientes elementos:

- a) Piezas angulares.
- b) Placas estructurales frontal, media y posterior.
- c) Cubierta de lámina.
- d) Brazo de soporte.
- e) Placa estructural inferior.
- f) Placa de montaje del motor.

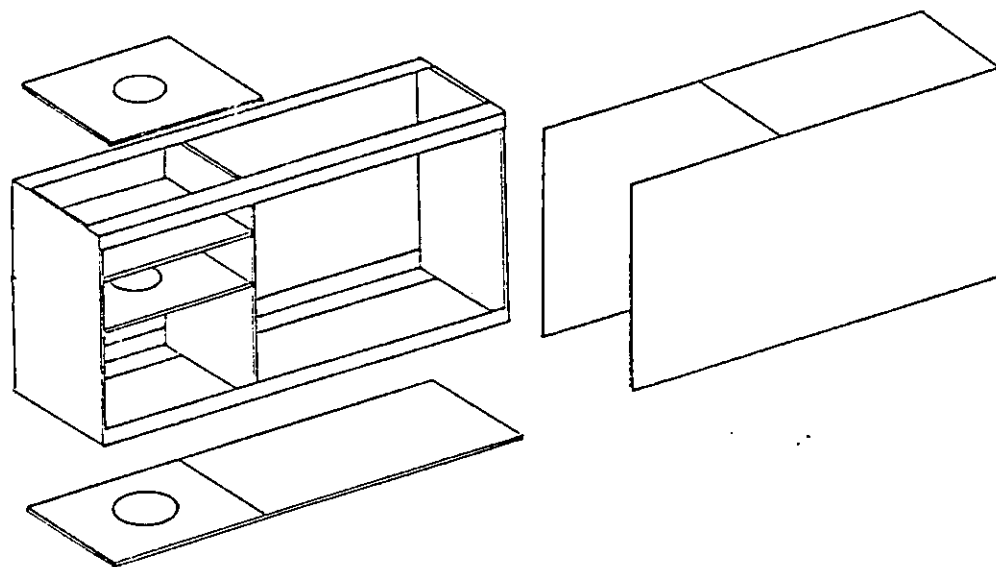


Fig.4.3 - Diagrama esquemático de la estructura de soporte del sistema de posicionamiento vertical del sistema CNC-EIE.

a) Piezas angulares:

Son cuatro piezas angulares de hierro con soportes en los extremos y un punto medio, los cuales sirven para sostener a las placas estructurales en perfecto alineamiento, así como proporcionar estabilidad y rigidez a toda la estructura del cabezal de la máquina.

b) Placas estructurales frontal, media y posterior:

Son placas elaboradas en lámina de hierro de $\frac{1}{4}$ " de espesor y su función es la de servir como estructura de soporte de cabezal y del sistema de posicionamiento vertical. Se elaboraron estas

piezas de lámina sólida para establecer planos de referencia en la dirección paralela del eje del taladro, a fin de que todos los elementos del mismo se encuentren perfectamente alineados. Por otra parte forman divisiones entre las áreas del sistema de posicionamiento y el área destinada para guardar la circuitería electrónica de la máquina.

c) Cubierta de lámina:

Su función es meramente de protección y estética; es decir sirve solamente para cubrir el cabezal; está elaborada en lámina de hierro de 1/16"

d) Brazo de soporte:

Es el componente más fuerte y robusto del sistema de soporte, ya que carga a todo el cabezal; está hecho de hierro y se encuentra soportado firmemente por la placa de la base.

e) Placa estructural inferior:

Su objetivo es dotar al husillo del taladro de una guía para lograr un alineamiento con el resto de piezas del sistema de posicionamiento vertical.

f) Placa de montaje del motor:

Está colocada en la parte superior del cabezal y su función es sostener firmemente al motor de rotación alineado con el eje del taladro.

4.8.2 COMPONENTES ELECTRICOS Y ELECTRONICOS.

El sistema CNC-EIE involucra una serie de componentes eléctrico/electrónicos que interactúan transmitiendo señales provenientes de la computadora a fin de controlar los componentes mecánicos; el proceso inverso también se produce, es decir, existe respuesta hacia el computador proveniente de los sensores del sistema; de esta manera se lleva a cabo la comunicación desde y hacia la computadora pasando por la caja de control CNC-932.

Los componentes eléctricos /electrónicos se clasifican de acuerdo al área del sistema CNC-EIE en la cual se encuentran ubicados. Estos componentes son:

- Tarjeta de interfase FEEDBACK MIC - 926
- Caja de control FEEDBACK CNC - 932
- Motores de paso
- Etapa de manejo de potencia para los motores de paso
- Sensores de fin de carrera
- Motor AC para la rotación
- Control de encendido/apagado del motor AC

4.8.2.1 TARJETA DE INTERFASE MIC-926.

Es la interfase entre la computadora y el sistema de control. Se trata de un puerto paralelo programable cuyo elemento principal es el CI INTEL 8255A Interfase programable de periféricos. En el capítulo 2 de este Trabajo de Graduación se hace una explicación más amplia de esta tarjeta interfase.

4.8.2.2 CAJA DE CONTROL CNC-932.

La caja de control es la encargada de recibir la información de la interfase MIC926 que proporciona señales para alimentar la circuitería que maneja los motores de paso (ejes X, Y y Z), operación de encendido y apagado del taladro y detección de las señales provenientes de los fotodetectores encargados de la localización del origen del equipo; todo esto contenido dentro de la caja de control. Para mayor información relacionada con el funcionamiento de esta, véase el capítulo 2 de este Trabajo de Graduación.

4.8.2.3 MOTORES DE PASO

Los motores de pasos empleados en la máquina fueron seleccionados tomando en cuenta la factibilidad de ser controlados por el mismo sistema de control CNC-932, es decir ser de cuatro fases y poseer un tamaño de paso relativamente pequeño. Además debe tomarse en cuenta que la estructura metálica que ha de ser movida por estos es mucho mayor que la del sistema CNC-932, por lo que se hace necesario utilizar motores de mayor potencia e incluso conectar estos al sistema mediante juegos de piñones multiplicadores de fuerza.

De acuerdo a la disponibilidad se escogió para los ejes X e Y dos motores de paso iguales que tienen un desplazamiento angular de 1.8° /paso, es decir son necesarios 200 pasos para que el motor gire una revolución completa. Estos funcionan alimentados a 5 V con una corriente de 1.4 Amps.

Para el control de la profundidad de perforación (Eje Z) se encontró disponible un motor con un desplazamiento de 2° /paso, es decir, que necesita 180 pasos para girar una revolución completa. Este motor es alimentado a 3.9 V con una corriente de 3.3 Amps.

El pequeño desplazamiento por paso de los motores utilizados puede dar una idea de la precisión con que es posible controlar el movimiento de las plataformas de trabajo o la profundidad de penetración de la broca.

4.8.2.4 ETAPAS DE MANEJO DE POTENCIA DE LOS MOTORES DE PASO

Para el accionamiento de motores de paso de mayor potencia, con corrientes superiores a los 50 mA, que el circuito de la caja de control CNC-932 puede proveer, tenemos diversas posibilidades. El circuito implementado permite el control de motores con corrientes de hasta 5 amperios por fase. Puede verse en la fig.4.4

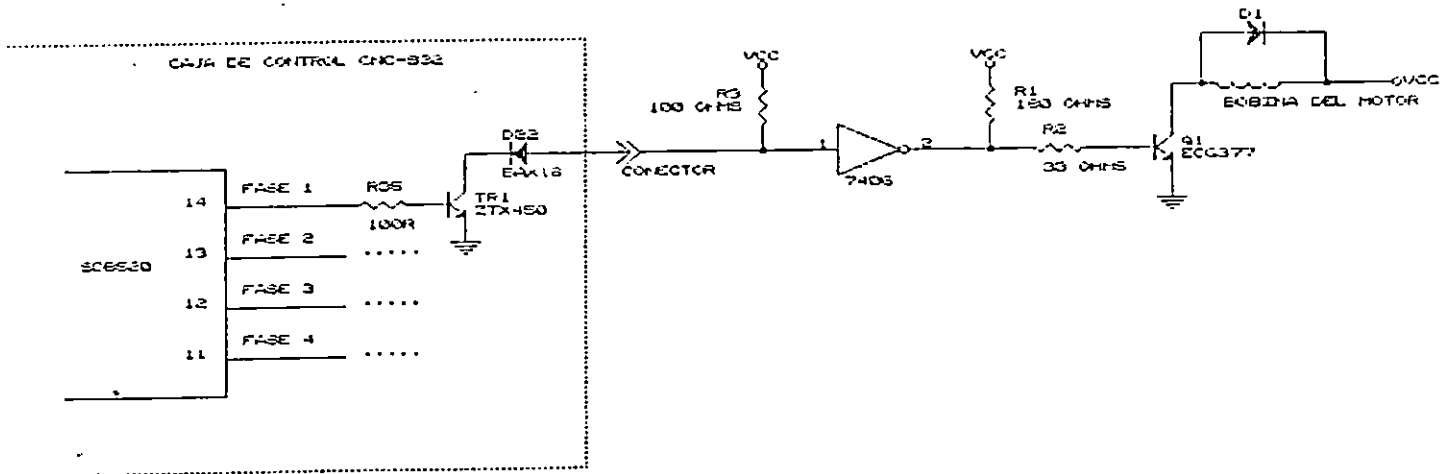


Fig.4.4 - Etapa de manejo de potencia de los motores de paso.

La señal de activación de cada fase es activa en bajo por lo que hace necesaria la inversión de esta señal para controlar la compuerta del transistor ECG 377 que habrá de manejar las fases del motor.

Evidentemente, para un motor de 4 fases precisamos 4 transistores en esta configuración, conectados; uno a cada línea de control de fase en el conector proveniente de salida de la caja de control.

Con la utilización de los inversores en este circuito el paso de la salida al nivel bajo (LO) hace que el transistor inicialmente en corte pase hacia la saturación energizando así la fase correspondiente del motor.

Con el uso de un ECG377 podemos controlar cada fase del motor hasta 5 amperios, en las mismas condiciones del circuito interior. Los transistores deben ser montados en buenos disipadores de calor.

El cálculo para determinar el valor de las resistencias del circuito se muestra a continuación:

De los datos del fabricante para el SN5406 (ver anexo 5), la

corriente de colector en estado bajo es 32 mA, luego:

$$V_{cc} = R_1 * I_c$$

de donde: $R_{1min} = 156 \Omega$ habiéndose utilizado $R_1 = 180 \Omega$

Cuando el transistor ECG377 se encuentra en estado de saturación habrá de conducir una corriente igual a la demandada por el motor correspondiente.

Para los motores de los ejes X e Y, la corriente según datos de placa es 1.4 Amps. y sabiendo, según datos del fabricante (ver anexo 5), que el β típico de este es 115, es posible calcular la corriente de base mínima para que el transistor sea llevado a saturación:

$$I_b = I_c / \beta$$

luego: $I_{b min} = 12.17 \text{ mA}$

para asegurar el estado de saturación

$$I_{B sat} > I_{b min}$$

entonces $I_{B sat} = 2 * I_{b min} = 25 \text{ mA}$

Cuando la salida del inversor 5406 está en alto, la corriente I_c es aproximadamente igual a cero, entonces, haciendo un LVK en la malla de la base del transistor, tenemos que:

$$V_{cc} \approx I_s * (R_1 + R_2)$$

además: $I_s = I_{B sat}$

luego: $R_2 = 33 \Omega$

En forma similar, con los valores de placa del motor del eje Z se escogieron:

$$R_{1z} = 180 \Omega$$

$$R_{2z} = 4.7 \Omega$$

La corriente que maneja la circuitería de la caja de control por fase de cada motor de pasos fué medida directamente durante la operación del sistema, siendo esta de 50 mA. Esta es la corriente que fluye hacia el colector del transistor ZTX450 de la caja de control cuando este pasa al estado de saturación (Véase anexo 7 - Diagrama electrónico del sistema CNC-932). Para limitar esta corriente se calcula el valor de R_3 haciendo un LVK en la forma siguiente:

$$V_{cc} = R_3 * I_c + 0.7 + 0.3$$

luego: $R_3 = 80 \Omega$

habiéndose escogido un valor de $R_3 = 100 \Omega$ lo cual proporciona un margen de seguridad en la corriente de operación.

4.8.2.5 SENSORES DE FINAL DE CARRERA.

Ambas plataformas de desplazamiento horizontal cuentan con sensores para detectar cuando una de ellas alcanza la posición del origen, es decir cuando las coordenadas X y Y son iguales a cero (0,0); el sensor que ejecuta este trabajo es el TIP 32 (ó su equivalente ECG3101), el cual es un fotodetector que se acciona cada vez que el haz de luz que emite es interrumpido; este fotodetector se escogió debido a que el sistema CNC-932 existente controla un fotodetector idéntico, por lo tanto no hubo necesidad de modificar la circuitería de control, además esta disponible en el mercado y es de bajo costo. Mayores detalles sobre especificaciones de este fotodetector pueden localizarse en el anexo 5.

4.8.2.6 MOTOR AC PARA LA PRODUCCION DE LA ROTACION.

El movimiento rotacional del taladro lo proporciona un motor AC, el cual ha sido adaptado de una máquina ("Router") para producir molduras en madera. que desarrolla una velocidad de 25000 rpm máxima sin carga, es de 1 HP de potencia y un voltaje de 110 v. Es el único motor existente en el mercado que reúne la mayoría de características que se requieren para esta aplicación específica: alta velocidad, peso reducido, poco volumen y bajo costo.

El motor desarrolla una velocidad adecuada para la producción de agujeros de excelente calidad (25000 r.p.m.). La potencia del motor se escogió tomando en cuenta que este debería ser capaz de vencer la inercia del sistema en el arranque, y además permanecer encendido durante un tiempo relativamente largo; así también se tomaron en cuenta la disponibilidad en el mercado de máquinas de este tipo.

El motor está montado en la parte superior de la cubierta del sistema vertical, sujetado con pernos y transmite su giro a través de un acople al eje de transmisión, para mas detalles ver fig.4.1.

4.8.2.7 CONTROL DE ENCENDIDO/APAGADO DEL MOTOR DE ROTACION

Habiendo seleccionado el motor que ha de servir para producir la rotación del taladro de acuerdo a las necesidades de velocidad y potencia expuestas en la sección de este capítulo, se

desarrolla a continuación el diseño del control de encendido del mismo.

Del sistema de control CNC-932 se cuenta con una señal que es la que controla originalmente el encendido de un motor DC de 12 voltios alimentado por la misma caja de control^[4]. Este control consiste en la interrupción de la corriente que circula hacia tierra a través del motor DC (pin 20 del conector de la caja de control) el cual es alimentado con 12 voltios DC (pin 19).

Se pretende controlar un motor AC de 110 voltios y potencia de 1 HP, el cual está diseñado para rotar a 25000 RPM (sin carga). Este control consiste en interrumpir la corriente de alimentación del motor mismo.

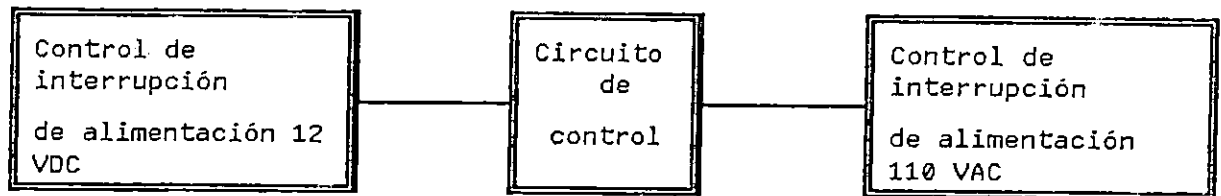


Fig. 4.5 Diagrama de bloques para el control de encendido y apagado del motor de rotación.

En el circuito de control se habrá de utilizar como entrada la misma línea que controla la interrupción de alimentación al motor DC, y se tendrá como salida la interrupción de la alimentación AC. El diagrama de bloques se muestra en la fig. 4.5

Selección del tiristor

El motor de rotación a alimentar posee las siguientes características:

- Potencia nominal: 1 HP
- Corriente de entrada normal: 5 A
- Corriente de arranque: 7 A
- Voltaje de alimentación: 110 V

Como elemento central de interrupción de corriente se seleccionó el TRIAC por ser un elemento adecuado para el manejo de corriente alterna, controlable con niveles bajos de potencia, con rápido cambio de estado Encendido/Apagado y además que no requiere de mantenimiento.

[4] Véase el diagrama del Sistema CNC-932 en el anexo

El TRIAC a seleccionar debe ser capaz de manejar una corriente nominal mayor o igual a la corriente de funcionamiento del motor y a la vez ser capaz de soportar la corriente de arranque del mismo por unos pocos ciclos. Por otra parte el triac debe ser capaz de conducir en los cuatro cuadrantes del ciclo AC.

El circuito de interrupción se muestra en la fig. 4.6

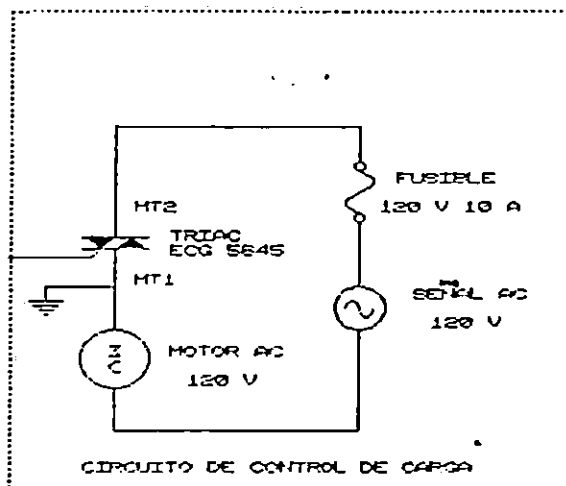


Fig. 4.6 - Circuito de Interrupción

Sobredimensionando la corriente de funcionamiento en un 30% tenemos:

$$I_T = 5 \times 1.3 = 6.5 \text{ A}$$

Además en el momento del bloqueo el triac deberá ser capaz de soportar un voltaje en reversa de:

$$V_{REV} = \text{Voltaje máximo de alimentación del motor}$$

$$V_{REV} = 130 \text{ Volts AC}$$

Se escogió el triac ECG5645 que cumple holgadamente con estas características con una corriente nominal de 10 A y un voltaje de ruptura en reversa de 600 VAC, las especificaciones técnicas de este elemento se muestran en el anexo 5.

Detector de cruce por cero

En este circuito se busca únicamente controlar el encendido y apagado del motor, por lo tanto no se necesita establecer un ángulo del punto de disparo del triac diferente de cero. Para detectar el punto de cruce por cero se hace uso de un disparador Schmitt que consiste en un comparador con realimentación positiva como se muestra en la figura 4.7.

Debido a la retroalimentación se asegura la producción de un pulso positivo o negativo a la salida, cuya polaridad es inversa al ciclo de entrada alterno. Cuando la salida se satura positivamente, el voltaje de referencia que se aplica a la entrada es el siguiente:

$$V_{UT} \equiv V_{REF} = +B V_{SAT}$$

donde:

$$B = \frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

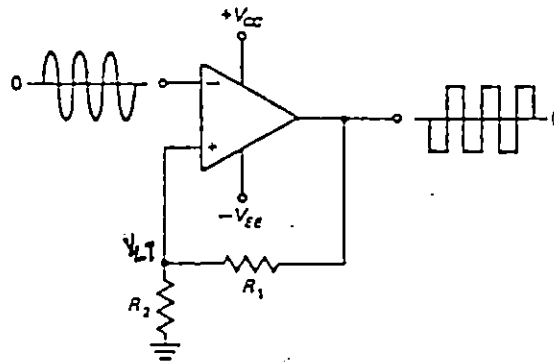


Fig. 4.7 - Detector de cruce por cero.

Cuando la salida se satura negativamente, el voltaje de referencia es:

$$V_{LT} \equiv V_{REF} = -B V_{SAT}$$

La salida permanecerá en un estado dado hasta que la entrada exceda el voltaje de referencia para ese estado.

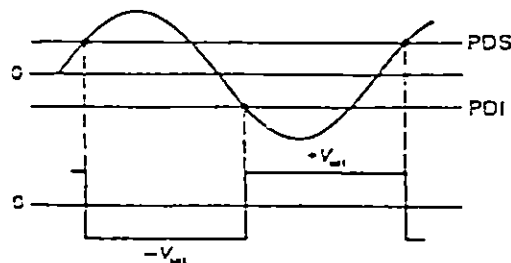


Fig. 4.8 - Gráficos de voltaje entrada salida del disparador.

Puesto que no se busca controlar el ángulo de disparo sino solamente detectar el cruce por cero, se buscarán unos voltajes de referencia superior e inferior lo más bajo posible.

Tomando los valores de $R_1 = 560 \Omega$ y $R_2 = 100 K\Omega$ tenemos:

$$B = \frac{560}{560 + 100K} = 0.00556$$

$$V_{UT} = 0.00556 * 13.8 = 0.0768 \text{ volt}$$

$$V_{LT} = 0.00556 * (-13.8) = -0.0768 \text{ volt}$$

$$V_H = V_{UT} - V_{LT} = 0.154 \text{ volt}$$

El circuito del disparador posee como entrada un voltaje proporcional a la alimentación del motor que se pretende controlar. Este voltaje es suministrado por un transformador reductor 110v/9v AC.

El circuito implementado puede observarse en la fig 4.9.

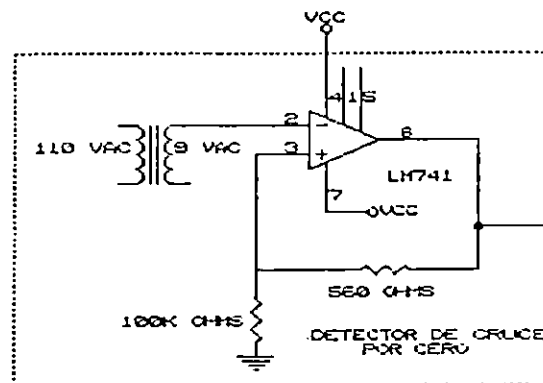


Fig. 4.9 - Disparador schmitt, detector de cruce por cero

Oscilador de alta frecuencia.

El triac que se utiliza en el circuito de interrupción, necesita para dispararse un pulso positivo o negativo, aplicado a su compuerta, con un ancho de $5 \mu\text{Seg}$ por lo menos. El detector de cruce por cero proporciona pulsos de disparo para el triac cuyo ancho es igual al del ciclo de AC; sin embargo al mantener estos pulsos al mismo nivel (positivo o negativo) durante todo el ciclo se produce una circulación permanente de corriente por la compuerta de triac que podría llegar a acortar la vida útil del mismo debido al calentamiento que esto produce.

Para disminuir el tiempo que la compuerta permanece encendida se sincronizan los pulsos provenientes del detector de cruce por cero con un tren de pulsos de alta frecuencia que son

producidos por un oscilador, para el cual se ha calculado un ancho de pulsos de $20 \mu\text{Sec}$, con lo cual se garantiza el cebado del triac; el oscilador se construyó basado en un C.I. NE555 configurado como astable.

La frecuencia de oscilación está dada por:

$$f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2) * C_1}$$

y los tiempos de alta y baja por las ecuaciones:

$$t_1 = 0.693 * (R_1 + R_2) * C_1$$

$$t_2 = 0.693 R_2 C_1$$

Tomando como Tiempo de alta = $t_1 = 20 \mu\text{Seg}$
 Tiempo de baja = $t_2 = 10 \mu\text{Seg}$

y

$$C_1 = 0.001 \mu\text{F}$$

$$R_1 = 22 \text{ K}\Omega$$

se determina de la ecuación de t_2

$$R_2 = 10 \text{ K}\Omega$$

y la frecuencia de oscilación es: $f = 34.3 \text{ KHz}$

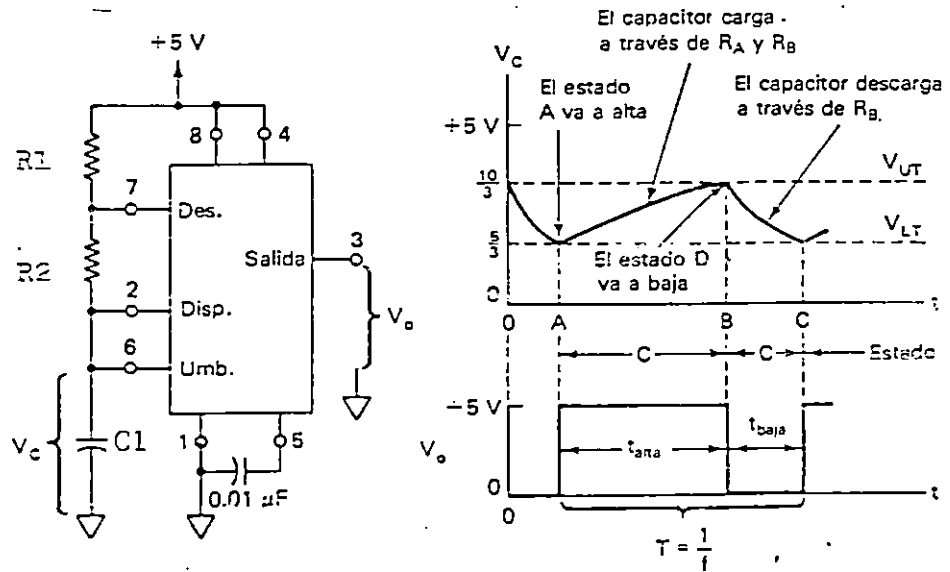


Fig. 4.10 . a) Diagrama del circuito oscilador. b) Forma de onda de salida

Circuito de Sincronización de los pulsos de disparo.

Dentro del circuito que genera los pulsos de cebado tenemos que mantener sincronizadas las señales de manera sincronizada; esto es efectuado por una compuerta AND de tres entradas para cada semiciclo del voltaje alterno de alimentación al motor. Dichas compuertas manejan tres señales las cuales son:

1) La señal del oscilador de alta frecuencia. Esta señal estará presente todo el tiempo.

2) La señal que proviene del detector de cruce por cero; esta señal se encarga de apagar las señales de cebado cuando el voltaje AC cambia de polaridad para evitar que estén presentes cuando el triac ya no posee polarización en directa. Esta señal entra tal como viene del disparador en una de las compuertas AND, e invertida en la otra compuerta para el semiciclo positivo; esto permite activar alternadamente las compuertas respectivamente para cada semiciclo.

3) La señal que proviene de la caja de control; esta señal es habilitada por el programa CNC-EIE al momento que ha de encenderse el motor de rotación. Esta señal es activa en bajo para el circuito.

El circuito de sincronización se muestra en la fig. 4.11.

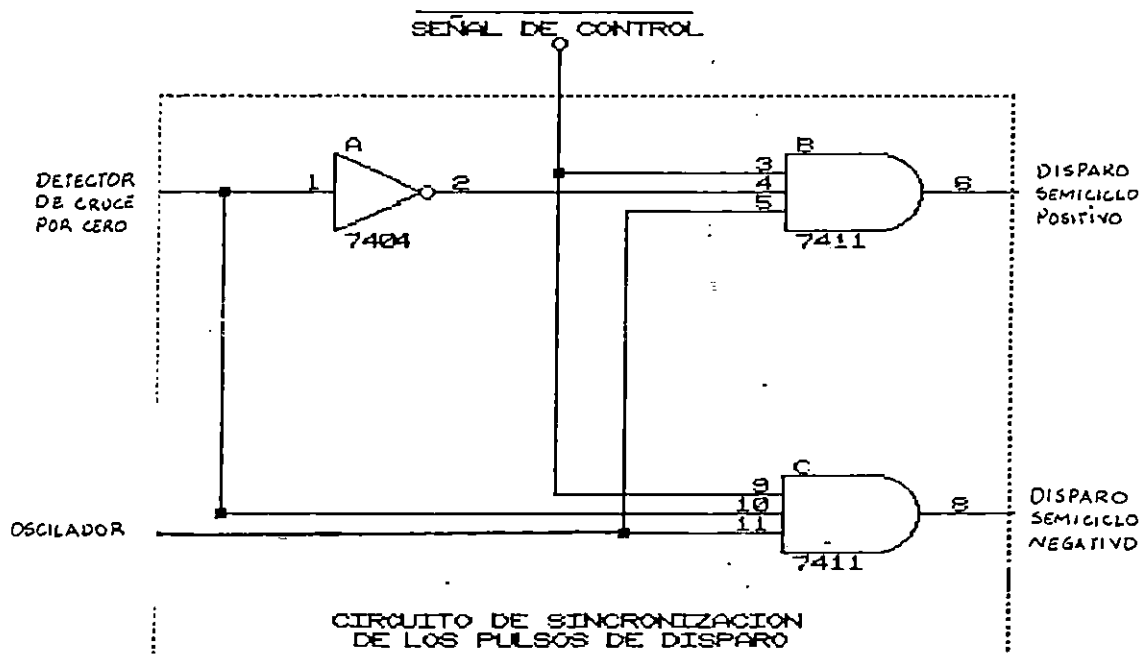


Fig 4.11 - Diagrama del circuito sincronizador de los pulsos de disparo

Las compuertas AND mencionadas cumplen con la tabla de verdad mostrada en la tabla 4.1.

TABLA 4.1. Tabla de verdad para las compuertas AND de los circuitos de sincronizador de los pulsos de disparo.

Control	Detector	Oscilador	Disparo Semiciclo Positivo	Disparo Semiciclo Negativo
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	1	0	1

Circuito aislador de los pulsos de disparo.

El hecho de que se está controlando un motor AC alimentado a 110 voltios haciendo uso de circuitería digital, lleva a la necesidad de lograr un aislamiento entre estos componentes, para evitar que una falla en el motor pudiera ocasionar algún daño en la circuitería de control ó en la computadora. Se escogió como elemento central para esto al dispositivo optoaislador NTE3045 para controlar la corriente de compuerta del triac configurando dos de ellos, uno para disparos positivos y otro para disparos negativos (véase datos técnicos del NTE3045 en anexo 5). El circuito optoaislador se muestra en el diagrama de la figura 4.12.

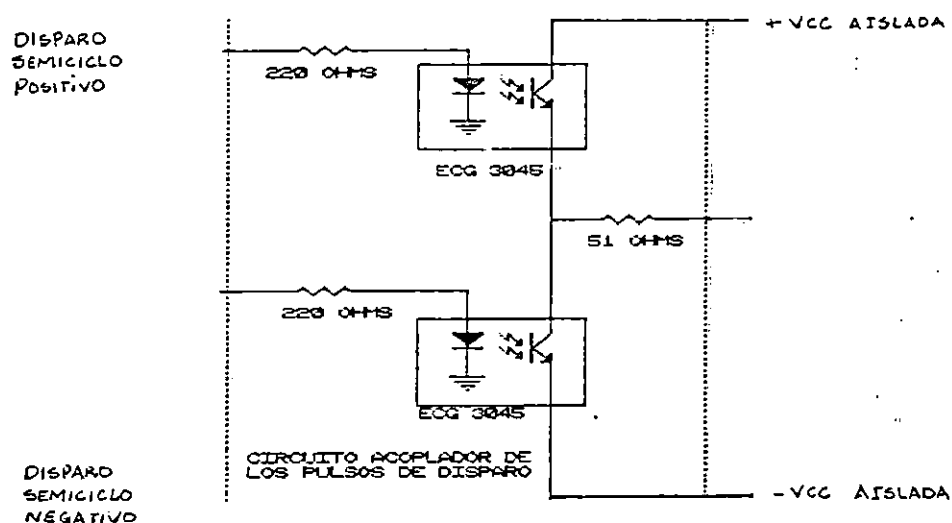


Fig 4.12. Diagrama del circuito optoaislador de los pulsos de disparo

El cálculo de los elementos de este circuito se muestran a continuación:

Partiendo de los datos del fabricante se obtiene el valor mínimo de $I_{GT} = 75 \text{ mA}$ y haciendo un LVK en la malla colector-emisor tenemos:

$$V_{CC} = V_{CE} + I_c * R_2 + V_{GT}$$

asumiendo $V_{GT} = 2 \text{ V}$. Además $V_{CE} = 0.2 \text{ V}$ (en saturación) y $I_c = I_{GT}$ tenemos:

$$R_2 = 50.76 \Omega$$

la potencia disipada por esta resistencia es:

$$P_R = I^2 * R = (.075)^2 * (50.76) = 0.285 \text{ Watts.}$$

De los datos del fabricante del optoaislador sabemos que la tasa de transferencia de corriente es del 500 %, luego $I_c = 5 I_f$ entonces si $I_c = 75 \text{ mA}$ se tiene que $I_f = 15 \text{ mA}$, por tanto no se excede la corriente máxima del LED que es de 80 Ma.

Para calcular la resistencia que protegerá al diodo emisor de luz hacemos un L.V.K. en esa malla.

$$V_{CC} = I_f * R_1 + 0.7 \quad \text{entonces } R_1 = 220 \text{ OHMS.}$$

De esta forma se calculan todos los valores de las resistencias que conforman el circuito del semiciclo positivo de igual forma se realiza el análisis para el semiciclo negativo por lo tanto los valores de las resistencias son iguales.

El circuito final del control de encendido y apagado del motor AC puede verse en la figura 4.13.

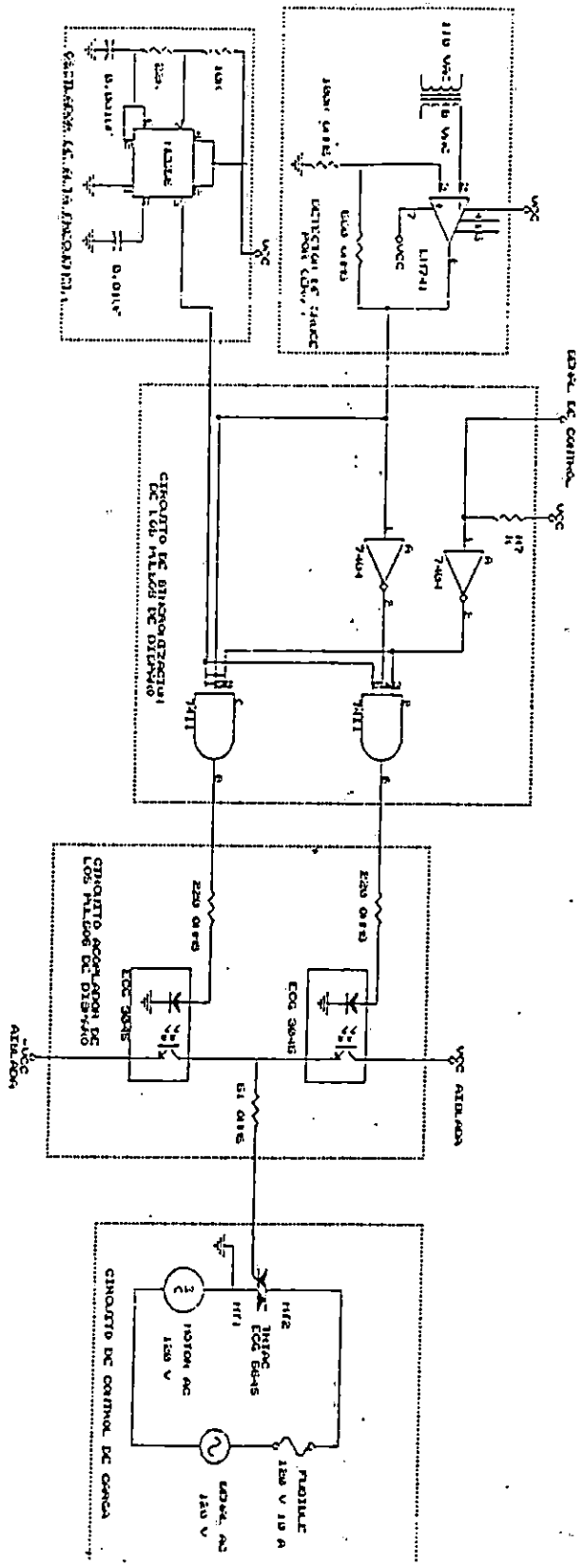


Fig. 4.13 - Control de encendido/apagado del motor de rotación

CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV

-El grado de precisión alcanzado por el equipo se basa principalmente en el empleo de motores de paso de pequeño desplazamiento angular, esto resulta en un adecuado posicionamiento de las plataformas de la maquina y un efectivo control de la profundidad de la penetración.

-El sistema de posicionamiento empleado es el más eficiente debido al uso de motores de paso cuya principal característica es la exactitud en el desplazamiento rotacional, esto unido a un sistema de traslación preciso como lo es el conjunto tuerca tornillo, proporciona un alto grado de confiabilidad en el funcionamiento total de la máquina .

-Debido al empleo de motores de paso de mayor capacidad se hizo necesario la implementación de etapas de potencia con el propósito de no modificar la circuitería de control del sistema anterior.

-Es posible controlar mecanismos y dispositivos que intervienen en procesos de manufactura por medio de señales provenientes de la computadora mediante el uso de interfases y circuitería de potencia adecuada.

-En forma similar en la que se ha logrado controlar dispositivos de potencia por medio de la computadora podrian llegar a controlarse dispositivos de mayor capacidad y con aplicaciones de tipo industrial.

-El uso de un motor de rotación de alta velocidad influye en la obtención de perforaciones de buena calidad.

-A la maquina de perforación construida podría haberse adaptado otro tipo de motor de rotación que hubiese proporcionado una velocidad más elevada y mayor tiempo de operación (como podría ser un motor neumático), esto no se llevó a cabo debido al elevado costo que esto supondría. De hecho la estructura de la máquina misma ha sido diseñada con la posibilidad de acoplar otro tipo de motor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Boylestad Robert/ Nashelsky . Electrónica Teoría de circuitos P.H.H. Prentice Hall 3ª Edi.
- [2] Coughlin Robert F. / Driscoll Frederick F. Circuitos Integrados Lineales y Amplificadores Operacionales . P.H.H. Prentice Hall.
- [3] Del Toro , Vincent. Fundamentos de Ingeniería Eléctrica . 2ª Edi. México . Prentice - Hall Hispanoamericana S.A. 1988.
- [4] ECG Catalogo para sustitución de elementos.
- [5] Hayt William Jr. Análisis de circuitos en Ingeniería MC Graw - Hill. 2ª Edi.
- [6] Maloney Timothy J. . Electrónica Industrial P.H.H Prentice Hall.
- [7] Malvino Albert Paul Malvino . Ph D . Principios de Electrónica. Mc- Graw Hill Book Comp.
- [8] NTN Rodamientos de Bolas y Rodillos Catalogo N° 2200/S . NTN Corporation 1991.
- [9] Pollack , Herman W. Máquinas, Herramientas y Manejo de materiales. 2ª Edi. Prentice - Hall Hispanoamericana S.A. 1989.
- [10] Manual del taladro.
- [11] Straughen Dewan . Power semiconductor circuits . Wiley interscience . New York . 1975.

CAPITULO V

SOFTWARE DE CONTROL DEL SISTEMA CNC-EIE

INTRODUCCION

La perforación de agujeros en tabletas para circuitos impresos (PCB'S) requiere de un trabajo delicado y preciso, debido a que deben hacerse agujeros de muy pequeños diámetros y colocados, en la mayoría de casos muy proximos unos de otros, además su ubicación debe ser tal que coincida con los pines de los IC'S u otros elementos electrónicos. Este trabajo de perforar agujeros en tabletas de circuitos impresos puede efectuarse de forma manual, pero esto involucra una serie de aspectos que no van nada a su favor tales como: El éxito del proceso esta sujeto al grado de precisión que pueda proporcionar el operario y técnicas del proceso de taladrado mal ejecutadas (ajustes de velocidad en el taladro, tasas de velocidad de ascenso y descenso, etc.). Es en este sentido cuando se ponen de manifiesto todas las ventajas un programa elaborado para dicho trabajo empleando las modernas técnicas de los sistemas CNC controladores de máquinas herramientas que en nuestro caso será un taladro seleccionado convenientemente para desarrollar este tipo de tarea. El software empleado para implementar este programa debe ser de uso común y facil entendimiento a su vez debe poseer las estructuras requeridas para cumplir a satisfacción el objetivo que se pretende. Este capítulo presenta una guía básica para el uso del programa CNC-EIE diseñado especialmente para perforar tabletas para circuitos impresos de una forma completamente automatizada.

5.1 GENERALIDADES DEL PROGRAMA

El sistema CNC 932 y el sistema CNC-EIE son máquinas taladradoras que pueden ser controladas por una computadora compatible con la interfase FEEDBACK MIC-926, y se hacen operar por medio de software comprendido en el programa CNC-EIE desarrollado en este trabajo de graduación siguiendo la lógica que se sugiere en los Manuales de operación del sistema CNC-932 e incorporando además un modo de operación adicional que permite convertir la máquina en una herramienta en la elaboracion de tabletas de circuito impreso.

El CNC-EIE es un programa diseñado para proporcionar al usuario control sobre el sistema CNC-932 realizando múltiples operaciones de taladrado las cuales son controladas desde un computador IBM-PC o compatible que halla sido dotado con la interfase MIC-926. El programa esta escrito en lenguaje Pascal ya que este permite gran versatilidad y facilidad de interpretación debido a su diseño estructurado.

Para operar el CNC-EIE deben cumplirse los siguientes requerimientos:

5.1.1 Hardware:

- La caja de control del sistema CNC-932.
- El taladro del sistema CNC-932 ó la Máquina taladradora CNC-EIE.
- Una computadora IBM-PC o compatible con una unidad de disco flexible.
- Una interfase FEEDBACK MIC-926 instalada en la computadora.
- Uno ó mas disquetes en blanco que podrían ser usados con propósitos de copia o grabado del programa.
- Una impresora opcional para realizar copias escritas del programa CNC.

5.1.2 Software:

- Programa CNC-EIE en su forma ejecutable o el programa CNC-EIE como código fuente y un compilador Turbo Pascal 4.0 o superior.

Nota: Requisito indispensable para la operación del sistema CNC-932, es la instalación de la interfase MIC-926 en la computadora y la interconexión tanto de la máquina herramienta como de la interfase a la caja de control usando los cables que son parte del equipo.

5.2 DESCRIPCION FUNCIONAL DEL PROGRAMA CNC-EIE.

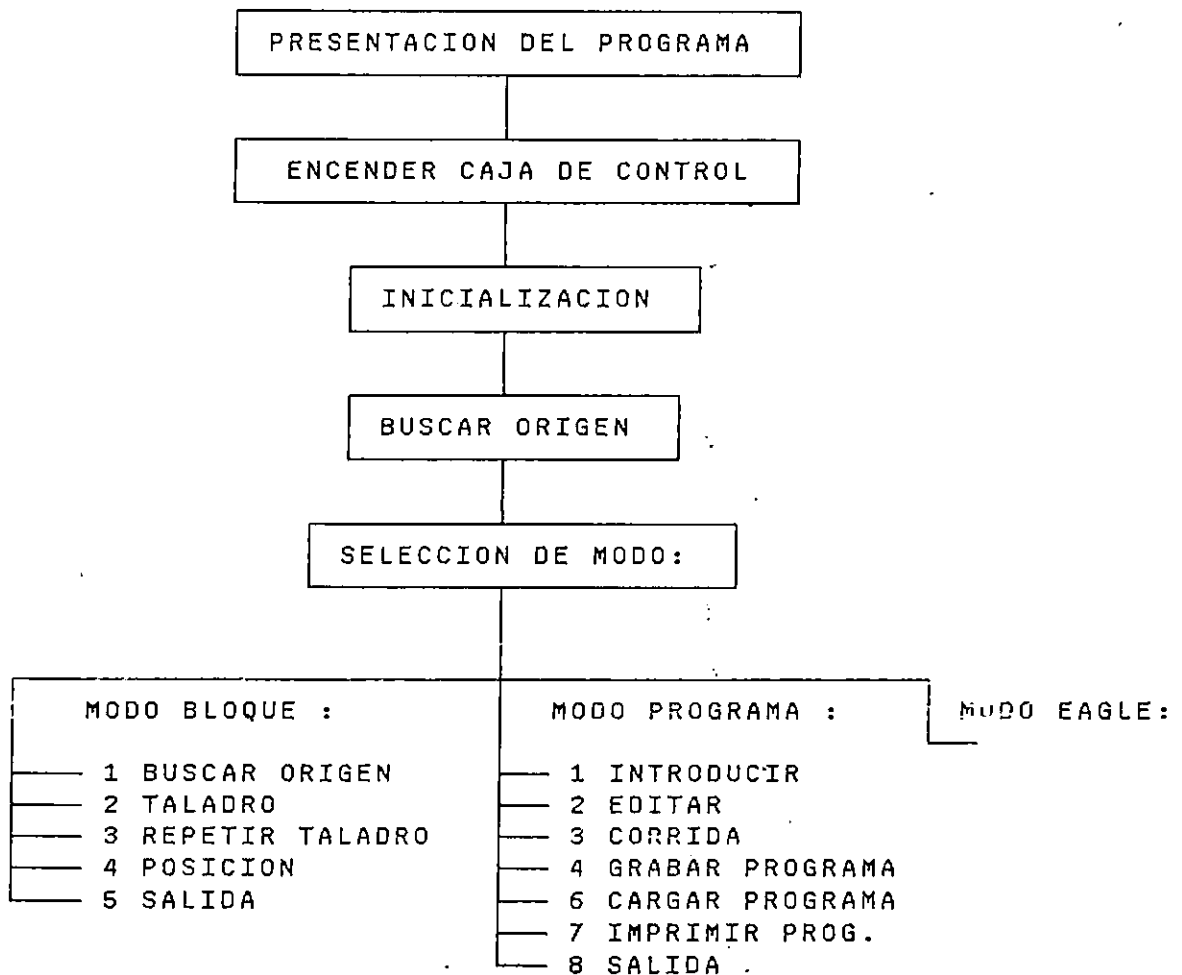
Al iniciar, el programa realiza su presentación e indica al usuario el momento preciso para encender la caja de control que controla la máquina taladradora (véase Fig. 1.1); el sistema quedará entonces detenido con todas las luces apagadas en la caja de control excepto el indicador de encendido.

Si todo marcha bien el programa hace que la máquina proceda a posicionarse en el punto de origen el cual se ubica en una de las esquinas de la plataforma y a continuación permite

seleccionar el modo de operación.

El programa permite tres modos de operación: el modo de bloque simple, el modo de programa y el modo EAGLE. En el primero se dan ordenes directas a la máquina para que se realice operaciones sencillas en forma inmediata; en el segundo, el usuario puede introducir instrucciones cifradas para ejecutar rutinas de operación en forma secuencial según códigos que se explican más adelante; finalmente el modo EAGLE es el que sirve como interfase entre las etapas de diseño de las tabletas de circuito impreso y su perforación usando la máquina taladradora CNC-EIE.

Fig. 5.1 - Diagrama funcional del programa CNC - EIE



5.2.1 MODO BLOQUE

El modo de operación de bloque simple permite ejecutar operaciones tales como:

Buscar origen: A partir de cualquier lugar donde la plataforma se encuentre es llevada a su posición de reposo en la cual la cabeza del taladro queda colocada sobre una de las esquinas de la misma y cuya ubicación aparece en la parte inferior de la pantalla con las coordenadas X y Y iguales a cero y Z igual a su coordenada superior es decir 20 mm.

Nota: la posición inicial de la altura que ocupa la broca (coordenada Z) puede ser seleccionada manualmente antes de iniciar el programa, sin embargo este asume que la cabeza del taladro está colocada en su posición de altura máxima (20 mm.)

Posición: Permite desplazar el taladro hasta un determinado punto de la plataforma denotado por sus coordenadas X y Y introducidas por el usuario. El posicionamiento a lo largo del eje Z no se permite en esta rutina. Los valores de las coordenadas de posicionamiento son siempre mayores o iguales que cero y menores que 95 mm. para el sistema CNC-932 y 400 mm para la máquina CNC-EIE; este límite queda establecido por las dimensiones del equipo.

Taladro: Se pretende aquí realizar una perforación en un punto cuyas coordenadas X, Y son introducidas (respetando los límites descritos anteriormente). Además es introducida la distancia que habrá de desplazarse el eje Z, así también se introducen valores literales que representan la velocidad de ascenso y descenso del taladro los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5.1 - Velocidades en mm/seg a la que puede perforar el taladro

A: 0.5	D: 1.5	G: 3.0
B: 0.75	E: 2.0	H: 3.5
C: 1.0	F: 2.5	I: 4.0

Nota: Todas las velocidades están en mm/seg.

Repita taladro: Ejecuta una operación con características similares a la función anterior pero con coordenadas X y Y que

podrían ser introducidas con valores diferentes. Se conserva la distancia recorrida por el taladro (coordenada Z) así como las velocidades de ascenso y descenso.

Salida: Retorna al usuario a la pantalla de presentación en la cual el usuario introduce si desea continuar o no.

5.2.2 MODO PROGRAMA

El modo **Programa** consiste en un conjunto de rutinas orientadas al manejo y ejecución de programas CNC. Un programa CNC es una serie de "bloques", cada uno compuesto por una serie de funciones y/o coordenadas.

Se muestra a continuación el contenido de un bloque típico en una línea de instrucción.

N	G	F	M	X	Y	Z
1	00	-	-	20	30	-
2	-	-	02	-	-	-

N es el número de la línea de instrucción del programa CNC-EIE. Las otras variables que conforman cada instrucción tienen un significado que es mostrado al usuario en la pantalla de la rutina **Introducción** y son:

Editar: En esta rutina cada bloque del programa puede ser desplegado y modificado de acuerdo a la respuesta del usuario. La rutina permite continuar revisando bloques hasta el final o salir al menú del modo programa. Además permite agregar líneas al programa cuando se modifica la última instrucción y continúa introduciendo instrucciones hasta que sea el bloque que contenga la función M02 (fin de programa).

Corrida: Esta rutina ejecuta automáticamente el programa en memoria escrito en la rutina **Introducción** o accesado a través de la rutina **Cargar programa**, permite además la visualización de la instrucción que está siendo ejecutada y presenta el estado actual que poseen las 3 coordenadas así como un mensaje que indica cuando el taladro está encendido o apagado.

Grabar programa: Esta rutina realiza la grabación de un programa introducido previamente; especificando la unidad de disco, la trayectoria del directorio y el nombre a asignar. El programa

CNC-EIE asigna automáticamente la extensión .DAT .

Tabla 5.2 - Significado de los códigos de instrucción en el modo programa.

G	F	M	X y Y	Z	FUNCION Y CARACTERISTICA
00	-	-	coordenadas de un nuevo punto	-	posicionamiento de un punto a otro: mueve la cabeza del taladro de la manera más rápida posible desde el punto actual a aquel indicado como (X,Y).
01	-	-	coordenadas de un nuevo punto	-	realiza una interpolación entre dos puntos, partiendo del punto actual (X,Y) hasta el nuevo punto.
05	-	-		-	suspende la ejecución del programa conservando las condiciones en que se encuentra al momento de detenerse.
81	-	-	coordenadas para cada perforación	va-lor de descenso	permite hacer una serie de agujeros uno a continuación de otro automáticamente, indicándole las coordenadas X y Y de cada perforación y la coordenada en Z la cual descenderá y ascenderá el taladro repetidamente en las posiciones X, Y requeridas.
80	-	-		-	permite ejecutar otros bloques del programa a continuación de la instrucción fijar ciclo de taladro en lugar de volver al punto de referencia.
-	-	00	-	-	causa que tanto el programa como la máquina se detengan después de la ejecución del bloque en el cual se encuentra esta función, este proceso es útil para realizar el cambio de alguna pieza del equipo; la ejecución del próximo bloque del programa continuara después que el operador presione cualquier tecla.
-	-	02	-	-	produce la finalización del programa al ser colocada en un bloque y causa que la máquina se detenga. Nos permite abandonar la rutina INSTRUCCION y volver al menú de modo programa.
-	-	03	-	-	enciende el taladro desde un bloque del programa, toda vez que el interruptor del taladro este en ON.
-	-	05	-	-	apaga el taladro desde un bloque de instrucción en el cual se ha especificado, toda vez que el taladro esté encendido.
-	1,2, 3 ó 4	-	-	valor de descenso	determina la velocidad de descenso y ascenso del taladro entre valores de 1, 2, 3, ó 4. mm/seg.

Cargar programa: Esta rutina permite cargar o recuperar un programa previamente grabado, con solo proporcionarle la unidad de disco, trayectoria del directorio y nombre del programa.

Imprimir programa: Permite obtener una copia en papel del programa en memoria a través de un impresor conectado al puerto paralelo.

5.2.3 MODO EAGLE

Este modo de operación es la interfase en software entre

el programa de diseño de PCB's (EAGLE) y la máquina perforadora CNC-EIE. A través de ésta rutina es posible realizar las perforaciones coincidiendo con un diseño de una PCB determinada que ha sido elaborado haciendo uso del programa EAGLE, el cual a su vez permite crear un archivo de coordenadas de los pad y vías con su respectivo diámetro de brocas, las cuales han sido previamente seleccionadas por el usuario.

El procedimiento para llegar a ejecutar las perforaciones es el siguiente:

1 - Diseñar las pistas de una PCB haciendo uso del programa EAGLE dentro del modo de operación "BOARD". El diseño deberá haberse completado hasta hasta llegar a definir completamente las pistas, pads y vías^[5]. Este proceso concluye con la creación de un archivo del diseño de las pistas cuya especificación es <nombre>.BRD.

2 - Haciendo uso del programa auxiliar "XPLOT" del sistema EAGLE es posible crear un archivo de coordenadas con la ubicación de cada una de las perforaciones de la PCB en cuestión. Para ello se selecciona como archivo de entrada el mismo creado anteriormente con el diseño de las pistas, es decir el archivo <nombre> BRD. En este programa se selecciona como dispositivo de salida la máquina perforadora modelo SM1000 cuyo formato de salida es el que ha sido adaptado para CNC - EIE. La salida de datos habrá de direccionarse hacia un archivo en lugar de un puerto físico. En éste archivo se almacenarán las coordenadas de todos los agujeros, el nombre de éste archivo de coordenadas es seleccionado arbitrariamente por el usuario; sin embargo se recomienda asignarle un nombre relacionado con el archivo de diseño que sea descriptivo del mismo (por ejemplo <nombre>.DAT).

El programa XPLOT del sistema EAGLE tiene como requisito que se realice una configuración de las brocas a utilizar en el proceso de perforación (CONFIG DRILLS) en una tableta determinada. Debido a ésto se crean archivos de configuración de brocas para la máquina las cuales están íntimamente relacionadas con cada diseño de PCB's y con su tamaño de su Pad respectivo. Puede tomarse como una base para la selección de brocas el archivo BROCAS.CNC que acompaña al programa CNC - EIE, en el cual cada broca es designada con el nombre Txx, donde xx son números que van desde 00 hasta el número de brocas que el usuario pudiera necesitar; en el caso que la PCB en cuestión necesitare de una broca que no se encuentra en el archivo de configuración de brocas, EAGLE enviará un mensaje de error y creará un reporte

[5] Para mayor información acerca del proceso de diseño y el manejo del programa EAGLE, deberá consultarse el Manual del usuario de dicho programa.

en el archivo NOMBRE.DRI, el cual deberá consultarse para averiguar qué diámetro de broca hace falta adicionar al archivo de configuración.

Tabla 5.2 - Contenido típico de un archivo de configuración de brocas creado por el subprograma XPLOT

T01	0.010
T02	0.016
T03	0.024
T04	0.032
T05	0.040
T06	0.050
T07	0.070
T08	0.033
T09	0.039

Tabla 5.3 - Contenido típico de un archivo de reporte creado por el subprograma XPLOT en el caso de que alguna broca haga falta definir en el archivo de configuración de brocas. Nótese que el reporte proporciona las medidas de las brocas que es necesario adicionar

EAGLE Sieb & Meyer 1000 Drill Station Driver v2.01 (c) 1988,90
CadSoft

Drill Station Info File: FUENTE.DRI

Date	: 20.05.1993 19:53:10
Plotfile	: LPT1
Drill file	: br

Parameter settings:

Tolerance Drill +	: 0.00 %
Tolerance Drill -	: 0.00 %
Orientation	: R90
Optimize	: yes
OffsetX	: 0.0000
OffsetY	: 0.0000
Auto fit	: yes

Drill File Info:

Header	: %%1000
Data Mode	: Absolute
End Of Block	: Carriage-Return/Line-Feed (\$0D\$0A)

Tail : M30
Units : 1/100 mm

Drill Missing Info:

-- Requested Drill --

Inch	mm	used
0.033	0.84	2
0.039	0.99	11
0.032	0.81	34

Drills used:

Code	Inch	mm	used
------	------	----	------

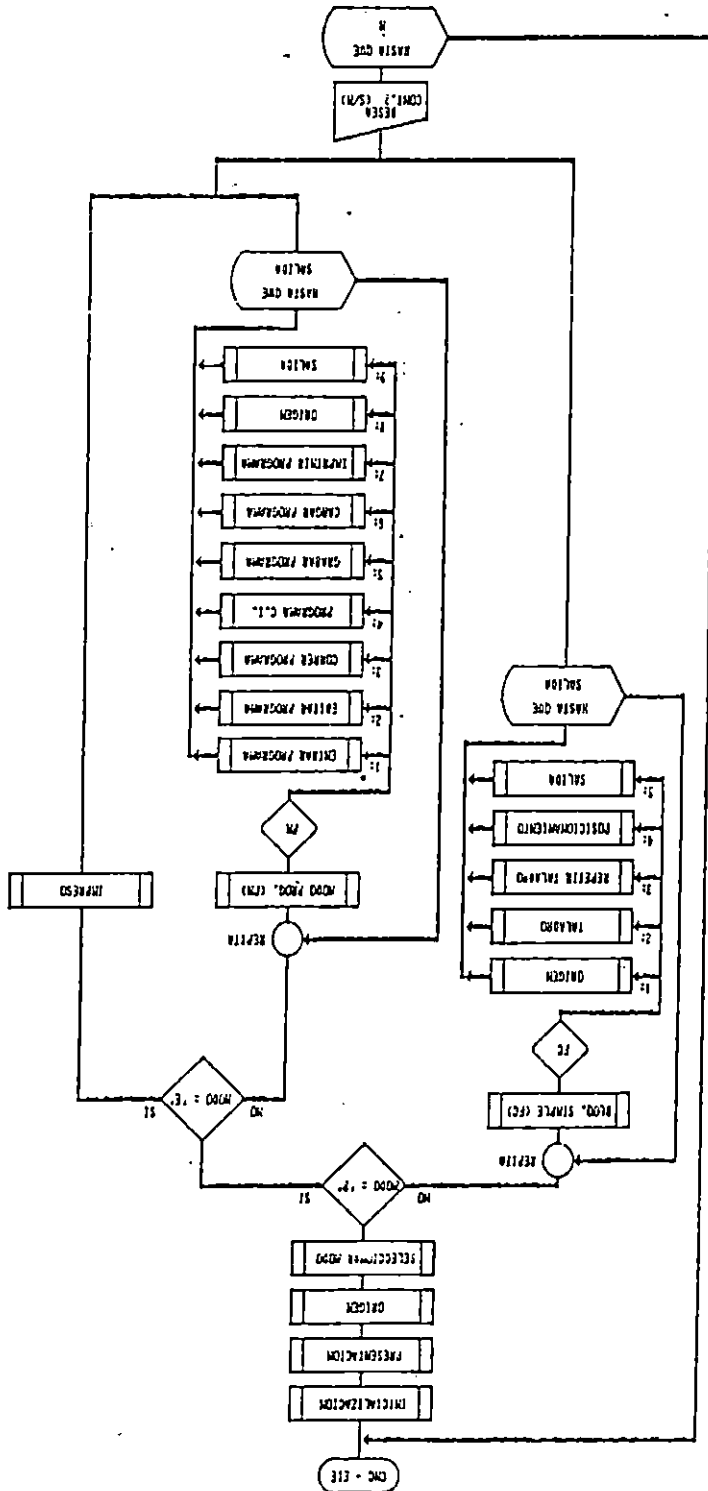
Total number of drills: 0

!!!!!!!!!! DRILLS MISSING! NO DRILL FILE HAS BEEN PRODUCED
!!!!!!!!!!

3 - Una vez concluido el proceso de generación del archivo de coordenadas se encuentra ya listo para poder hacer uso del programa CNC - EIE a fin de ejecutar las perforaciones. El modo de operación EAGLE requerirá como entrada el nombre del archivo de coordenadas creado en el paso anterior <NOMBRE>.DAT. A partir de éste archivo se realizará la ejecución de las perforaciones a la PCB, haciendo pausas únicamente cuando se solicite al usuario cambio de broca y la toma de medidas correspondientes a la posición de la broca respecto a la máquina así como los lapsos de tiempo que son requeridos por el programa para evitar el calentamiento excesivo del motor de giro del taladro.

En la figura 5.2 se presenta el flujograma del programa principal CNC-EIE

Fig. 5.2 Flujoograma principal del programa CNC-EIE



CONCLUSIONES DEL CAPITULO V

- El uso del computador en el control de maquinas herramientas para procesos específicos resulta ser ventajoso en comparación los procesos manuales de ejecución.
- El conocimiento de lenguajes y técnicas de programación juega un papel importante cuando se utilizan en sistemas como el CNC en las diferentes áreas de fabricación y producción de piezas y procesos de acabado.
- Cuando se utilizan programas para sistemas CNC se hace necesario tener conocimiento sobre el funcionamiento de las máquinas herramientas utilizadas en el proceso.
- El sistema CNC debe de contar con un buen programa de mantenimiento tanto en el área de software como de hardware.
- El control por medio del programa CNC-EIE puede extenderse al sistema de taladrado que se pretende construir en este trabajo dada su compatibilidad lógica y mecánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Dale, Nell. Orshalick, David. Pascal. 2ª edi. México. McGraw-Hill de México, S.A. de C.V. 1987.
- [2] Turbo Pascal Owner's Handbook. Versión 4.0 . 1987. Borland International.
- [3] Turbo Pascal Tutor. Versión 4.0 . 1987. Borland International.
- [4] EAGLE-Handbuch. Juli 1990. Cadsoft Computer GmbH

RECOMENDACIONES

-Para el mejor desarrollo de futuros trabajos de graduación que involucren la construcción de elementos de tipo mecánico sería conveniente involucrar en ellos a miembros (estudiantes y asesores) de las Escuelas de la FIA que se encuentren relacionados con este tipo de proyectos. Esto conllevará a desarrollar mejores trabajos, de mejor calidad y aplicación práctica.

-La Escuela de Ingeniería Eléctrica debería de destinar y/o gestionar fondos especialmente dedicados para financiamientos de proyectos de tipo constructivo, ya que estos son por un lado de mucho beneficio para la Escuela y el estudiante mismo, pero por otra parte involucran costos excesivamente altos que podrían limitar en el futuro la aceptación de estos por el estudiante.

ANEXO 1

DIAGRAMA ESQUEMATICO
DE LA TERJETA
INTERFASE MIC-932

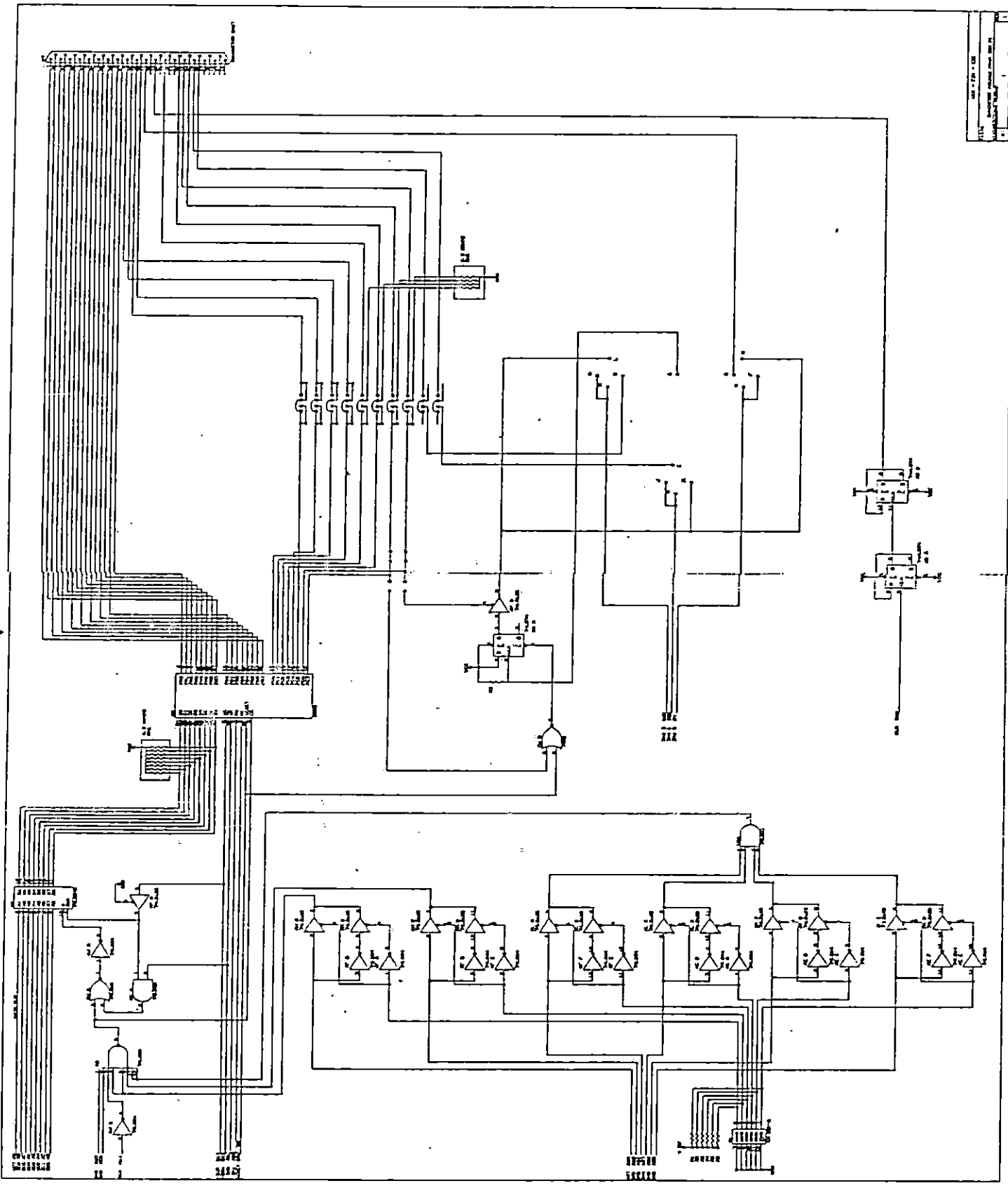
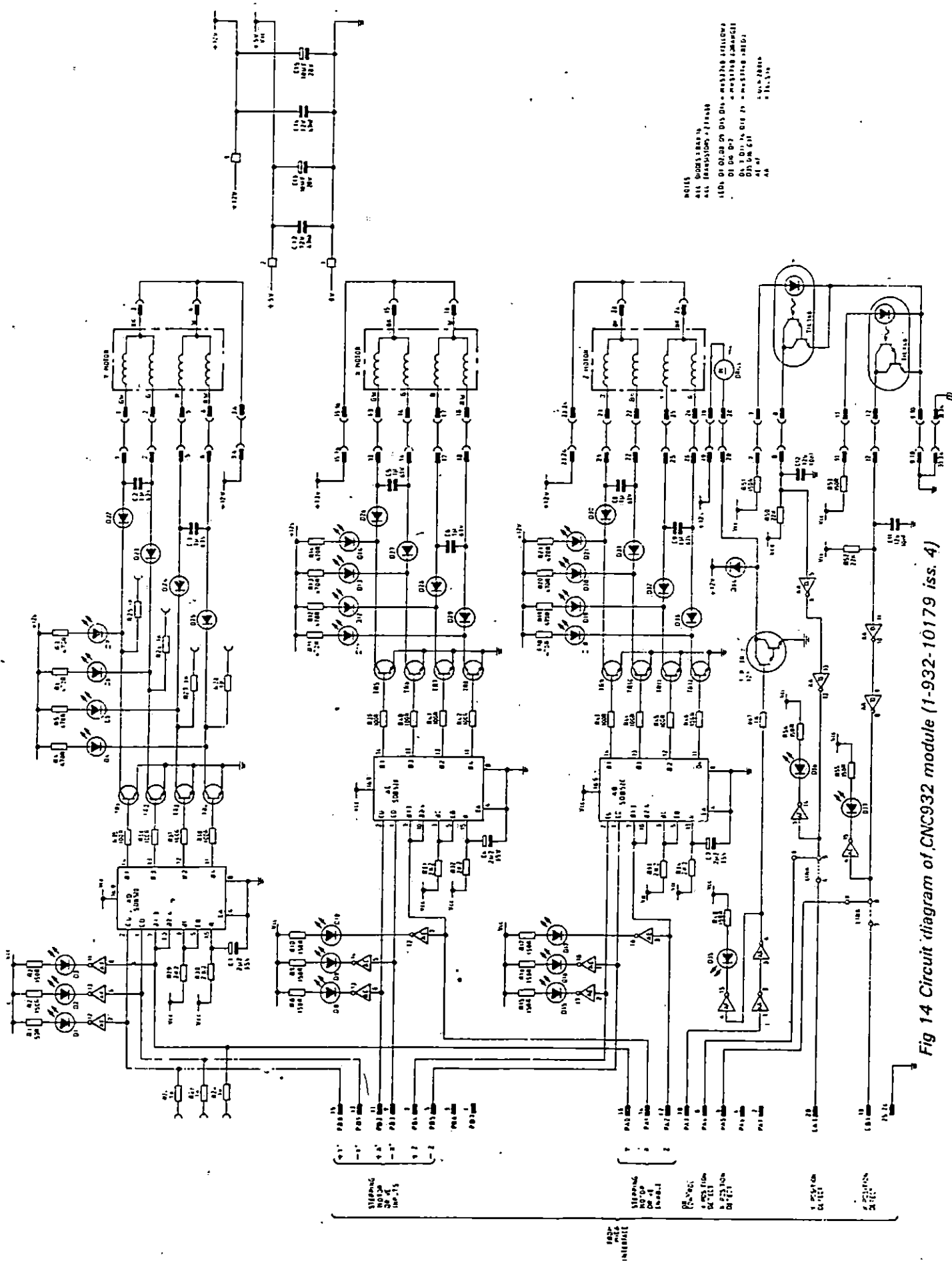


DIAGRAMA ESQUEMATICO
DE LA CAJA DE CONTROL
CNC - 932

ANEXO 2

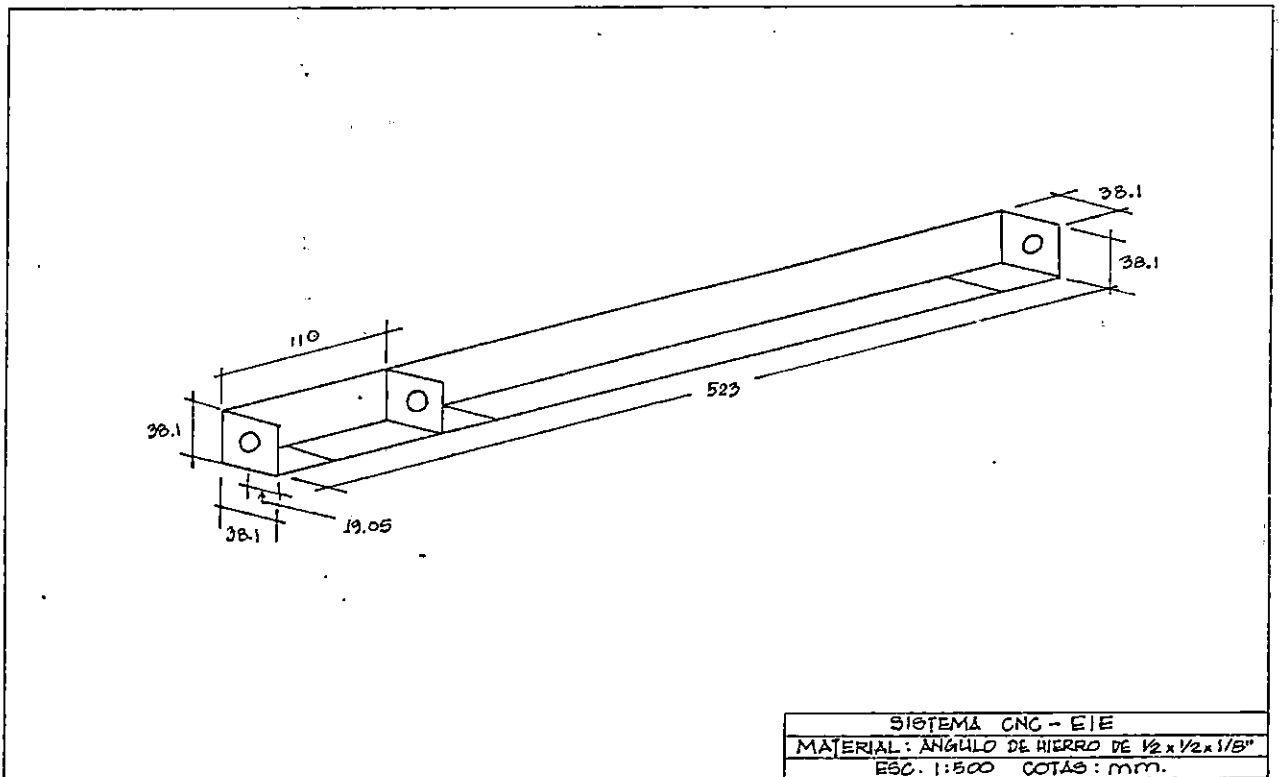
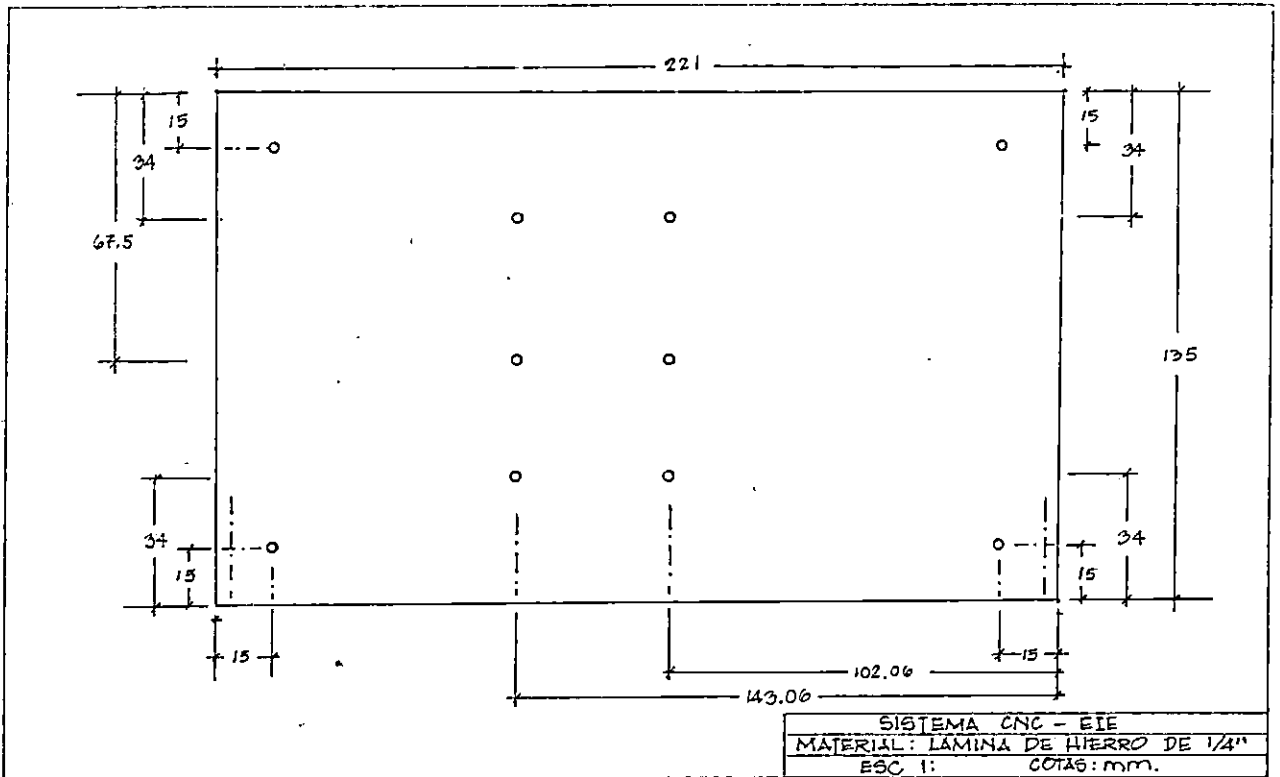


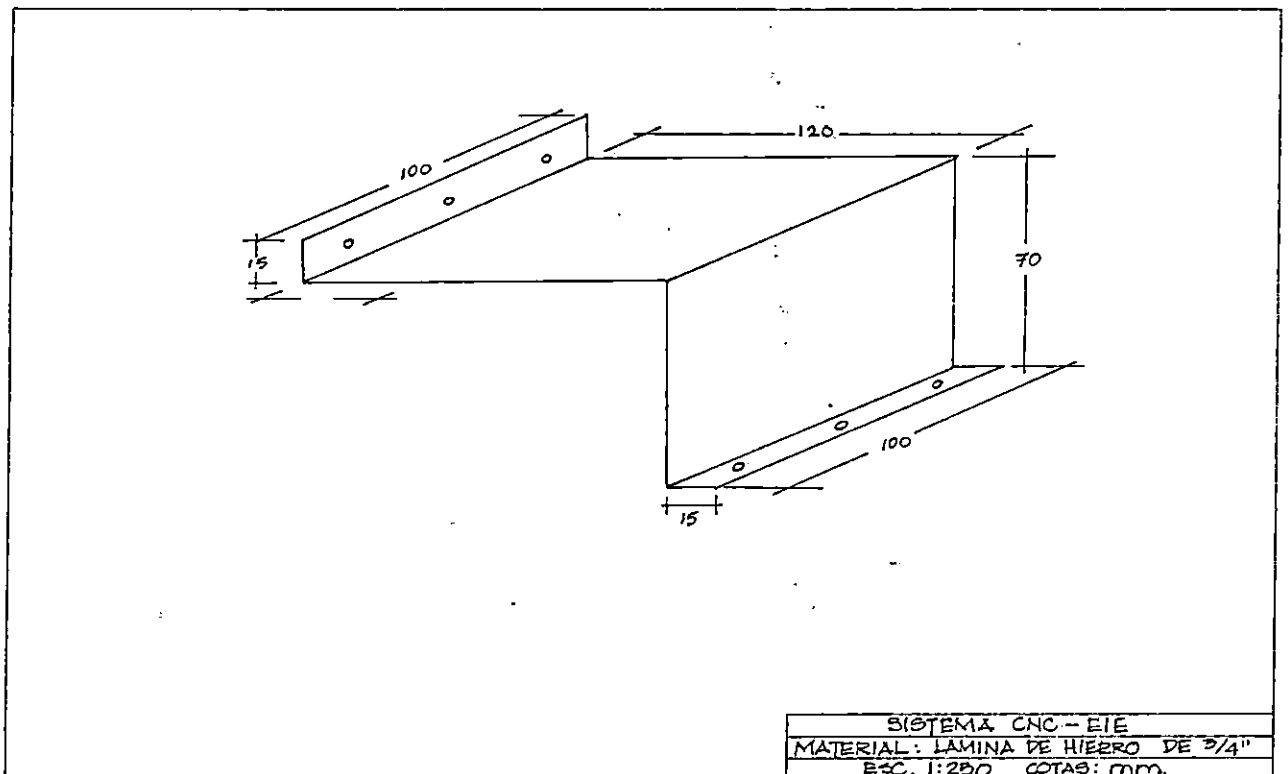
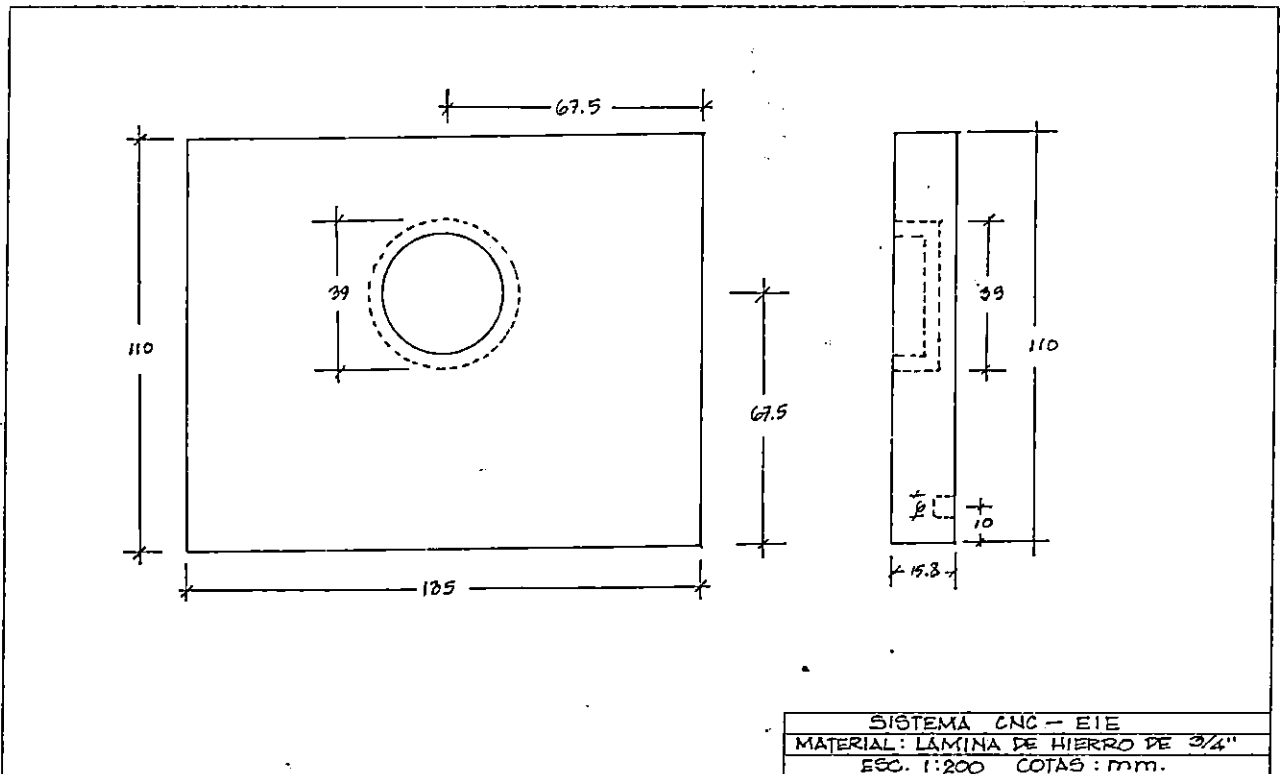
NOTES
 ALL BOARD SIZES IN
 ALL DIMENSIONS IN INCHES
 1.0, 0.1, 0.02 ON D15, D16, D17 = MOUNTING STUDIES
 D18, D19, D20 = MOUNTING TABS
 D21, D22, D23, D24, D25 = MOUNTING TABS
 D26, D27, D28, D29, D30, D31, D32, D33, D34, D35, D36, D37, D38, D39, D40, D41, D42, D43, D44, D45, D46, D47, D48, D49, D50, D51, D52, D53, D54, D55, D56, D57, D58, D59, D60, D61, D62, D63, D64, D65, D66, D67, D68, D69, D70, D71, D72, D73, D74, D75, D76, D77, D78, D79, D80, D81, D82, D83, D84, D85, D86, D87, D88, D89, D90, D91, D92, D93, D94, D95, D96, D97, D98, D99, D100

Fig 14 Circuit diagram of CNC932 module (1-932-10179 iss. 4)

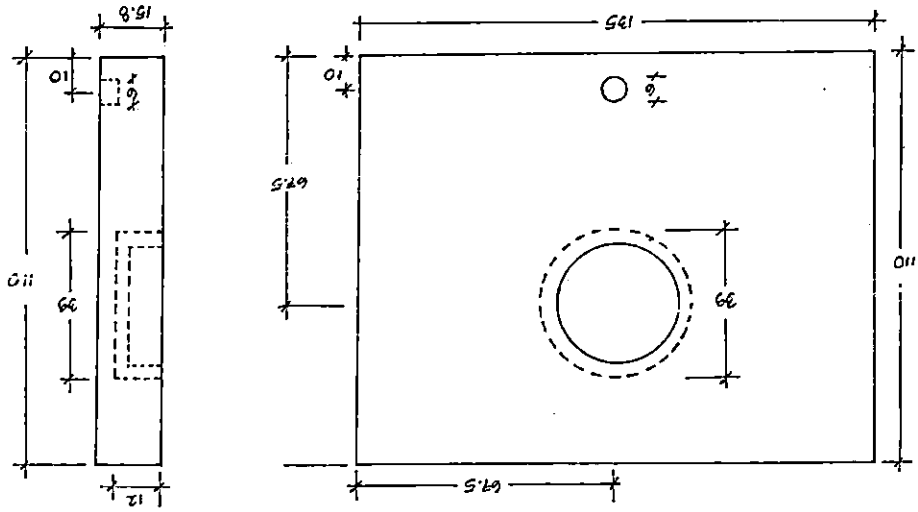
ANEXO 3

**PLANOS CONSTRUCTIVOS
DE LA MAQUINA PERFORADORA
CNC-EIE**

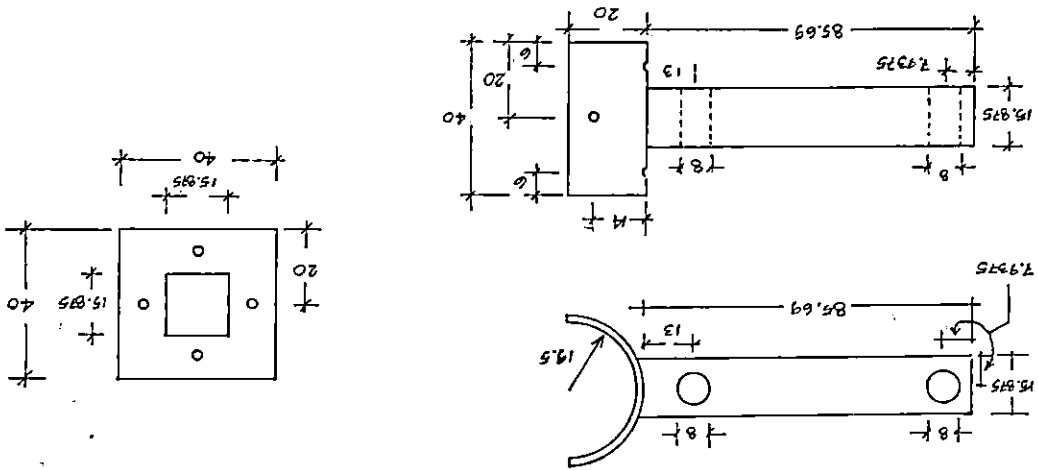


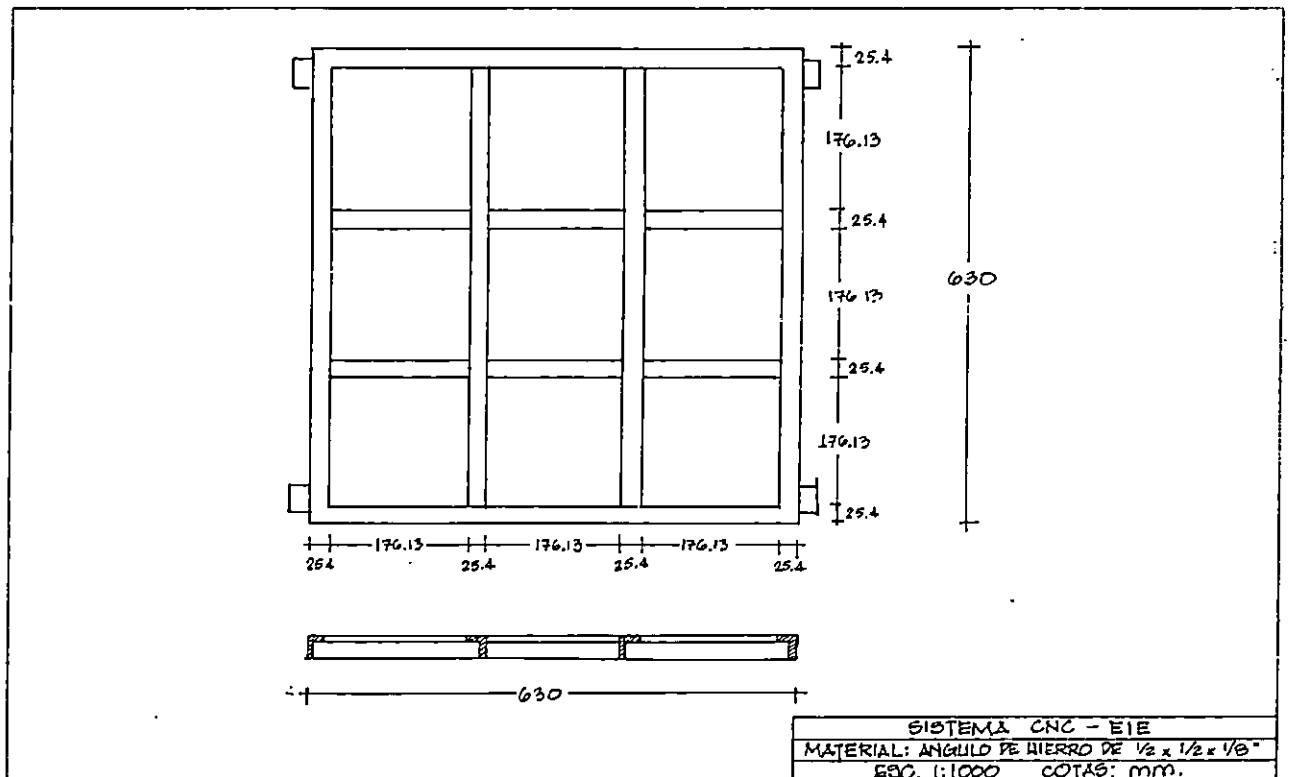
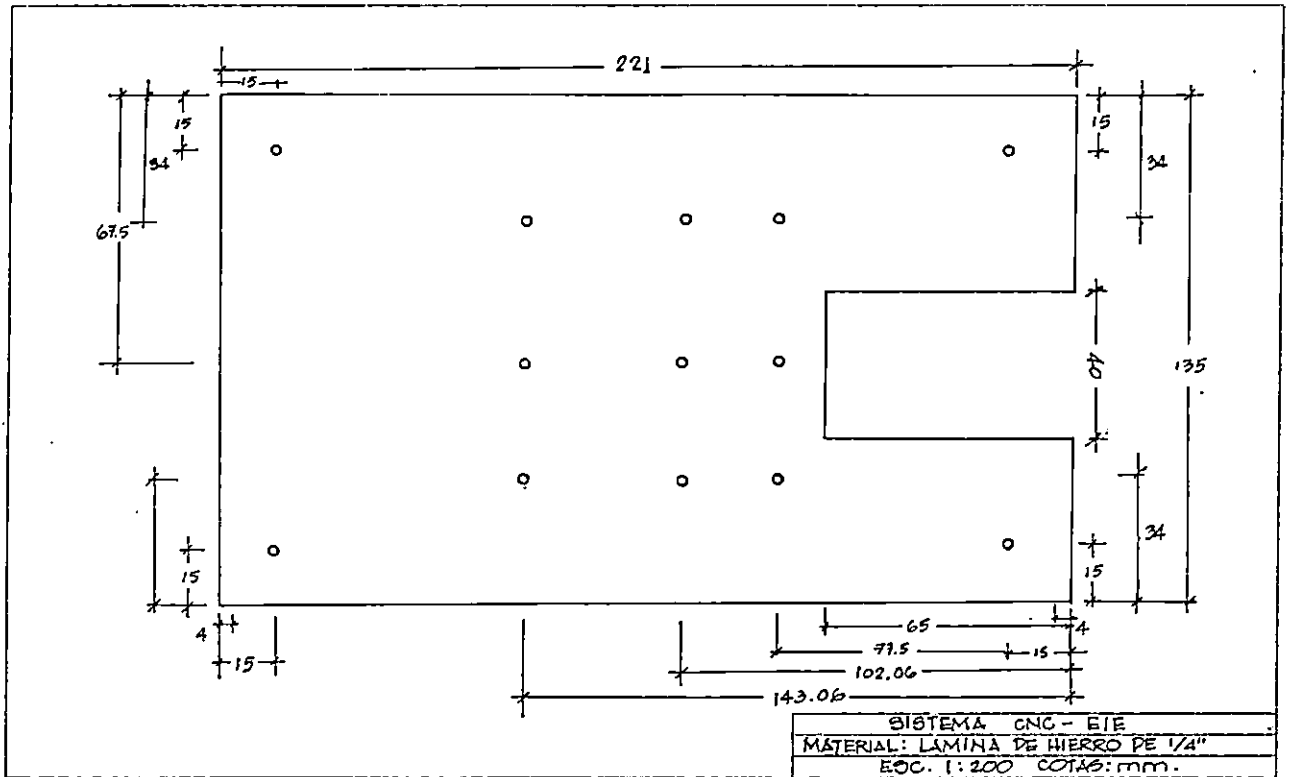


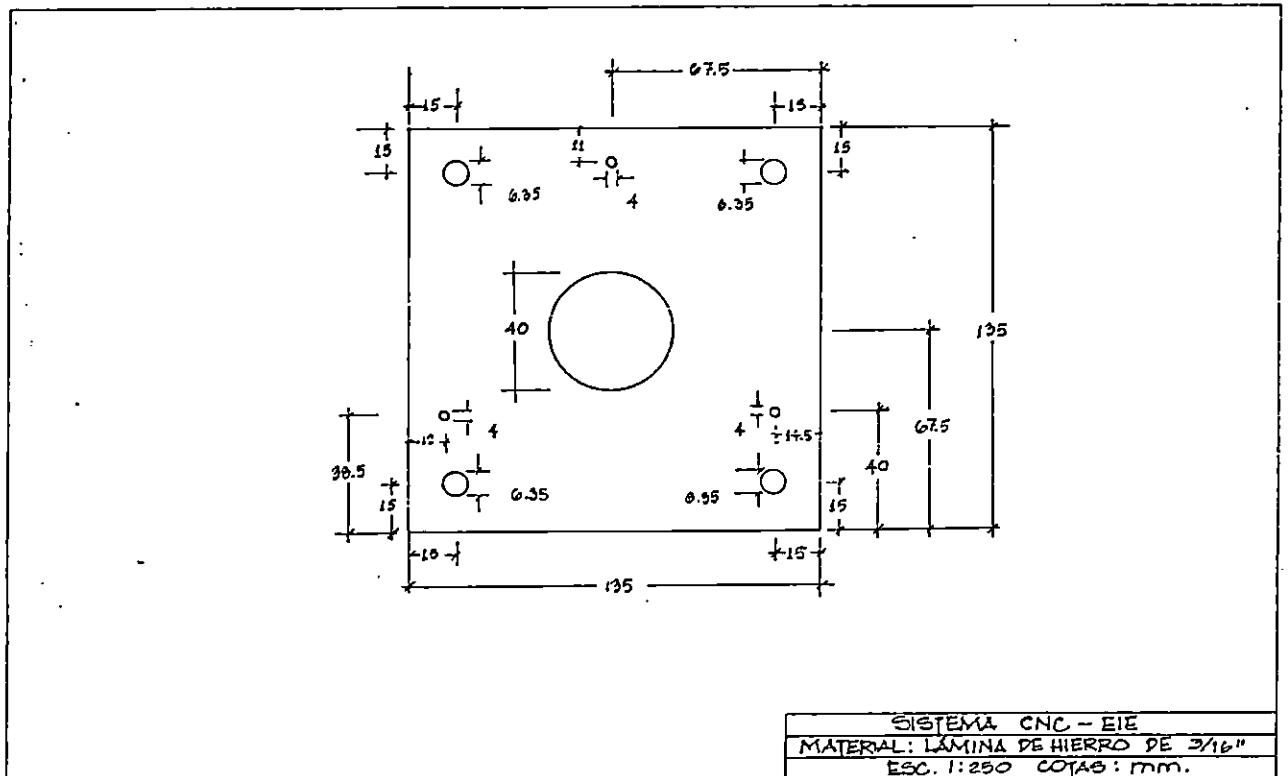
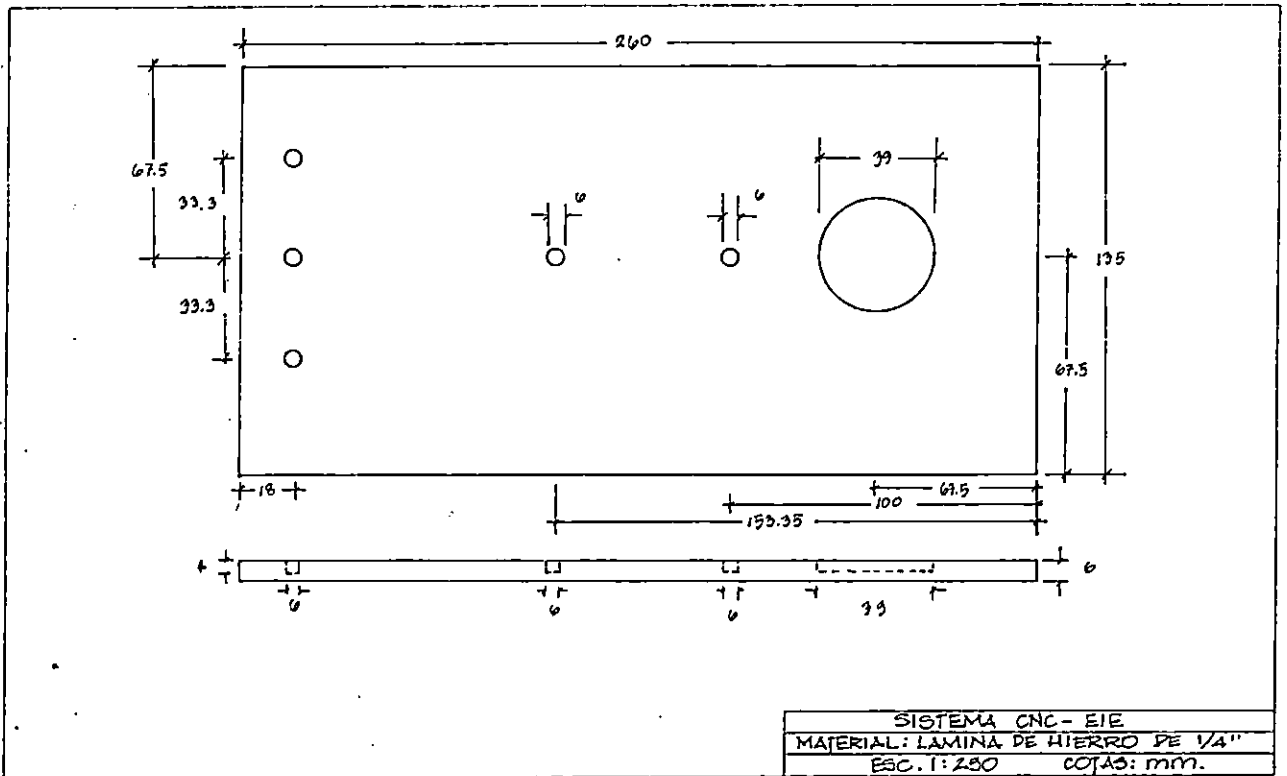
SISTEMA CNC - EJE
 MATERIAL: LAMINA DE HIERRO DE 3/4"
 Esc 1:200
 COTAS: mm.

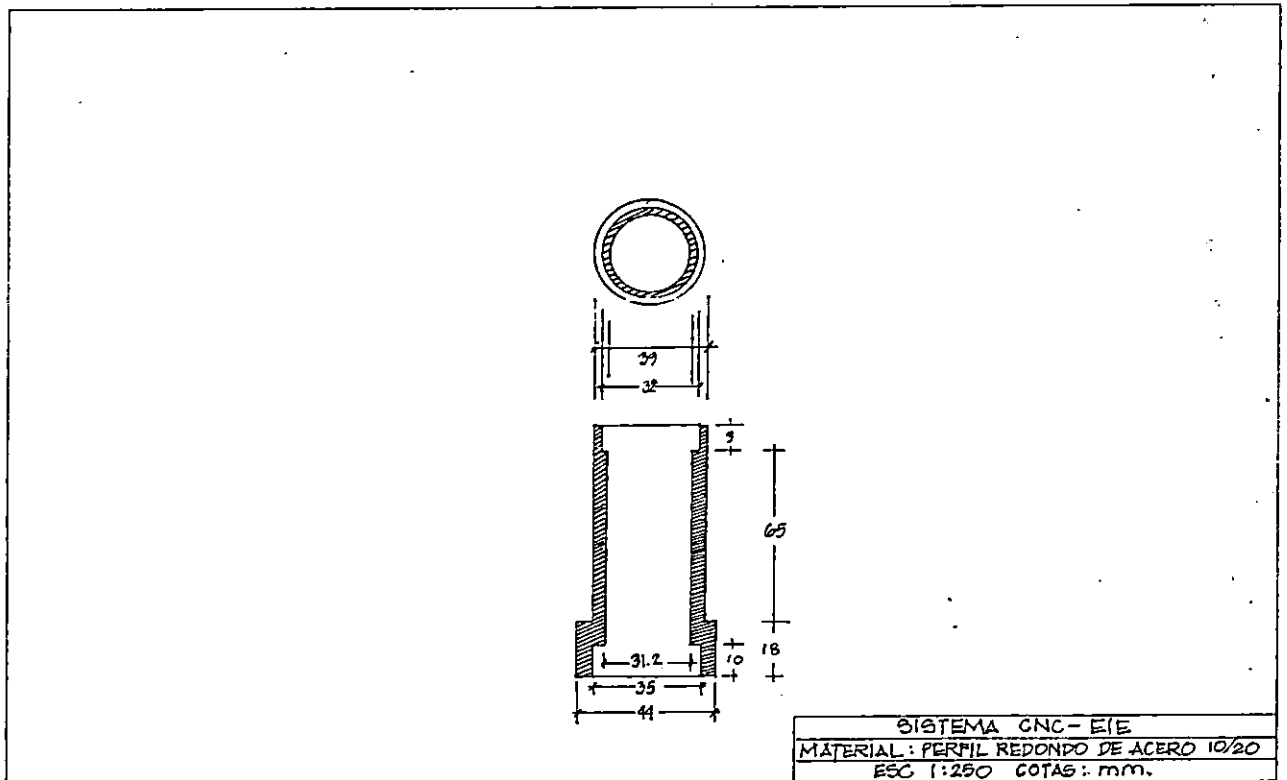
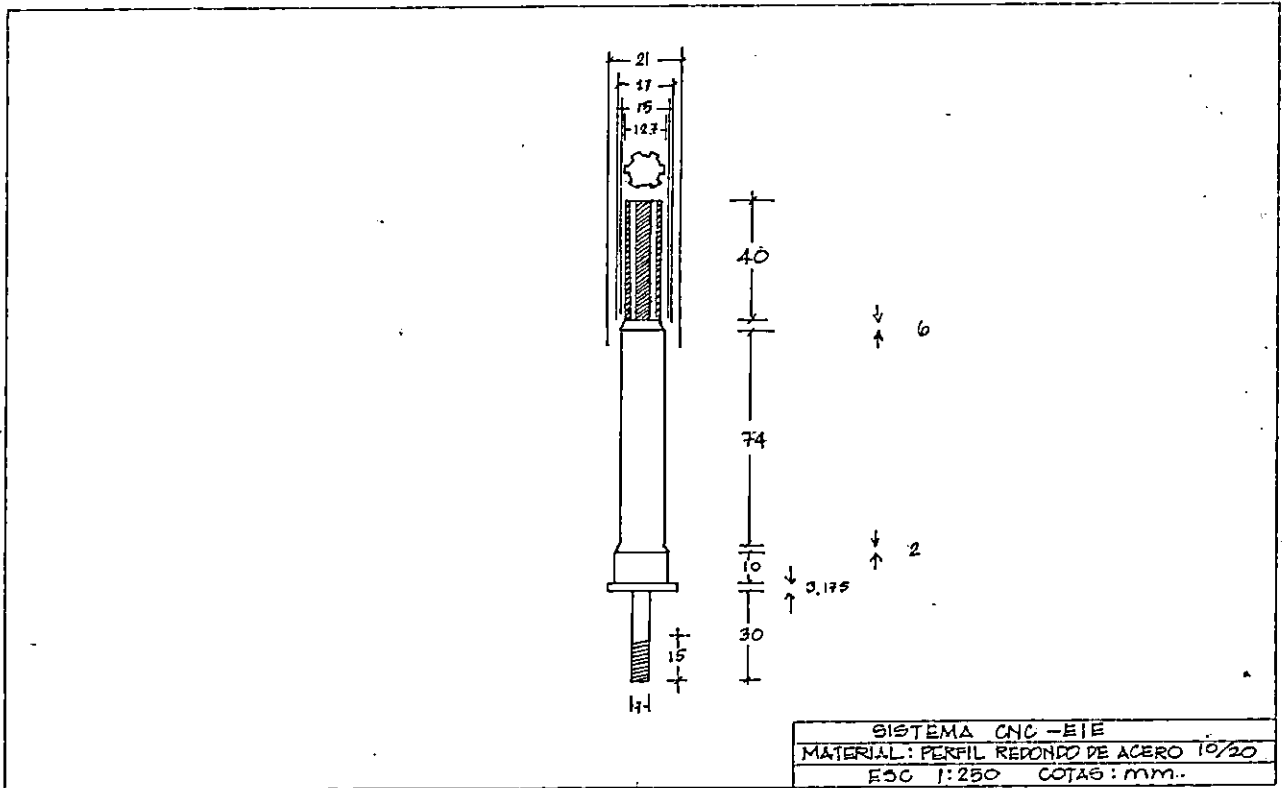


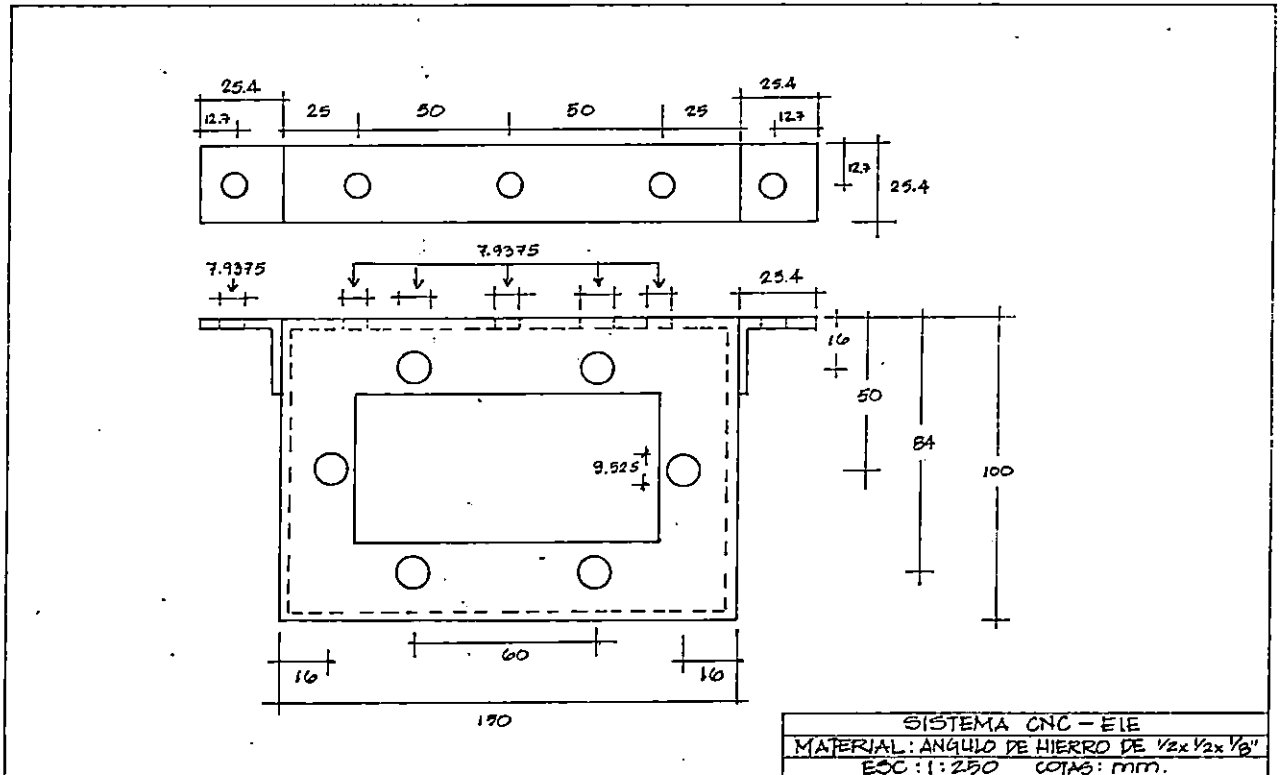
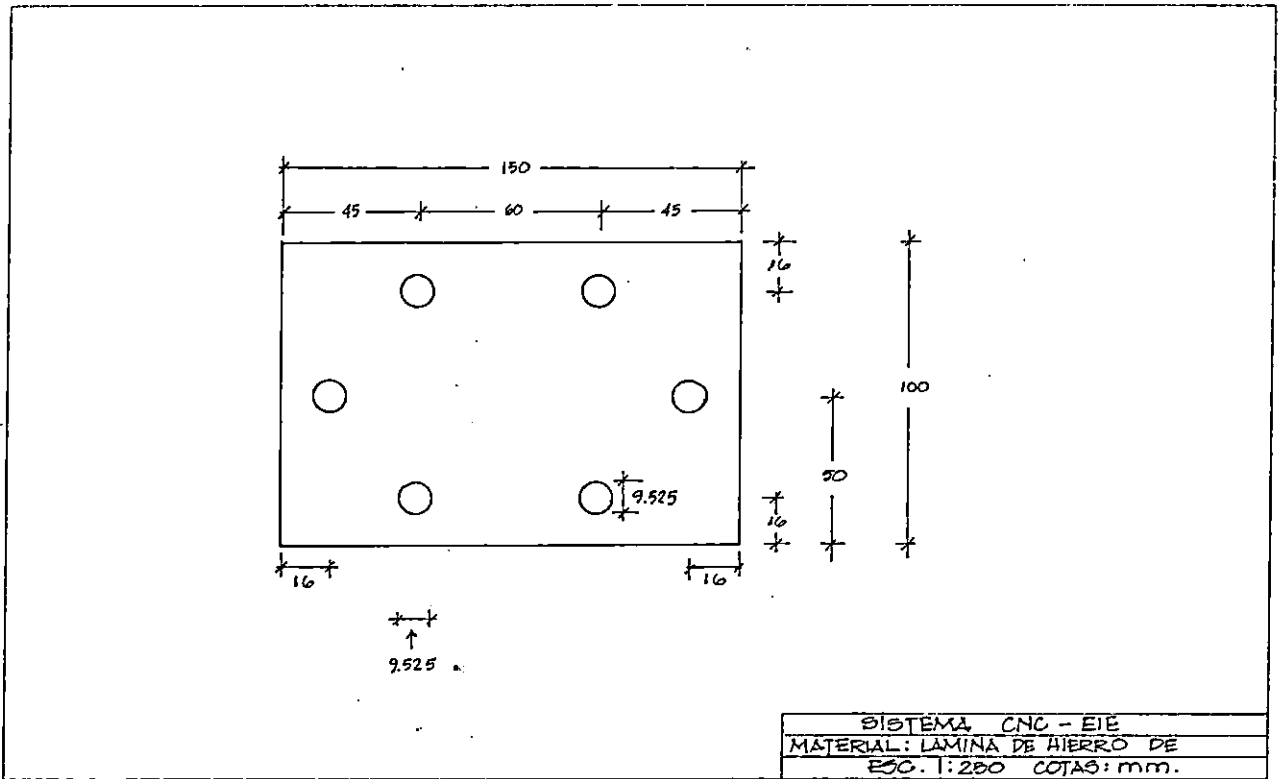
SISTEMA CNC - EJE
 MATERIAL: FERMIL CUADRADO DE ACERO 10/20
 Esc. 1:200
 COTAS: mm.

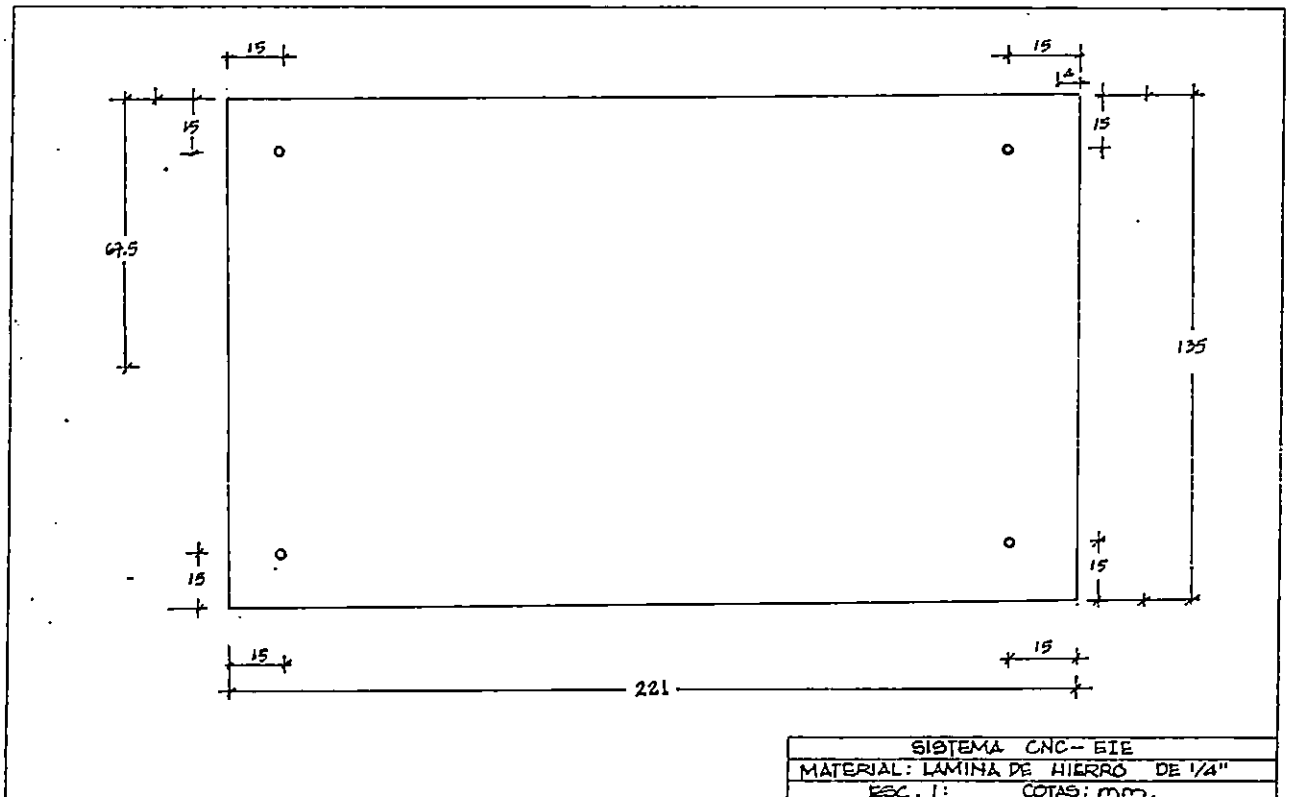
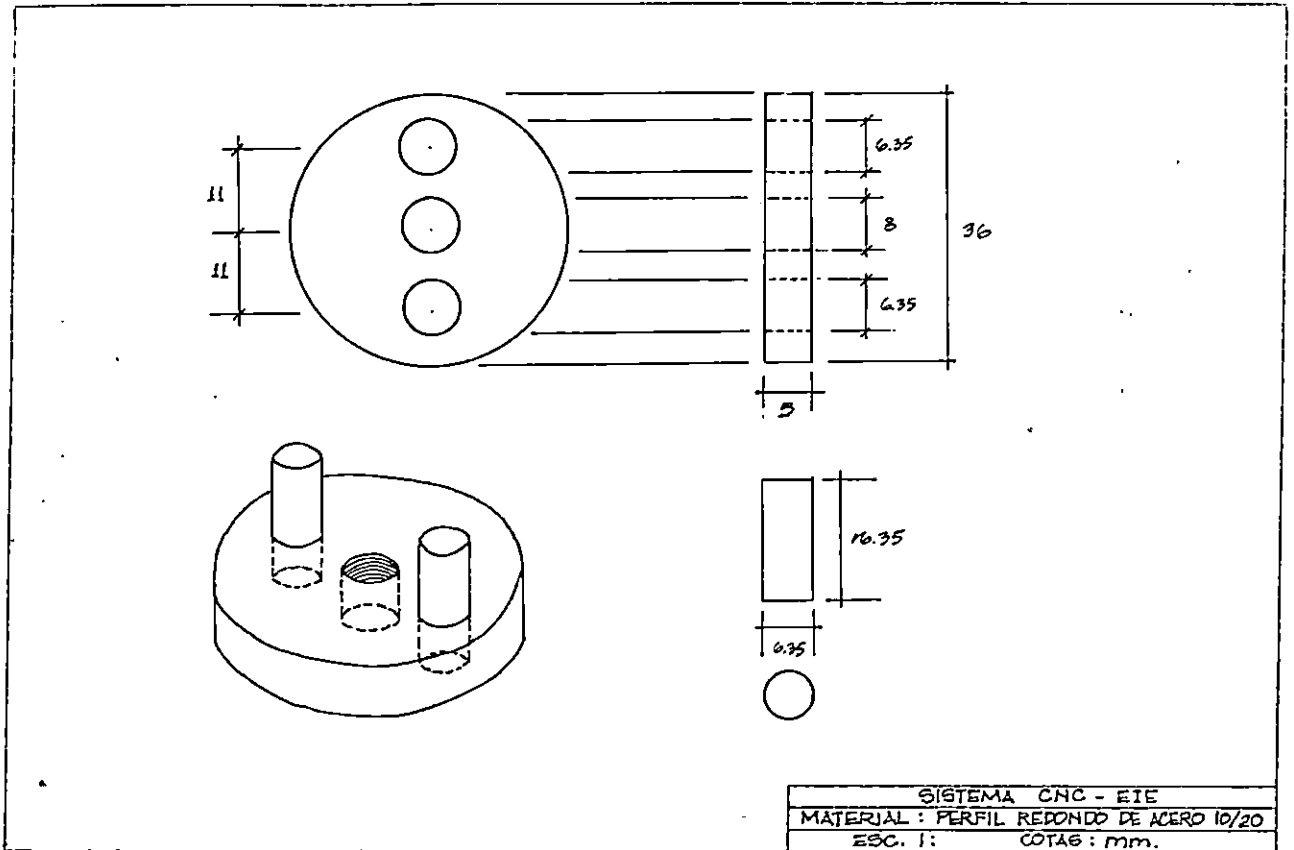


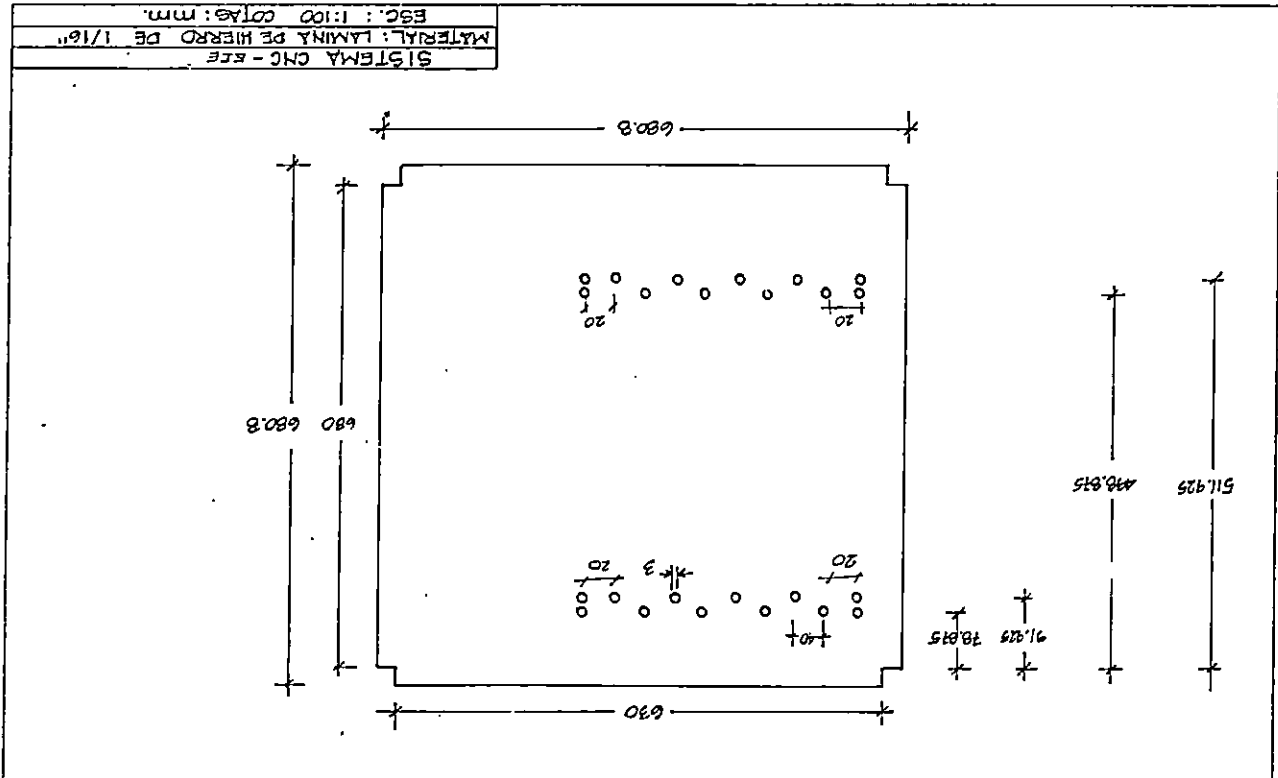
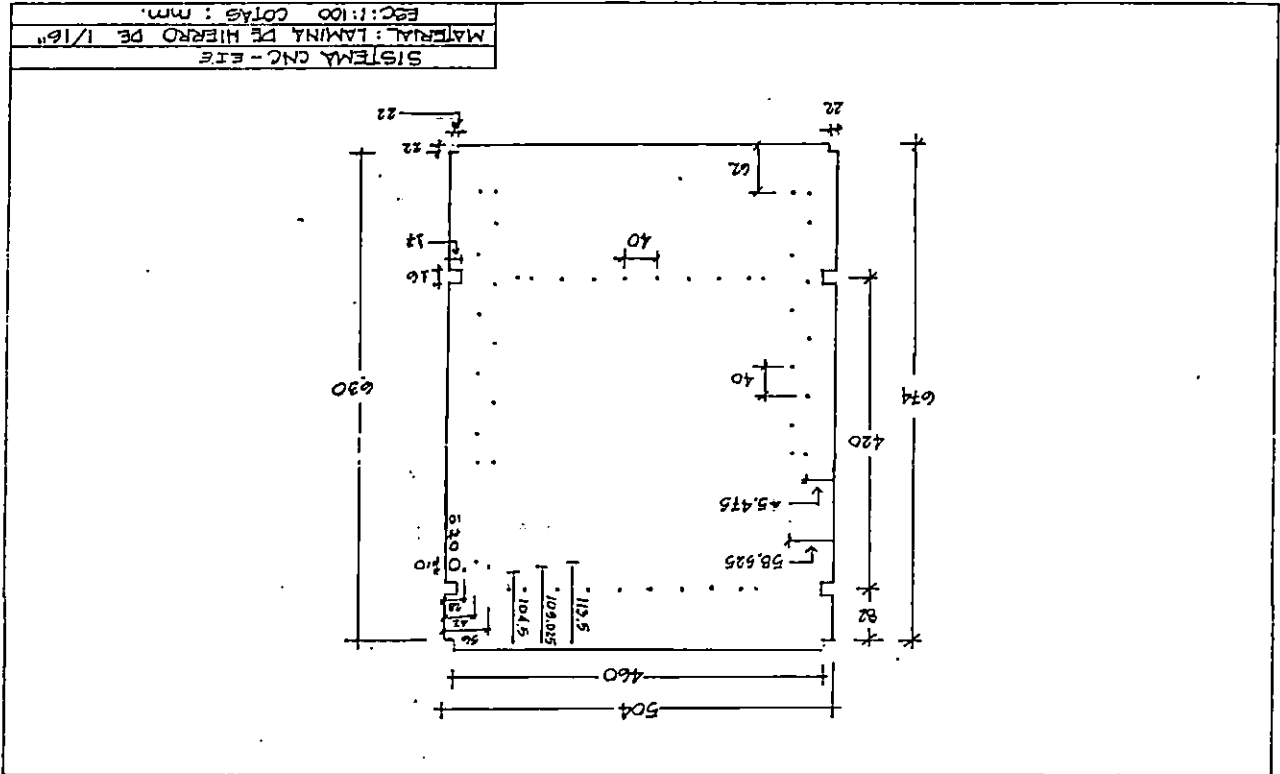


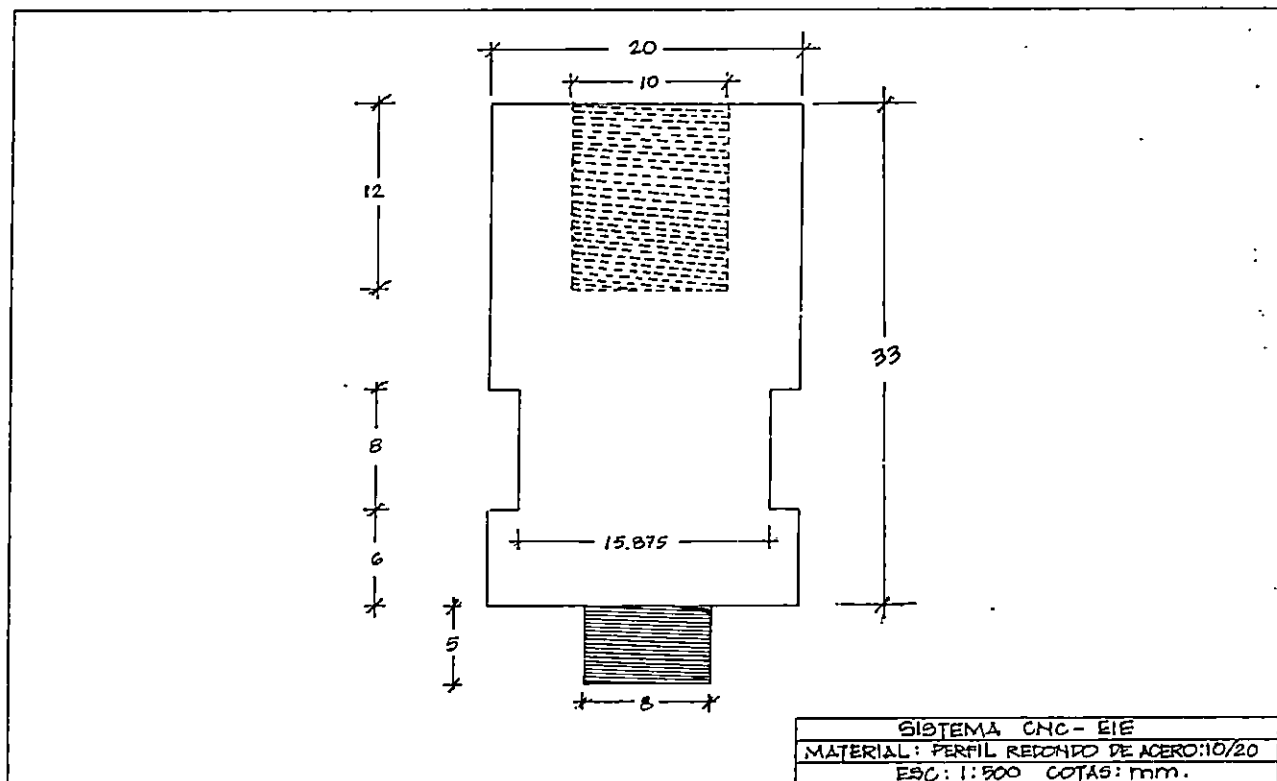
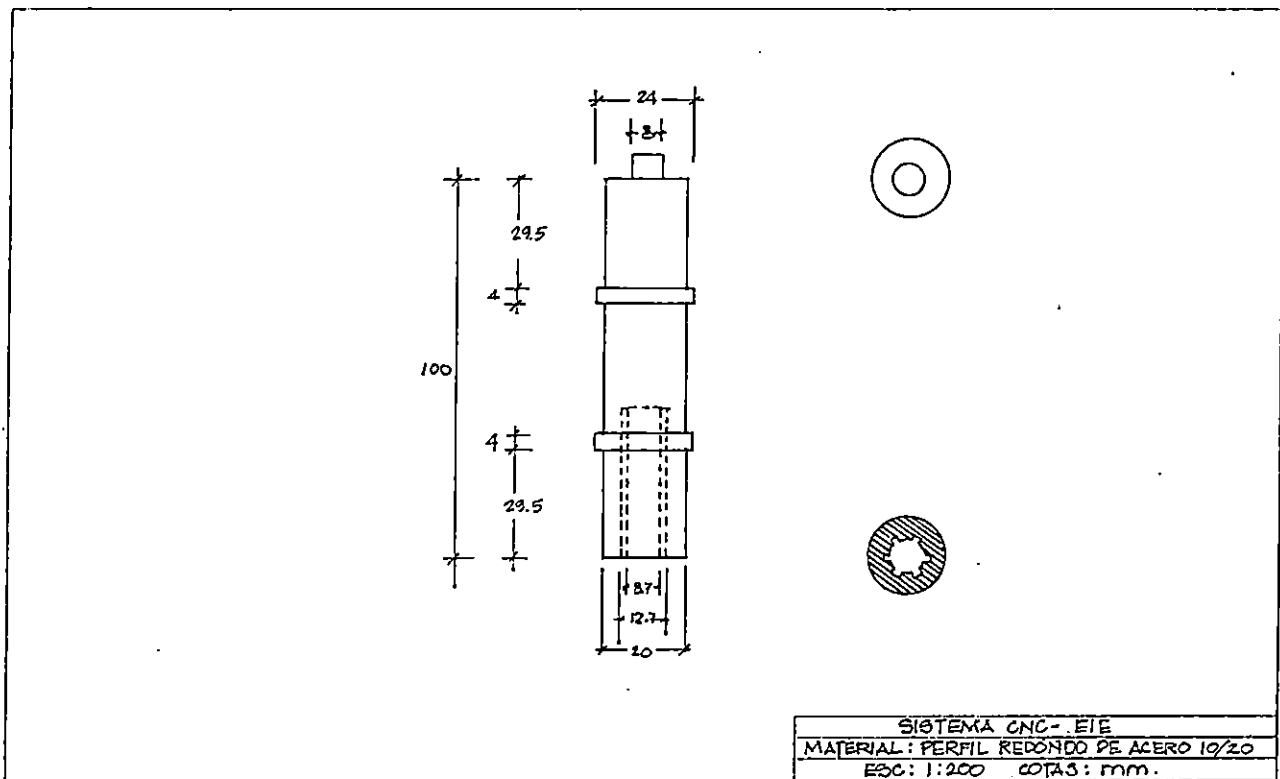


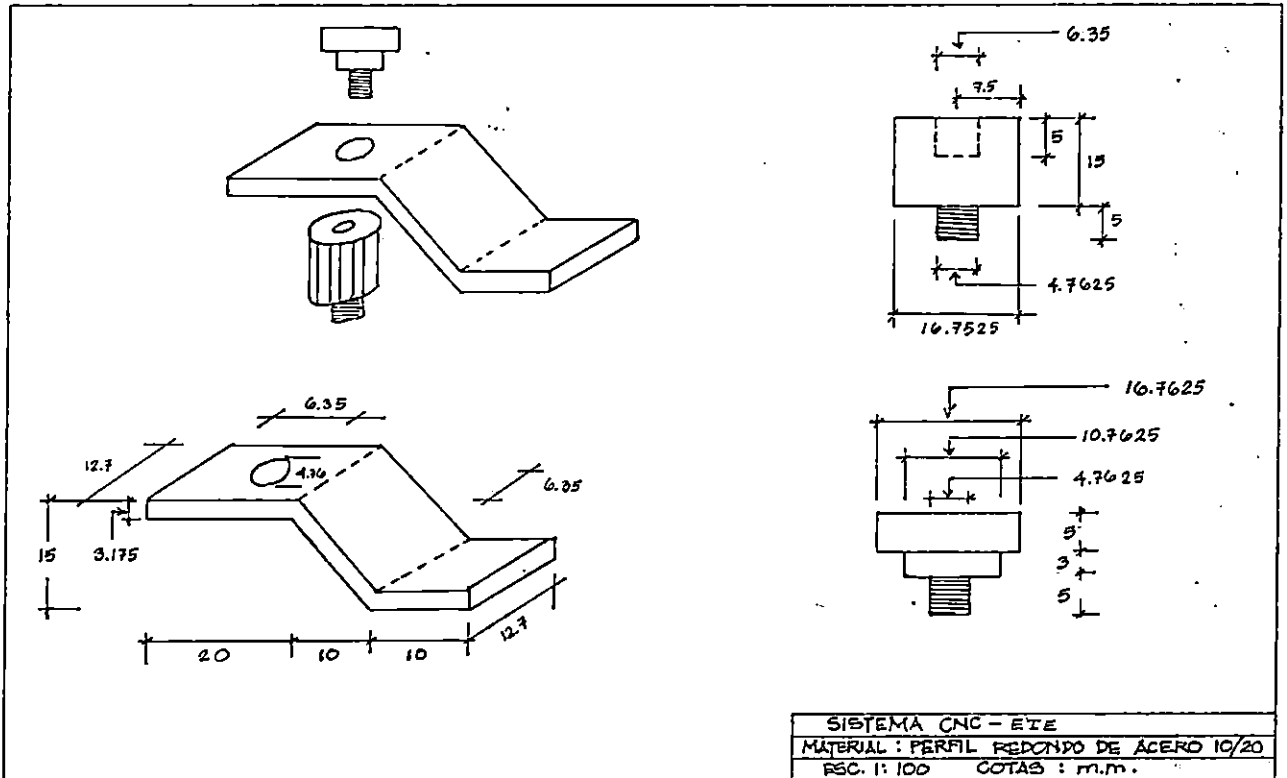
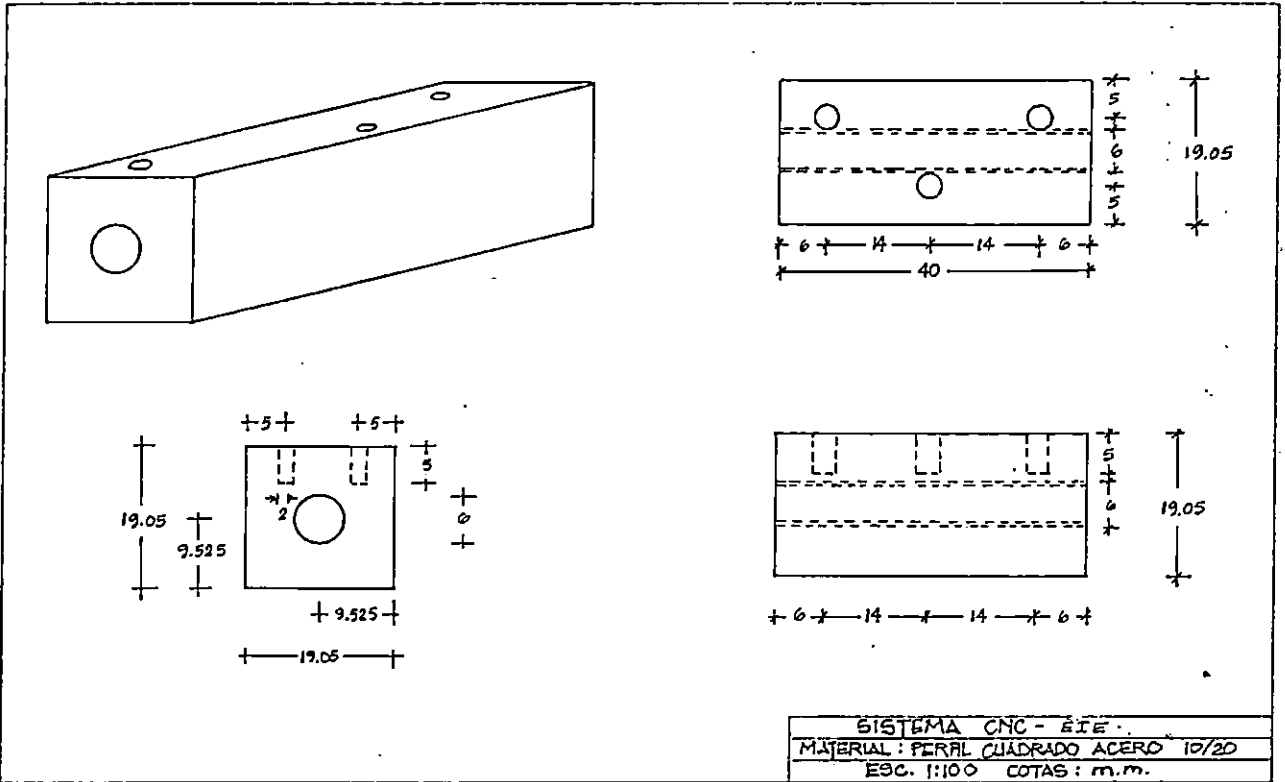












ANEXO 4

**MATERIALES Y PARTES UTILIZADOS
EN LA CONSTRUCCION
DE LA MAQUINA PERFORADORA
CNC-EIE**



ACERO DE CONSTRUCCION DE MAQUINARIA, AL CARBONO DE ACABADO BRILLANTE.

TIPO DE ALEACION, % APROX.,	C	Mn
	0.18 - 0.22	0.60

NORMALIZACION:	AISI/SAE	1020
	WERSKSTOFF	1.0409
	DIN	St37 - C-22

CUALIDADES:

El AISI 1020 es un acero no aleado y laminado en frío al carbono que se caracteriza por:

- * Acabado brillante.
- * Exactitud en la medida.
- * Tolerancias bajo ISA H-11
- * Cementable si se lo requiere.
- * Optima tenacidad.

APLICACIONES:

- * Ejes en general donde la resistencia a la tracción no es muy elevada.
- * Para partes de construcción de maquinaria.
- * En Die-Sets, en troquelaría (bastidores)-
- * Pernos, tuercas, etc.
- * Pines de sujección, pasadores y herramientas sencillas de mano.

PROPIEDADES MECANICAS:

Resistencia a la tracción: (Tensile Strenght Rm)	Max, 32-37 Kp/mm2. (20-23 T.S.I.)
Límite de fluencia: (Yiel Strength Rp 0,2)	Max, 23-27 Kp/mm2. (14-17 T.S.I.)
Dureza Brinell en estado de entrega:	Max, 100-140 DB
Dureza Rockwell c,	Considerando la escasa penetración de temple, generalmente se usa en estado normalizado.

2. Selección De Rodamientos

Los rodamientos de bolas y de rodillos se suministran en una gran variedad de tipos, formas y dimensiones. La consideración más importante en la selección de un rodamiento es escoger a aquel que permita a la máquina ó parte en la cual se instala, el desempeño deseado satisfactoriamente y en la forma esperada.

Para facilitar el proceso de selección y lograr la determinación del rodamiento más apropiado para una tarea, es necesario analizar los requerimientos dados y otros puntos de vista. Aunque no hay reglas rígidas y fijas para la selección, la siguiente lista de puntos de evaluación ofrece una referencia general en la selección del rodamiento adecuado.

- (1) Comprensión cabal del tipo de máquina en la que se va a utilizar el rodamiento y de las condiciones de operación bajo las cuales funcionará
- (2) Definir claramente todos los requerimientos básicos que la aplicación demanda
- (3) Seleccionar la forma del rodamiento.
- (4) Seleccionar el arreglo del rodamiento.
- (5) Seleccionar el tamaño del rodamiento.
- (6) Seleccionar las especificaciones del rodamiento.
- (7) Seleccionar el método de montaje, etc...

2.1 Condiciones de Operación y Ambiente

El conocimiento completo de la máquina o del equipo donde se ha de instalar un rodamiento, los requerimientos de operación y ambiente de funcionamiento, son la base principal para una adecuada selección del mismo. Para el proceso de selección se requieren los siguientes datos.

- (1) La función y construcción del equipo.
- (2) Ubicación del punto de montaje del rodamiento.
- (3) Carga del rodamiento (sentido y magnitud)
- (4) Velocidad del rodamiento
- (5) Vibración y carga de impacto
- (6) Temperatura del rodamiento (del ambiente y de la fricción generada)
- (7) Ambiente (composición, lubricación, limpieza del ambiente, etc.)

2.2 Requerimientos Básicos de Selección

Los requisitos básicos en la capacidad del desempeño y de la respuesta de la función, se definen en concordancia con la construcción de la aplicación del rodamiento y de las condiciones de operación. La tabla 2.1 muestra un lista de factores que deben considerarse.

Tabla 2.1 Requerimientos básicos de selección

Requerimiento	Pag. De Ref.
Limitaciones en las dimensiones	A-10
Durabilidad (expectación de la vida)	A-40
Precisión de giro	A-22
Velocidad permisible	A-77
Rígidez	A-74
Ruido/vibración	—
Par friccional	A-78
Desalineamiento permisible para los anillos interior/externo	—
Requerimientos para el montaje-desmontaje	A-97
Disponibilidad y economía del rodamiento	—

2.3 Selección del Diseño

A través de la comparación de las funciones de los rodamientos y de las exigencias en el desempeño, con las características de cada tipo de rodamiento, se puede seleccionar el diseño más apropiado para una aplicación de rodamientos. Para referencia, las características de los tipos generales de rodamientos se comparan en la tabla 2.2. (Página : A-12)

2.4 Selección de la disposición

Los montajes de ejes generalmente requieren de dos rodamientos para sostener y ubicar el eje tanto radial como axialmente con respecto al alojamiento estacionario. Estos dos rodamientos se denominan el rodamiento fijo y el flotante. El rodamiento fijo toma carga radial y axial y ubica ó, ainea el eje axialmente en relación al alojamiento. Estando libre axialmente, el rodamiento flotante alivia los esfuerzos causados por la expansión y contracción del eje debido a las fluctuaciones de temperatura, y también puede permitir desalineamientos causados por errores en el ajuste.

Los rodamientos que mejor toman cargas axiales en ambos sentidos, son los más adecuados para usarse como rodamientos fijos.

En los rodamientos flotantes el desplazamiento axial puede tener lugar en la pista (por ejemplo: rodamientos de rodillos cilíndricos), entre uno de los anillos del rodamiento y su asiento (por ejemplo: rodamientos tipo "c" de bolas). También existe el arreglo de "ubicación cruzada" en el cual ambos rodamientos (por ejemplo: rodamientos de bolas a contacto angular), colocados en sentido opuesto u o del otro, quitan y apoyan al eje en el sentido axial. Este arreglo se usa principalmente en aplicaciones de ejes

rotativamente cortos. Estos arreglos generales de rodamientos se dan en la tabla 2.3. (Página : A-14)

2.5 Selección del tamaño del rodamiento

La selección del tamaño del rodamiento se basa generalmente en la carga de operación y en los requerimientos de la vida esperada del rodamiento, así, como en la capacidad de carga nominal (Ejemplos: A-40-A-63).

2.6 Determinación de especificaciones

Las especificaciones para los rodamientos que fueron diseñados para el uso más amplio posible, han sido estandarizadas. Sin embargo, para cumplir con la diversidad de las aplicaciones requeridas, se pueden seleccionar un rodamiento de especificaciones que correspondan a un diseño especial. Detalles que relacionan la determinación de especificaciones de rodamientos, se dan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Especificaciones de rodamientos

Detalle De Especificación	Pag. De Ref.
Tolerancia del rodamiento (dimensional, y de giro)	A-22
Juego interno y pre-carga del rodamiento	A-64
Materiales y tratamiento térmico del rodamiento	A-92
Diseño de la jaula y material	A-93

2.7 Métodos de Manejo

Si los rodamientos han de funcionar como se espera, se deben seleccionar e implementar métodos apropiados de instalación y de manejo. Vea la tabla 2.5

Cuando se está seleccionando un rodamiento, frecuentemente, toda la data requerida para la selección no está necesariamente clara y especificada. Entonces, algunos elementos que gobiernan la selección, deben ser considerados en forma entimada. Así mismo, el orden de prioridades y la ponderación de cada factor debe ser evaluada. Por esta razón, es esencial que se tenga una experiencia amplia, así, como una abundante e integrada base de datos con la cual se fundamenta la selección del rodamiento.

A través de los años, NTN ha ganado gran experiencia en la selección de rodamientos. Por favor contacte a NTN

para recomendaciones y asistencia en cualquier problema de selección de rodamientos.

Tabla 2.5 Manejo de rodamientos

Título	Pag. De Ref.
Métodos de ajuste	A-54
Métodos de lubricación y lubricantes	A-70
Métodos de sellado y sellos	A-68
Construcción del eje y del alojamiento y sus dimensiones	A-94

Tabla 2.2 Tipos y características de los rodamientos

Tipos de rodamientos	Rodillos de bolas	De bolas a contacto angular	De bolas a contacto angular de doble hilera	De bolas a contacto angular tipo separado	Oscilantes de bolas	De rodillos cilíndricos	De rodillos cilíndricos con un reborde	De rodillos cilíndricos con dos rebordes
Características								
Capacidad de carga								
Velocidad elevada ¹⁾	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆	☆☆☆☆	☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆
Precisión de giro elevada ¹⁾	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆		☆☆	☆☆	☆☆
Ruido/vibración reducida ¹⁾	☆☆☆☆	☆☆		☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Resistencia a la fricción ¹⁾	☆☆☆☆	☆☆		☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Rigidez elevada ¹⁾			☆☆	☆☆		☆☆	☆☆	☆☆
Resistencia al choque/vibración ¹⁾		☆☆		☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Desalineamiento permisible para anillos interiores/exteriores ¹⁾	☆☆			☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆
Para rodamientos fijos ²⁾	○	○	○	○	○	○	○	○
Para rodamientos flotantes ²⁾	○	○	○	○	○	○	○	○
No separables o separables ³⁾								
Rodamientos de agujero cónico ³⁾								
Observaciones		Para arreglo tipo ajustado				tipo NU, N	tipo NJ, NF	tipo N111, NP, NN
pág. de ref.	B-6	B-44	B-60	B-44	B-74	B-84	B-84	B-84

Nota 1) El número de estrellas indica el grado al cual ese tipo de rodamiento posee esa característica particular. * No es aplicable a ese tipo de rodamiento.
2) ○ indica sentido dual ○ indica movimiento axial en un solo sentido únicamente

De rodillos cilíndricos de doble hilera	De agujas	De rodillos cónicos	De rodillos esféricos	de bolas	Asiales de bolas con anillo de asiento	Asiales de bolas a contacto angular de doble hilera	Asiales de rodillos cilíndricos	Asiales de rodillos esféricos	Página de referencia
☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	A-77
☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	A-22
☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	A-77
☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	A-78
☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	A-74
☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	-
☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆	-
○	○	○	○	○	○	○	○	○	A-94
○	○	○	○	○	○	○	○	○	A-94
○	○	○	○	○	○	○	○	○	-
○	○	○	○	○	○	○	○	○	A-99
tipos NNU, NN		Para arreglo separado					Incluyendo rodamientos axiales de agujas		
B-85	D-112	B-118	B-118	B-218	B-218	B-218	B-218	B-218	

3) ○ indica movimiento en la pista. ○ indica movimiento en la superficie de contacto del anillo interno o externo.
○ indica que tanto el anillo interior como el exterior son separables
○ indica que es posible un anillo interior con agujero cónico.

Rodamientos Rígidos de Bolas

Rodamientos Rígidos de Bolas



Tipo abierto



Con protector



Tipo sellado (no-contact)



Tipo de máxima capacidad

Rodamientos rígidos de bolas

Los rodamientos rígidos de bolas se utilizan ampliamente. Los rodamientos rígidos de bolas poseen una ranura o surco profundo tanto en el anillo interior como en el exterior. Estos rodamientos pueden soportar carga radial y axial en ambos sentidos, como también las fuerzas resultantes de estas cargas. Adicionalmente, son adecuados para operar a velocidades altas.

Existen varios tipos de estos rodamientos tales como los lubricados, los rodamientos con tapas de protección, o de obturación en ambos lados y lubricados, rodamientos con anillos de fijación y rodamientos tipo abierto. Utilizando estos rodamientos, se puede diseñar fácilmente los alojamientos para el montaje.

Las juntas prensadas son usadas generalmente en rodamientos rígidos de bolas, tal como se muestra en la Tabla 1. Sin embargo, las juntas mecanizadas pueden utilizarse también en rodamientos de gran tamaño usados para operaciones a alta velocidad.

Tabla 1 Juntas estandarizadas para rodamientos rígidos de bolas

Serie de rodamientos	Junta prensada	Junta maquinada
67	6700 ~ 6704	—
68	6800 ~ 6834	6835 ~ 68/600
69	6900 ~ 6934	6935 ~ 69/600
160	16001 ~ 16017	16018 ~ 16027
60	6000 ~ 6032	6033 ~ 60/4
62	6200 ~ 6244	—
63	6300 ~ 6344	—
64	6400 ~ 6428	—

Rodamientos de bolas con tapas de protección

Los rodamientos de bolas con tapas de protección son rodamientos rígidos de bolas que tienen las mismas dimensiones principales que los de tipo abierto. Las tapas

de acero de estos rodamientos ofrecen protección contra la penetración de material extraño y previenen las fugas de grasa.

Hay dos tipos: uno es el tipo ZZ, provisto con tapas protectoras de ambos lados y el otro es el tipo Z, o sea con tapa protectora de un lado. Como las tapas de protección son de tipo no-contacto, el par friccional es muy bajo.

Rodamientos de bolas con tapas de obturación

Al igual que los rodamientos de bolas con tapas de protección, los rodamientos de bolas con tapas de obturación tienen las mismas dimensiones principales que los rodamientos de tipo abierto. Los rodamientos de bolas con tapas de obturación también tienen la función de impedir la entrada de elementos extraños y prevenir la salida de la grasa.

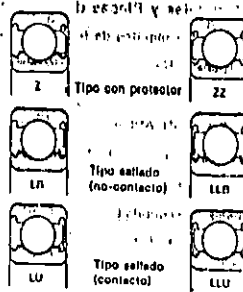


Fig. 1

El sello de estos rodamientos consiste de un caucho sintético moldeado a una platina de acero, incorporado al anillo exterior. Hay dos tipos de rodamientos sellados. Uno usa sellos de contacto donde el sello hace contacto con el anillo interior y el otro usa sellos de no-contacto donde el sello no está en contacto con el anillo interior. El tipo LLU usa dos sellos de contacto, uno a cada lado del rodamiento. Similarmente, el tipo LLB usa sellos de tipo de no-contacto, uno a cada lado del rodamiento. También, están los tipos LU y LB los cuales sellan, solamente, un lado del rodamiento. Los rodamientos con sellos de contacto brindan una excelente y efectiva protección contra la entrada de polvo. Los rodamientos con sellos de no-contacto son apropiados en las aplicaciones que requieren un bajo torque de operación.

Rodamientos rígidos de bolas tipo cartucho de una sola hilera

Los rodamientos tipo cartucho tienen el mismo diámetro interior y exterior estandarizados que el rodamiento rígido de bolas, pero son tan anchos como los rodamientos de bolas de doble hilera. Se suministran con dos sellos y contienen una gran capacidad de grasa siendo muy útiles en condiciones extremadamente sucias y polvorientas.

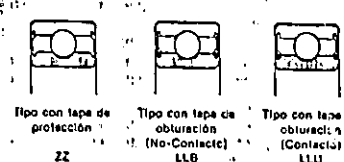


Fig. 2

Rodamientos de bolas tipo máxima capacidad

Las dimensiones principales de los rodamientos de bolas tipo máxima capacidad son las mismas que las de los rodamientos rígidos de bolas de las series 62 y 63. Para ensamblar las bolas de acero en el conjunto del rodamiento, se fabrica el anillo interior y exterior con ranuras de llenado. De acuerdo con esto, se cargan más bolas de acero en estos rodamientos que en los de las series 62 o 63 de rodamientos rígidos de bolas o de tipo estándar. Por consiguiente, la capacidad de carga dinámica de estos rodamientos se convierten en 20% a 35% mayor que las de tipos estándares.

Debido a las ranuras de llenado, los rodamientos tipo máxima capacidad no son apropiados para aplicaciones con cargas axiales pesadas. En consecuencia, es necesario

usar estos rodamientos en aplicaciones donde la carga radial es predominante o única.

En los rodamientos de bolas de máxima capacidad se utilizan juntas prensadas. Estos tipos de rodamientos están disponibles con tapas de protección (Tipo Z y ZZ). Note que la ranura de llenado para los rodamientos de bolas tipo de máxima capacidad de doble protector (tipo ZZ) utilizan una placa protectora especial para cubrir las ranuras de llenado.

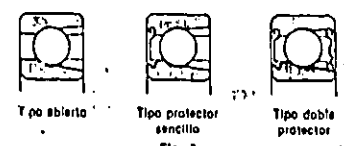
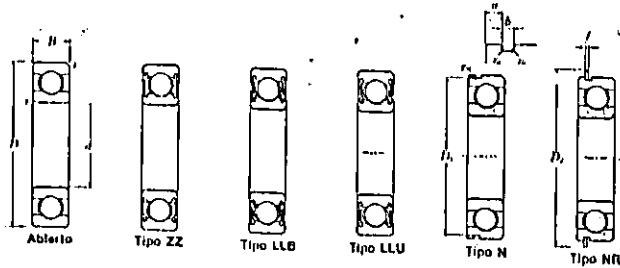


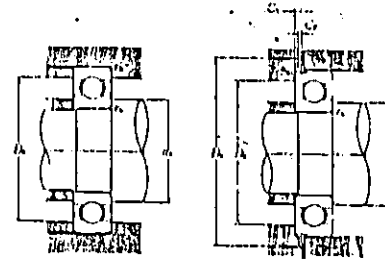
Fig. 3

Rodamientos Rígidos de Bolas



d 10--20 mm.

Dimensiones principales (mm)				Capacidad básica de carga		Velocidad límite r.p.m.			Numeros de rodamientos						
d	D	H	r _a min	dinámica C _d	estática C _e	grasa Z.ZZ LL,LLB	aceite Z.LB	LLU,LLU	Tipo						
									abierto	ZZ	LLB	LLU	N	NR	
10	15	3	0.1	1 010	555	36 000	42 000	—	8700	—	—	—	—	—	—
	18	5	0.3	1 830	825	32 000	38 000	24 000	8800	ZZ	LLB	LLU	—	—	—
	22	8	0.3	2 700	1 270	30 000	36 000	21 000	8900	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	26	8	0.3	4 550	1 900	29 000	34 000	21 000	8900	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	30	9	0.0	5 100	2 300	26 000	30 000	18 000	8200	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	35	11	0.6	8 200	3 600	23 000	27 000	16 000	6300	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
12	18	4	0.2	1 070	650	32 000	38 000	—	8701	—	—	—	—	—	—
	21	5	0.3	1 920	1 040	29 000	35 000	20 000	8801	ZZ	LLB	LLU	—	—	—
	24	6	0.3	2 890	1 460	27 000	32 000	19 000	6901	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	28	7	0.3	5 100	2 390	26 000	30 000	—	18001	—	—	—	—	—	—
	28	8	0.3	5 100	2 390	26 000	30 000	18 000	8001	ZZ	LLB	LLU	—	—	—
	32	10	0.6	8 100	2 750	22 000	28 000	16 000	8201	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	37	12	1	9 700	4 200	20 000	24 000	15 000	6301	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
16	24	4	0.2	1 150	790	29 000	34 000	—	8702	—	—	—	—	—	—
	24	5	0.3	2 000	1 200	26 000	31 000	17 000	8802	ZZ	LLB	LLU	—	—	—
	28	7	0.3	4 100	2 100	24 000	28 000	16 000	8002B	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	32	8	0.3	5 800	2 840	22 000	26 000	—	18002	—	—	—	—	—	—
	32	9	0.3	5 800	2 840	22 000	26 000	15 000	8002	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	35	11	0.6	7 750	3 600	19 000	23 000	15 000	6202	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	42	13	1	11 400	5 450	17 000	21 000	12 000	6302	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
17	24	4	0.2	1 200	860	28 000	31 000	—	8703	—	—	—	—	—	—
	26	5	0.3	2 810	1 720	24 000	28 000	18 000	8803A	ZZ	LLB	LLU	—	—	—
	30	7	0.3	4 650	2 500	22 000	26 000	14 000	8003	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	35	8	0.3	6 800	3 700	20 000	24 000	—	18003	—	—	—	—	—	—
	35	10	0.3	6 800	3 350	20 000	24 000	14 000	8003	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	40	12	0.6	9 600	4 600	18 000	21 000	12 000	8203	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	47	14	1	13 500	6 550	16 000	19 000	11 000	6303	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	62	17	1.1	22 700	10 800	14 000	16 000	9 500	6403	—	—	—	—	—	—
20	27	4	0.2	1 320	1 320	23 000	28 000	—	8704	—	—	—	—	—	—
	32	7	0.3	4 100	2 470	21 000	26 000	13 000	8804	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	37	0	0.3	6 400	3 700	19 000	23 000	12 000	8904	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	42	8	0.3	7 100	4 100	18 000	21 000	—	18004	—	—	—	—	—	—
	47	12	0.6	9 400	5 050	16 000	21 000	11 000	8004	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	47	14	1	12 000	6 650	16 000	18 000	10 500	8204	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—
	52	18	1.1	16 900	7 900	14 000	17 000	10 000	8304	ZZ	LLB	LLU	N	NR	—



Carga equivalente del rodamiento

$$P_e = XZ + YF_e$$

C ₁₀	r	X	Y	Z		F _e
				Z ₁	Z ₂	
0.010	0.18	—	—	—	—	2.46
0.020	0.20	—	—	—	—	2.14
0.040	0.24	—	—	—	—	1.83
0.070	0.27	—	—	—	—	1.61
0.10	0.29	—	—	—	—	1.48
0.15	0.32	1	0	0.56	—	1.35
0.20	0.35	—	—	—	—	1.25
0.30	0.38	—	—	—	—	1.15
0.40	0.41	—	—	—	—	1.06
0.50	0.44	—	—	—	—	1.00

Metética

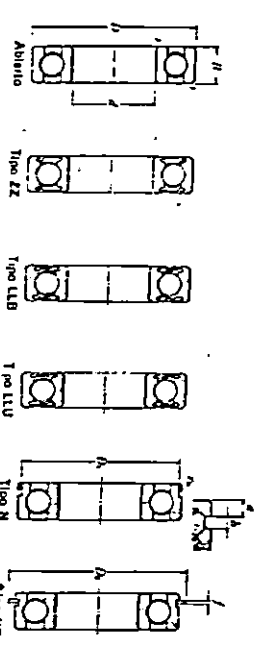
$$P_{e1} = 0.01 P_e + 0.01 F_e$$

Donde P_{e1} < P_e use P_{e1} = P_e

Dimensiones de ranura para anillo de fijación					Dimensiones de anillo de fijación		Dimensiones de hombros					Masa		
D ₁ max	a max	b min	r _a max	r _{fs} min	D ₂ max	f max	d _h max	D _h max	r _h max	D _h min	C ₁ max	C ₂ min	F _h max	kg
Tipo abierto														
—	—	—	—	—	—	—	0.8	—	14.2	0.1	—	—	—	0.0015
—	—	—	—	—	—	—	12	12.5	17	0.3	—	—	—	0.005
20.8	1.05	0.8	0.2	0.3	24.8	0.7	12	13	20	0.3	25.5	1.8	0.7	0.009
—	—	—	—	—	—	—	12	13.4	24	0.3	—	—	—	0.019
28.17	2.06	1.35	0.4	0.5	34.7	1.12	14	16	26	0.6	35.5	2.9	1.2	0.032
33.17	2.06	1.35	0.4	0.5	39.7	1.12	14	17	31	0.6	40.5	2.9	1.2	0.053
—	—	—	—	—	—	—	13.6	—	16.4	0.2	—	—	—	0.003
—	—	—	—	—	—	—	14	14.5	19	0.3	—	—	—	0.006
22.8	1.05	0.8	0.2	0.3	26.8	0.7	14	15	22	0.3	27.5	1.5	0.7	0.011
—	—	—	—	—	—	—	14	—	26	0.3	—	—	—	0.019
—	—	—	—	—	—	—	14	16	28	0.3	—	—	—	0.021
30.15	2.06	1.35	0.4	0.5	36.7	1.12	16	17.5	28	0.6	37.5	2.9	1.2	0.037
34.77	2.06	1.35	0.4	0.5	41.3	1.12	17	18.5	32	1	42	2.9	1.2	0.060
—	—	—	—	—	—	—	16.8	—	19.4	0.2	—	—	—	0.0035
26.7	1.3	0.95	0.25	0.3	30.8	0.85	17	17.5	22	0.3	—	—	—	0.007
—	—	—	—	—	—	—	17	18	26	0.3	31.6	1.9	0.9	0.016
—	—	—	—	—	—	—	17	—	30	0.3	—	—	—	0.025
30.15	2.06	1.35	0.4	0.3	36.7	1.12	17	19	30	0.3	37.5	2.9	1.2	0.030
33.17	2.06	1.35	0.4	0.5	38.7	1.12	19	20.5	31	0.6	40.5	2.9	1.2	0.045
38.76	2.06	1.35	0.4	0.5	43.3	1.12	20	23	37	1	47	2.9	1.2	0.082
—	—	—	—	—	—	—	18.8	—	21.4	0.2	—	—	—	0.004
26.7	1.3	0.95	0.25	0.3	32.8	0.85	19	19.5	24	0.3	—	—	—	0.008
—	—	—	—	—	—	—	19	20	28	0.3	33.5	1.9	0.9	0.018
—	—	—	—	—	—	—	19	—	33	0.3	—	—	—	0.032
33.17	2.06	1.35	0.4	0.3	37.7	1.12	19	21	33	0.3	40.5	2.9	1.2	0.039
38.1	2.06	1.35	0.4	0.5	41.6	1.12	21	23	36	0.6	45.5	2.9	1.2	0.066
44.9	2.46	1.35	0.4	0.5	52.7	1.12	23	25	42	1	53.5	3.3	1.2	0.115
—	—	—	—	—	—	—	23.6	—	55.5	1	—	—	—	0.270
—	—	—	—	—	—	—	21.6	—	26.4	0.2	—	—	—	0.005
37.7	1.3	0.95	0.25	0.3	44.8	0.85	22	23	30	0.3	35.5	1.9	0.9	0.019
33.7	1.7	0.95	0.25	0.3	37.6	0.85	22	24	35	0.3	40.5	2.3	0.9	0.036
—	—	—	—	—	—	—	22	—	40	0.3	—	—	—	0.051
38.76	2.06	1.35	0.4	0.5	48.3	1.12	24	26	36	0.6	47	2.9	1.2	0.069
44.1	2.45	1.35	0.4	0.5	52.7	1.12	25	28	42	1	53.5	3.3	1.2	0.106
49.73	2.46	1.35	0.4	0.5	57.7	1.12	28.5	28.5	45.5	1	60.5	3.3	1.2	0.144

1) Aplicar para rodamientos cerrados

Rodamientos Rígidos de Bolas



Capacidad equivalente del rodamiento

$P_e = \sqrt[3]{\frac{C}{1000} \cdot \frac{1}{f_1} \cdot \frac{1}{f_2} \cdot \frac{1}{f_3} \cdot \frac{1}{f_4} \cdot \frac{1}{f_5} \cdot \frac{1}{f_6} \cdot \frac{1}{f_7} \cdot \frac{1}{f_8} \cdot \frac{1}{f_9} \cdot \frac{1}{f_{10}}}$

Donde: P_e = Carga equivalente en toneladas

C = Capacidad dinámica básica

f_1 = Factor de ajuste

f_2 = Factor de velocidad

f_3 = Factor de temperatura

f_4 = Factor de lubricación

f_5 = Factor de vida

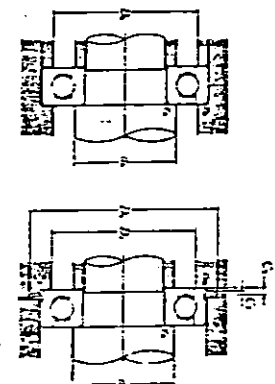
f_6 = Factor de contaminación

f_7 = Factor de alineación

f_8 = Factor de estado de la superficie

f_9 = Factor de tipo de rodamiento

f_{10} = Factor de tipo de aplicación



d	D	B	r ₁ máx.	r ₂ máx.	Capacidad básica de carga		Velocidad límite			Números de rodamientos				
					C ₁₀	C ₉₀	g/min	1.3 m/min	ULU	LLU	N	NR		
30	17	11	1.1	1.1	26 000	13 000	12 000	14 000	6 000	6404	ZZ	LLU	N	NR
32	19	11	1.1	1.1	30 000	15 000	12 000	14 000	6 000	6072	ZZ	LLU	N	NR
35	20	12	0.6	0.3	34 500	17 500	12 000	14 000	6 000	6205	ZZ	LLU	N	NR
38	22	14	0.6	0.3	40 000	20 000	12 000	14 000	6 000	6328	ZZ	LLU	N	NR
40	24	16	0.6	0.3	46 000	23 000	12 000	14 000	6 000	6465	ZZ	LLU	N	NR

d	D	B	r ₁ máx.	r ₂ máx.	Dimensiones de ranura para anillo de fijación		Dimensiones de anillo de fijación		Dimensiones de hombros y filletes		h ₀
					r ₁	r ₂	r ₁	r ₂	r ₁	r ₂	
30	17	11	1.1	1.1	0.5	0.5	4.0	4.0	0.2	0.2	0.005
32	19	11	1.1	1.1	0.5	0.5	4.0	4.0	0.2	0.2	0.005
35	20	12	0.6	0.3	0.5	0.5	4.0	4.0	0.2	0.2	0.005
38	22	14	0.6	0.3	0.5	0.5	4.0	4.0	0.2	0.2	0.005
40	24	16	0.6	0.3	0.5	0.5	4.0	4.0	0.2	0.2	0.005

B-10

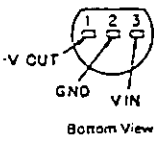
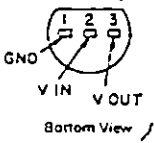
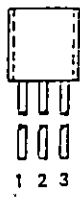
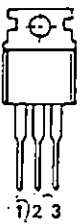
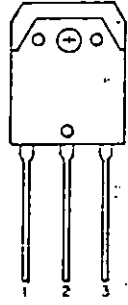
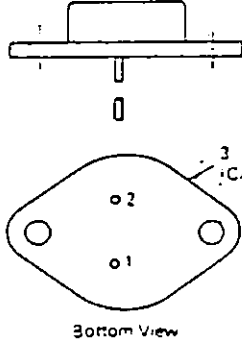
B-11

ANEXO 5

**COMPONENTES ELECTRONICOS UTILIZADOS
EN LA CONSTRUCCION
DE LA MAQUINA PERFORADORA
CNC-EIE**

Voltage Regulator Selector Guide

Fixed Regulators

Output Voltage V_{OUT} (DC) $\pm 5\%$	ECG Type		I_o A (DC)	Input Voltage V_{IN} (DC)		P _D Watts	Case Style
	Pos	Neg		Max	Min		
5	977	1917	0.1	30	7	0.7	<p>TO-92</p> <p>Positive</p>  <p>Negative</p>  <p>Bottom View</p> 
6.2	988	--	0.1	35	8.2	0.7	
8	981	--	0.1	30	10	1.0	
9	1902	--	0.1	30	11	0.7	
12	950	1903	0.1	35	14	0.7	
15	951	1905	0.1	35	17	0.7	
18	1906	1907	0.1	35	20	0.7	
24	1908	1909	0.1	40	26	0.7	
5	960	961	1.0	35	7	15	<p>TO-220</p> <p>Positive</p> <p>Tab Common to Pin 2</p> <ol style="list-style-type: none"> Input Ground Output  <p>Negative:</p> <ol style="list-style-type: none"> Ground Input Output <p>Tab Common to Pin 2</p>
6	962	963	1.0	35	8	15	
8	964	965	1.0	35	10	15	
10	1932	--	1.0	35	12	20	
12	966	967	1.0	35	14	15	
15	968	969	1.0	35	17	15	
18	958	959	1.0	35	20	15	
24	972	971	1.0	40	26	15	
5	1934	--	2	30	8	50	<p>TO-3PJ</p>  <p>Positive</p> <ol style="list-style-type: none"> Output (Case) Input Ground <p>Negative</p> <ol style="list-style-type: none"> Ground (Case) Output Input <p>* ECG1934X (Only)</p>
5	1934X*	--	2	30	8	50	
12	1936	--	2	35	15	50	
15	1938	--	2	40	18	50	
24	1940	--	2	40	27	50	
5	309K	1913	1.5	35	7.5	20	<p>TO-3</p>  <p>Positive</p> <ol style="list-style-type: none"> Input Output Ground <p>Negative</p> <ol style="list-style-type: none"> Ground Output Input <p>Bottom View</p>
5	931	--	3	20	7.5	30	
5	932	--	5	25	8.5	50	
12	1914	1915	1.5	35	14.1	15	
12	1912	--	3	35	14.5	30	
12	933	--	5	30	14.6	50	
13.3	934	--	5	35	16.4	50	
15	1916	1919	1.5	40	17.4	20	
15	1918	--	3.0	35	17.5	30	
18	1920	1923	1.5	35	20.5	20/15	
24	1924	1925	1.5	40	26.4	20/15	

Optoisolators

Phototransistors		Total Device Ratings			LED Max Ratings		Phototransistor Ratings				Ckt. Diag.	Fig. No.
ECG Type	Output Configuration	Isolation Voltage Viso Surge (V)	Total Power Pt (mW)	DC Current Transfer Ratio % *	Forward Current If (mA)	Reverse Voltage Vr (V)	Collector to Base Voltage BV CBO (V)	Collector to Emitter Voltage BV CEO (V)	Collector Current Ic (mA)	Typ Freq KHz		
ECG3040	NPN Transistor	7500	250	20	80	3	70	30	3.5 Typ	300	A	P28
ECG3041	NPN Transistor	7500	250	100	60	6	70	30	100 Max	150	A	
ECG3042	NPN Transistor	7500	250	20	60	3	70	30	50 Max	150	A	
ECG3043	NPN Transistor	3550	260	70	60	3	70	80	50 Max	100	A	
ECG3044	NPN Darlington	7500	300	300	80	3	--	80	150 Max	75	B	
ECG3045	NPN Darlington	7500	300	500	80	3	--	80	150 Max	75	B	
ECG3081	NPN Transistor	6000	250	20	60	3	--	30	100	100	D	P27
ECG3082	NPN Darlington	6000	250	400	60	3	--	30	100	75	C	
ECG3083	NPN Darlington	7500	250	100	60	3	55	55	100	75	E	P28
ECG3084	NPN Darlington	7500	250	200	60	3	30	30	100	75	E	
ECG3086	NPN Dual Transistor	7500	400	50	60	3	--	30	30	200	F	P29
ECG3088	NPN Transistor	7500	300	20	60	6	300	300 (BV CER)	100	200	A	P28
ECG3089	NPN Transistor	7500	300	20	60	--	70	30	100	200	M	
ECG3096	Low Input Drive NPN Transistor	7500	300	50 @ If 1 mA	60	6.0	70	30	100	200	A	
ECG3098	NPN Transistor	5000	250	100	60	5	--	55	50	--	S	P55

* DC Current Transfer Ratio is the output transistor collector current divided by the LED forward current - $hFE = I_c / I_f$

Photothyristors		Total Device Ratings		LED Max Ratings		Photothyristor Ratings					Ckt. Diag.	Fig. No.
ECG Type	Output Configuration	Isolation Voltage Viso Surge (V)	Power Pt (mW)	Forward Current If (mA)	Reverse Voltage Vr (V)	VDRM (V)	IT RMS (mA)	IFT (mA)	Vf (on) (V) 100 mA	I HOLD (mA)		
ECG3046	SCR	3550	260	60	3	400	100	14	1.3	.5	G	P28
ECG3047	TRIAC	7500	330	50	3	250	100	10	3.0	.1	H	
ECG3048	TRIAC	7500	330	50	3	400	100	10	3.0	.1	H	
ECG3049	TRIAC with Zero Crossing Circuit	7500	330	50	3	250	100	15	3.0	.1	J	
ECG3091	SCR	4000	400	60	6	400	300	11	1.3 at 300 mA	.5	G	
ECG3097	TRIAC with Zero Crossing Circuit	7500	300	50	6	400	100	15	3.0	.2	J	

Photo FET		Total Device Ratings		LED Max Ratings		Photo FET Ratings					Ckt. Diag.	Fig. No.
ECG Type	Output Configuration	Isolation Voltage Viso Surge (V)	Power Pt (mW)	Forward Current If (mA)	Reverse Voltage Vr (V)	Drain to Source Breakdown Voltage BV DSS (V)	Drain Current ID (mA)	RDSon (Ohms)	Ton (µsec)	Toff (µsec)		
ECG3085	FET	2500	300	60	6	± 30	± 100	200	15	15	K	P28

TTL Compatible Photo Coupled Logic Gates		Total Device Ratings		LED Ratings		Output Ratings				Ckt. Diag.	Fig. No.
ECG Type	Output Configuration	Isolation Voltage Viso (V)	Power Pt (mW)	Forward Current If (mA)	Reverse Voltage Vr (V)	Max Supply Voltage Vcc (V)	Output Current Io (mA)	Propagation Delay Time (nsecs)	Enable Voltage VE (V)		
ECG3087	Hi Speed Open Collector NAND Gate	3000	100	10	5.0	5.0	50	75	5.0	L	P29
ECG3084	Dual Hi Speed Open Collector NAND Gates	3000	50	15	5.0	5.0	15 Per Channel	75	--	C	

Optoisolators (cont'd)

TTL Compatible Phototransistors		Device Ratings		LED Max Ratings		Output Ratings					Ckt. Diag.	Fig. No.
ECG Type	Output Configuration	Isolation Voltage V _{iso} (V)	Power P _t (mW)	Forward Current I _F (mA)	Reverse Voltage V _R (V)	Max V _{CC} (V)	Current Transfer Ratio % *	Output Current I _O (mA)	Propagation Delay Time Insec!	Data Transfer Rate Mbit/sec		
ECG3092	Open Collector NPN Transistor	3000	100	25	5	15	15	8	200	1	O	P29
ECG3093	NPN Split Darlington	3000	100	20	5	15	400	60	1PHL 1 μsec 1PLH 7 μsec	100K	P	
ECG3095	Dual Open Collector, NPN Transistors	3000	100	25	5	15	15	8	800	1	R	

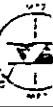
* DC Current Transfer Ratio is the output transistor collector current divided by the LED forward current - $h_{FE} = I_C / I_F$



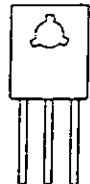

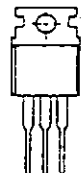
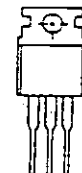
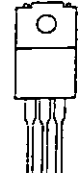
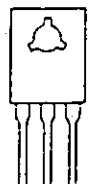
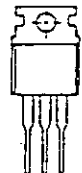
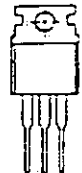
ECG Type	Output Configuration	Total Device Ratings		Led Max Ratings		Output Ratings					Ckt. Diag.	Fig. No.
		Isolation Voltage V _{iso} Surge (V)	Power P _t (mW)	Forward Current I _F (mA)	Reverse Voltage V _R (V)	V _{CC} Voltage Range (V)	Output Voltage V _O (V)	Output Current I _O (mA)	Turn-On Time T _{on} (μsec)	Turn-Off Time T _{off} (μsec)		
ECG3090	Schmitt Trigger	7500	150	60	6	3V to 15V	15 max	50 max	1.2 typ	1.2 typ	N	P28

Optoisolator Circuits

<p>Diag. A ECG 3040 3041 3042 3043 3088 3096</p> <p>Fig. P28</p>	<p>Diag. B ECG 3044 3045</p> <p>Fig. P28</p>	<p>Diag. C ECG3082</p> <p>Fig. P27</p>
<p>Diag. D ECG3081</p> <p>Fig. P27</p>	<p>Diag. E ECG 3083 3084</p> <p>Fig. P28</p>	<p>Diag. F ECG3086</p> <p>Fig. P29</p>
<p>Diag. G ECG 3046 3091</p> <p>Fig. P28</p>	<p>Diag. H ECG 3047 3048</p> <p>Fig. P28</p>	<p>Diag. J ECG 3049 3097</p> <p>Fig. P28</p>
<p>Diag. K ECG3085</p> <p>Fig. P28</p>	<p>Diag. L ECG3087</p> <p>Fig. P29</p>	<p>Diag. M ECG3089</p> <p>Fig. P28</p>

TRIACS



VRRM DC or Peak Volts	IT RMS Max Forward Current (Amps)												
	0.8 A	2.5 A		4 A		8 A			10 A				
50				ECG5601						ECG5612	ECG5622	ECG5631	
100		ECG5640	ECG5650	ECG5602						ECG5613	ECG5623	ECG5632	
200	ECG5655	ECG5641	ECG5651	ECG5603						ECG5614	ECG5624	ECG5633	
400	ECG5656	ECG5642	ECG5652	ECG5605	ECG5629	ECG5608	ECG5628			ECG5616	ECG5626	ECG5635	
600	ECG5657	ECG5643	ECG5653	ECG5607		ECG5609				ECG5618	ECG5628	ECG5637	ECG564
800						ECG5610		ECG5620					
IGT Min (mA) Quadrants I & III	5.0	25	3.0	30	3.0	10	10	35 Quads I, II, III	50	50	50	50	
IGT Min (mA) Quadrants II & IV	5.0	40	3.0	---	3.0	10	10	70 Quad IV	75	---	50*	75	
VGT Max (V)	2.0	2.2	2.2	2.5	2.0	2.5	2.0	1.5	2.5	2.0	2.5	2.5	
I _{Surge} Max (A)	8.0	25	25	30	40	80	80	60	100	100	100	120	
I _{Hold} Min (mA)	20	35	5.0	30	5.0	15	10	20	50	50	50	50	
V _{on} Max (V)	1.5	1.8	2.2	2.0	1.6	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.65	1.6	
VGM (V)	±5.0	±5.0	±5.0	±5.0	±5.0	±10	±5.0	±10	±5.0	±5.0	±10	±5.0	
PG Av (W)	.01	.05	.05	.5	.3	.5	.4	.5	.5	.5	.5	.5	
Operating Temperature T _J °C	-40 to +110	-65 to +100	-40 to +90	-40 to +110	-40 to +110	-40 to +110	-40 to +110	-40 to +120	-65 to +100	-40 to +100	-40 to +100	-40 to +110	
Off State dv/dt (Typ) V/μsec	20	100	5	5	10	25	25	100	5	5	50	60	
Operating Quadrants	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,III	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,II,III,IV	I,III	I,II,III	I,II,III,IV	
Fig. No.	Z36	Z61		Z38	Z40	Z41	Z41	Z41D	Z39		Z41	Z41	
Package	TO-92	TO-5		TO-126	TO-202	TO-220	TO-220 Isolated Tab	TO-220J	TO-127		TO-220	TO-220 Isolated Tab	
													

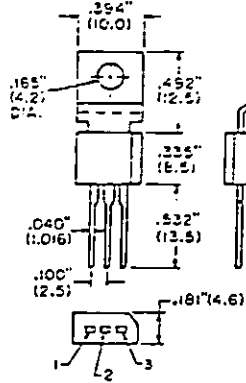
* 3 Mode device not specified in Quadrant IV

Transistors (cont'd) (Maximum Ratings at $T_C = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Noted)

ECG Type	Description and Application	Collector To Base Volts BV_{CBO}	Collector To Emitter Volts BV_{CEO}	Base to Emitter Volts BV_{EBO}	Max. Collector Current I_C Amps	Max. Device Diss. P_D Watts	Freq. in MHz f_t	Current Gain h_{FE}	Package	
									Case	Fig. No.
ECG350	NPN-Si, RF PO, 136-174 MHz, 15 W	36	18	4	2.5	31	---	5 min	RF-38S	T53
ECG350F	NPN-Si, RF PO, 136-174 MHz, 15 W	36	18	4	2.5	31	---	5 min	RF-38F	T57
ECG351	NPN-Si, RF PO, 136-174 MHz, 25 W	36	18	4	4	65	---	5 min	RF-38S	T53
ECG352	NPN-Si, RF PO, 136-174 MHz, 80 W	36	18	4	20	250	---	35 typ	RF-50F6	T60
ECG353	PNP-Si, RF PO, 136-174 MHz, 4 W	36	18	4	1	8	---	5 min	RF-38F	T57
ECG354	PNP-Si, RF PO, 136-174 MHz, 15 W	36	18	4	2.5	20	---	5 min	RF-38F	T57
ECG355	PNP-Si, RF PO, 136-174 MHz, 30 W	36	18	4	4	40	---	5 min	RF-38F	T57
ECG356	PNP-Si, RF PO, 136-174 MHz, 40 W	36	18	4	6	60	---	5 min	RF-38F	T57
ECG357	NPN-Si, RF PO, 30-200 MHz, 7 W	65	35	4	1	15	---	5 min	RF-38SM	T51
ECG359	NPN-Si, RF PO, 30-200 MHz, 20 W	65	35	4	3	30	---	5 min	RF-38S	T53
ECG360	NPN-Si, RF PO, 30-200 MHz, 40 W	65	35	4	5	60	---	5 min	RF-38S	T53
ECG361	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 2 W	36	16	4	.4	5	---	20 min	TO-39EC	T7
ECG362	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 2 W	36	16	4	.4	5	---	20 min	RF-28S	T52
ECG363	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 4 W	36	16	4	.8	15	---	20 min	RF-28S	T52
ECG364	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 10 W	36	16	4	2	37.5	---	20 min	RF-29S	T52
ECG365	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 15 W	36	16	4	3	50	---	20 min	RF-50F6	T60
ECG366	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 25 W	36	16	4	5	75	---	20 min	RF-50F6	T60
ECG367	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 45 W	36	16	4	8	175	---	20 min	RF-50F6	T60
ECG368	NPN-Si, RF PO, 407-512 MHz, 60 W	36	16	4	10	233	---	20 min	RF-50F6	T60
ECG369	NPN-Si, Vert Out, Sw, AF Amp	800	400	6	3.0 peak	40	7	30 min	TO-66	T25
ECG373	NPN-Si, AF Driver (Compl to ECG374)	180	160	5	1.5	1 ($T_A = 25^\circ\text{C}$) 20 ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	140	100 typ	TO-126	T45
ECG374	PNP-Si, AF Driver (Compl to ECG373)	180	160	5	1.5	1 ($T_A = 25^\circ\text{C}$) 20 ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	140	100 typ	TO-126	T45
ECG375	NPN-Si, Vert Defl, AF Amp (Compl to ECG368)	200	150	6	3	25	8	150 typ	TO-220	T41
ECG376	NPN-Si, Pwr Amp	300	300	5	15	1.5 ($T_A = 25^\circ\text{C}$) 15 ($T_C = 25^\circ\text{C}$)	80	100 typ	TO-220	T41
ECG377	NPN-Si, Pwr Driver, PO, Sw, Reg (Compl to ECG378)	80	80	5	10	50	50	50 min	TO-220	T41

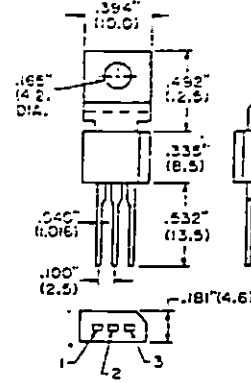
Transistor Outlines (cont'd)

Fig. T39
TO-202M



ECG	1	2	3	TAB
78	B	C	E	C
79	B	C	E	C
186A	B	C	E	C
187A	B	C	E	C
228A	E	B	C	C

Fig. T40
TO-202EC
ECG
474

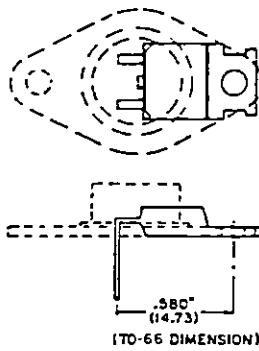


PIN 1 - BASE
2 - EMITTER, TAB
3 - COLLECTOR

Fig. T41
TO-220

ECG

51	262	2315
54	263	2325
55	264	2332
56	291	2333
66*	292	2334
67*	331	2343
152	332	2344
153	375	2380*
198	376	2381*
197	377	2382*
198	378	2383*
235	379	2385*
236	398	2387*
241	2303	2388*
242	2312	2390*
261	2313	



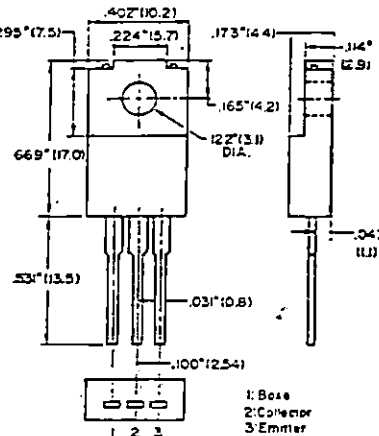
Mechanical Interchangeability of TO-220 Plastic Package with TO-66 Case - See Detailed Illustration Page 1-30.

* Basing - GDS

Fig. T41-1
TO-220J

ECG

2336
2337
2339



1: Base
2: Collector
3: Emitter

Fig. T42
TO-220EC

ECG

342
343

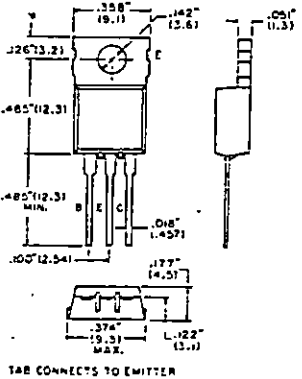
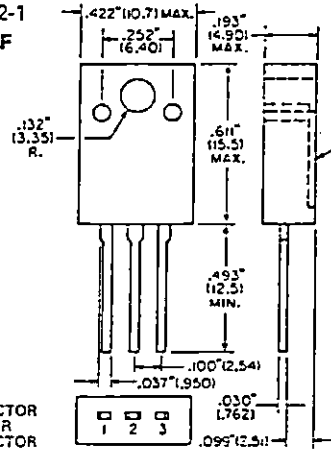


Fig. T42-1
TO-220F

ECG

2326



1. BASE
2. COLLECTOR
3. EMITTER
4. COLLECTOR

Fig. T43
TB-33

ECG

381

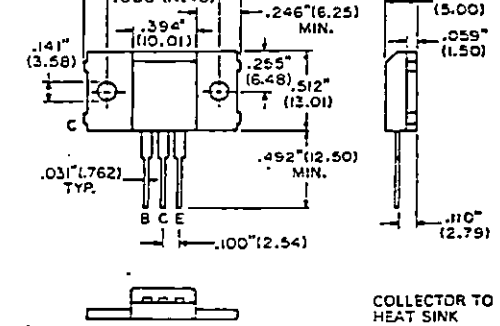


Fig. T44
TB-34

ECG

33
34

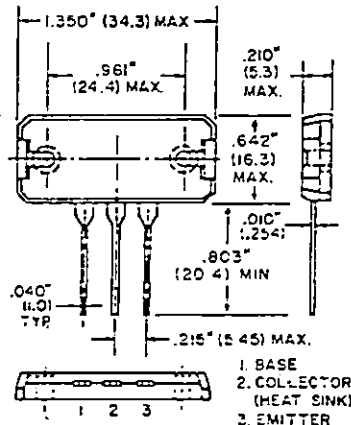


Fig. T44-1
TB-35

ECG

58
59
92
93

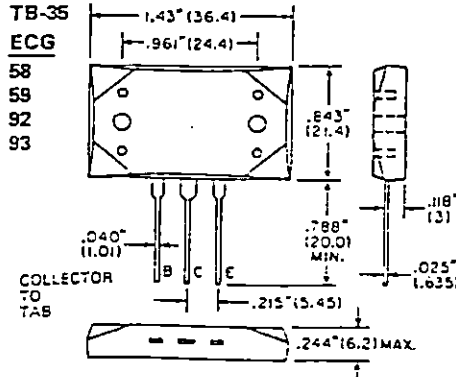
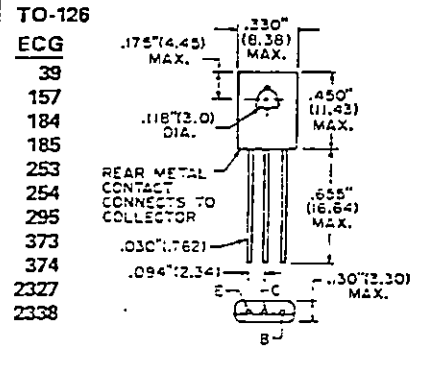


Fig. T45
TO-126

ECG

39
157
184
185
253
254
295
373
374
2327
2338



Outlines

Fig. P25

ECG
3100
3101

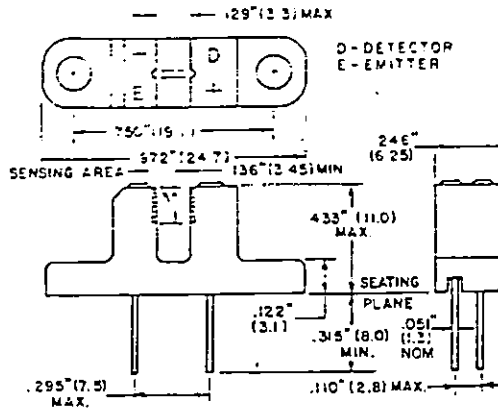


Fig. P26

ECG
3102
3103

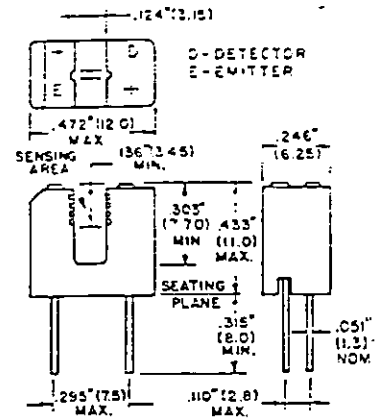


Fig. P57

ECG
3104

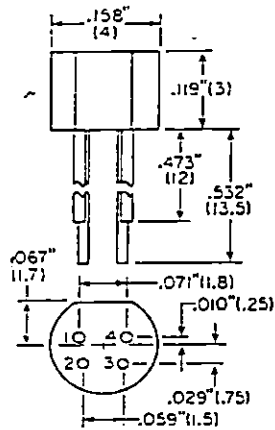
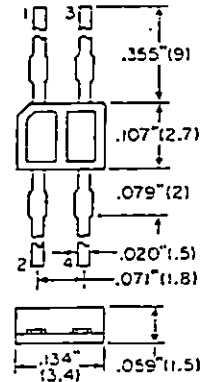


Fig. P58

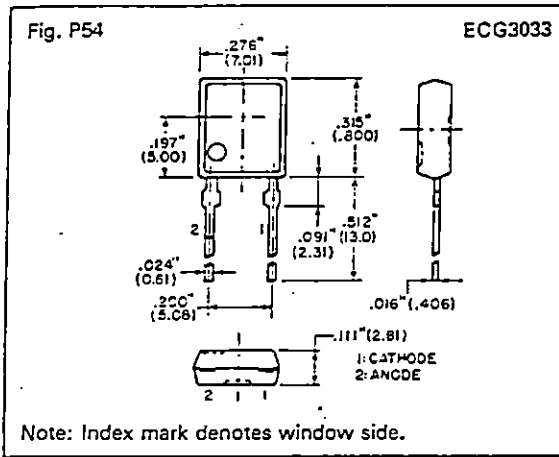
ECG
3105



Infrared Detector Diodes

ECG Type	Description	Reverse Voltage V_R (V)	Max. Dark Current I_D (nA)	Min Light Current I_L (μ A)	Power Dissipation P_D (mW)	Rise Time t_r (nS)	Typ Detection Angle	Typ Detection Wavelength (nm)	Fig. No.
ECG3033	Infrared PIN Detector Diode	30	50	35	100	50	65°	900	P54

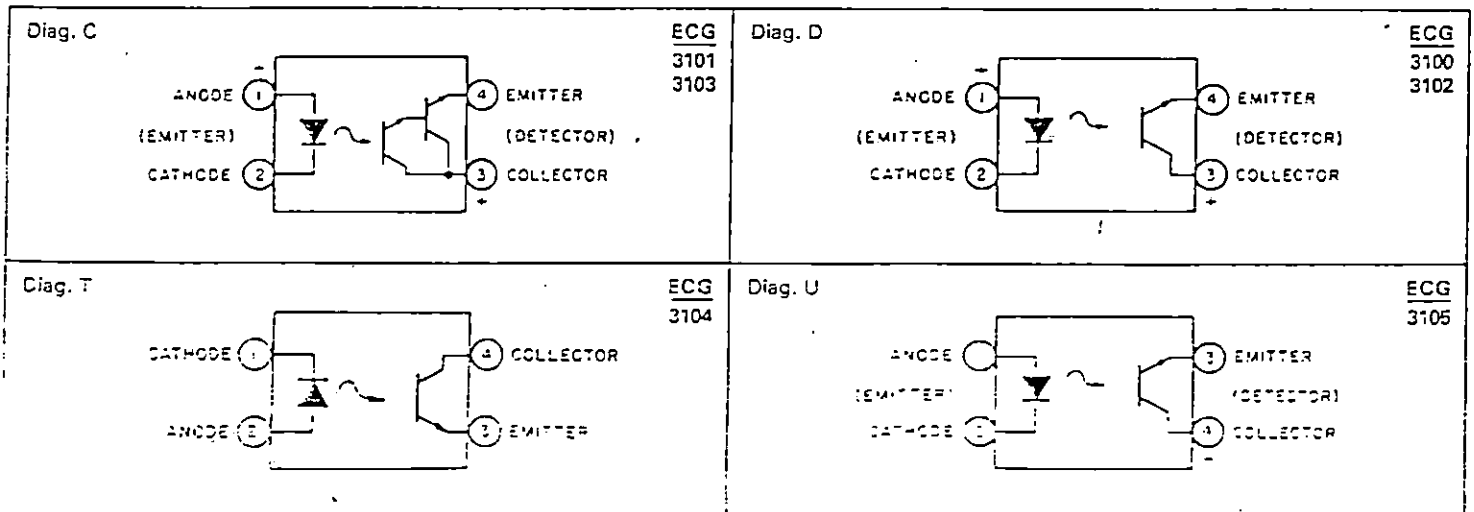
Outline



Opto-Coupled Interrupter Modules

ECG Type	Output Configuration	Total Power Dissipation P_T (mW)	LED Max Ratings		Collector To Emitter Voltage V_{CE0} (V)	Collector Current I_c (mA)	Ckt. Diagram	Fig. No.
			Forward Current I_F (mA)	Reverse Voltage V_R (V)				
ECG3100	NPN Transistor	250	60	6	55	100	D	P25
ECG3101	NPN Darlington	250	60	6	55	100	C	P25
ECG3102	NPN Transistor	250	60	6	55	100	D	P26
ECG3103	NPN Darlington	250	60	6	55	100	C	P26
ECG3104	NPN Transistor	100	50	6	35	20	T	P57
ECG3105	NPN Transistor	75	50	3	30	20	U	P58

Circuits





ECG7409, 74S09, 74LS15, 74S15

AND Gate with Open Collector Output

Max Ratings/Operating Conditions

RATINGS	74 SERIES	74H SERIES	74LS SERIES		74S SERIES	UNITS
			DIODE INPUTS	EMITTER INPUTS		
Maximum Allowable Supply Voltage	7	7	7	7	7	V
Guaranteed Operating Supply Voltage Range	4.75 to 5.25					V
Maximum Input Voltage	5.5	5.5	7	5.5	5.5	V
Maximum Voltage to Open-Collector Outputs*	7	7	7	7	7	V
Operating Free-Air Temperature Range	0 to +70					°C
Storage Temperature Range	-85 to +150					°C

*Exempt for selected high voltage types, as specified in electrical tables.

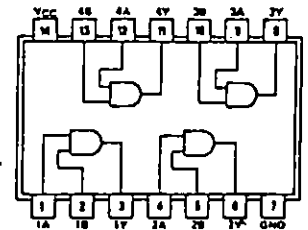
Supply Currents

DEVICE	I _{CCH} (mA) Total With Outputs High		I _{CCL} (mA) Total With Outputs Low	
	TYP	MAX	TYP	MAX
09	11	21	20	33
LS15	1.8	3.6	3.3	6.6
S15	10.5	19.5	24	42
S09	18	32	32	57

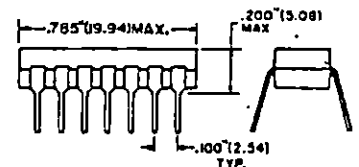
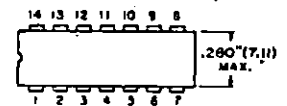
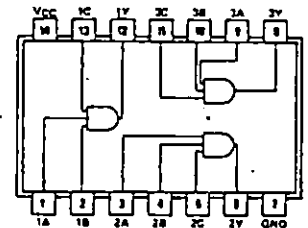
Switching Characteristics at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

DEVICE	CONDITIONS	t _{PLH} (ns) Propagation Delay Time, Low-To-High Level Output			t _{PHL} (ns) Propagation Delay Time, High-To-Low Level Output		
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX
09	C _L = 15 pF R _L = 400Ω		21	32		16	24
LS15	C _L = 15 pF R _L = 2 kΩ		20	35		20	35
S15	C _L = 15 pF R _L = 280Ω	2.5	5.5	8.5	2.5	6	9
	C _L = 50 pF R _L = 280Ω		8.5	13		8	12
S09	C _L = 15 pF R _L = 280Ω		6.5	10		6.5	10
	C _L = 50 pF R _L = 280Ω		9			9	

ECG7409, ECG74S09-Quad 2-Input



ECG74S15, ECG74LS15-Triple 3-Input



SERIES 54/74
 BUFFER AND INTERSPACE GATES WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS

recommended operating conditions

	64 FAMILY 74 FAMILY	SERIES 64' SERIES 74'												UNIT
		'06, '07			'16, '17			'26			'33, '38			
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	64 Family 74 Family	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	4.5	5	5.5	V
High-level output voltage, V _{O1H}				30			15			15			6.5	V
Low-level output current, I _{OL}	64 Family 74 Family			30			30			16			48	mA
Operating free-air temperature, T _A	64 Family 74 Family	-55		125	-55		125	-55		125	-55		125	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS ¹	SERIES 64' SERIES 74'												UNIT
			'06, '07			'16, '17			'26			'33, '38			
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V _{IH} High-level input voltage	1, 2		2			2			2			2		V	
V _{IL} Low-level input voltage	1, 2			0.8			0.8			0.8			0.8	V	
V _{IK} Input clamp voltage	3	V _{CC} = MIN, I _I = -12 mA			-1.5			-1.5			-1.5			V	
I _{OH} High-level output current	1	V _{CC} = MIN, V _I = *			250			250			1000			μA	
V _{OL} Low-level output voltage	2	V _{CC} = MIN, V _I = *			0.4			0.4			0.4			V	
I _I Input current at maximum input voltage	4	V _{CC} = MAX, V _I = 5.5 V			1			1			1			mA	
I _{IH} High-level input current	4	V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.4 V			40			40			40			μA	
I _{IL} Low-level input current	5	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.4 V			-1.6			-1.6			-1.6			mA	
I _{CC} Supply current	7	V _{CC} = MAX												mA	

¹ For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

* The input voltage is V_{IH} = 2 V or V_{IL} = V_{IL} max, as appropriate. See tables with test figures 1 and 2.

See table on next page

Electrical Characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted).

PARAMETER		CONDITIONS		ECG74			ECG74			ECG74			UNITS
				09			LS09, LS15			S09,S15			
				MIN	TYP(1)	MAX	MIN	TYP(1)	MAX	MIN	TYP(1)	MAX	
V_{IH}	High Level Input Voltage											V	
V_{IL}	Low Level Input Voltage											V	
V_I	Input Clamp Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$	$I_I = -12 \text{ mA}$									V	
			$I_I = -18 \text{ mA}$									V	
I_{OH}	High Level Output Current	$V_{CC} = \text{Min}, V_{IH} = 2V, V_{OH} = 5.5V$				250			100		250	μA	
V_{OH}	High Level Output Voltage					5.5			5.5		5.5	V	
I_{OL}	Low Level Output Current					16			8		20	mA	
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$ $V_{IL} = \text{Max}$	$I_{OL} = \text{Max}$			0.2	0.4		0.35	0.5		0.5	V
			$I_{OL} = 4 \text{ mA}$							0.4			
I_I	Input Current at Maximum Input Voltage	$V_{CC} = \text{Max}$	$V_I = 5.5V$			1					1	mA	
			$V_I = 7V$						0.1				
I_{IH}	High Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}$	$V_I = 2.4V$			40						μA	
I_{IL}	Low Level Input Current	$V_{CC} = \text{Max}$	$V_I = 0.3V$						20		50		
			$V_I = 0.4V$			-1.6		-0.36					
			$V_I = 0.5V$									-2	mA
I_{CC}	Supply Current	$V_{CC} = \text{Max}$										See Table	

Notes

(1) All typical values are at $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ\text{C}$.

ECG7409,74S09,74LS15,74S15

BUFFER AND INTERFACE GATES WITH OPEN-COLLECTOR OUTPUTS
 SERIES 54/74

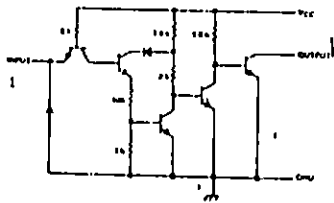
TYPE	I _{OL} (mA) Total with outputs high		I _{OL} (mA) Total with outputs low		I _{CC} (mA) Average per gate (50% duty cycle)
	TYP	MAX	TYP	MAX	TYP
'06, '16	30	48	32	51	6.17
'07, '17	29	41	21	30	4.17
'26	4	8	12	22	2.00
'33	12	21	33	67	5.63
'38	5	8.5	34	64	4.68

†Maximum values of I_{CC} shown are over the recommended operating range of V_{CC} and T_A; typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

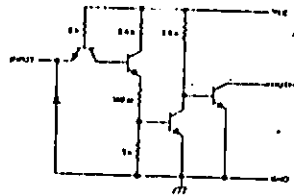
TYPE	TEST CONDITIONS#	t _{PHL} (ns) Propagation delay time, low to high-level output		t _{PLH} (ns) Propagation delay time, high to low-level output	
		TYP	MAX	TYP	MAX
'06, '16	C _L = 15 pF, R _L = 110 Ω	10	15	15	23
'07, '17		6	10	20	30
'26	C _L = 15 pF, R _L = 1 kΩ	16	24	11	17
'33	C _L = 50 pF, R _L = 133 Ω	10	15	12	18
	C _L = 150 pF, R _L = 133 Ω	15	22	16	24
'38	C _L = 45 pF, R _L = 133 Ω	14	22	11	19

#Load circuit and voltage waveforms are shown on page 3-10.

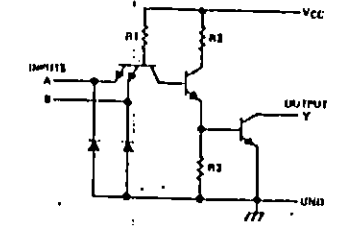
schematics (each gate)



'06, '16 CIRCUITS

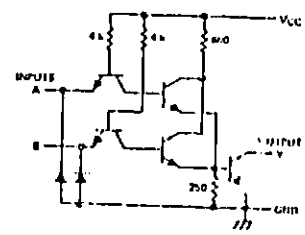


'07, '17 CIRCUITS



CIRCUITS	R1	R2	R3
'26	4 kΩ	1.0 kΩ	1 kΩ
'38	4 kΩ	600 Ω	400 Ω

'26, '38 CIRCUITS



'33 CIRCUITS

TEXAS INSTRUMENTS
 INCORPORATED
 POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

ANEXO 6

MANUAL DEL USUARIO DE
LA MAQUINA TALADRADORA
CNC - EIE

MANUAL DEL USUARIO PARA EL EQUIPO CNC - EIE.

Nota para los usuarios.

El presente manual está elaborado de manera sencilla con el propósito de facilitar el aprendizaje del manejo del equipo, el cual será de gran utilidad para todos aquellos usuarios que deseen realizar perforaciones en tabletas de circuito impreso, del tipo prototipo que se elaboran para propósitos particulares y para tabletas con acabado de fabrica elaboradas para propósitos mas generales; cualquiera que sea el tipo de tableta, se requerirá de la perforación de agujeros ubicados en sitios exactos y elaborados con calidad, esta capacidad la posee el equipo CNC-EIE, el cual Usted estará en capacidad de manejar en cuanto estudie este manual.

CONTENIDO.

1. Introducción.
2. Características del sistema.
3. Requerimientos del equipo.
 - De potencia.
 - De software.
 - De hardware.
4. Especificaciones del equipo.
 - Dimensiones.
 - Velocidad máxima y mínima.
 - Tiempo máxima de operación.
 - Materiales para los cuales es aplicables.
 - Tipos y diámetros de brocas que deben utilizarse.
5. precauciones en el manejo del equipo.
 - Espacio físico requerido por el equipo.
 - Equipo para protección para el usuario.
 - Ubicación correcta de la broca con respecto al equipo.
6. Guía de operación del equipo.
 - Formas de operación del sistema.
 - Colocación de las piezas de trabajo.
 - secuencia de pasos para operar el equipo.

1. INTRODUCCION.

El sistema CNC-EIE, es un moderno equipo controlado numéricamente por computadora que permite perforar agujeros con precisión en tabletas de circuito impreso (PCB) de tipo prototipo.

Esta máquina es capaz de perforar agujeros hasta de 3.2 mm con una precision de aproximadamente 1/90 mm. en tabletas de circuito impreso hasta de 3 mm. ó materiales similares.

Forman un solo conjunto con la caja de control FEEDBACK CNC-932 y la tarjeta de interfase FEEDBACK MIC-926. Este sistema es controlado por el programa CNC-EIE, el cual sirve de enlace entre el usuario y el equipo. Unidos estos elementos, permiten la ejecución de las perforaciones en tabletas de circuito impreso de acuerdo a diseños realizados por el usuario con la ayuda de otros programas de especializados como lo es EAGLE.

2. COMPONENTES DEL SISTEMA.

El sistema esta compuesto por cuatro módulos:

- Una computadora IBM PC con una unidad de disco flexible y con una tarjeta interfase (FEEDBACK MIC 926) instalada en una de sus ranuras de expansión.
- Una caja de control FEEDBACK CNC-932 conteniendo toda la circuitería de control y tablero de indicadores del funcionamiento de los diferentes componentes.
- La máquina taladradora CNC-EIE para perforar tabletas de circuito impreso.
- Fuente de poder de la máquina CNC-EIE.

3. REQUERIMIENTOS DEL EQUIPO.

Requerimientos de potencia.

ELEMENTOS	POTENCIA REQUERIDA
- Computadora IBM PC o compatible	220 V A.C o 110 V A.C verificar manual.
- Monitor VGA a color.	110 V A.C verificar manual.
- Fuente de poder de la máquina taladradora	110 V AC
- Caja de control e indicadores de funcionamiento del sistema.	110 V AC

Requerimientos de software.

Disquetes conteniendo el compilador pascal versión 4.0 o mayor para ejecutar el programa del equipo (CNC-EIE) en forma de código fuente ó un disquete conteniendo el programa controlador (CNC-EIE) en su forma ejecutable.

Un disquete adicional para grabar los programas que sean elaborados en cualquiera de las rutinas del programa CNC-EIE.

Requerimientos de Hardware.

Los cuatro módulos mencionados en la sección 2 "Componentes del sistema" de este manual, todos conectados por sus respectivos conectores según el diagrama siguiente:

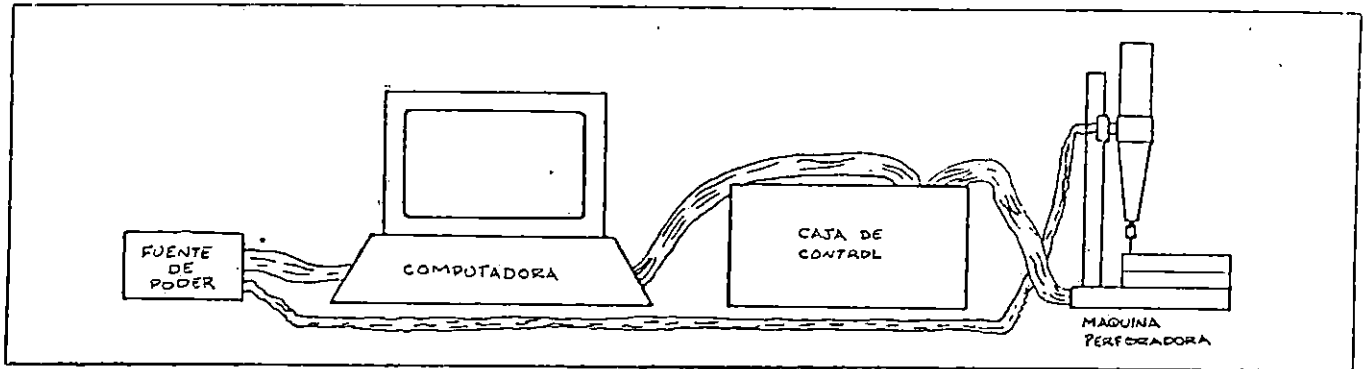


Fig. 1 - Diagrama de conexiones del sistema cnc-eie

4. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO.

En la tabla 2 se resumen las especificaciones de la máquina perforadora:

Tabla 2 Especificaciones de la máquina perforadora componente del sistema CNC-EIE.

DIMENSIONES

Área de la máquina perforadora con las plataformas en el origen.	73 cm x 73 cm
Area de la máquina con ambas plataformas totalmente extendidas	90 cm x 90 cm
Altura de la máquina incluyendo el motor de rotación	75 cms.
Altura máxima de la broca a la superficie de trabajo.	25 mm.
Area máxima de perforación.	40 cm. x 40 cm.

VELOCIDADES DE OPERACION

Motores de paso desplazamientos horizontales	máxima 5 mm/seg.
Motor de paso desplazamiento vertical.	máxima 5 mm/seg.
Motor AC para giro del taladro	máxima 25,000 rpm.

TIEMPO MAXIMO DE OPERACION

El tiempo máximo de operación del sistema es de 30 minutos, esta limitación es debida al calentamiento que puede sufrir el motor de rotación, se recomienda vigilar atentamente su funcionamiento para evitar posibles daños al mismo.

MATERIALES DE TRABAJO PARA LOS CUALES ESTA DISEÑADO EL EQUIPO.

DESIGNACION DE PCB	APLICACION
FR-2	Radios, calculadoras, juguetes y aparatos de tv.
FR-3	Productos de uso masivo, computadoras, televisores, equipo de comunicación.
CEM-1	Detectores de humo, televisión y calculadoras.
CEM-3	Computadoras, automóviles y productos de entretenimiento para el hogar.
FR-4	La mas ampliamente usada en proyectos aeroespaciales, comunicaciones y periféricos, controles industriales y en la industria automotriz.
FR-5	Utilizado donde se necesita alta resistencia al calor.

TIPOS Y DIAMETROS DE BROCAS

T I P O	DIAMETRO MAXIMO
HSS (acero de alta velocidad)	3.2 mm.
Punta de tungsteno del tipo husillo recto.	3.2 mm.

5. PRECAUCIONES EN EL MANEJO DEL EQUIPO.

Espacio requerido por el equipo.

Para que el equipo pueda ser utilizado óptimamente necesita de un espacio físico de 3 m² (1.5 m x 2 m), ya que de esta manera puede colocarse con suficiente holgura los cuatro módulos.

Equipo para protección y precauciones que el usuario debe guardar.

El Usuario de la máquina perforadora preferentemente deberá utilizar equipo de protección, tal como lentes de fibra de vidrio cerrados para evitar daños en los ojos debido a las partículas que se desprenden durante el proceso. Además para su seguridad el usuario deberá guardar las siguientes precauciones :

- Evitar colocar las manos o cualquier parte del cuerpo cerca de la broca mientras se encuentra trabajando.
- Colocarse a una distancia conveniente y adecuada del equipo para evitar un choque con las plataformas móviles durante el proceso.
- Se recomienda a los usuarios sujetarse el cabello a fin de evitar accidentes con el husillo mientras se encuentra rotando.

Ubicación correcta de la broca respecto a la plataforma.

Este es un punto importante ya que una de las modalidades de operar que posee el programa CNC-EIE consiste en ^{construir} libremente los desplazamientos de los tres ejes, en este caso deberá tenerse mucho cuidado en cuanto a la coordinación del movimiento vertical con respecto a los movimientos horizontales porque podría producirse un choque de la broca con la plataforma de trabajo y dañar el equipo ó los soportes.

Al momento de colocar la broca será necesario medir la distancia de la punta de la broca a la plataforma y/o a la superficie de trabajo ya que será necesario introducir este dato más adelante en el programa para evitar que la broca perfora la plataforma de trabajo o se quiebre.

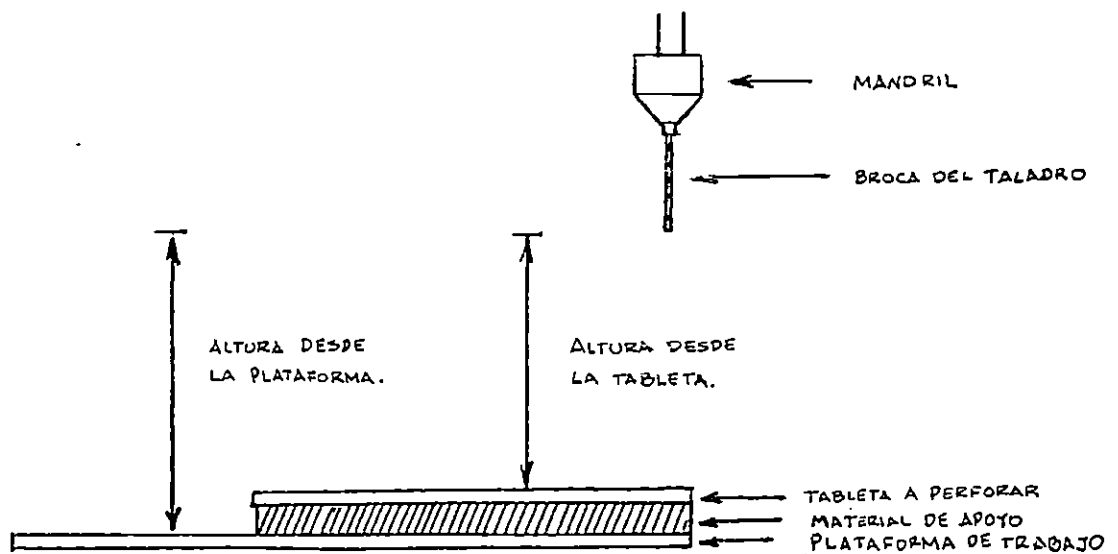


Fig. 2 - Medidas que es necesario tomar antes de comenzar a ejecutar un programa de perforación a fin de contar con una operación segura.

6. GUIA PARA OPERACION DEL EQUIPO.

FORMAS DE OPERACION DEL SISTEMA.

El sistema CNC-EIE posee cuatro modalidades para realizar la perforación de tabletas de circuito impreso, cuando se habla de diferentes modalidades de trabajo se refiere a la forma de introducir las coordenadas que servirán posteriormente para realizar la perforación. Dependerá de la aplicación requerida para escoger la modalidad que se prefiera utilizar.

Las modalidades de trabajo son:

- Realizar el diseño del circuito impreso en un paquete propio y especializado para ello (Tal como EAGLE) y obtener en forma de archivo las coordenadas de las perforaciones para luego leer este archivo desde el programa CNC-EIE, y luego perforar la PCB.

- Digitar el conjunto de coordenadas de la PCB que se desea perforar usando la rutina EDICION DE COORDENADAS, para luego ejecutar la rutina de perforación. dichas coordenadas podrían haber sido tomadas directamente de la tableta a perforar tomando como base un punto de origen.

Nota : este proceso podría ser largo para tabletas de tamaño mediano a grande, pero se considera conveniente para casos en que la tableta haya sido diseñada en un programa diferente a EAGLE y se desea producir este diseño en serie.

- Introducir las coordenadas y perforar simultáneamente los agujeros que se deseen sobre la PCB por medio de la rutina MODO BLOQUE del programa CNC-EIE.

- Programar las coordenadas a realizar en forma de programa de control. Para ello se hace necesario conocer todas las coordenadas de los agujeros. El programa de control también permite introducir profundidad de los agujeros y velocidad de penetración. El programa CNC-EIE provee este modo de operación como muestra del control numérico de la máquina y como utilidad cuando se requiera utilizar la máquina para propósitos especiales.

Para mayores detalles a cerca del manejo de cada una de las rutinas del programa CNC-EIE referirse al capítulo V del presente trabajo de graduación.

COLOCACIÓN DE LAS PIEZAS DE TRABAJO.

La colocación de la PCB que se va perforar es importante ya que de ello dependerá un buen resultado. Por lo tanto se debe considerar estos factores:

- 1- La tableta de circuito impreso (PCB) debe estar referida al origen de la máquina.

- 2- Debe ser plana, sin protuberancias o combas.
- 3- Debe estar completamente asentada en una base colchón de tamaño similar a la PCB.
- 4- Debe estar completamente fija a la plataforma de trabajo por medio de los soportes.

SECUENCIA DE PASOS PARA OPERAR EL EQUIPO.

- 1 - Revisar que cada uno de los módulos del sistema (CNC-EIE) estén conectados entre sí, y con su suministro de potencia requerido. Sujetar la pieza de trabajo (tarjeta de circuito impreso) firmemente a la plataforma horizontal superior siguiendo las indicaciones de la sección 7.2 de este manual.
- 2 - Encender la computadora y cargar el programa CNC-EIE.
- 3 - Revise que tenga a mano el disco que contiene el programa ejecutable CNC-EIE.
- 4 - Seguir la secuencia de pasos sugeridos por el programa tal como: encender la caja de control, escoger la modalidad de trabajo del equipo.
- 5 - Tener un disquete adicional para archivar los programas elaborados o recuperar alguno ya hecho.
- 6 - Escoger una modalidad de trabajo y ejecutarla. (ver capítulo V del presente trabajo de graduación).
- 7 - Grabar el programa desarrollado (si la modalidad lo requiere).
- 8 - Correr el programa de perforación, esperando los intervalos de tiempo dados automáticamente por la máquina perforadora, para evitar calentamiento excesivo del motor de rotación.
- 9 - Una vez terminado el trabajo apagar el equipo.
- 10 - Retirar la pieza de trabajo elaborada.

NOTA IMPORTANTE: Verifique que la máquina perforadora se encuentre completamente apagada **ANTES** de proceder a cambiar brocas

ANEXO 7

**PERFIL
DE UN PROYECTO DE INGENIERIA
ORIENTADO
A LA PUESTA EN OPERACION
DE LA MAQUINA CNC-EIE**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

PROYECTO DE INGENIERIA:

"PUESTA EN OPERACION DE LA MAQUINA CNC-EIE PARA LA PERFORACION DE CIRCUITOS IMPRESOS"

ANTECEDENTES:

La EIE necesita contar con una máquina capaz de perforar circuitos impresos controlada numéricamente por computadora a partir de diseños realizados usando programas de CAD.

Para ello se cuenta con el diseño de las partes mecánicas construidas en un trabajo de graduación, las cuales incluyen también la circuitería de control de la máquina, los motores de paso para el posicionamiento y el motor para la producción de la rotación en la máquina; además se cuenta con un sistema de software de control para la misma.

OBJETIVOS:

A partir de las partes mecánicas existentes, realizar una revisión al diseño de las mismas para proceder a su ajuste y ensamblaje para la puesta en operación de la máquina.

A partir de la circuitería y el programa de control realizar las modificaciones y/o mejoras que sean necesarias para adaptarse al diseño definitivo de la Máquina CNC-EIE.

ALCANCES:

Realizar el ensamblaje de las partes de la máquina CNC-EIE existentes tomando en cuenta los criterios de diseño mecánico para la revisión y mejora del diseño, para su puesta en operación bajo el control de la circuitería y el programa que se poseen adaptados a las nuevos componentes y/o dimensiones que pudiera ser necesario modificar.

JUSTIFICACION:

La perforación de tabletas de circuito impreso es una tarea que exige mucho trabajo manualmente. Tomando en cuenta que se posee ya los principales componentes para la construcción de la máquina en mención, su puesta en operación permitiría a la EIE el desarrollar Proyectos de Ingeniería y Trabajos de Graduación que involucren la implementación de circuitos impresos con una calidad profesional.

CATEGORIA: Diseño de Sistemas.

PARTICIPANTES:

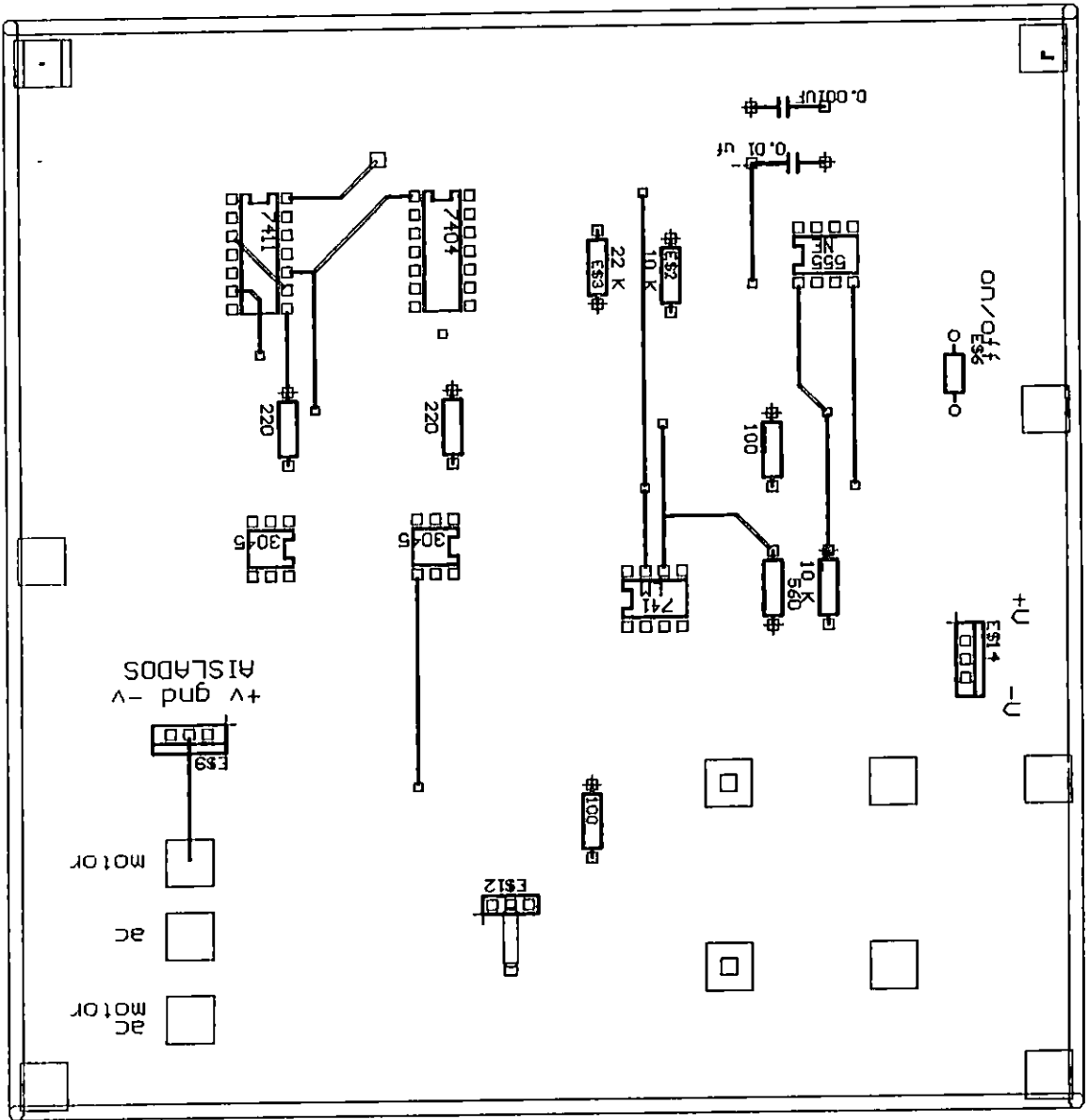
- 2 Estudiantes de Ingeniería Mecánica
- 1 Estudiante de Ingeniería Eléctrica

Asesores:

- 2 Asesores de Ingeniería Mecánica en el área de Diseño de máquinas
- 2 Asesores de Ingeniería Eléctrica en el área de Electrónica
- Oscar E. Morales y Mario A. Navas, responsables del diseño en el Trabajo de Graduación que sirve de base a este proyecto.

ANEXO 8

**TARJETA ELECTRONICA
DEL CONTROL
DE ENCENDIDO/APAGADO
DEL MOTOR DE ROTACION
DE LA MAQUINA CNC-EIE**



AISLADOS
+v gnd -v

motor
ac
ac motor

ON/OFF
ES15

+U
-U
ES14

ES2
10K
ES3
22K

0.001uF
0.01uF

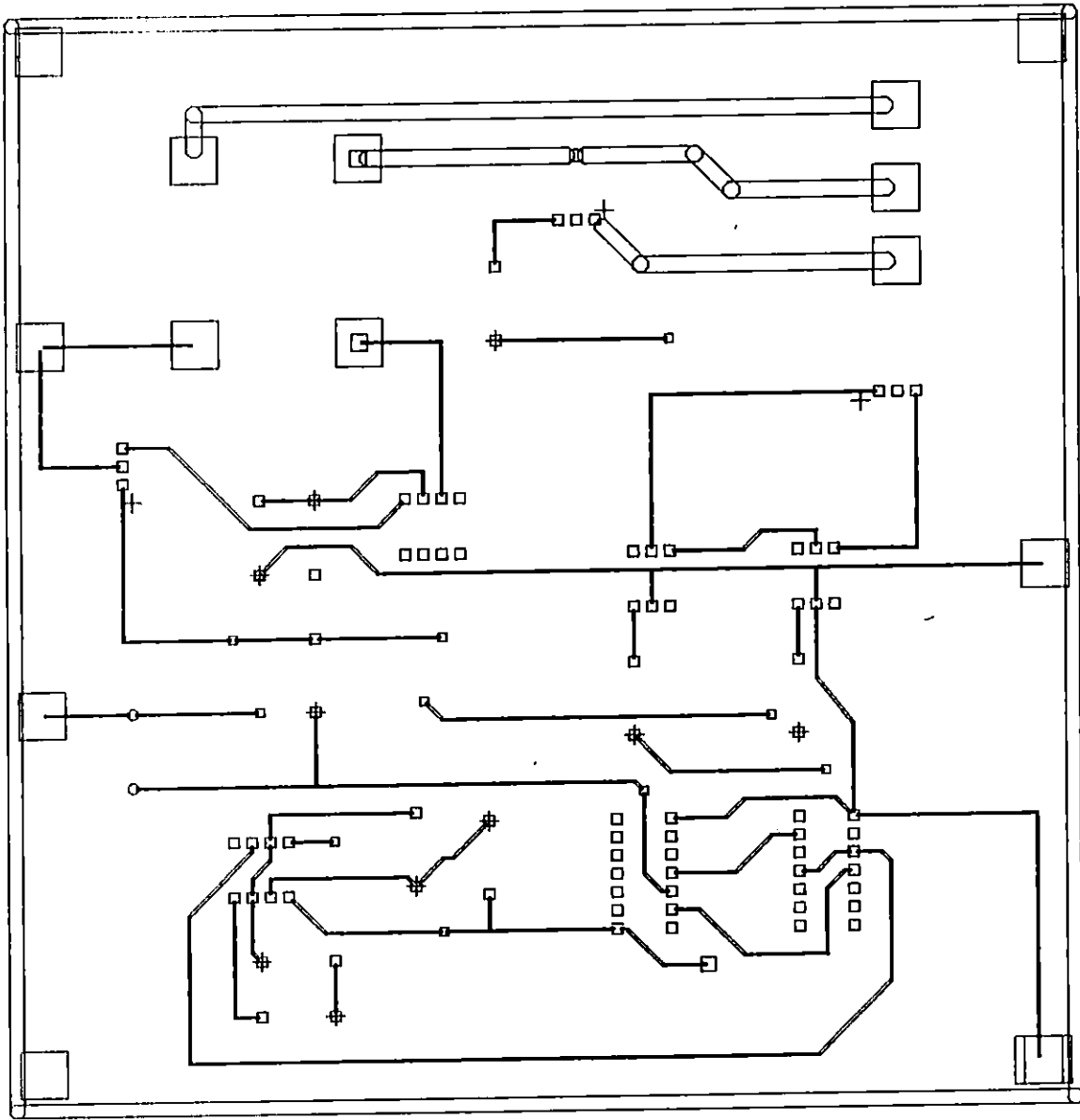
100
10K
560

220
30
5

30
5

7404
7411

ES12
100



ANEXO 9

**TARJETA ELECTRONICA
DE LAS ETAPAS DE CONTROL
DE POTENCIA
DE LOS MOTORES DE PASO
DE LA MAQUINA CNC-EIE**

