



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA:

**CONSTRUCCIÓN DE UNA MAQUINA IMPRESORA DE CIRCUITOS IMPRESOS
PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA MECATRÓNICA.**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

AUTOR: JOSÉ ALBERTO MALDONADO TITUAÑA

DIRECTOR: ING. HENRY CERVANTES

**IBARRA – ECUADOR
JUNIO 2015**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

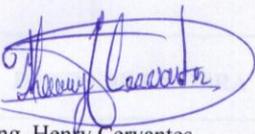
CERTIFICACIÓN

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

Certifico que el presente trabajo, fue desarrollado por el Señor José Alberto Maldonado Tituaña, bajo la supervisión del que certifica.

Por medio del presente documento dejo constata mi voluntad de participar en este proyecto, para lo que pongo a disposición de la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula:	100284791-9
Apellidos y Nombres:	Maldonado Tituaña José Alberto
Dirección:	Horros Familiares, Calle Esmeraldas
E-mail:	josealberto1014@hotmail.com
Teléfono:	908921517
Título:	 Ing. Henry Cervantes DIRECTOR DEL PROYECTO
Autor:	Maldonado Tituaña José Alberto

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos en esta forma, con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo que pongo la disposición de la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
Cédula:	100284791-9
Apellidos y Nombres:	Maldonado Tituaña Jose Alberto
Dirección:	Huertos Familiares , Calle Esmeraldas
E-mail:	josealbertoo2014@hotmail.com
Teléfono:	0989345317
DATOS DE LA OBRA	
Título:	Construcción de una maquina impresora de circuitos impresos para el laboratorio de automatización industrial de la carrera de Ingeniería Mecatrónica.
Autor:	Maldonado Tituaña Jose Alberto

Fecha:	JUNIO 2015
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero en Mecatrónica
Director :	Ing. Henry Cervantes

2. Autorización de uso a favor de la Universidad

Yo, Maldonado Tituaña José Alberto, con cédula de identidad 100284791-9, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el repositorio Digital Institucional y uso del archivo en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para aplicar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

Maldonado Tituaña José Alberto

Cédula de identidad 100284791-9

Fecha: los 15 días del mes de Junio del 2015

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Maldonado Tituaña José Alberto, con cédula de identidad 100284791-9, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "Construcción de una maquina impresora de circuitos impresos para el laboratorio de automatización industrial de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi calidad de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

(Firma):



Nombre: Maldonado Tituaña José Alberto

Cédula: 100284791-9

Ibarra, a los 15 días del mes de Junio del 2015



ING. BETY CRÁVEZ
JEFE DE BIBLIOTECA

CONSTANCIA

Gracias por la vida y un nuevo amanecer, por permitirme tener junto a mí a mis familiares y compañeros de trabajo que con su ejemplo de constancia han demostrado que con sacrificio se pueden alcanzar las más grandes metas.

Yo, JOSÉ ALBERTO MALDONADO TITUAÑA, manifiesto que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Gracias a mi amigo y a la vez tutor de mi tesis, El ingeniero Henry Cervantes por darme todo su apoyo, su conocimiento y presencia para finalizar este trabajo de tesis y gracias. Gracias por su ayuda.

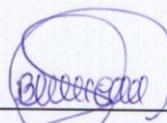
Gracias a mis padres quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, por su apoyo emocional su amor y confianza.

Ibarra, a los 15 días del mes de Junio del 2015

EL AUTOR: ACEPTACIÓN:



JOSÉ ALBERTO MALDONADO TITUAÑA
100284791-9
AUTOR



ING. BETTY CHÁVEZ
JEFE DE BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida y un nuevo amanecer, por permitirme tener junto a mí a mis familiares y compañeros de trabajo que con su ejemplo de constancia han demostrado que con sacrificio se logran alcanzar las más grandes metas.

A la Gloriosa Universidad Técnica del Norte y sus buenos maestros, por haberme permitido recibir conocimientos que han lucrado y ayudado a ver realizas las metas planteadas en mi vida profesional.

Especialmente a mi amigo y a la vez tutor de mi tesis, El Ingeniero Henry Cervantes por brindarme todo su apoyo, su conocimiento y presencia para finalizar este trabajo de tesis de grado. Gracias por su ayuda.

Principalmente a mis padres quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional su amor y confianza.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, porque me ha concedido con su infinito amor y bendición llegar a conseguir este objetivo tan anhelado.

A mis padres Alberto Maldonado y Mercedes Tituaña por sus consejos, amor y sacrificio, perseverancia y constancia, porque gracias a ellos hoy puedo ver realizada mi meta, y a mi hermano Arturo por ser ejemplo de lucha en la vida, porque fueron ellos los que estuvieron siempre impulsándome, dándome ánimos en los momentos más difíciles de mi vida estudiantil, por el orgullo que sienten y la confianza depositada en mí.

PRESENTACIÓN

La construcción de la máquina impresora de circuitos impresos, es una alternativa y ayuda para las prácticas que se realiza en el laboratorio de automatización industrial de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, puesto que estos últimos años la tecnología para la fabricación de circuitos impresos y las herramientas para su diseño han avanzado a pasos agigantados de tal manera que existen circuitos electrónicos muy complejos, que un humano no podría realizarlo con facilidad.

Esta máquina impresora está dividida en dos grandes sistemas, el electrónico y mecánico.

El primero está formado de una Pc, programas y dispositivos de control, donde se realizara los diseños de los circuitos electrónicos colocando los componentes y las conexiones correspondientes. Para luego enviar mediante una comunicación de interfaz paralela un conjunto de órdenes que siguen una secuencias lógicas que constituye un programa maquinado CNC, dándole así ordenes o instrucciones a la máquina a imprimir en la placa de cobre (baquelita) el circuito electrónico.

La parte mecánica consiste de una mesa, motores paso a paso y tres ejes que permiten cumplir con el desplazamiento de la herramienta de impresión sobre el plano, el marcador indeleble que está sujeta al eje Z describe un movimiento vertical en caso de elevar o descender sobre el plano, de igual forma, marcador indeleble se desplaza de derecha a izquierda en el plano X,Y. Cada uno de estos movimientos se activan por medio de contactos, que emiten una señal programable a conveniencia en este caso a sensores que son ubicados en los extremos de cada eje y programados para que los motores se detengan y no sobrepasen los límites del diseño y al mismo tiempo establece su área de trabajo, y de esa manera sale el circuito electrónico impresa en la placa de cobre (baquelita) terminada y lista para ser enviada al ácido cloruro férrico. U otro que cumpla la misma función.

Todo el proceso será controlado y visualizado desde la computadora y aplicaciones básicas desde el panel de control de la Máquina Impresora.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG.
1. <i>GENERALIDADES Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS</i>	23
1.1. Introducción a la Impresión de Baquelitas de Cobre.	23
1.2. La Automatización Industrial.	26
1.2.1. Definición.....	26
1.2.2. Partes de la Automatización.....	26
1.3. Robot Cartesiano Industrial.....	27
1.4. Control Numérico por Computadora.....	28
1.4.1. Programación Manual.	28
1.4.2. Programación Automática.....	29
1.4.3. Sistemas CAD /CAM – CAE.	30
1.4.4. Software para el Control CNC.....	31
1.4.5. KCAM4.....	32
1.4.6. Proceso de Control.	32
1.5. Motores a Pasos.	32
1.5.1. Descripción General de los Motores a Pasos.....	34
1.5.1.1. Motor a Pasos de Imán Permanente (Armazón Metálica).	34
1.6. Microcontroladores.	39
1.6.1. Microcontrolador PIC 16 F628A	40
1.6.2. PIC 12F675.....	42
1.7. Pantalla LCD 2 x 16	43
1.7.1. Características de la LCD 2 x 16.	44
1.8. Tornillo Sin Fin.	45
1.9. Sistema Sensorial.	46
1.9.1. Sensores fin de carrera.....	47
1.10. Elementos Terminales.	48
2. <i>DISEÑO DE LA MAQUINA IMPRESORA</i>	50
2.1. Estructura y Diseño Mecánico.	50
2.1.1. Plataforma de Trabajo.....	51
2.1.2. Diseño y selección del Mecanismo X, Y.	55
2.1.3. El eje Z.	78
2.2. Diseño del de Hardware de la Maquina Impresora.	81
2.2.1. Etapa de Potencia y Alimentación a la Maquina Impresora.....	81

2.2.2.	Etapa de Control desde la Pc.....	97
2.2.3.	Programación del Microcontrolador.....	108
2.2.4.	Conexión de los Dispositivos de Control.....	130
2.2.5.	Tarjeta de control de los motores.....	134
3.	IMPLEMENTACIÓN DE LA MAQUINA IMPRESORA.....	135
3.1.	Mesa de trabajo.....	137
3.2.	Implementación de los ejes X, Y y Z.....	137
3.2.1.	Implementación del eje X.....	137
3.2.2.	Implementación del eje Y.....	139
3.2.3.	Implementación del eje Z.....	140
3.3.	Sensores.....	144
3.4.	Caja de Control.....	145
3.4.1.	Placas Electrónicas de la Maquina Impresora.....	146
3.4.2.	Panel de Control de la Maquina Impresora.....	147
3.4.3.	Switch de Encendido (ON /OF).....	147
3.4.4.	Sujeción de la Baquelita.....	148
4.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	149
4.1.	Funcionamiento Mecánico e Instrumentación.....	149
4.2.	Pruebas de Funcionamiento de la Maquina Impresora.....	149
4.2.1.	Desplazamiento en el eje X.....	149
4.2.2.	Desplazamiento en el eje Y.....	151
4.2.3.	Desplazamiento en el eje Z.....	153
4.3.	Ensayos en Modo Automático.....	155
4.4.	Ensayo en Modo Manual (Figuras).....	174
4.5.	Ensayo en Modo Imprimir Desde un Archivo Generado.....	175
4.6.	Análisis de Costos de la Maquina Impresora.....	175
4.6.1.	Costos de Construcción.....	175
4.6.1.	Análisis de Recuperación de la Inversión Realizada en la Maquina Impresora.....	180
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	182
5.1.	Conclusiones.....	182
5.2.	Recomendaciones.....	183
6.	LIBROS Y MANUALES.....	185
7.	DIRECCIONES ELECTRONICAS.....	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Fresadora de prototipos ProtoMat s42.	25
Figura 1.2. Robot Cartesiano.....	28
Figura 1.3. Máquina Industrial CNC.....	30
Figura 1.4. CAD/CAM_CNC.....	31
Figura 1.5. Robot Cartesiano.....	31
Figura 1.6. Motores de Pasos	33
Figura 1.7. Motores Paso a Paso.....	33
Figura 1.8. Motor Magneto Permanente.....	34
Figura 1.9. Rotor.....	35
Figura 1.10. Estator Cuatro Bobinas	35
Figura 1.11. Motor PAP unipolar	37
Figura 1.12. Diagrama de Bloques de un Sistema de Motor de Pasos	39
Figura 1.13. Microcontrolador.....	39
Figura 1.14. Esquema de un Microcontrolador	40
Figura 1.15. Esquema de Elementos de Adquisición de Datos.	40
Figura 1.16. Micro controlador PIC 16F628a	41
Figura 1.17. Pantalla LCD 2 x 16.....	44
Figura 1.18. Mecanismo de Tornillo sin Fin.	46
Figura. 1.19. Fin de carrera de contacto (a) Aspecto físico (b) Funcionamiento interno....	48
Figura. 1.20. Juegos de los principales Elementos Terminales	48
Figura 2.1. Estructura X, Y y Z de la Maquina Impresora	50
Figura 2.2. Plataforma de Trabajo	51
Figura 2.3. Movimiento en el Eje X.	58
Figura 2.4. Movimiento en el Eje Y.	58
Figura 2.5. Carro Principal.....	32
Figura 2.6. Guías X, Y.....	69
Figura 2.7. Diagrama de Fuerza, Momentos y Cortes de los Ejes Guías.....	36
Figura 2.8. Tornillo Sin Fin Utilizado en el Proyecto	57
Figura 2.9. Rodamiento de Bolas.....	44
Figura 2.10. Movimiento en el Eje Z de la Maquina Impresora.....	49

Figura 2.11. Abrazadera de Grillón.....	50
Figura 2.12. Electroimán del Eje Z.	79
Figura 2.13. Esquema general de la Maquina y sus Partes.	80
Figura 2.14. Esquema del Hardware Electrónico de la Maquina Impresora.....	81
Figura 2.15. Diagrama Principal de la tarjeta de control para los motores	82
Figura 2.16. Diagrama Fuente de Alimentación, Fuente Externa de PC	90
Figura 2.17. Conexiones, Microcontrolador, Amplificador ULN2003.....	93
Figura 2.18. Principio de funcionamiento del driver de motores de paso a paso.....	94
Figura 2.19. Secuencia de Funcionamiento de un Motor Paso a Paso.....	94
Figura 2.20. Interface de Control del Marcador a Trabajar a 110v.....	95
Figura 2.21. Diagrama de control de Motores a Pasos con Mosfets.....	96
Figura 2.22. Diagrama de conexiones, Entradas para los Switches Fin de Carrera.	97
Figura 2.23. Diagrama de Interface PC, Tarjeta de Control (Automático /Manual).....	101
Figura 2.24. Circuito de selección Automático / Manual.	102
Figura 2.25. Interface paralela Con la PC.	103
Figura 2.26. Conectores Paralelos Macho - Hembra	104
Figura 2.27. Distribución de Pines del Conector DB25	104
Figura 2.28. Diagrama de Conexiones Microcontrolador y Lcd.....	106
Figura 2.29. Generador de Pulsos / Movimiento Manual.	107
Figura 2.30. Compilador PicBasic Pro (PBP).	109
Figura 2.31. Software MicroCode Studio.	110
Figura 2.32. Diagrama de Flujo del Programa Principal.....	111
Figura 2.33. Diagrama de Flujo del Programa Modo Automático / Manual.	112
Figura 2.34. Diagrama de Flujo Oscilador de velocidad en manual.	113
Figura 2.35. Diagrama de Flujo Para el Movimiento de Motores.....	114
Figura 2.36. Diagrama de Flujo para la Visualización en la LCD.	115
Figura 2.37. Pantalla Prótel.	117
Figura 2.38. Desplazamiento del CNC.....	118
Figura 2.39. Herramientas de Viewpoint de Grafico Plotter.....	121
Figura 2.40. Ventana GCode Editor.....	122
Figura 2.41. Pantalla de Control CNC.	122
Figura 2.42. Pantalla de Control CNC.	123
Figura 2.43. Pantalla de Comunicación Control CNC.....	123

Figura 2.44. Tabla de Opciones de Configuración de la Maquina.	124
Figura 2.45. Ventana de Temporización del Sistema.	125
Figura 2.46. Tabla de Parámetros del CNC.	125
Figura 2.47. Tabla de Parámetros del CNC.	128
Figura 2.48. Tabla de selección de Puertos E/S.	128
Figura 2.49. Tabla de parámetros de Configuración Bits.	129
Figura 2.50. Ubicación de los elementos en la Tarjeta de Control para los Motores de Pasos.	131
Figura 2.51. Ruteado de las Pistas de la Tarjeta de Control de los Motores de Pasos.	132
Figura 2.52. Ruteado de Pistas de la Tarjeta AUTO/MANUAL.	132
Figura 2.53. Tarjeta de Ubicación de los Elementos en la tarjeta AUTO / MANUAL. ...	133
Figura 2.54. Tarjeta de Control de los Motores.	134
Figura 3.1. Proceso de fabricación de placa	135
Figura 3.2. Proceso de fabricación de placa	136
Figura 3.3. Partes Principales de la Maquina Impresora.	136
Figura 3.4 Plataforma para el Diseño	95
Figura 3.5. Ubicación del motor en el eje X.	138
Figura 3.6. Ubicación del motor en el eje Y	97
Figura 3.7 Varilla del eje Y.	98
Figura 3.8. Ubicación del eje Y.	140
Figura 3.9. Ubicación de eje Z en Equipo de Ruteado.	141
Figura 3.10. Electroimán para Z.	142
Figura 3.11. Electroimán.	142
Figura 3.12. Eje Z (vista Superior)	143
Figura 3.13. Abrazadera de Grilon.	144
Figura 3.14. Ubicación de la Herramienta de Trabajo.	144
Figura 3.15. Ubicación de los sensores fin de carrera.	145
Figura 3.16. Caja de Control	145
Figura 3.17. Placas de la Maquina Impresora.	146
Figura 3.18. Panel de Botones y Lcd Instaladas	147
Figura 3.19. Switch de Encendido y Apagado.	147
Figura 3.20. Barras para Sujeción de baquelita.	148

Figura 4.1. Movimiento en el Eje X.....	151
Figura 4.2. Movimiento en el Eje Y (Vista Frontal).....	152
Figura 4.3. Movimiento del Eje Y (Vista Lateral).....	153
Figura 4.4. Movimiento en el Eje Z.....	110
Figura 4.5. Abrazadera.....	155
Figura 4.6. Pantalla Próteus 8.....	156
Figura 4.7. Pantalla ISIS Proteus 8.....	156
Figura 4.8. Pantalla de Guardar Proyecto Proteus 8.....	157
Figura 4.9. Pantalla con el Circuito en ISIS.....	157
Figura 4.10. Pantalla en ARES de Proteus 8.....	158
Figura 4.11. Pantalla en ARES con Pistas Diseñadas.....	158
Figura 4.12. Pantalla con Selección de Archivo DXF.....	159
Figura 4.13. Pantalla con selección de PCB en ARES.....	159
Figura 4.14. Archivo Guardado en DXF.....	160
Figura 4.15. Pantalla Generar Archivo DXF.....	160
Figura 4.16. Pantalla Inicial de KCAM4.....	161
Figura 4.17. Pantalla Lista para Setear Parámetros.....	161
Figura 4.18. Pantalla de Table Setup.....	162
Figura 4.19. Pantalla Options CNC.....	162
Figura 4.20. Pantalla Options - General CNC.....	163
Figura 4.21. Pantalla de opciones para la Configuración de Archivo HPGL.....	163
Figura 4.22. Pantalla de opciones para la Configuración de Archivo DXF.....	164
Figura 4.23. Pantalla de opciones Seteo de Comunicación Pórtico paralelo.....	164
Figura 4.24. Pantalla de Configuración Pórtico Paralelo.....	165
Figura 4.25. Pantalla de Configuración Pórtico Paralelo.....	165
Figura 4.26. Pantalla de Pasos Para Cargar Archivo HPGL.....	166
Figura 4.27. Pantalla de Pasos Para Cargar Archivo DXF.....	167
Figura 4.28. Pantalla KCAM4 con Archivo Cargado.....	167
Figura 4.29. Pantalla con los Puntos de Inicio en Cero.....	168
Figura 4.30. Pantalla para Seleccionar Modo Automático.....	168
Figura 4.31. Pantalla lista para Enviar e Imprimir.....	125
Figura 4.32. Circuito en la Pantalla de Diseño.....	169

Figura 4.33. Circuito Impreso Desde el Computador.....	170
Figura 4.34. Pantalla KCAM4 para el Movimiento Manual.	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Comparación entre Motores Unipolares y Bipolares.....	365
Tabla 1.2. Secuencia para un Motor unipolar (paso simple).....	376
Tabla 1.3. Secuencia para un Motor unipolar (Normal).	387
Tabla 1.4. Secuencia para un Motor unipolar (Medio Paso).....	387
Tabla 1.5. Características PIC 16F628A.	40
Tabla 1.6. Características del PIC 12F675.	432
Tabla 1.7. Datos de la Pantalla LCD	43
Tabla 1.8. Herramientas Terminales más Comunes en Maquinas Industriales.	49
Tabla 2.1. Dimensiones de Carro Principal.....	51
Tabla 2.2. Ponderación del Material a Seleccionar	52
Tabla 2.3. Características del Acrílico	53
Tabla 2.4. Dimensiones del Carro Principal	53
Tabla 2.5. Clasificación de los Aceros	54
Tabla 2.6. Tipos de Aceros y sus Esfuerzos S_y (F_y : flexión) y F_u	55
Tabla 2.7. Ponderación del Material a Seleccionar para el diseño de ejes y tornillo sin fin.....	56
Tabla 2.8. Definición de Roscas Normalizadas.....	67
Tabla 2.9. Dimensiones de Recorridos Guía	69
Tabla 2.10. Elasticidad del Acero ASTM – A36	70
Tabla 2.11. Interpretación de Resultados - Deformación del Eje	71
Tabla 2.12. Valores del factor de ajuste de la vida útil.	76
Tabla 2.13. Características del Rodamiento 609.....	776
Tabla 2.14. Elementos de control Preseleccionados para la tarjeta de control	82
Tabla 2.15. Comparaciones de los Uc 16f628a / 16f84a/ 12F675	83
Tabla 2.16. Comparaciones de los Motores Preseleccionados	84
Tabla 2.17. Motor Stp – 580106 pasó a paso	84
Tabla 2.18. Características Motor Stp – 580106	85
Tabla 2.19. Señales de Control de Motores	87
Tabla 2.20. Características de la Fuente de Alimentación	90
Tabla 2.21. Fuentes de Alimentación de la Maquina Impresora	90

Tabla 2.22. Control de motores Paso a Paso	91
Tabla 2.23. Función de los Pulsadores del Panel de Control	98
Tabla 2.24. Características del DB25	103
Tabla 2.25. Comandos Para la Pantalla LCD	106
Tabla 2.26. Puertos Utilizados del Pic 12F675	107
Tabla 2.27. Códigos G compatibles.	129
Tabla 2.28. Códigos M compatibles.....	130
Tabla 4.1. Número de pruebas del funcionamiento del eje X	149
Tabla 4.2. Número de pruebas del funcionamiento del eje Y	150
Tabla 4.3. Número de pruebas del eje Z	152
Tabla 4.4. Sistema de Pruebas Maquina Impresora Vs Método Manual	171
Tabla 4.5. Pruebas de Precisión en Imprimir el Circuito Con la Maquina Impresora ...	172
Tabla 4.6. Costos de los Elementos de la Tarjeta de Control Automático / Manual	175
Tabla 4.7. Costos de los Elementos de la Tarjeta de Control de Motores	176
Tabla 4.8. Costos de los Elementos del Sistema Mecánico	177
Tabla 4.9. Costos de Mecanizados	178
Tabla 4.10. Costos de Ensamblaje	178
Tabla 4.11. Costos de Recursos Materiales	178

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A1: ESTRUCTURA DEL MICROCONTROLADOR 16F628A.....	187
Anexo A2: MOTORES A PASOS	189
Anexo A3: TABLA DE SELECCIÓN DE CONDUCTORES	192
Anexo A4: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL INTEGRADO ULN 2003.	192
Anexo A5: TABLA DE VALORES ORIENTADOS DEL FACTOR DE AJUSTE	193
Anexo A6: TABLA DE VALORES VIDA NOMINAL L10h.....	195
Anexo A7: CATALOGO DE TIRISTORES Y TRIACS	196
Anexo A8: OPTOAI SLADORES - OPTOTRIAC	197
Anexo A9: RODAMIENTOS SKF.....	198
Anexo A10: EJES DE ACERO.....	198
Anexo A11: PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS EJES DE ACERO.....	199
Anexo A12: CÓDIGO DE PROGRAMA SELECCIÓN AUTOMÁTICO / MANUAL.	201
Anexo A13: CÓDIGO DE PROGRAMA PARA EL OSCILADOR DE LA VELOCIDAD MANUAL.	204
Anexo A14: CÓDIGO DE PROGRAMA MOVIMIENTO DE MOTORES.....	206
Anexo A15: CÓDIGO DE PROGRAMA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LA LCD.	209
Anexo A16: MANUAL DEL USUARIO	212
Anexo A 17: PLANO ELECTRICO DE LA MAQUINA IMPRESORA.....	217
Anexo A 18: PLANOS MECANICOS DE LA MAQUINAIMPRESORA.....	224

RESUMEN

El presente trabajo de grado está orientada a construir una Máquina CNC que permita imprimir directamente sobre (placa de cobre) baquelita circuitos de electricidad y electrónica básica, para lo cual se utiliza como herramienta un dispensador de tinta indeleble. El proceso de sus funciones básicas puede ser realizado manualmente por medio de los botones de su panel de control y desde un computador el proceso automático, mediante comunicación por el puerto paralelo. Luego de la impresión, la placa impresa debe ser sometida a un proceso químico conocido como "atacado con ácido", donde eliminara todo el cobre que no esté protegido por la tinta, dejando así únicamente las pistas del circuito diseñado. Su mayor ventaja es guardar en un archivo de la Pc después de un proceso que se realiza el de vectorización (mapeo matricial) para convertir cualquier formato que se tenga, a un formato final que indique posición para movimiento en los ejes X, Y y Z, lo cual permite repetir la misma impresión las veces que se desee desde su formato final.

La máquina impresora construida tiene dos motores que permiten los desplazamientos a lo largo y ancho sobre el plano horizontal y uno que sube o baja el marcador de tinta indeleble. El sistema está conformado por un panel de control de funciones básicas, una pantalla LCD que despliega opciones elementales de la máquina impresora, sensores fin de carrera que ayuda a definir el área de trabajo, puerto paralelo de comunicación. Para el control automático se utiliza un programa CNC que es KCAM4, y para el diseño de pistas y ruteado, cualquier programa de electrónica que permite realizar el diseño de los circuitos impresos. Para el proyecto se ha utilizado PROTEL para el ruteado y pruebas. Su control lo tiene los microcontroladores PIC16F628A programado en PICBASIC Pro, el mismo que permite manejar los motores, sensores y demás elementos electrónicos que posee.

Seguidamente se procede a ejecutar y analizar el funcionamiento de los sistemas y las pruebas de operación en modo manual, modo automático y mantenimiento de la máquina impresora de circuitos eléctricos y electrónica básica.

ABSTRACT

The present degree thesis is guided to build a CNC that allows to print directly Schemes on (copper badge) bakelite electricity circuits and electronic basic, for that which is used as tool a dispenser of indelible ink. The process of its basic functions can be carried out manually by means of the bellboys of its control panel and from a computer the automatic process, by means of communication for the parallel piazza. After the impression, the printed badge should be subjected to a well-known chemical process as having attacked with acid", where it eliminated the whole copper that not this protected by the ink, leaving this way only the hints of the designed circuit .Its bigger advantage is to keep in a file of the Pc after a process that is carried out that of vectorization (mapping matrix) to convert any format that one has, to a final format that indicates position for movement in the axes X,Y and Z, that which allows to repeat the same impression the times that it is wanted from its final format.

It schemes it built printer he/she has two motors that allow the displacements to the long thing and width on the horizontal plane and one that ascends or it goes down to the marker of indelible ink. The system this conformed by a panel of control of basic functions, a screen LCD that deploys elementary options of it schemes it printer, sensor career end that he/she helps to define the work area, parallel piazza of communication. For the automatic control a program CNC is used that is KCAM4, and for the design of hints and routed, any electronics program that allows to carry out the design of the printed circuits. For the project PROTEL has been used for the routed and tests. Their control has it the microchips PIC16F628A programmed in PICBASIC Pro, the same one that allows to manage the motors, sensors and other electronic elements that it possesses.

After concluding before with the processes mentioned, you proceeds to execute the pertinent analysis of the operation of the systems that is not but that the operation tests in manual way, automatic way and maintenance of it schemes it basic electric and electronic printer of circuits.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Introducción a la Impresión de Baquelitas de Cobre.

De manera que la tecnología va avanzando a pasos agigantados, está siendo demandada por las industrias para su desarrollo, crecimiento y fortalecimiento y en cuanto a la fabricación de placas de circuitos impresos PCB's no es la excepción. Un circuito impreso o placa electrónica, es una base para sostener un circuito electrónico, la cual está formada por un aislante y pistas conductoras las cuales forman el sistema de conexiones entre los dispositivos electrónicos.

La elaboración de placas de circuitos impresos es muy importante para las grandes o pequeñas industrias ya que influye en la competitividad de éstas, en cuanto más rápido y bien hechas es mejor, también en la calidad, portabilidad y duración que puedan tener los dispositivos electrónicos. Y no sólo para la industria son de gran importancia si no también para proyectos académicos, como presentación de trabajos finales, etc.

(REY, Fernando, 2012), Declara:

Las estadísticas de producción que tienen las empresas fabricantes de PCB's, es difícil conocerlas, sin embargo existen diferentes equipos electrónicos en los que podemos encontrar una placa de circuito impreso, equipos como; tablets, celulares, laptops, teclados, equipos de sonido y muchos más. Con estas cifras se nota la importancia que tiene la fabricación de los circuitos impresos, pues estos una vez terminados son ensamblados con otros componentes para formar un equipo electrónico, el cual ya está listo para salir al mercado.

Debido a la suma importancia que tienen las placas de circuito impreso (electrónica y electricidad) es necesario mencionar la elaboración de éstas: inicialmente se tiene que hacer el diseño de las pistas, que puede ser de forma manual o por software. En la forma manual se analizan todas las conexiones de cada dispositivo y por medio de una regla o a mano, se trazan las pistas. Por software, se crea el esquema eléctrico del circuito y después se obtiene un esquema en un plano que contempla la colocación y posición de los componentes, así como los puntos de interconexión, contactos, entradas y salidas del circuito.

(REY, Fernando, 2012), Dice:

Una vez que se han diseñado las pistas y la forma en la que quedarían, se procede a trasladar el esquema a la placa. En muchas industrias, universidades y colegios en la actualidad la forma más utilizada para trasladar el esquema a la placa, es mediante el calcado del impreso original hacia la placa. En este proceso se realiza el diseño del esquema de las pistas, que comúnmente se le llama (dibujo de circuito impreso), regularmente los alumnos manejan varios programas para realizarlo. Una vez que se obtiene este esquema se imprime en una hoja blanca papel bond para fotografía o PNP blue, cualquiera que sea la elección se hace en una impresora láser, si no se cuenta con ésta, se imprime y se obtiene una copia en una fotocopidora, después sobre una de las caras de la placa de cobre se coloca el esquemático, a esta colocación se le debe mantener fijo por medio de un adhesivo temporal o algunas pinzas, mientras se le incide calor con una plancha hasta que el dibujo queda marcado sobre la placa, de esta manera es como el hombre concluye la transferencia de su dibujo sobre la placa.

El proceso para obtener un circuito impreso, considerando que se ha perforado la placa, además de soldar los componentes, requiere de al menos dos horas-hombre. Con este trabajo se pretende hacer menos cargante y lenta, la fabricación de circuitos impresos.

Otra forma de realizar el PCB es utilizando máquinas por control numérico COMPUARIZADO (CNC), sin embargo presenta ventajas y desventajas. La ventaja principal de este método es que ya no se necesita imprimir un modelo para después ser transferido a la placa de cobre, pues el esquema lo hace directamente sobre la placa, tomando la información del archivo obtenido por el software para hacer circuitos impresos; además también presenta ahorro de tiempo y precisión en los trazos, el sistema es automático.

La desventaja principal consiste en los precios elevados y que por esta razón no sea posible su adquisición.

En el mercado existen muchas opciones de máquinas para elaboración de circuitos impresos. En la figura 1.1 se muestra uno de tantos modelos que existen, este modelo de fresadora CNC está diseñado para trabajar en materiales suaves madera, polímeros y cobre. Principalmente es utilizado para realizar circuitos impresos de electrónica básica y

electricidad.



Figura 1.1. Fresadora de prototipos Proteja s42.

Fuente:

<http://www.granabot.es/Modulos/dpe/Apuntes/Tema%201.9.1.pdf>

Este tipo de dispositivos disponibles en la industria ofrecen las siguientes ventajas:

- Área de trabajo de acuerdo a la necesidad.
- Motor AC monofásico de velocidad variable , de hasta 42.000rpm
- Mínimo tamaño de orificio: 0,15mm.
- Instalación de herramienta manual.
- Incluye paquete de software CircuitCAM S42.
- Conexión USB al PC a través RS 232.
- Recorrido a través del eje X, Y y Z.

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

- 50mm de desbaste por segundo.
- Motor con variación de velocidad de hasta 42000 rpm.
- 8 orificios por segundo.

1.2. La Automatización Industrial.

1.2.1. Definición.

(MARTÍNEZ, Victoriano Ángel, 2010), dice:

La automatización industrial nace a través de la necesidad de los seres humanos, esta es una ayuda de avance para la tecnología y su solución de problemas, dentro de la tecnología industrial. En la actualidad se usa para el reemplazo de operadoras de trabajo, permitiendo que el proceso industrial sea más fácil, rápido y eficiente, entre otros beneficios permite que el trabajo industrial sea más barato y factible.

En el campo de la tecnología, la automatización industrial nos ayuda a mejorar los procesos de producción y a su vez es una herramienta indispensable para competir en el mercado tecnológico.

1.2.2. Partes de la Automatización.

La automatización es un sistema en la cual se realiza tareas de producción, ejecutadas por operadores humanos a un conjunto de dispositivos tecnológicos:

1.2.2.1. Parte operativa.

Es la parte más esencial de la máquina ya que esta actúa directamente sobre ella. Y sus elementos son los que ayudan a realizar la operación deseada. Estos son:

- a) Detectores.
- b) Accionadores.
- c) Sensores Infrarrojo (Transmisor y Receptor).
- d) Motor Corriente Continua PASO A PASO.

1.2.2.2. Parte de mando.

La parte de mando es un autómata programable (de tecnología programada), compuesto por tarjetas electrónicas o módulos de control lógica (como la tecnología cableada).

- Tecnología Programada.
 - Ordenadores
 - Automatas Programables
- Tecnología Cableada.
 - Tarjetas Electrónicas
 - Módulos lógicos Neumáticos
 - Sistemas de relés

1.3. Robot Cartesiano Industrial.

El robot cartesiano, dentro de la clasificación general de los robots, es un robot industrial, que nace de la unión de una estructura mecánica con articulaciones y de un sistema electrónico de control en el que se integra una computadora. Esto permite la programación y control de los movimientos a efectuar por el robot y la memorización de las diversas secuencias de trabajo, por lo que le da al robot una gran flexibilidad y posibilita su adaptación a muy diversas tareas y medios de trabajo.

Los robots cartesianos o XYZ se aplican en un número ilimitado de funciones, no obstante, la práctica ha demostrado que su adaptación es óptima en determinados procesos tales como: graficar , soldar , impresión, corte y fresado.

(**ANDRADE**, Juan , 2004) , dice:

Un robot industrial es un manipulador automático reprogramable y multifuncional, que posee ejes capaces de agarrar materiales, objetos, herramientas mecanismos especializados a través de operaciones programadas para la ejecución de una variedad de tareas". Como se puede apreciar, estas definiciones se ajustan a la mayoría de las aplicaciones industriales de robots cartesianos, salvo para las aplicaciones de inspección y para los robots móviles (autónomos) o robots personales.

Los robots cartesianos, son los que combinan movimientos rectilíneos en el espacio (X, Y, Z y angular), logrando cualquier recorrido, y estos abarcan áreas de la ingeniería mecánica, electrónica e informática.

Los robots cartesianos, al igual que cualquier otro robot industrial, son dispositivos multifuncionales, configurados por tres movimientos lineales es decir, no se encierra en un determinado trabajo, se lo puede reconfigurar y de este modo brinda una diversidad de aplicaciones y se los conoce como robots XYZ.



Figura 1.2 Robot Cartesiano

Fuente: <http://www.cnc-robotica.com>

1.4. Control Numérico por Computadora.

Un sistema de control numérico (CNC) es aquel en el cual las instrucciones para realizar un trabajo (graficado, taladrado, fresado, etc.) se codifican con caracteres alfanuméricos y éste interpreta estos códigos en forma automática y precisa. Esto es realizado de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real, desde un programa CAD. En la actualidad los equipos CNC son sumamente muy importantes, los cuales son lenguajes de conversión en los sistemas CAD/CAM, que permiten a las diferentes empresas de automatización producir con mucha mayor rapidez y calidad sin necesidad de tener personal altamente especializado.

1.4.1. Programación Manual.

La programación manual es realizada por el usuario en base a cálculos y razonamientos e instrucciones que se desea; este programa está formado de un conjunto de datos para el control de mecanizado de la pieza.

1.4.2. Programación Automática.

Esta es realizada mediante una Pc la cual suministra en su salida el programa con la cual se va mover la pieza, en el lenguaje máquina.

1.4.2.1 Ventajas.

Esta tiene facilidad de operación, manejo sumamente sencillo, con una exactitud mayor para su operación, adaptabilidad y menor costo para su mantenimiento

1.4.2.2. Desventajas.

Provoca crecientes costos de producción, reducción de mano de obra, dependencia tecnológica y sus instalaciones son especiales, realizadas fundamentalmente para la programación.

1.4.2.3. Aplicaciones.

El Control Numérico Computarizado (CNC) es utilizado en varias aplicaciones de la industria para el control de movimientos de una máquina por medio de números.

(MARTÍNEZ, Victoriano Ángel, 2009), comenta:

Estas también son aplicadas en productos de diseño gráfico, carpintería, etc. Las cuales han hecho aumentar enormemente la producción, en las cuales las más conocidas en el proceso son la realización de superficies esféricas y entre otras.

Finalmente el uso de CNC es favorable por su costo, y al mismo tiempo ayuda que su producción aumente y tenga un terminado de calidad como se muestra en la Figura 1.3.



Figura 1.3. Máquina Industrial CNC

Fuente: <http://www.cnc-robotica.com>

1.4.3. Sistemas CAD /CAM – CAE.

(ROJAS,Oswaldo , 1999), Dice:

Es un sistema de diseño asistido por computadora CAD son siglas en inglés (Computer Aided Design) que son utilizados en la generación de modelos con características de un producto terminado. Dichas características pueden ser el tamaño la forma y el entorno de sus componentes y luego se guardan en forma bidimensional o tridimensional que son utilizados con el objetivo de generar modelos con características de un producto determinado. Una vez obtenido los datos del producto estos pueden ser almacenados y guardados en el sistema, para luego poder tener el control de manipularlos o modificarlos el diseño con mayor facilidad y de esta manera poder controlar el desarrollo del producto. Los sistemas CAD también permiten la simulación de un producto antes de la producción.

Las maquinas CAM están basadas en una serie de códigos numéricos, así como los equipos CAD, estos almacenan archivos de informática que tienen como función de controlar las tareas de fabricación o su diseño. El Control Numérico por Computadora se obtiene las operaciones de la máquina mediante la ayuda de archivos o programas de piezas, estos son creados en una gran medida por software, en donde las imágenes procesadas se convierten en modelos reales, empleando equipos de fabricación para la creación de vínculos entre los sistemas CAD /CAM . En la figura 1.4. Se muestra el funcionamiento de un sistema CAD/CAM.

“CAE es un sistema que abarca el conjunto de herramientas orientadas a la informática que analizan y simulan el comportamiento del diseño del producto. Esta tecnología analiza un diseño y simula su operación para determinar su inclinación a las condiciones de diseño y sus capacidades.” (ROJAS,Oswaldo , 1999), Dice:



Figura 1.4. CAD/CAM_CNC.

1.4.4. Software para el Control CNC.

El software para máquinas CNC consta de una plataforma correctamente diseñada. Uno de los más utilizados y principales en nuestro medio son los KCAM4 la cual es compatible con cualquier tipo máquina CNC que admita el formato Código G.



Figura 1.5 Robot Cartesiano

Fuente: <http://www.softwarecadcam.com.mx/>

1.4.5. KCAM4.

Es uno de los sistemas utilizados en la industria por ser de fácil manejo. Su programación a base de guías ilustrativas que crea el usuario. KCAM4 al igual que otros minimiza la información necesaria para realizar un mecanizado directamente del diseño.

Funcionamiento del proceso:

1. Cargar el archivo CAD.
2. Programa de mecanizado con el programa KCAM4.
3. Simulación y comprobación de tiempos, para evitar errores.
4. Generar el código G de programación para el control CNC.

(MADELLIN ,July , 2010), Declara:

Para cualquier maquina CNC el control de software es el código G, con cual trabaja todas las maquinas herramientas y también el código M. Para llegar a esos códigos es necesario procesar y vectorizar imágenes de formatos jpg, png, pdf, gif para de esa manera crear altos y bajos relieves.

Este tipo de software es compatible con algunos de los sistemas de CAD existentes dentro del mercado. Este tipo de sistema puede abrir archivos SLDPRT, 3DM, STL, DWG, DXF, IGES, STEP, PDF.

1.4.6. Proceso de Control.

El proceso de control es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la segunda revolución industrial, debido a la aplicación de las técnicas de control y medición, su estudio ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas y reducción de costos en los procesos industriales.

1.5. Motores a Pasos.

(RODRIGUEZ ,Irlenys , 2005), Dice:

Los motores de pasos, al igual que a todos los tipos de motor, cumplen con la principal función de transforma la energía eléctrica en mecánica, para lo

cual emplea un método tan distintivo que le permite tener su propia naturaleza. Estos prácticamente son dispositivos que convierten pulsos digitales en rotación mecánica.

Estos motores se lo utiliza para el control de taladros, fresadoras, maquinas bordadoras, tornos industriales, y otros tipos de mecanismos que piden movimientos exactos, es así que su mayor ventaja ante otros tipos de motores es su alta precisión en cuanto a velocidad, desplazamiento y giros.

En la Figura 1.6. Se puede notar algunos modelos de motores paso a paso, utilizados en: discos duros, impresoras, juguetes, y otros dispositivos pequeños.



Figura 1.6. Motores de Pasos

Fuente:http://CNC_1/Motores-paso-a-paso-bipolares-unipolares_85.htm

Al emplear a sus bobinas un conjunto apropiado de impulsos eléctricos éstos giran sobre su eje un ángulo fijo, este ángulo recorrido, que depende de las características del motor, se le llama paso, de forma que se puede controlar mediante un circuito electrónico, la cantidad, velocidad y sentido de los pasos. (**Véase Anexo A2**).

Estos motores poseen la destreza de quedar enclavados si una o más de sus bobinas están energizadas o completamente libres si no circula corriente por ninguna de sus bobinas. Su diseño es efectivo, bajo costo, alta precisión, trabajan en lazo abierto y son de mayor confiabilidad

1.5.1. Descripción General de los Motores a Pasos

Estos son motores con mucha precisión, que permiten quedar fijos en una posición dada y también son capaces de girar libremente en un sentido u otro. Hay tres tipos de motores paso a paso:

1. Imán permanente (armazón metálica).
2. Reluctancia variable (V.R.).
3. Híbridos.

1.5.1.1. Motor a Pasos de Imán Permanente (Armazón Metálica).

Este tipo de motor consiste en un rotor Imán permanente (radial) y de un estator, Como se muestra en la Figura 1.7. Debido a las técnicas de manufactura estos son conocidos como motores de polo de uñas.

“Este tipo de motores son muy considerados en el campo de la robótica son utilizados en el desarrollo de proyectos automatización.” (RODRIGUEZ ,Irlenys , 2005), Declaro:

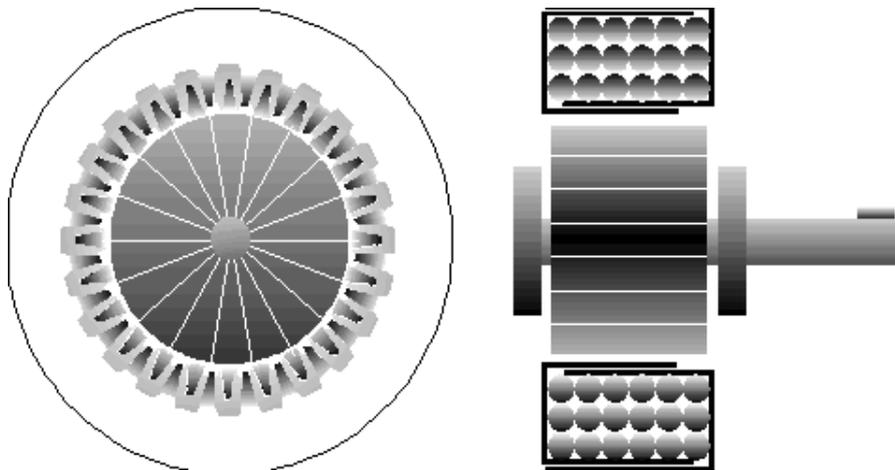


Figura 1.7. Motor Imán Permanente

Fuente: http://www.sapiensman.com/motores_por_pasos/

1.5.1.2. Principio de Funcionamiento.

Radicalmente, estos motores están compuestos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes Figura 1.8. Y por un innegable número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator Figura 1.9.



Figura 1.8. Rotor

Fuente: http://www.sapiensman.com/motores_por_pasos/

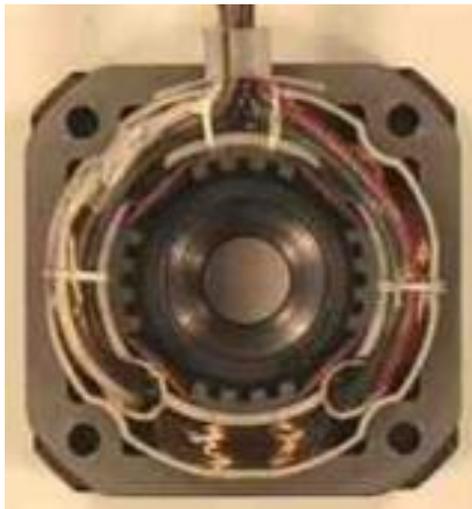


Figura 1.9. Estator Cuatro Bobinas

Fuente: <http://www.todorobot.com.ar/tutorial-sobre-motores-paso-paso-stepper-motors/>

1.5.1.3. Tipos de Motor a Pasos de Imán Permanente.

“Existen dos tipos básicos, los BIPOLARES que se componen de dos bobinas y los UNIPOLARES que tienen cuatro bobinas. “Externamente se varían entre sí por el número de cables: (RODRIGUEZ ,Irlenys , 2005), Declaro:

La diferencia entre los dos es que un motor paso a paso unipolar se activa una bobina a la vez mientras que un motor bipolar se activa más de una bobina a la vez. Esto hace que un motor bipolar tenga más torque que un motor unipolar. Por contra, un motor bipolar es más complejo de controlar que un unipolar.

Existen muchos factores que se deben tomar en consideración al momento de elegir un motor de pasos para una aplicación, entre los cuales influyen los siguientes aspectos:

- a) Tipo de motor
- b) Torque requerido por el sistema
- c) Complejidad del controlador
- d) Características físicas del motor

Analizando estos factores, los motores que se adaptan a nuestras necesidades, y que se sobre todo se pueden encontrar en el mercado industrial son los motores unipolares y bipolares. En la Tabla 1.1. Se observa una comparación entre estos dos tipos de motores y de acuerdo a sus características y las necesidades que presenta el proyecto se optan por los motores unipolares.

Tabla 1.1. Comparación entre Motores Unipolares y Bipolares.

		Tipo de Motor	
		Unipolar	Bipolar
Torque	Presentan un buen torque pero menor al de un bipolar de igual tamaño.	Presentan un torque 30% mayor al de un unipolar	
Control	Fácil	Más complejo que un unipolar	
Costo	Costo bajo , debido a la simplicidad de control	Costa alto , debido a la necesidad de drivers	

1.5.1.3.1. Motor a Paso Unipolar.

Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, todo esto depende de la conexión interna que tenga y su control es simple y fácil de comprender. Figura 1.10.

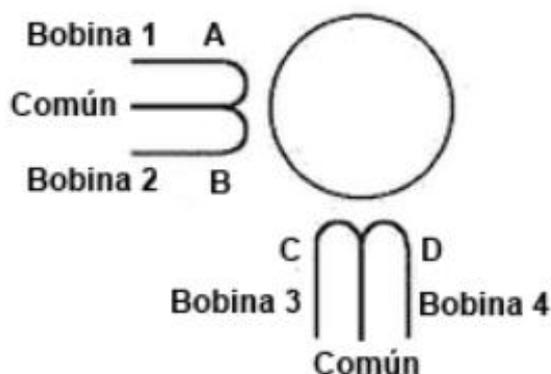


Figura 1.10. Motor PAP unipolar

Fuente: <http://www.todrobot.com.ar/tutorial-sobre-motores-paso-a-paso-stepper-motors/>

✚ Paso Simple

Es una secuencia donde se activa solo una bobina a la vez, esto ayuda para que el motor tenga un paso más suave, y eso provoca menos torque y menos retención al movimiento. Se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Secuencia para un Motor unipolar (paso simple).

Paso	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Fuente: http://www.sapiensman.com/motores_por_pasos/

✚ Paso Normal

Este tipo de conexión, nos permite elevar el torque de retención de un motor unipolar, lo cual se logra energizando dos bobinas a la vez. Esto se conoce como secuencia de paso completo, lo cual se muestra en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Secuencia para un Motor unipolar (Normal).

Paso	Bobina	Bobina	Bobina	Bobina
	A	B	C	D
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

Fuente: http://www.sapiensman.com/motores_por_pasos/

Medio Paso

Se activan primero dos bobinas y después solo una y así sucesivamente. Esto provoca que el motor avance la mitad del paso real. Esto produce un giro más suave y preciso. Lo cual se observa en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Secuencia para un Motor unipolar (Medio Paso).

Paso	Bobina	Bobina	Bobina	Bobina
	A	B	C	D
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

Fuente: http://www.sapiensman.com/motores_por_pasos/

1.5.1.4. Forma de Manejo de los Motores a Pasos de Imán Permanente.

Para ejecutar el control de los motores paso a paso es necesario, como se ha visto generar una secuencia determinada de impulsos. Además es necesario que estos impulsos sean capaces de entregar la corriente necesaria para que las bobinas del motor se exciten, por

lo general, el diagrama de bloques de un sistema con motores paso a paso es el que se muestra en la Figura 1.11.

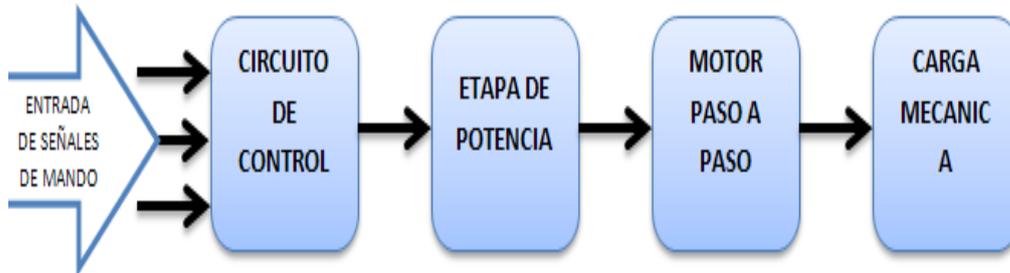


Figura 1.11. Diagrama de Bloques de un Sistema de Motor de Pasos

En este proyecto se va utilizar Motores Unipolares paso a paso STP – 580106 que sus características se tiene (Véase Anexo A2).

1.6. Microcontroladores.

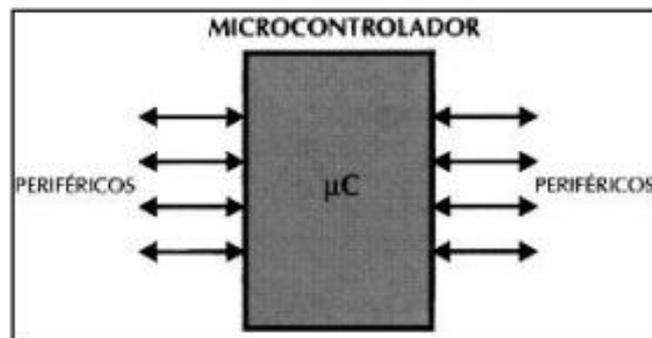


Figura 1.12. Microcontrolador

Fuente: http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_pic.htm/

(ANGULO, José, 2000). Dice:

Los Microcontroladores son Circuitos Programables que contienen todos los componentes de un Computador. Se emplean para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y debido a su reducido tamaño suelen ir incorporados en el propio dispositivo que lo gobierna, por lo tanto, el microcontrolador es un Computador dedicado.

En su memoria solo reside un programa destinado a gobernar una Aplicación determinada; sus líneas de Entrada/Salida aportan el conexionado de los Sensores y Actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles

tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado, el microcontrolador solo sirve para gobernar la tarea asignada.

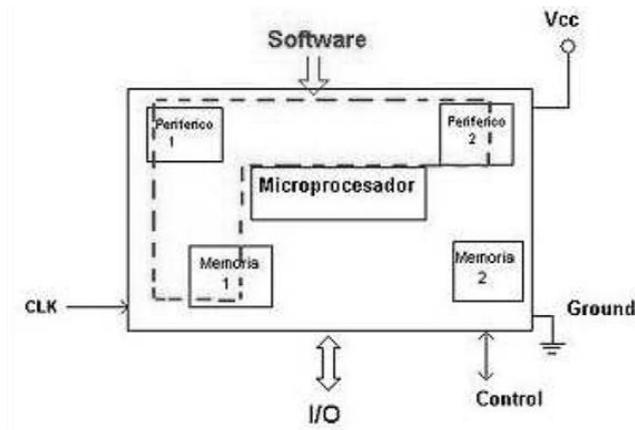


Figura 1.13. Esquema de un Microcontrolador

Fuente: http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_pic.htm/

Algunas aplicaciones que se realiza con los microcontroladores:

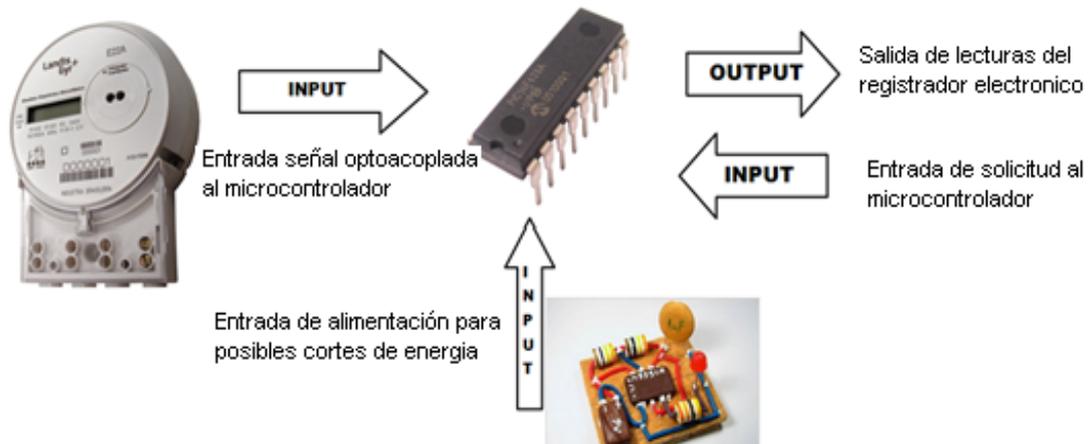


Figura 1.14. Esquema de Elementos de Adquisición de Datos.

Fuente: <http://microcontroladores-e.galeon.com/>

1.6.1. Microcontrolador PIC 16 F628A

(REYES, Carlos, 2002), Menciona:

Es uno de los microchip de la empresa MICROCHIP Technology INC. Es un dispositivo de 8 bits, tiene una alta velocidad, consumo e baja potencia, soporta hasta 100000 ciclos de escritura en su memoria interna Flash, y

un millón de ciclos en la memoria EEPROM, un tiempo aproximado de 100 años de retención de datos , así como de un oscilador interno de 4MHz programable , una mayor capacidad de corriente en comparación a sus precedentes , una programación en bajo voltaje de 5V y gran disponibilidad de herramientas para su programación , tan poderoso que es programado para tareas de control de la maquina impresora.

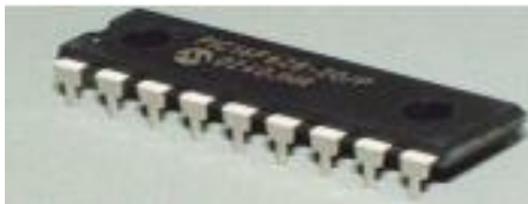


Figura 1.15. Micro controlador PIC 16F628a

Fuente: http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_pic.htm/

1.6.1.1. Características del Microcontrolador PIC 16F628A.

A continuación se muestra en la Tabla 1.5. Un resumen de las principales características del PIC 16F628A.

Tabla 1.5. Características PIC 16F628A.

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS PIC 16F628A	
➤	Velocidad de operación hasta 20 MHz con un oscilador externo.
➤	Oscilador interno RC (Resistencia condensador) de 4 MHz con 1 % tanto negativo como positivo.
➤	Permite 8 configuraciones del oscilador.
➤	Tiene 8 niveles de pila.
➤	Arquitectura Harvard para el procesador (Acceso independiente de memoria de datos y de programa.
➤	Conjunto reducido de instrucciones (35) gama media.
➤	Instrucciones de un ciclo excepto los saltos (200ns por instrucción a 20 MHz).
➤	Resistencias Pull-Up programables en el puerto B.
➤	Pin RA5 MCLR programable como reset externo o pin de entrada.
➤	Rango de operación desde 3 a 5.5 V.
➤	15 pines de I/O y uno solo de entrada (RA5).

➤ Temporizador perro guardián WDT independiente del oscilador.
➤ Programable con bajo voltaje LPV (5V). Programación serial en circuito ICSP por 2 pines RB6 reloj Y RB7 datos.
➤ Código de protección programable por partes.
➤ Memoria de programa Flash 2048K de 100000 ciclos de escritura / borrado.
➤ Memoria de datos EEPROM de un millón de ciclos de escritura / borrado de 100 años de retención.
➤ Capacidad de corriente para encender leds directamente (25mA I/O) por cada pin.
➤ Módulo de comunicación serial USART /SCI.
➤ Módulos CCP, captura y compra 16 bits, Y PWM, modulación ancho de pulso 10 bits.
➤ 3 Timers, Timer 0 = 8 bits, Timer 1 = 16 bits y Timer 2 = 8 bits.
➤ 2 Circuitos comparadores análogos con entradas multiplexadas.

El diagrama respectivo de pines y funciones. (Véase Anexo A1)

1.6.2. PIC 12F675.

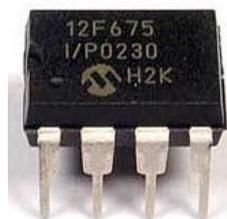


Figura 1.16. Microcontrolador PIC 12F675

Fuente: [http:// Microcontrolador PIC 12F675.htm](http://MicrocontroladorPIC12F675.htm)

El PIC12F675 es un microcontrolador, que al igual que a todas las familias de PIC's incorpora una serie de módulos en su parte interna. Estos son módulos especializados, en sucesivos artículos y parámetros, a continuación se muestra algunas características del micro controlador para su aplicación.

1.6.2.1. Características del Microcontrolador PIC 12F675.

En la Tabla 1.6. Se tiene un resumen de las principales características del PIC 12F675. (Véase Anexo A1)

Tabla 1.6.Características del PIC 12F675.

➤ Conversor analógico-digital:	Tiene 1 conversor A/D de 10 bits que, mediante multiplexación, puede cambiar el voltaje conexo a cualquiera de los 4 pines GP0, GP1, GP2 o GP4.
➤ Timers/Contadores:	Tiene 2 timers/contadores. El timer0 es de 8bits y el timer1 de 16bits.
➤ Oscilador interno:	Tiene un oscilador interno de 4MHz.
➤ Comparador analógico:	Posee un comparador analógico desde de los pines GP0 y GP1 cuyo efecto se puede leer en uno de los registros de la memoria de datos o configurar para que se vea expresado directamente en el pin GP2.
➤ Instrucciones disponibles:	Tiene exclusivamente 35 instrucciones en lenguaje assembler, mientras que los otros lenguajes poseen lo necesario.

Fuente: [http:// Microcontrolador PIC 12F675.htm](http://MicrocontroladorPIC12F675.htm)

1.7. Pantalla LCD 2 x 16

(SALAS, Julio, 2006), Dice:

LCD son las siglas en inglés de "Pantalla de Cristal Líquido" ("Liquid austriaco Fredeich Rheinizer. Más adelante, hacia mediados de 1960, los científicos descubrieron que al someter el cristal líquido a cargas externas, éste modificaba sus propiedades en relación con el paso de la corriente. Este dispositivo fue inventado por Jack Janning, quien era empleado de NCR Corporation. Desde principios de los 70 las pantallas de cristal líquido se han ido extendiendo a calculadoras, relojes, televisores, portátiles, cámaras digitales, entre otros.

La siguiente figura 1.16. Presenta una **LCD 2 x 16** que ha sido utilizado en el desarrollo de este proyecto.

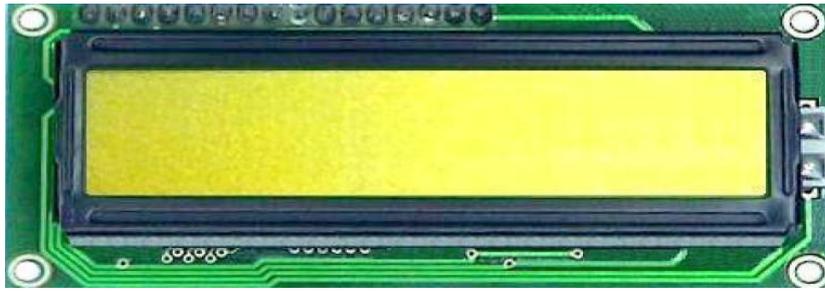


Figura 1.17. Pantalla LCD 2 x 16

Fuente:<http://www.zero13wireless.net/foro/showthread.php?4827-Electronica-y-Wireless-Monitor-Voltaje-por-Wireless>

Los LCD son visualizadores pasivos, esto significa que no emiten luz como el visualizador o display alfanumérico hecho a base de un arreglo de LEDs. Es por esa razón que, algunas veces, cuando se intenta ver la hora en un reloj que utiliza esta tecnología, es necesario una fuente de luz adicional.

Tiene una vida aproximada de 50.000 horas. Hay diferentes tipos de presentaciones y son muy fáciles de configurar.

En la siguiente Tabla 1.7. Se puede ver a qué pertenece cada pin de la pantalla.

Tabla 1.7. Datos de la Pantalla LCD

PIN	SÍMBOLO	Nombre y función
1	VSS	GND (Tierra 0V)
2	VDD	Alimentación +5V
3	VO	Ajuste del contraste
4	RS#	Selección DATO/CONTROL
5	RW#	Lectura o escritura en LCD
6	E	Habilitación
7	D0	D0 bit menos significativo
8	D1	D1
9	D2	D2
10	D3	D3
11	D4	D4
12	D5	D5
13	D6	D6
14	D7	D7 bit más significativo
15	LED+	Ánodo de LED backlight
16	LED-	Cátodo de LED backlight

Fuente:<http://programarpicenc.com/articulos/display-lcd-16x2-2x16/>

1.7.1. Características de la LCD 2 x 16.

- Conformado por una matriz de puntos de visualización de 128 pixeles de largo por 64 pixeles de alto.

- Su iluminación de fondo está entre verde-amarillo cuando se enciende.
- Fácil manejo con microprocesadores de 8-Bits.
- Bajo poder de consumo.
- Opcionalmente, una luz trasera para iluminar la pantalla.

El controlador simplifica el uso del LCD proporcionando una serie de funciones básicas que se invocan mediante el interfaz eléctrico, destacando:

- La escritura de caracteres en la pantalla.
- El posicionado de un cursor parpadeante, si se desea.
- El desplazamiento horizontal de los caracteres de la pantalla (scrolling).

La memoria efectúa un mapa de bits para cada carácter de un juego de caracteres, es decir, cada octeto de esta memoria describe los puntitos o píxeles que deben iluminarse para representar un carácter en la pantalla. Generalmente, se pueden definir caracteres a medida modificando el contenido de esta memoria. Así, es posible mostrar símbolos que no están originalmente contemplados en el juego de caracteres.

El interfaz de contactos eléctricos suele ser de tipo paralelo, donde varias señales eléctricas simultáneas indican la función que debe ejecutar el controlador junto con sus parámetros. Por tanto, se requiere cierta sincronización entre estas señales eléctricas. La luz trasera facilita la lectura de la pantalla LCD en cualquier condición de iluminación ambiental.

1.8. Tornillo Sin Fin.

(ROJAS , Juan, 2010), Declara:

Se denomina tornillo sin fin a una rueda dentada de un solo diente que es tallado helicoidalmente que tiene la disposición de transmitir el movimiento entre ejes, con un Angulo recto. Este elemento ha sido diseñado para la transmisión de movimientos giratorios que siempre va unido a otro engranaje que avanza un número de dientes igual al número de entradas del sinfín.

“Su velocidad depende del número de entradas que tiene el tornillo y el número de dientes

de la rueda, En la actualidad la mayoría de tornillo solo poseen una entrada, por lo que cada vez que gire una vuelta, el engranaje avanza un sólo diente.

La expresión por la cual se rigüe este mecanismo es similar a la de las ruedas dentadas, la siguiente ecuación nos muestra su relación de transmisión:”

$$n_1 * e_2 = n_2 * Z_2$$

Donde tenemos:

n= número de vueltas.

Z= número de dientes de la rueda conducida.

e= número de entradas del tornillo sin fin.

Tomando en cuenta que e es mucho menor que Z, su relación de transmisión siempre será menor por el hecho de que actuara como un reductor de velocidad.

Teniendo en cuenta que siempre es mucho menor que z, la relación de transmisión siempre será menor por lo que actuará como un reductor de velocidad. En el caso habitual de una sola entrada (e=1), se hace cuenta que el tornillo sin fin solo tiene un diente. En la siguiente Figura 1.17. Se puede observar cómo es su acoplamiento.



Figura 1.18. Mecanismo de Tornillo sin Fin.

Fuente: <http://www. Estudio del tornillo Sinfín.htm>.

1.9. Sistema Sensorial.

Para conseguir que la maquina realice una tarea con adecuada precisión y velocidad es necesario que el sistema de control tenga conocimiento tanto de su estado interno como el de su entorno. El reconocimiento interno se logra mediante el uso de sensores internos

utilizados en las articulaciones y el conocimiento del entorno se adquiere con sensores externos, en este caso se utilizara sensores finales de carrera con el propósito de definir el lugar de trabajo del marcador de tinta indeleble.

1.9.1. Sensores fin de carrera.

El final de carrera o sensor de contacto son dispositivos electromecánicos que son situados al final del recorrido de un elemento móvil, un ejemplo común y básico es en las bandas transportadoras, con el objetivo de enviar una señal al circuito y parar la cinta transportadora, estos sensores en su parte interna tienen básicamente interruptores sean normalmente abiertos o normalmente cerrados de acuerdo a la aplicación que se requiera realizar.

(**OTER**, Olga, 2006), Dice:

Universalmente este tipo de sensores están formados de dos partes principales: el cuerpo en la cual están los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Estos sensores son muy aplicados en máquinas que disponen de un movimiento rectilíneo, estas realizan un recorrido fijo y preciso y son utilizados en ascensores, robots, etc.

Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio. En la Figura 1.18. Se puede observar un fin de carrera común en máquinas industriales.

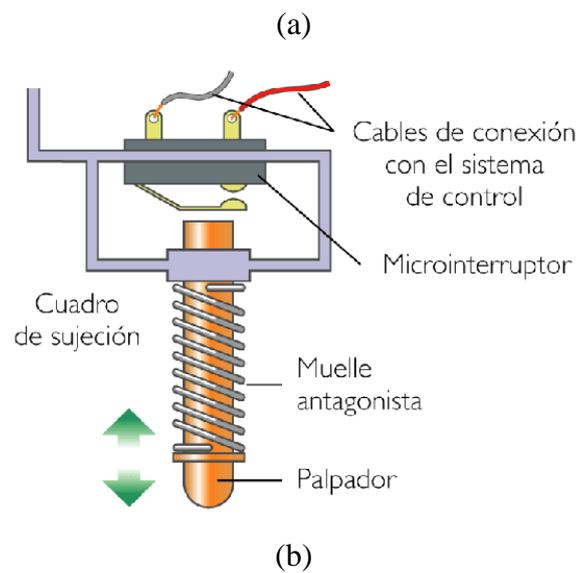
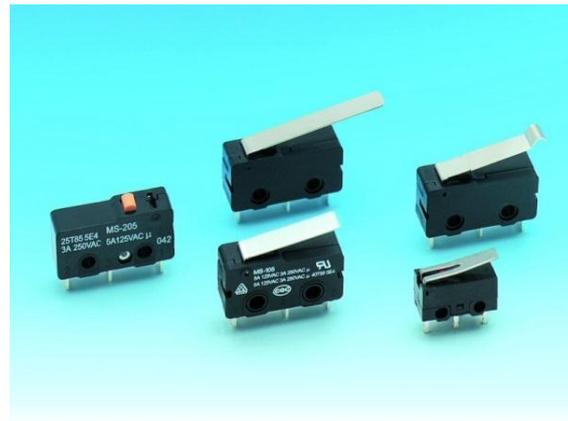


Fig. 1.19. Fin de carrera de contacto (a) Aspecto físico (b) Funcionamiento interno.

Fuente: <http://www.todorobot.com.ar/infor/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>.

1.10. Elementos Terminales.



Fig. 1.20. Juegos de los principales Elementos Terminales

Fuente: <http://www.shoptronica.com/herramientas-para-electronica/piezas.html>

Los elementos terminales, o efectores finales, son los encargados de interactuar directamente con el entorno de la máquina. Como pueden ser pinzas o manipuladores, o herramientas como una fresadora, marcador de gráfico, etc.

El elemento terminal es específicamente diseñado para un tipo de trabajo, pero en el caso de herramientas esta puede ser un poco más flexible, ya que una misma máquina, dependiendo de su control, puede realizar cualquier tipo de trabajo, estas pueden fresar o taladrar. En la Tabla 1.8. Se muestra las herramientas más utilizadas en máquinas industriales.

Tabla 1.8. Herramientas Terminales más Comunes en Maquinas Industriales.

Tipo de herramienta	Generalidades
Pinza soldadura por puntos	Dos electrodos que se cierran sobre la pieza de soldar
Atornillador	Suelen incluir la alimentación de tornillos
Fresa -lija – broca	Para perfilar , eliminar , pulir , devastar , etc.
Marcador de gráficos	Para realizar gráficos en placas de madera , cobre ,etc.

CAPITULO II

2. DISEÑO DE LA MAQUINA IMPRESORA

En este capítulo se presenta el diseño de los elementos mecánicos, el diseño del sistema de control y los componentes necesarios para su construcción. Los mismos que cumplen con los requerimientos para diseñar e implementar el sistema de modo que este tenga un buen funcionamiento. Básicamente, al igual que toda máquina industrial cartesiano, posee una herramienta de trabajo que se moviliza sobre ejes los cuales son movidos por motores, el área de trabajo lo definen la longitud de dichos ejes. Puede verse ciertas similitudes con el diseño de otras máquinas cartesianas, ya que la estructura expuesta es generalmente la misma para todo robot de esta categoría.

2.1. Estructura y Diseño Mecánico.

La estructura de la Maquina Impresora permite el movimiento del marcador de tinta indeleble en el eje X, Y y Z, como se indica en la figura 2.1. Desarrollada en Autocad3D.

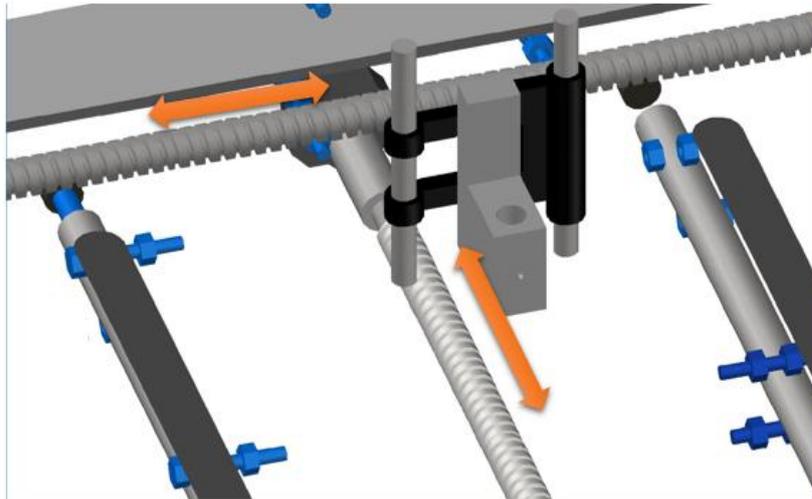


Figura 2.1. Estructura X, Y y Z de la Maquina Impresora

2.1.1. Plataforma de Trabajo.

Lo principal que se requiere es una mesa o plataforma en donde se va ubicar la baquelita para su respectivo ruteado ; es importante escoger bien su material ya que debe admitir perforar, clavar e instalar tornillos sobre ella. Tendrá 60 centímetros de largo y 70 de ancho, con un espesor de 1.5 centímetros, como se muestra en la figura.2.2.

El diseño de la estructura se realizó prácticamente de acrílico de densidad media $\rho=1180$ kilogramos por metros cúbicos y con peso de 40 kilogramos aproximadamente.

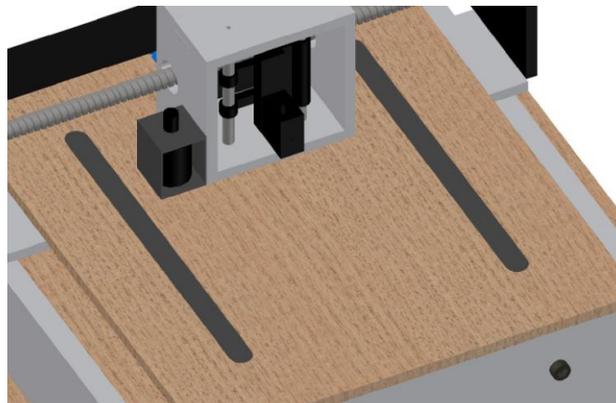


Figura 2.2. Plataforma de Trabajo

La estructura horizontal de la máquina es cerrada y únicamente cumple la función de soporte para la estructura vertical y soporte para las guías de la mesa. Las cargas de compresión estáticas serán nada más que el peso de la estructura vertical que es de 40 lbs., tendrá 0° de libertad. Para esta estructura las tensiones y las deformaciones son prácticamente despreciables y no es necesario hacer cálculos, sin embargo se establece la sección mínima de la estructura.

2.1.1.1. Diseño del Carro Principal.

Es la parte importante de la maquina impresora esta tiene como funciones principales: soportar el Electroimán que mueve el eje Z, las guías de movimiento, la abrazadera de grilon donde va el marcador, los tornillos de potencia, etc.; la geometría del elemento es la indicada

en la figura 2.3, como se puede observar consta de dos placas horizontales y dos verticales unidas por medio de tornillos de potencia.

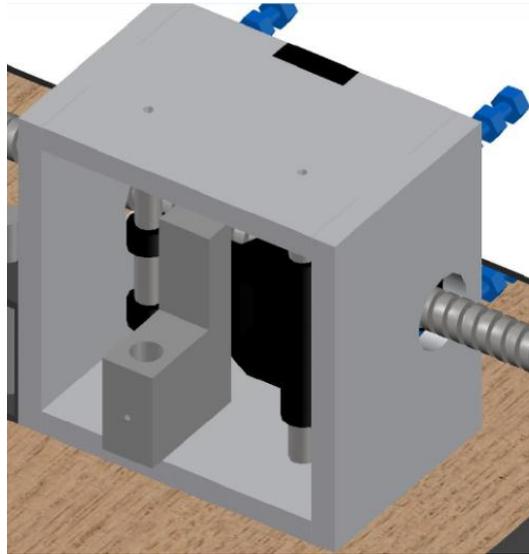


Figura 2.3. Carro Principal.

Para su diseño y construcción se realizó el estudio de los siguientes materiales acrílico (polímeros), fibra de carbono y fibra de vidrio.

Tomando referencia los materiales escogidos se elaboró una tabla comparativa para selección del material. Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Materiales Preseleccionados y sus Propiedades.

PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES							
MATERIAL	PESO	RESIETENCIA A LA FLEXION	RESISTENCIA A LA TORSION	RESISTENCIA A LA COMPRESION	LIMITE ELASTICO	LIMITE ELONGACION	DUREZA
FIBRA DE CARBONO	1.75		3500				
ACRILICO	1.35	840-1300	562-573	773-1330	27500	80-100	94
FIBRA DE VIDRIO	1.90	350	220		230	1.5 %	

Después de observar cada propiedad mecánica de los materiales, principalmente el peso de 1, 35 que al comparar con los demás materiales es sumamente menor y de acuerdo a la resistencia de flexión que posee es el adecuado para el diseño del carro principal. A continuación se hizo un proceso de ponderación de cada criterio de selección, uno (1) como el más relevante y cero (0) el menos relevante. También se hizo la valoración de cada material para de esa manera determinar los criterios de selección definitivos.

Donde se tiene una escala de uno (1) a cinco (5), lo siguiente:

- ✚ uno (1) no cumple el criterio.
- ✚ cinco (5) cumple el criterio con satisfacción.

Esta ponderación se lo hizo con el fin de seleccionar el material más adecuado para el diseño del carro principal ya que tiene que estar lo más liviano posible y robusto por su constante movimiento. Para ello se hizo una sumatoria el dato del producto por el dato de la ponderación, donde la escala de calificación de cada material se puede observar en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Ponderación del Material a Seleccionar

CRITERIO DE SELECCION	PONDERACION	FIBRA DE CARBONO	FIBRA DE VIDRIO	ACRILICO
ESFUERZOS MECANICOS	1	5	4	3
ESFUERZO A FATIGA	1	5	3	4
TOXICIDAD	0	4	2	5
PESO	1	5	4	3
COSTO	1	2	4	3
DISPONIBILIDAD DE MATERIAL	1	2	5	5
TOTAL DE PONDERACION		19	20	18

Observando claramente el análisis de la tabla 2.1 y 2.2, el material seleccionado para construir el carro principal de la maquina impresora fue el acrílico, por ser un material adecuado para elaborar estas piezas, estas no están sometidas a grandes esfuerzos son de bajo costo y de fácil uso, mientras que los otros son de difícil manipulación y adquisición.

Su diseño es claramente geométrico, puesto que no se encuentra sometido a grandes fuerzas mecánicas, ya que las cargas sometidas no son muy grandes.

Se seleccionó el acrílico principalmente por el peso que da mayor facilidad de manejo al movimiento del carro a comparación con otro tipo de material pesado que existe en el mercado, sus características de diseño por las cuales se eligió son: Por ser rígidos y tienen menos posibilidad de deformarse, fácil de maquinar, fácil limpieza, apto para repulido de la superficie, alta resistividad al calor y a la rotura. Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Características del Acrílico

CARACTERISTICAS DE LOS ACRILICOS	
Pesos específicos gr/cm cúbicos	1,35
Resistencia a la tracción , N/mm al cuadrado , alargamiento a la rotura ,%	42-160
Resistencia a la flexión ,N/milímetros cuadrados , módulo de elasticidad , N/mm cuadrados	642-307
dureza	94
Temperatura de conformidad de grados centígrados	163 -199 grados centígrados

Fuente: Plásticos Mecanizables.

Las dimensiones del carro principal son las que se detallan en la tabla 2.4, estos se toman en cuenta para el cálculo del volumen del elemento.

Este material elegido es debido a las facilidades que presenta para su diseño.

Tabla 2.4. Dimensiones del Carro Principal.

Elemento	Longitud [mm]	Ancho [mm]	Espesor [mm]
Placa Horizontal	120	95	12,06
Placa vertical	100	95	12,06

Con esto se procede a establecer el peso total del carro principal, con todos sus componentes internos, la cual medida por una balanza industrial es de 1,5 libras-fuerza.

$$\text{Peso Carro principal} = 1,5 \text{ lb. f}$$

Con este dato ya se puede optar por el material que se va utilizar en el diseño del tornillo sin fin del eje X, Y, el mismo que se deslizara al carro principal de derecha a izquierda y donde estará sujeto el electroimán quien subirá y bajara la herramienta de trabajo para su respectivo ruteo.

2.1.2. Diseño y selección del Mecanismo X, Y.

El mecanismo del movimiento en el eje X al igual que movimiento en el eje Y, el material a escoger para este deberá tener la característica de ser rígido pero a su vez lo más liviano posible.

Como primer paso para el diseño correcto de los ejes se analizó las características de tres tipos aceros utilizados para este tipo de aplicación, los cuales se tiene: acero dulce, acero semidulce y acero semiduro, que se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Clasificación de los Aceros

CLASIFICACION DE LOS ACEROS				
	PORCENTAJE DE CARBONO	RANGO DE RESITENCIA A LA ROTURA	APLICACIONES	COSTO
Aceros dulce	0,25% máximo	48 – 55Kg/mm ²	Piezas de resistencia media de buena tenacidad, deformación en frío, embutición, plegado, herrajes.	BAJO
Aceros semidulce	entorno 0,35%	55 – 62Kg/mm ²	Ejes, elementos de maquinaria, piezas resistentes y tenaces, pernos, tornillos, herrajes.	MEDIO
Aceros semiduro	0,45%	62 – 70Kg/mm ²	Ejes y elementos de máquinas, piezas bastante resistentes, cilindros de motores de explosión, transmisiones.	ALTO

Tomando en cuenta la tabla 2.5 y de acuerdo al requerimiento del proyecto se ha utilizado un acero semidulce por su porcentaje de carbono, aplicación, bajo costo y sobre todo el rango de resistencia a la rotura de 55 – 62Kg/mm² que esta dentro de los

parámetros del diseño de los ejes. Dentro de los cuales se hace una comparación con tres tipos de aceros distintos: ASTM A36, A529, A572. Se muestra tabla 2.6.

Tabla 2.6. Tipos de Aceros y sus Esfuerzos S_y (F_y : flexión) y F_u .

Nomenclatura	F_y ⁽³⁾		F_u ⁽⁴⁾		
	ASTM ²	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
A36		250	2530	400 a 550	4080 a5620
A529		290	2950	414 a 585	4220 a5975
A242		290	2950	435	4430
		320	3235	460	4710
		345	3515	485	4920
A572		290	2950	414	4220
		345	3515	450	4570
		414	4220	515	5270
		450	4570	550	5620
A992		345	3515	450 a 620	4570 a6330
A53		240	2460	414	4220
A500 ⁽⁵⁾		320	3235	430	4360
A501		250	2530	400	4080
A588		345 ⁽⁶⁾	3515 ⁽⁶⁾	483 ⁽⁶⁾	4920 ⁽⁶⁾
A913		345 a	3515	448 a	4570
		483 ⁽⁷⁾	a4920 ⁽⁷⁾	620 ⁽⁷⁾	a6330 ⁽⁷⁾

Fuente: Normas y Características de los aceros ASTM.

Analizando la tabla 2.6 y comparando los tipos de aceros seleccionados, se puede observar que el Acero ASTM - A36 tiene mejores propiedades mecánicas, densidad de 7850 kg/m³, límite de fluencia mínimo de 250 MPa y un límite de rotura mínimo de 410 MPa, esto se lo establece gracias a los parámetros de diseño que se contempló; como es la facilidad de mecanizar y dureza del material.

Después de analizar cada propiedad mecánica de los materiales, a continuación se realizó una comparación de las ventajas y desventajas que ofrece cada material, para ello se hizo un proceso de ponderación de cada criterio de selección, en donde uno (1) es como el más relevante y cero (0) el menos relevante, del mismo modo se hizo la valoración de cada material con el objetivo de determinar los criterios de selección definitivos. Tabla 2.7.

Donde se tiene una escala de uno (1) a cinco (5), lo siguiente:

- ✚ uno (1) no cumple el criterio.
- ✚ cinco (5) cumple el criterio con satisfacción.

Tabla 2.7. Ponderación del Material a Seleccionar para el diseño de ejes y tornillo sin fin

CRITERIO DE SELECCION	PONDERACION	ASTM A36	ASTM A529	ASTM A572
ESFUERZOS MECANICOS	1	5	4	4
ESFUERZO A FATIGA	1	4	3	4
TOXICIDAD	0	3	5	5
PESO	1	2	5	5
COSTO	1	5	3	3
DISPONIBILIDAD DE MATERIAL	1	5	5	5
TOTAL DE PONDERACION		20	21	22

Tomando en cuenta la ponderación que se realizó, se tiene que el ASTM – A36 es el material más adecuado para fabricar los ejes y tornillo sin fin, por ser un material adecuado para elaborar este tipo de elementos y estar bajo los parámetros del diseño establecido, la cual se comprueba más adelante.

2.1.2.1. Diseño del Tornillo Sin Fin.

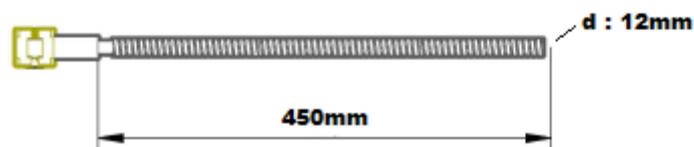


Figura 2.4. Tornillo Sin Fin Utilizado en el Proyecto

El peso que soportará el tornillo sin fin es de 6,67N (carro Principal) y 3,92N (peso del mismo tornillo) De acuerdo a las condiciones físicas de diseño se selecciona tornillo sin fin de $L = 450\text{ mm}$ y 12mm de diámetro.

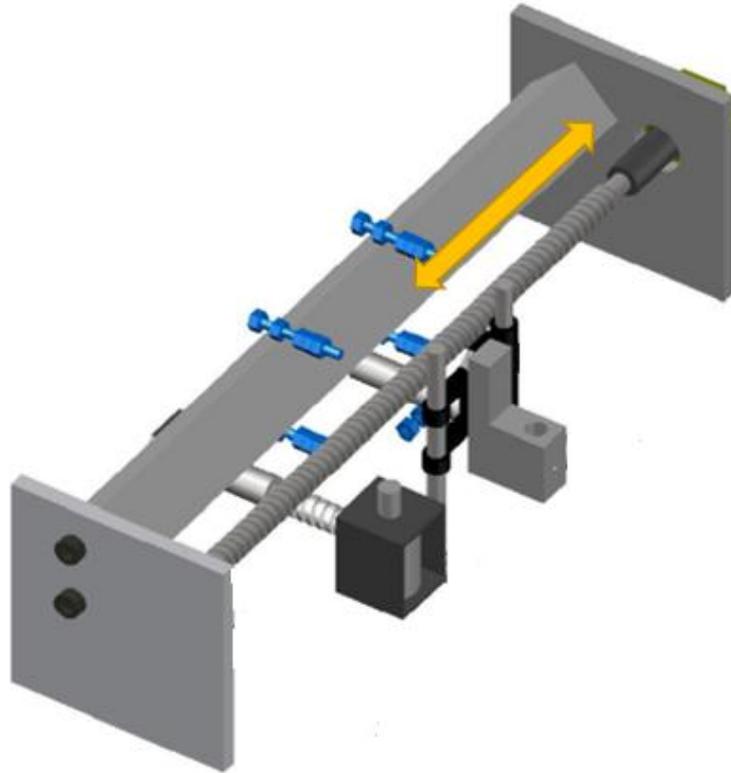


Figura 2.5. Movimiento en el Eje X.

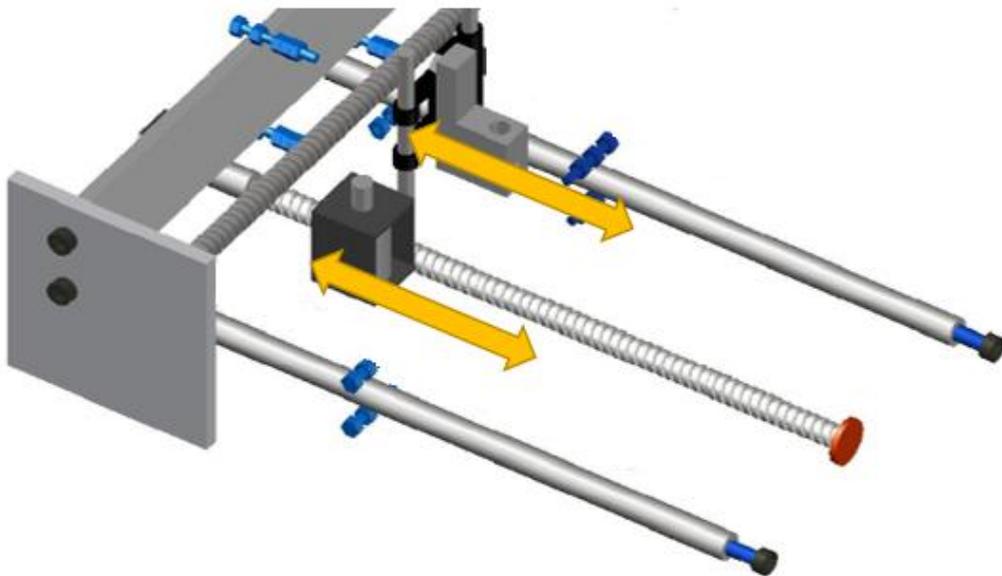


Figura 2.6. Movimiento en el Eje Y.

A continuación se realiza del diagrama de cuerpo libre, donde se realiza sumatoria de fuerzas y momentos, ecuación 2.1, figura 2.7.

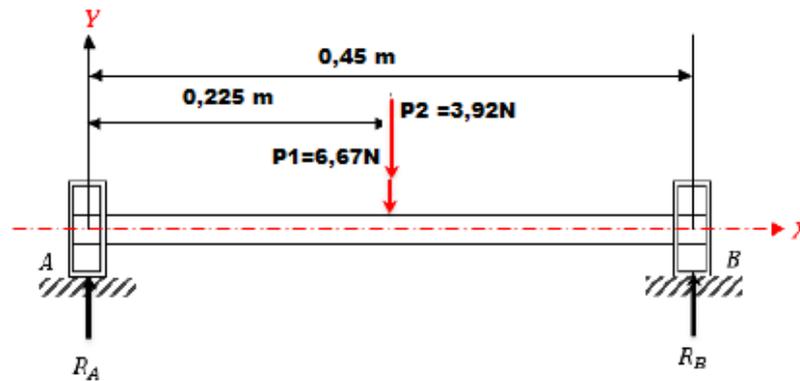


Figura 2.7. Diagrama de Cuerpo Libre en el Tornillo sin Fin.

Donde: $R_A = F_1$ y $R_B = F_2$

$$\sum Fy = 0$$

$$F_1 + F_2 - P_1 - P_2 = 0 \quad (2.1)$$

$$F_1 + F_2 - 6,67 \text{ N} - 3,92 \text{ N} = 0$$

$$F_1 + F_2 - 10,59 \text{ N} = 0$$

$$\sum Ma = 0$$

$$P_1 * (0,225 \text{ m}) - P_2 * (0,225 \text{ m}) + F_2 (0,45 \text{ m}) = 0 \quad (2.2)$$

$$-1,50 \text{ N} - 0,882 \text{ N} = -F_2 (0,45 \text{ m})$$

$$-F_2 (0,45 \text{ m}) = -1,50 \text{ N} - 0,882 \text{ N}$$

$$F_2 (0,45 \text{ m}) = 1,50 \text{ N} + 0,882 \text{ N}$$

$$F_2 = \frac{2,382 \text{ N}}{0,45}$$

$$F_2 = 5,2932 \text{ N}$$

Remplazando la ecuación 2.2 en 2.1 se halla F_1 :

$$F_1 + 5,2932 \text{ N} - 10,59 \text{ N} = 0$$

$$F_1 = -5,2932 \text{ N} + 10,59 \text{ N}$$

$$F_1 = 5,29 \text{ N}$$

A continuación se tiene el diagrama de distribución de cargas, para obtener el momento flector máximo que ocurre en el punto medio del tornillo sin fin. Figura 2.8.

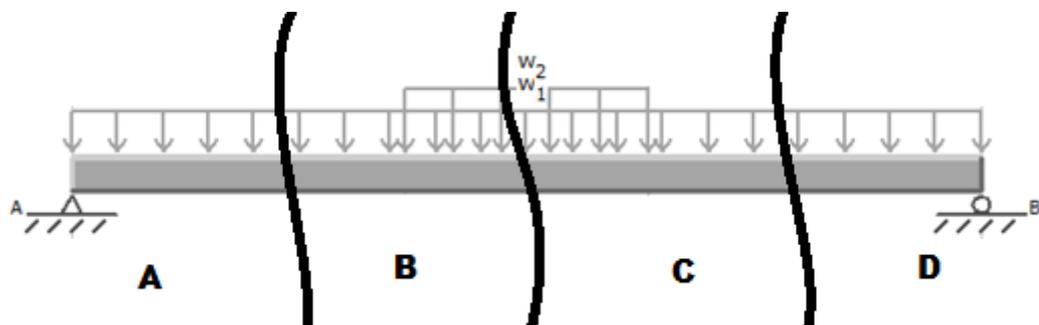


Figura 2.8. Diagrama de Cargas del Tornillo sin Fin.

Seguidamente se obtiene las cargas respectivas, tanto del carro principal y del tornillo sin fin: (tomado de Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas)

Carga del carro principal Q_1 : (2.3)

$$Q_1 = \frac{P_1}{L}$$

$$Q_1 = \frac{1.5 \text{ lb. f}}{120 \text{ mm}}$$

$$Q_1 = \frac{6,67 \text{ N}}{0,12 \text{ m}}$$

$$Q_1 = 55,58 \text{ N/m}$$

Carga del tornillo sin fin Q_2 : (2.4)

$$Q_2 = \frac{P_2}{X}$$

$$Q_2 = \frac{0,881 \text{ lb.}f}{450\text{mm}}$$

$$Q_2 = \frac{3,923 \text{ N}}{0,45\text{m}}$$

$$Q_2 = 8,72 \text{ N/m}$$

Con las cargas conseguidas se procede hallar la fuerza cortante y momento flector, así como también a graficar sus diagramas por tramos.

✚ Tramo AB (0-0,165m)

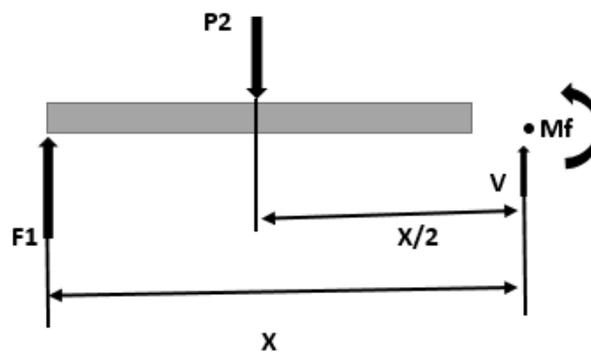


Figura 2.9. Diagrama Fuerza Cortante y momento Flector AB.

De la figura 2.9 se tiene las siguientes ecuaciones:

Momento Cortante:

$$V = F_1 - Q_2 * X \quad (2.5)$$

$$V = 5,29\text{N} - 8,72\text{N/m} * X$$

Momento Flector:

$$M_f = F_1 * X - Q_2 * \frac{X^2}{2} \quad (2.6)$$

$$M_f = 5,29 \text{ N} * X - 4,36\text{N/m} * X^2$$

✚ Tramo BC (0,165m- 0,285m)

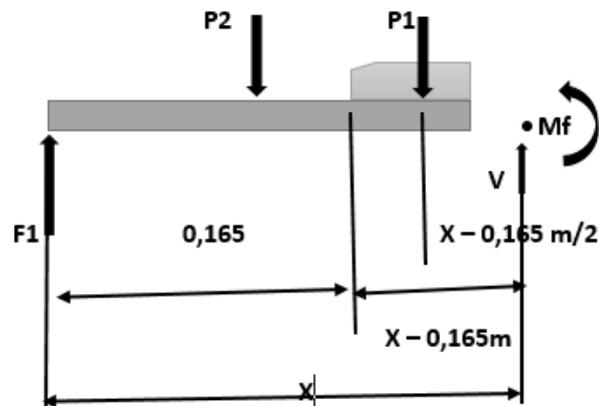


Figura 2.10. Diagrama Fuerza Cortante y momento Flector

BC.

De la figura 2.10 se tiene las siguientes ecuaciones:

Momento Cortante:

$$V = F_1 - Q_2 * X - Q_1 (X - 0,165m) \quad (2.7)$$

$$V = 5,29N - \frac{8,72N}{m} - 55,58 N (X - 0,165m)$$

$$V = 14,47 N - \frac{64,3N}{m} * X$$

Momento Flector:

(2.8)

$$M_f = F_1 * X - Q_2 * \frac{X^2}{2} - Q_1 \frac{(X - 0,165m)^2}{2}$$

$$M_f = 5,29 N * X - \frac{4,36N}{m} * X^2 - 55,58 N \frac{(X - 0,165m)^2}{2}$$

$$M_f = 5,29 N * X - 4,36X^2 - 27,79(X - 0,165m)^2$$

✚ Tramo CD (0,285 m - 0,45m)

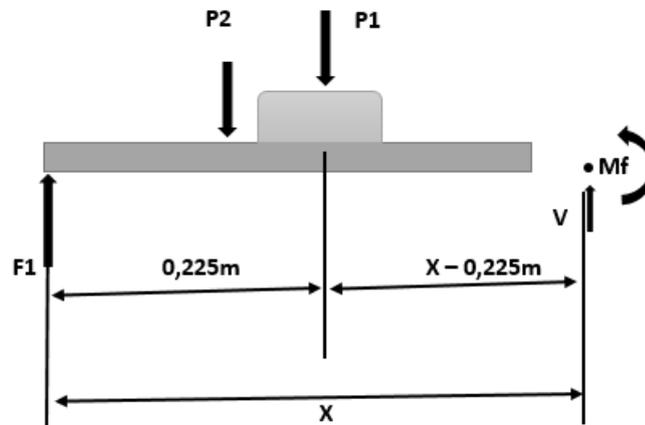


Figura 2.11. Diagrama Fuerza Cortante y momento Flector

CD.

De la figura 2.11 se tiene las siguientes ecuaciones:

Momento Cortante:

$$V = F_1 - Q_2 * X - 6,67 \text{ N} \quad (2.9)$$

$$V = 5,29 \text{ N} - \frac{8,72 \text{ N}}{\text{m}} * X - 6,67 \text{ N}$$

$$V = -1,38 \text{ N} - \frac{8,72 \text{ N}}{\text{m}} * X$$

Momento Flector:

$$M_f = F_1 * X - Q_2 * \frac{X^2}{2} - 6,67 \text{ N} (X - 0,225 \text{ m}) \quad (2.10)$$

$$M_f = 5,29 \text{ N} * X - \frac{4,36 \text{ N}}{\text{m}} * X^2 - 6,67 \text{ N} (X - 0,225 \text{ m})$$

$$M_f = 5,29 \text{ N} * X - 4,36 \frac{\text{N}}{\text{m}} * X^2 - 6,67 \text{ N} (X - 0,225 \text{ m})$$

De esta manera se encuentra el punto crítico reemplazando en la ecuación 2.7.

$$0 = 14,47 \text{ N} - \frac{64,3 \text{ N}}{\text{m}} * X$$

Despejando se tiene:

$$X = \frac{14,47 \text{ N}}{64,3 \text{ N/m}}$$

$$X = 0,225 \text{ m}$$

Donde:

M_{max} : *Momento Maximo del eje*

X : *Distancia*

De esta manera se alló el momento flector máximo que tiene en el punto medio del tornillo sin fin AB. Ecuación 2.8.

$$M_{max} = 5,29 \text{ N} * 0,225\text{m} - 4,36\text{N} / \text{m} (0,225\text{m})^2 - 27,79\text{N}/\text{m}(0,225\text{m} - 0,165\text{m})^2$$

$$M_{max} = 0,871\text{N} \cdot \text{m}$$

Con la ayuda del software (MDSolids 4.0) se realiza la comprobación de sus fuerzas: cortante y momento flector, y así mismo se procede a graficar sus diagramas respectivos, Observar figura 2.11.

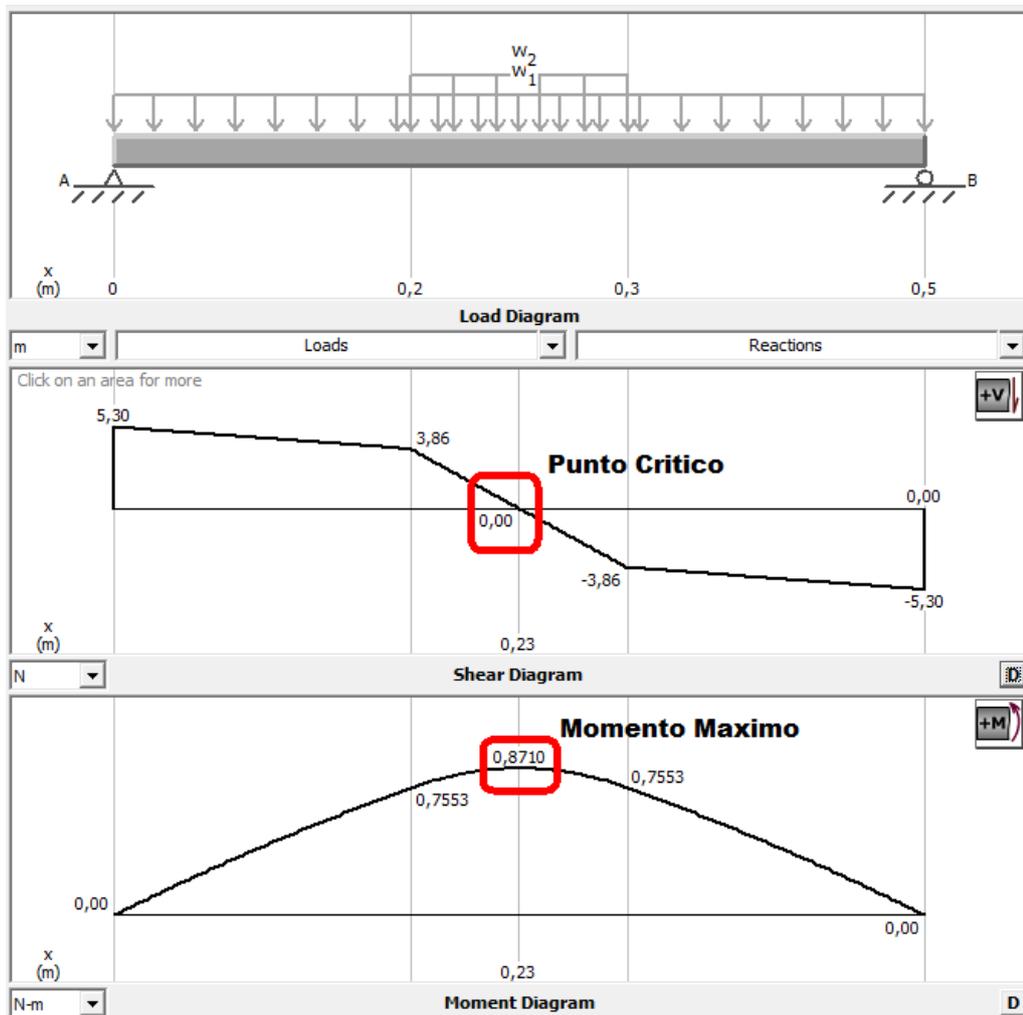


Figura 2.11. Carga, Esfuerzo Cortante y Momento Flector del Diagrama Fuerza Cortante y momento Flector en el Tornillo sin Fin.

A continuación se tiene: (Tomado de Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas)

σ_t : *Esfuerzo de Trabajo*

donde : (2.11)

$$S : \frac{\pi * r^3}{4}$$

$$S : \frac{\pi * (0,012m)^3}{4} = 1,36 * 10^{-6} m^3$$

(2.12)

$$\sigma_t : \frac{M_{max}}{S}$$

$$\sigma_t : \frac{0,871N.m}{1,36 * 10^{-6} m^3}$$

$$\sigma_t : 640441,177 Pa$$

$$\sigma_t : 640KPa$$

2.1.2.2. Análisis de Flexión de los Tornillos Sin Fin X, Y.

El análisis se lo realiza para un tornillo sin fin de cualquiera de los ejes ya que vienen a ser los mismos, se viene hacer el análisis de flexión puesto que estos soportan las cargas de los elementos montados en el eje.

Para lo cual se allá el esfuerzo admisible, tomando en cuenta que esta debe ser mayor al esfuerzo de trabajo, Tomando referencia del límite de fluencia del acero AST- A36, de la tabla 2.6 y con un factor de seguridad $n= 2$ se tiene:

(Tomado de Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas)

σ_{adm} : *Esfuerzo Admisible*

S_y : *Limite de Fluencia*

n : *Factor de Seguridad* (2.13)

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 125 \text{ MPa}$$

Comparando y teniendo en cuenta que para un buen diseño el esfuerzo de trabajo o diseño no sobrepasar el esfuerzo admisible, que el valor máximo que puede estar sometido el material.

$$\sigma_t \leq \sigma_{adm}$$

$$640 \text{ KPa} \leq 125 \text{ MPa}$$

Seguidamente se halló el torque al que está sometido el tornillo sin fin para su movimiento:

Donde:

$$F_{1e} = 6,67 \text{ N} ; \text{ fuerza del carro principal}$$

$$F_{2c} = 3,92 \text{ N} ; \text{ fuerza del tornillo sin fin}$$

$$L = 0,45 \text{ m} ; \text{ longitud del tornillo sin fin}$$

$$d = 0,012 \text{ m} ; \text{ diametro del tornillo sin fin}$$

$$p = 1,75 * 10^{-3} \text{ m} ; \text{ paso del tornillo sin fin}$$

$$f = 0,15 ; \text{ coeficiente de friccion}$$

(Tomado de Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas)

La fuerza total hallada es:

$$F_T = F_{1e} + F_{2c} \quad (2.14)$$

$$F_T = 3,92 \text{ N} + 6,67 \text{ N}$$

$$F_T = 10,59 \text{ N}$$

(2.15)

$$T = \frac{F * De}{2} * \left[\frac{p + (\pi * f * De)}{(\pi * De) - (f * p)} \right]$$

$$T = \frac{10,59 \text{ N} * 0,012 \text{ m}}{2} * \left[\frac{1,75 * 10^{-3} \text{ m} + (\pi * 0,15 * 0,012 \text{ m})}{(\pi * 0,012 \text{ m}) - (0,15 * 1,75 * 10^{-3} \text{ m})} \right]$$

$$T = 0,0635Nm * \left[\frac{1,75 * 10^{-3} m + 5,654 m * 10^{-3}}{0,037m - 2,625 * 10^{-4} m} \right]$$

$$T = 0,0635Nm * \left[\frac{7,404m * 10^{-3}}{0,036 m} \right]$$

$$T = 0,0635Nm * 1,085$$

$$T = 0,0689Nm$$

Tomando en cuenta el torque calculado en el eje X, se puede observar que el motor seleccionado se puede utilizar perfecta sin ningún problema para el proyecto ya que el torque que se muestra en la tabla 2.17 de características del motor es de 0,55Nm y así dando cumplimiento con la siguiente condición :

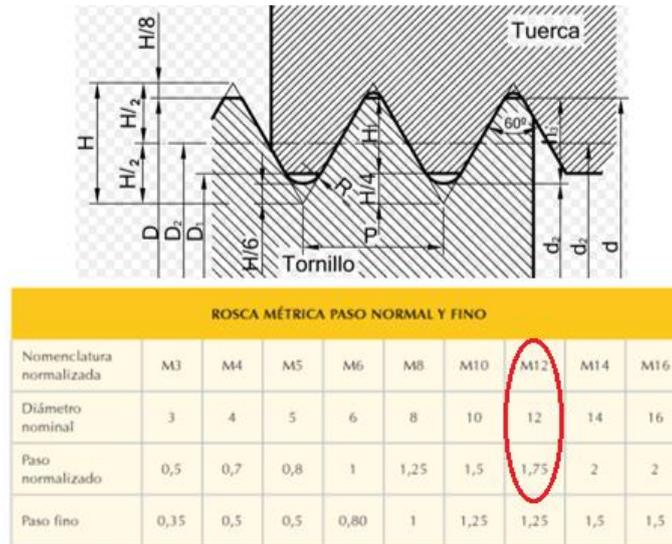
$$Torque_{motor} > Torque_{requirido}$$

$$0,55Nm > 0,0689Nm$$

Transformando se tiene el torque necesario para mover el carro principal en lbf.pulg:

$$T = 0,0689Nm \times \frac{8,85 \text{ lbf.pulg}}{1Nm} = 0,610 \text{ lbf.pulg.}$$

El tornillo sin fin elegido para el presente proyecto, es un diente helicoidal normalizado de 12 mm de diámetro y 1,75 mm por paso, es decir una vuelta completa del motor el tornillo sin fin desplaza al carro longitudinalmente 1,75 mm, la cual se muestra sus características en la tabla 2.8.

Tabla 2.8. Definición de Roscas Normalizadas.**Fuente:**

http://www.iesdonbosco.com/data/fabmecanica/tema_10_roscado.pdf

Para conocer el desplazamiento total que tiene en todo el eje se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$d = n * 1,75\text{mm} \quad (2.16)$$

De donde el número de revoluciones que logra el tornillo sin fin a lo largo de su trabajo se logra calculando con la siguiente fórmula:

d: Desplazamiento total de trabajo en mm.

n: Número de revoluciones del tornillo sin fin .

p: paso de tornillo en mm.

(2.17)

$$n = \frac{d}{1,75\text{mm}}$$

$$n = \frac{450\text{mm}}{1,75\text{mm}}$$

$$n = 257\text{ rpm}$$

Donde se tiene la potencia necesaria para impulsar el tornillo:

(2.18)

(Tomado de Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. En Tornillos de Potencia) .

$$P = \frac{T * n}{63000}$$

$$P = \frac{0,610 \text{ lf.pulg} * 257\text{rpm}}{63000}$$

$$P = 2.488 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

En watts se tiene:

Sabiendo que: 1 hp = 746 watts

$$P = 1,85 \text{ watts}$$

Con la potencia calculada se puede establecer que el motor seleccionado es suficiente para realizar el movimiento del carro principal, es así que cumple con la siguiente condición: véase tabla 2.17.

$$\text{potencia}_{\text{motor}} > \text{Potencia}_{\text{requirido}}$$

$$6,30W > 1,85W$$

2.1.2.3. Diseño de Guías.

Las guías brindaran estabilidad en cuanto al desplazamiento de los ejes X, Y respectivamente. Su diseño es geométrico debido a que no está expuesto a demandas mecánicas de mucho esfuerzo y la única consideración que se debe tener en cuenta es la facilidad del montaje y la facilidad del movimiento de la herramienta de trabajo.



Figura 2.12. Guías X, Y.

La geometría de las guías utilizadas en X, Y es la misma que tiene el tornillo sin fin sus

dimensiones son de 450 mm de longitud y 12mm de diámetro, tomando en cuenta que sus características se muestra en la tabla 2.9

Tabla 2.9. Dimensiones de Recorridos Guía.

Acero ASTM – A36	Longitud (mm)	Diámetro(mm)
Recorrido longitudinal en X	450	12
Recorrido longitudinal en Y	450	12

El material a utilizar para la fabricación de este elemento es el Acero ASTM – A36, debido a su facilidad para el maquinado, ya que se necesita un buen acabado superficial que garantice un suave desplazamiento.

No fue necesario realizar un análisis de fuerzas puesto que ya se lo hizo anteriormente en el diseño del tornillo sin fin, prácticamente cumple con las mismas características: factor de seguridad de $n= 2$, diámetro 12mm, longitud 450mm. (Tomado de Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas.)

σ_{adm} : *Esfuerzo Admisible*

S_y : *Limite de Fluencia*

n : *Factor de Seguridad*

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{250 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{adm} = 125 \text{ MPa}$$

Concluyendo de esta manera que el esfuerzo admisible es mayor que el esfuerzo de trabajo y cumple con el diseño.

$$\sigma_t \leq \sigma_{adm}$$

$$640 \text{ KPa} \leq 125 \text{ MPa}$$

Para evitar cualquier tipo de deformaciones se optó por el eje de 12 mm de diámetro, la cual para establecer la deformación máxima de los ejes, se lo considera como un eje de

apoyos fijos y carga central. La cual se calcula con la ecuación siguiente: (Tomado de (Shigley, J. 2008, Diseño en Ingeniería Mecánica).

(2.19)

$$y_{max} = - \frac{F_x L_x^3}{192EI_x}$$

Donde se tiene:

Eje seleccionado de $d = 12\text{mm}$

y_{max} : deflexion maxima del eje (**Véase Anexo A11**)

I_x = Momento de inercia (eje circular)

$L_x = 0,45\text{m}$: Longitud del eje

$F_x = 10,59\text{ N}$: Fuerza ejercida en el eje

$E = 210\text{ Gpa}$: Modulo de elasticidad del acero ; La cual se puede observar en la siguiente tabla 2.10.

Tabla 2.10. Elasticidad del Acero ASTM – A36

Material	E (GPa)	Le (MPa)	R (MPa)	$\alpha \cdot 10^{-6} (\text{K}^{-1})$
Aluminio comercial	69	255	420	25.0
Cobre comercial	110	206	275	16.6
Latón comercial	101	344	420	20.0
Acero, 0.1 5%C	210	447	551	12.5

Fuente: Módulo de Elasticidad de los Materiales.

Dónde:

(2.20)

$$I_x = \frac{\pi \times d^4}{64}$$

$$I_x = \frac{\pi \times (0.012\text{m})^4}{64}$$

$$I_x = 1,017 \times 10^{-10} \text{m}^4$$

Tomando la ecuación (2.19) se tiene:

$$y_{max} = - \frac{10,59\text{ N} \times 0,45\text{ m}^3}{192 \times 210\text{ Gpa} \times 1,017 \times 10^{-10} \text{m}^4}$$

$$y_{max} = - 1,30 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$y_{max} = - 0,130\text{mm}$$

Sabiendo que la deflexión hacia arriba son positivas (+) y hacia abajo negativas (-), en este caso la deflexión es hacia abajo puesto que todo el peso del carro principal es hacia abajo.

Esta deflexión encontrada es aceptable para el diseño requerido de los ejes y sus funciones, su comprobación se lo hizo con el software SolidWorks se obtiene que el eje se flexiona 0,1370 mm figura 2.13 al igual que al valor calculado.

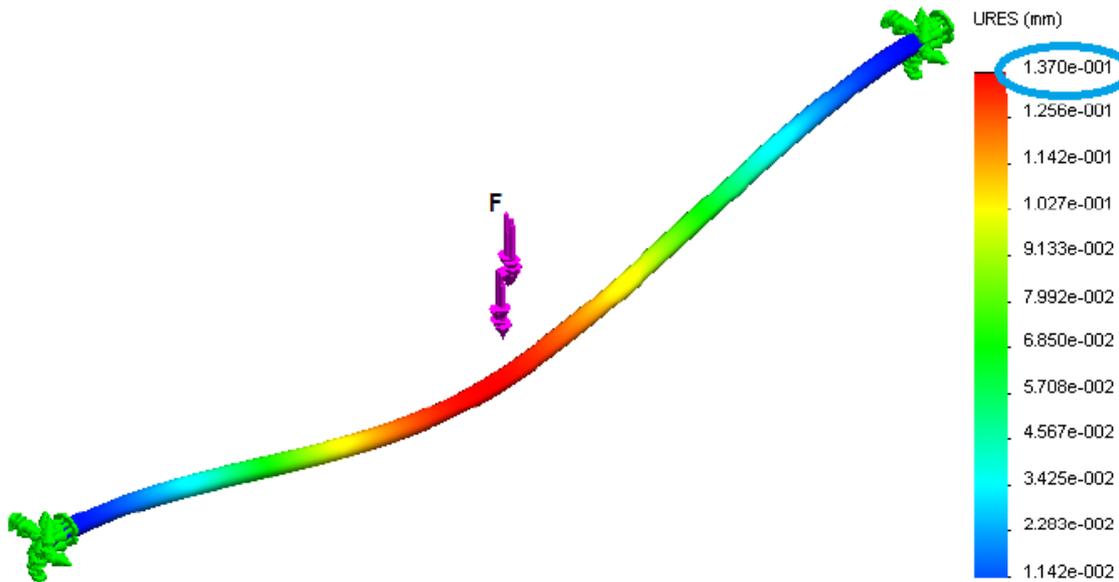


Figura 2.13. Análisis de Deformación del eje X, Y.

Tabla 2.11. Interpretación de Resultados - Deformación del Eje.

LONGITUD DEL EJE (mm)	DIAMETRO (mm)	FUERZA EJERCIDA (N.m)	DEFORMACION MAX. (mm)
450	12	10,59	1,370e-001

El tipo de acero utilizado es una de los más utilizados en el mercado para este tipo de diseño por un alto grado de resistencia a la tracción. (Véase Anexo A10)

2.1.2.4. Selección de Rodamientos.

En este tipo de maquinas y mecanismos se utilizan con mucha frecuencia organos de transmision para el moviento , especialmente en movimientos de rotacion , entre los q son mas destacados : arboles y ejes .

Estos giran apoyados sobre soportes dispuestos en sus extremos , estos considerando q deben estar debidamente dimensionados para poder resistir con toda seguridad los esfuerzos que les transmitan aquellos .

Los rodamientos para su buen funcionamiento se debe considerar los siguientes factores:

- Tipo de rodamiento .
- Espacio disponible .
- Vida util.
- Magnitud ,direccion y sentido de la carga.
- Desalineacion.

2.1.2.4.1. Tipo de Rodamiento.

Los rodamientos rígidos de bolas pueden soportar cargas medias, tienen una alta precisión y en variantes de trabajo es silencioso. Este tipo de rodamiento es preferido en motores eléctricos de trabajo pequeño y soporta muy pesadas y son autos alienables, por esto son adecuados para aplicaciones de ingeniería. Véase figura 2.14.



Figura 2.14. Rodamiento de Bolas.

Fuente: <http://www2.ing.puc.cl/icm2312/apuntes/roda>

2.1.2.4.2. Espacio Disponible.

Comunmente una de las dimensiones principales del rodamiento en la mayoría de los casos es el diámetro de los agujeros, esta viene determinado por las características de diseño de la máquina, para ejes de pequeño diámetro, así como los rodamientos rígidos de bolas.

Cuando se tiene el espacio radial disponible es limitado la recomendación, indica que se debe seleccionar rodamiento de pequeña sección, los más utilizados son los de baja altura de sección los rodamientos que están dentro de la serie de diámetro de 8 a 9.

2.1.2.4.3. Vida Útil.

La falla principal de los rodamientos es la fatiga superficial que se produce en los elementos rodantes y en las pistas de rodadura, es por eso que para la selección de rodamientos a utilizarse en la elaboración de este proyecto se va tomar en cuenta más la vida útil de los mismos.

El cálculo de la vida útil es dependiendo del rodamiento que se va utilizar, por lo que resulta un cálculo interactivo esto quiere decir que se elige un rodamiento y se comprueba su vida útil, si el resultado es aproximado al seleccionado el cálculo ha terminado, pero caso contrario debe escogerse otro rodamiento y recalcular la vida útil de la misma.

De tal manera que la vida nominal de un rodamiento según la normativa ISO ES:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (2.21)$$

Si la velocidad es constante, la vida expresada se calcula en horas de funcionamiento utilizando la siguiente ecuación:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{(60n)^{L_{10}}} \quad (2.22)$$

Donde se tiene

L_{10} : Vida nominal (con un 90% de fiabilidad), millones de revoluciones.

L_{10h} : Vida Nominal (con un 90% de fiabilidad), horas de funcionamiento.

C : Capacidad de carga dinámica, KN.

P : Carga dinamica equivalente del rodamiento , KN.

p : Exponente de la ecuacion de la vida .

- En este es 3 por que se esta utilizando rodamiento de bolas .

n : velocidad de giro , RPM.

La vida util en una aplicación depende de factores muy importantes a considerar como son: la lubricacion, el grado de contaminacion, la desalineacion, el montaje adecuado, condiciones ambientales y el limite de fatiga del material . (**Véase Anexo A6**)

El factor de ajuste de la vida aplica el cocepto de carga limite , por lo cual es necesariamente reflejar las condiciones de funcionamiento de la aplicación . donde se tiene la relacion de viscosidad que viene dada por la siguiente expresion :

$$k = \frac{v}{v_1} \quad (2.23)$$

Donde se tiene :

k : Relacion de viscosidad.

v : Viscosidad real de funcionamiento del lubricante mm^2/s

v_1 : Viscosidad nominal dependiendo del diametro del rodamiento y su velocidad de giro , mm^2/s .

Los factores de ajuste nc para el diseño (**vease en el Anexo :A5**).

La ecuacion para la vida nominal SKF cumple con la normativa ISO 281.

$$L_{10} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (2.24)$$

Donde se tiene :

a_1 : Factor de ajuste de la vida para una mayor fiabilidad.

a_{SKF} : Factor de ajuste de la vida SKF.

Los valores del factor a_1 se encuentran en la tabla 2.12.

Tabla 2.12. Valores del factor de ajuste de la vida útil.

Fiabilidad %	Probabilidad de fallo n %	Vida nominal L_{nm}	a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0.62
96	4	L_{4m}	0.53
97	3	L_{3m}	0.44
98	2	L_{2m}	0.33
99	1	L_{1m}	0.21

Fuente: Catalogo SKF Online.

Los valores requeridos de la vida nominal L10h se encuentra en la tabla (**vease en el Anexo: A6**).

2.1.2.4.4. Carga de los Rodamientos.

Este factor es el considerado para determinar el tamaño de rodamiento a utilizar, para ello la carga equivalente sobre el rodamiento se obtiene de la formula siguiente:

$$P = X * F_r + Y * F_a \quad (2.25)$$

Donde se tiene:

F_r : Es la carga radial que se aplica sobre el rodamiento .

F_a : Es la carga axial que se aplica sobre el rodamiento.

X e Y son valores adimensionales que cambian para cada tipo de rodamiento a seleccionarse.

De esta manera considerando todos los datos anteriores mencionados , se procede a la selección del rodamiento para la maquina impresora .

1. En cuanto a la selección de tipo de rodamiento se va utilizar el de bolas debido que es el mas indicado para las aplicaciones de motores electricos pequeños como es el caso de la maquina impresora .
2. En cuanto al espacio disponible unicamente se considera como variable al diametro interior , ya que es suficiente para el maquinado que se va a realizar .

De esta manera el diametro seria de 9 mm ya las cargas a soportar son pequeñas , con la ayuda del catalogo SKF se ha podido seleccionar el rodamiento 609 que cumple con las cracteristicas requeridas .

- Para la vida util se considera las recomendaciones que se tiene en la tabla 2.12. Así se tiene que L_{10} deberá ser un valor comprendido entre 10000 y 25000 horas, ya que la maquina impresora trabajara en jornada de 8horas de manera discontinua.

Este valor se calcula en base a las ecuaciones que se tiene para la selección de rodamientos.

$$L_{10} = a_1 a_{SKF} \left(\frac{C}{P}\right)^p \quad (2.26)$$

$$P = X * F_r + Y * F_a \quad (2.27)$$

Entonces se tiene que la fuerza radial que soporta el rodamiento es de 5.5 N debido al diagrama de corte realizada anteriormente. (Véase Anexo A9)

Para el rodamiento seleccionado se tiene las siguientes características que se resume en la tabla 2.13.

Tabla 2.13. Características del Rodamiento 609.

Dimensiones principales			Capacidades de carga		Carga limite de fatiga Pu	Designación
			Dinámica C	Estática Co		
d	D	B	C	Co	Pu	
mm			KN		KN	
9	24	7	3,9	1,66	0,071	609

Fuente: Catalogo SKF Online.

Al contar no con una fuerza axial los valores de X e Y son 1 y 0 respectivamente por lo que se tendrá la carga equivalente igual 5.5 N. Tabla 2.13. El valor de C para el rodamiento seleccionado es de 3.9.

El valor de a_1 se obtiene de la tabla 2.11. Si se considera una fiabilidad del 95% se tiene que $a_1 = 0,62$.

Considerando un valor $n_c = 0,6$ por ser una contaminación con limpieza normal, a una temperatura de funcionamiento aproximadamente a 25 grados centígrados, con un aceite ISO 100. Con una relación de $v = 300mm^2/s$.

La velocidad de funcionamiento será aproximadamente de 20 rpm, por tanto de acuerdo a los datos anteriores se tiene $v_1 = 900mm^2/s$. Por lo tanto $k = 0,33$ y donde el valor de $a_{SKF} = 0,9$.

La vida nominal con las condiciones encontradas es:

$$L_{10} = 0,62 * 0,9 \left(\frac{3,9}{0,055}\right)^3 \quad (2.28)$$

$$L_{10} = 200000$$

2.1.3. El eje Z.

Como se muestra en la figura 2.15. Será una pieza móvil, que se desplazará a lo largo del eje X sobre dos ejes auxiliares. El resorte colocado en la parte superior lo conserva arriba, el electroimán le admite un recorrido vertical hacia abajo, permitiendo la operación del ruteado sobre la placa de cobre (baquelita).

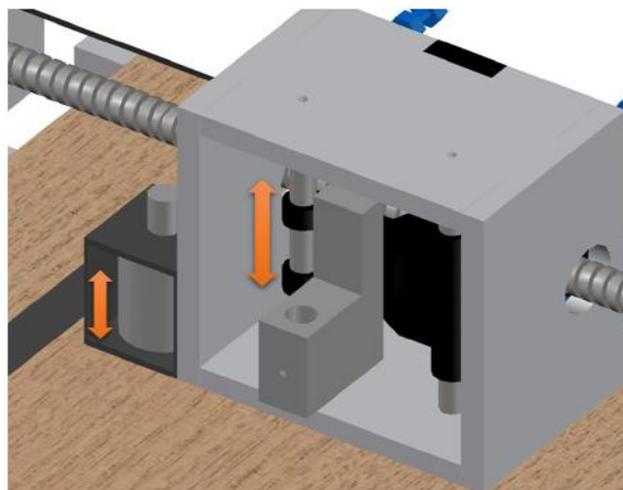


Figura 2.15. Movimiento en el Eje Z de la Maquina Impresora.

También en esta pieza vendrá una abrazadera de grilon para sujetar el marcador de tinta indeleble. La siguiente figura 2.16. Permite apreciar mejor lo mencionado.

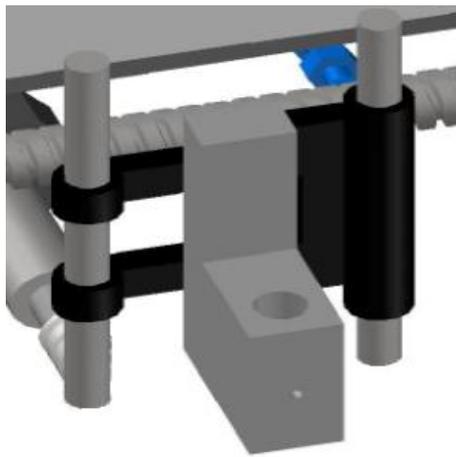


Figura 2.16. Abrazadera de Grilon.

2.1.3.1. Cálculo de la Fuerza Máxima Ejercida por el Electroimán.

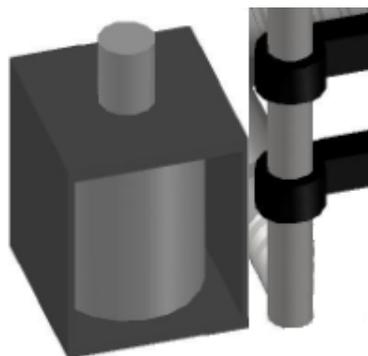


Figura 2.17. Electroimán del Eje Z.

F = Fuerza en Newton.

A= Área de las caras de los polos en m².

N = Número de vueltas del cable en torno al electroimán.

I = La corriente en amperios.

L = Longitud del circuito magnético.

L= 0,05 m.

$$\mu = 4\pi \times 10^{-7} H m^{-1} \quad (2.29)$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{38V}{15ohmios}$$

$$I = 2,66 \text{ A}$$

(2.30)

$$F = \frac{\mu N^2 I^2 A}{2L^2}$$

$$F = \frac{\mu \times 100^2 \times 2,66^2 \times 0,09}{2 \times 0,05^2}$$

$$F = 12,52 \text{ N}$$

La fuerza máxima del electroimán calculada con la ecuación 2.30. Es de 12,52 N.

De acuerdo al amperaje calculado de 2,66 A se ha escogido un cable #° 18 que soporta adecuadamente la corriente que circula por ella. (Véase Anexo A3).

La siguiente figura. 2.18. Muestra cada una de las partes de la maquina ensambladas entre si y montadas en la mesa de trabajo.

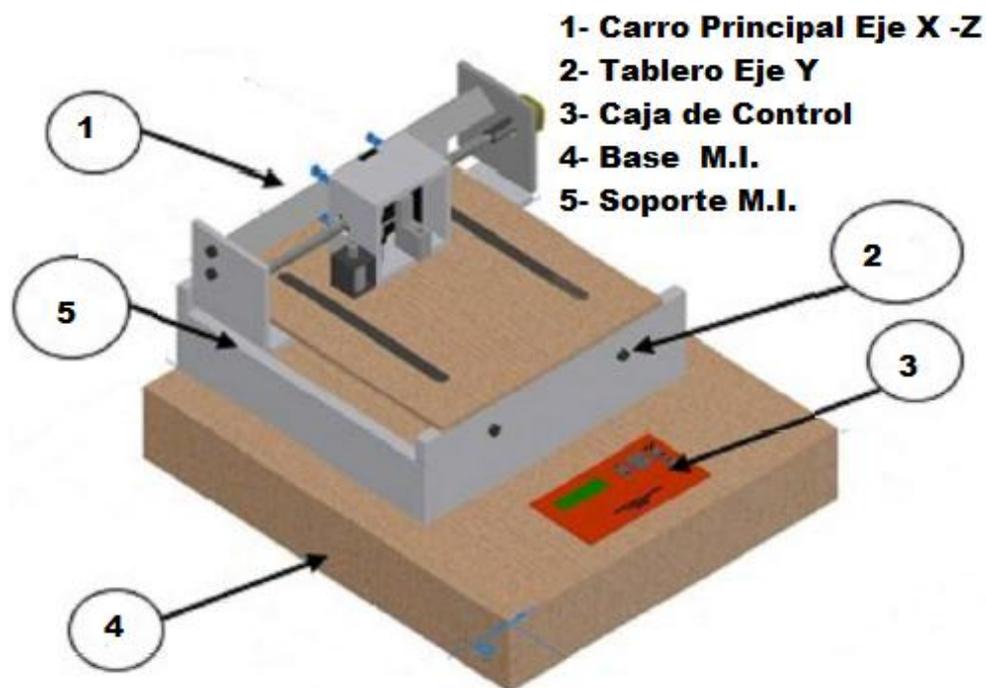


Figura 2.18. Esquema general de la Maquina y sus Partes Principales.

2.2. Diseño del de Hardware de la Maquina Impresora.

El hardware de la maquina impresora está conformado por los motores paso a paso, de microcontroladores que los controla , el LCD que despliega en pantalla las opciones básicas de trabajo, un panel de control para ejecución de movimientos y sensores fin de carrera ubicados en cada eje las cuales definen el área de trabajo del carro principal , la cual es alimentada por una fuente de voltaje DC de 12 v .

Para una mejor comprensión, se presenta a continuación un diagrama de bloques figura 2.19. Que muestra las distintas etapas que comprende el hardware electrónico de la maquina impresora.

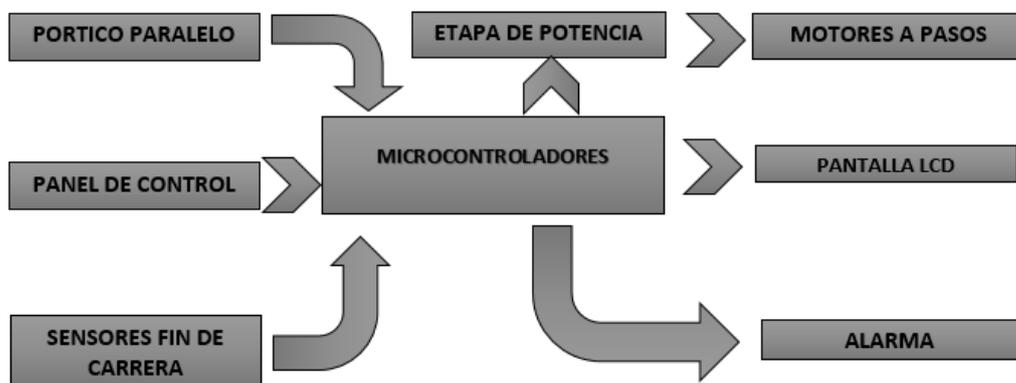


Figura 2.19. Esquema del Hardware Electrónico de la Maquina Impresora.

Como se puede apreciar en la figura 2.19. El hardware de la maquina impresora está comprendido de dos etapas: la de control y la de potencia. Estas etapas se conectan por medio de microcontroladores, el mismo que interactúa con todos los elementos que conforman la maquina impresora; a ellos llega toda señal ya sea de los sensores, el pórtilo paralelo de comunicación o de los botones del panel de control. Las señales son procesadas y de acuerdo al programa que tiene cargado los microcontroladores, ejecuta acciones como son: presentar un texto en la LCD, encender una alarma, mover un motor, entre otros.

2.2.1. Etapa de Potencia y Alimentación a la Maquina Impresora.

2.2.1.1. Tarjeta de Control para los Motores de Pasos.

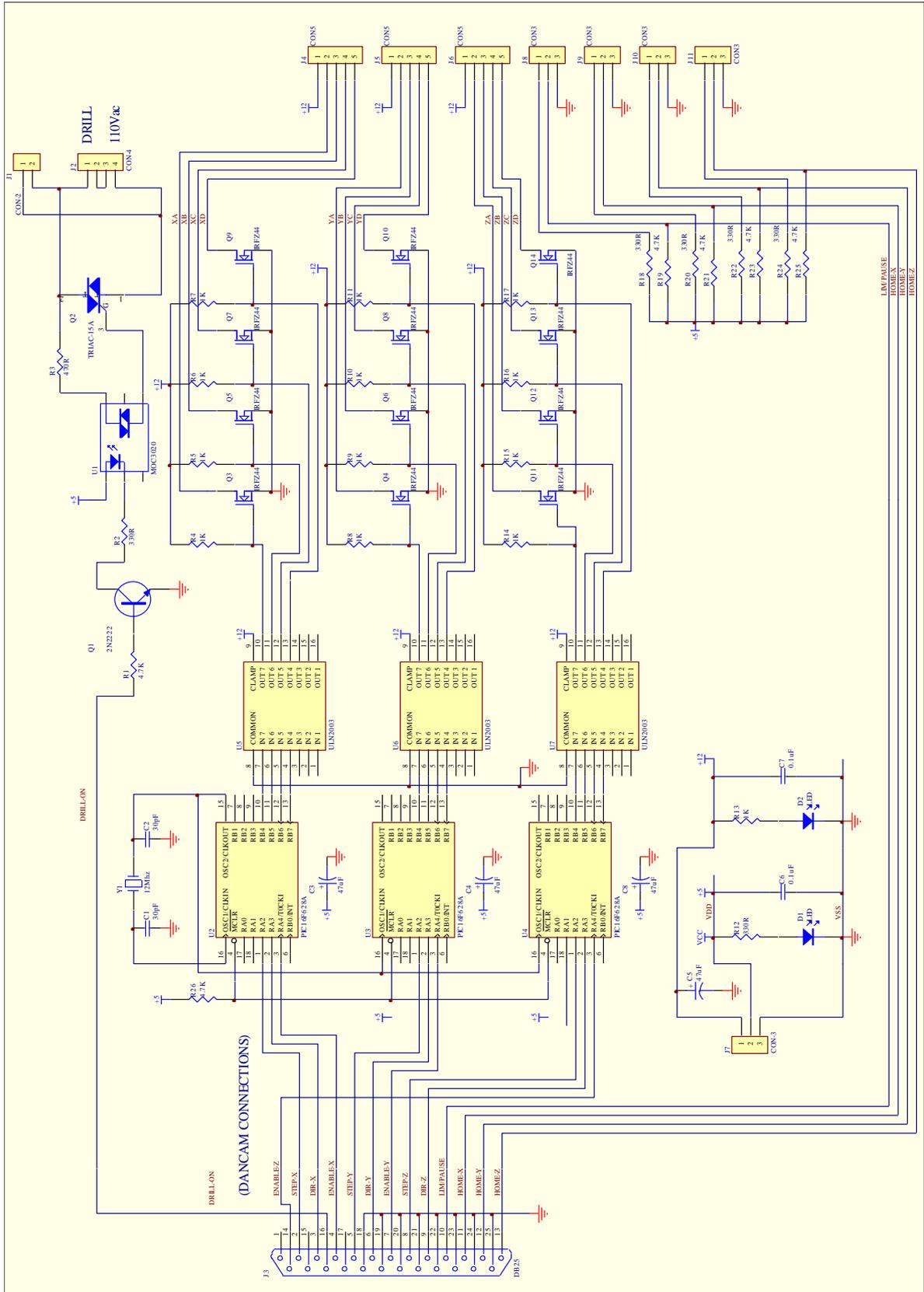


Figura 2.20. Diagrama Principal de la tarjeta de control para los motores.

En esta parte se realizó el estudio de los siguientes elementos de control que se utilizan en la tecnología programada, microcontroladores PIC y PLCs, con el propósito de escoger el elemento más adecuado para este proyecto.

Tomando referencia los elementos de control escogidos se elaboró una tabla comparativa para selección adecuada. Tabla 2.14.

Tabla 2.14. Elementos de control Preseleccionados para la tarjeta de control

Criterio de Selección entre Microcontroladores PICs y PLCs	
Microcontroladores	PLCs
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Rápidos en poder de procesamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Gama baja y media lentos en poder de procesamiento.
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Varios diseños y desarrollos de hardware específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tienen sus propios modulares
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Difícil expansión de dispositivos modulares 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Fácil expansión de dispositivos modulares
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tamaño pequeño adaptable para el proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tamaño grande y no adaptable para el proyecto
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Presupuestos bajos 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Presupuestos altos (considerables).

Analizando la tabla 2.14 y comparando los elementos seleccionados, se puede observar que los microcontroladores PICs cumplen con los requerimientos que necesita el proyecto, de los cuales los más relevantes son el poder de procesamiento del microcontrolador y su bajo costo.

Hay muchos microcontroladores existentes en el mercado, con funciones similares, para este proyecto se va analizar dos en especial, las mostradas en la tabla 2.15.

Tabla 2.15. Comparaciones de los Uc 16f628a / 16f84a/ 12F675.

Microcontrolador	Pic 16F628A	Pic 16F84A	PIC 12F675
Empaquetado	18 pines	18 pines	8 pines
Memoria de programa	2k	1k	1024 Words
Memoria de datos	224bytes	68bytes	64 bytes
Memoria EEprom	128bytes	64bytes	128bytes
Timers	8	1	1
Pwm	1	-	1
Registro de comparacion y captura	si	-	-
Comparadores analogicos	2	-	1
Oscilador interno	4 Mhz	-	4 Mhz
Referencia de voltaje	1	-	1
Pines usables E/S	16	13	6
Voltaje de operacion	2 – 5.5 V	-	-
Interface	Alta velocidad	-	-
Programacion a bajo voltaje	si	-	-

Después del análisis comparativo que se hizo de los tres microcontroladores establecidos en la tabla 2.15, se ha escogido el PIC16F628A, por la capacidad de memoria que tiene, ya que el programa de la maquina impresora es 1,95 Kbyte, en memoria de programa por lo que es apto para esta aplicación, así como el número de pines es suficiente puesto que en el proyecto se va utilizar solo 7 pines, su costo es sumamente económico, de acuerdo a estos parámetros se optó por este PIC16F628A.

De igual manera en esta parte se realizó el estudio de los siguientes motores: Motor DC, Servo Motor y Motor Paso a Paso que se van a utilizar para el movimiento de los tornillos sin fin, con el propósito de escoger el motor más adecuado para este proyecto.

Tomando referencia los motores escogidos se elaboró una tabla comparativa para la selección adecuada. Tabla 2.16.

Tabla 2.16. Comparaciones de los Motores Preseleccionados.

	MOTOR DC	SERVO MOTOR	MOTOR PASO A PASO
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Sistema de bajo costo para el control de velocidad y torque. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Tamaño pequeño ✚ Distintos modos de control. ✚ Alto torque. ✚ Alta precisión 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Fácil de controlar hasta 1, 8 grados por paso. ✚ Alta precisión. ✚ Sistema de posicionamiento de bajo costo.
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Mantención. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Costo elevado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Baja potencia. ✚ Alto ruido.

Analizando la tabla 2.16 y comparando los elementos seleccionados, se puede observar que los Motores Paso a Paso cumplen con los requerimientos que necesita el proyecto, de los cuales los más relevantes y por la cual se optó la utilización de ellos son por el fácil control, realiza hasta 1.8 grados por paso y su bajo costo.

De los cuales el motor más adecuado es el motor STP – 580106 paso a paso por su robustez, precisión y fácil control, Su principal característica es el de poder mover un paso a la vez por cada pulso aplicado. Se puede obtener 1, 8 grados por cada pulso que reciba y la cual completa una vuelta en 200 pulsos y recorre 1mm de distancia en caso del eje. Otras características se tienen en la tabla 2.17.

Tabla 2.17. Motor Stp – 580106 pasó a paso.

CARACTERISTICAS DEL MOTOR STP – 580106 PASO A PASO
✚ Los únicos elementos de rozamiento son los rodamientos.
✚ El coste del control es menor.
✚ Se le pueden aplicar muy bajas velocidades de giro sin pérdida del par.
✚ Poseen una mayor amplitud de velocidades de giro efectivas y poseen una mejor respuesta a las señales que se le envían.
✚ Posibilidad de estacionamiento en determinados puntos de su giro dependiendo de la amplitud del paso, es decir, su resolución.
✚ Aplicación de par en situación estacionaria.
✚ Alta precisión en el posicionamiento con un error que oscila entre un 3 y un 5% de la longitud del paso, no acumulable entre un paso y el siguiente.

De la misma manera realizando el análisis con otros elementos electrónicos se ha escogido los Mosfets IRFZ44 puesto que la corriente que manejan los motores es máximo de 3 Amp a 12 Vdc y una potencia de hasta 36 watts. Sin duda de entre otras posibilidades el que más se ajusta al requerimiento es el motor STP – 580106 de 14 Kg /cm. El motor de

diseño robusto y con estas características se muestra en la figura 2.21. Para más información véase **Anexo A2**.



Figura 2.21. Motor STP – 580106 pasó a paso.

Fuente: <https://www.static/surestepmanualsp/surestepmanualsp.pdf>

Sus características principales:

Tabla 2.18. Características Motor Stp – 580106.

CARACTERISTICAS DEL MOTOR A PASOS Stp – 580106	
Par	14Kg/cm
Diámetro del eje	12 mm
Corriente	1,5 – 3 Amperios
Voltaje	4,5 – 12 v
Resistencia a la bobina	2,8 Ω
Fases	4
Angulo paso	1,8 grados
pasos	200 pasos por vuelta
Torque de sujeción	0,55Nm
Potencia	6,30 W

Para este tipo de motor los tornillos utilizados son M12 de paso 1,75 mm. El motivo de no haber utilizado de mayor paso es con el fin de tener una precisión adecuada. Lo que el tornillo escogido va dar por cada vuelta completa que gire el motor, el eje se desplazará 1,75mm y la velocidad máxima de desplazamiento que se tiene es de 254 mm/ min. De esta forma se analizó el actuador principal para el movimiento del carro de la maquina impresora.

El sistema de control que se utilizo es la de una estructura típica de lazo abierto, lo cual se indica en la figura 2.22.

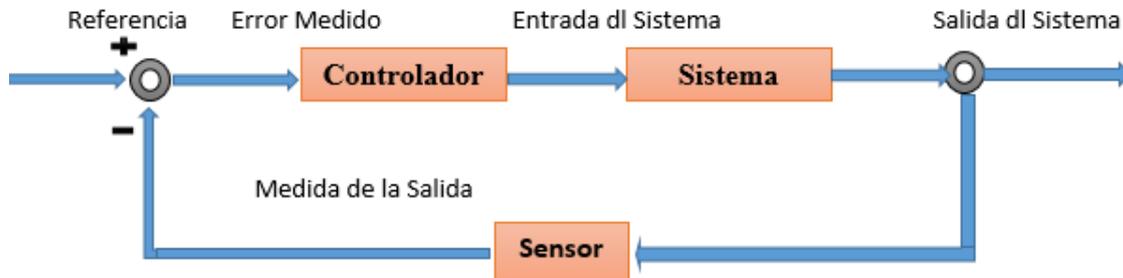


Figura 2.22. Sistema de Control Abierto.

El sistema lazo abierto utilizado simplemente ejecuta una acción, este sistema va ser llevada a cabo en este proyecto, ya que todo sus movimientos de transmisión están calibrados en el programa y su movimiento es realizado de acuerdo a los pulsos enviados, ya que en este caso, verdaderamente el problema no sería la maquina impresora sino el dejaste del marcador indeleble, que para su solución es solo cambiar de marcador.

El controlador está constituido por 3 microcontroladores PIC16F628A, los mismos que toman la señal que viene desde el computador, la amplifican a través de los ULN2003 para poder manejar mayor corriente que la que entrega el microcontrolador y estos su vez controlan al DRAIN de los Mosfets IRFZ44, capaces de manejar hasta 30 A , donde generan respectivas secuencias para la activación del electroimán y movimiento de los motores a paso ,acompañados de sensores fin de carrera quienes limitan el lugar de trabajo , esto mediante la comunicación pórtico paralelo .

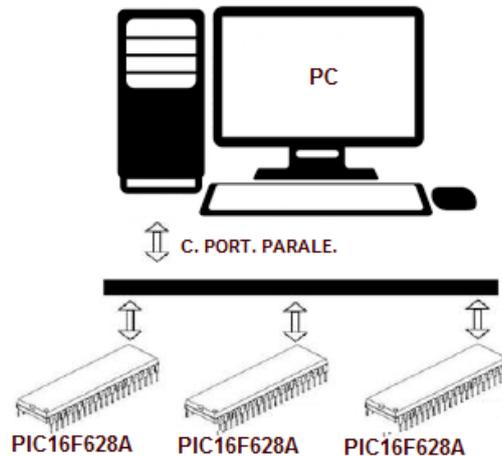


Figura 2.23. Esquema de Comunicación.

Prácticamente se tiene 3 circuitos iguales, uno para cada motor, que comandan el movimiento en el eje X, Y y Z, el computador envía tres señales de control: una DIR que da la dirección del movimiento del motor hacia la izquierda o derecha, la señal CLK que determina la velocidad de giro y la señal ENABLE, que habilita o deshabilita al motor. Tabla 2.19.

Tabla 2.19. Señales de Control de Motores.

SEÑALES DE CONTROL	
DIR	Dirección del movimiento del motor (Izquierdo-Derecho).
CLK	Velocidad de giro del motor.
ENABLE	Habilita y deshabilita el motor.

Con estas tres señales, el software del microcontrolador, genera los pulsos necesarios para el movimiento de los motores de 1.8 grados unipolares por lo que están trabajando con 4 bobinas.

Adicionalmente se tiene una salida DRILLON, que será la encargada de subir y bajar el marcador de trazado de las pistas, si es que se estuviera trabajando con un electroimán de 110V.

Más claramente se puede observar las conexiones del motor X, Y, Electroimán Z en las siguientes figuras 2.24, 2.25 y 2.26.

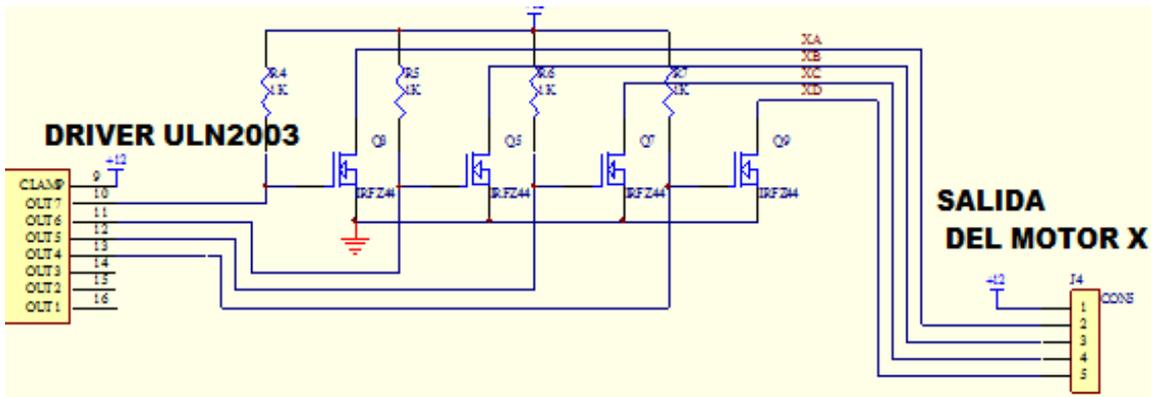


Figura 2.24. Diagrama de Conexión Motor X.

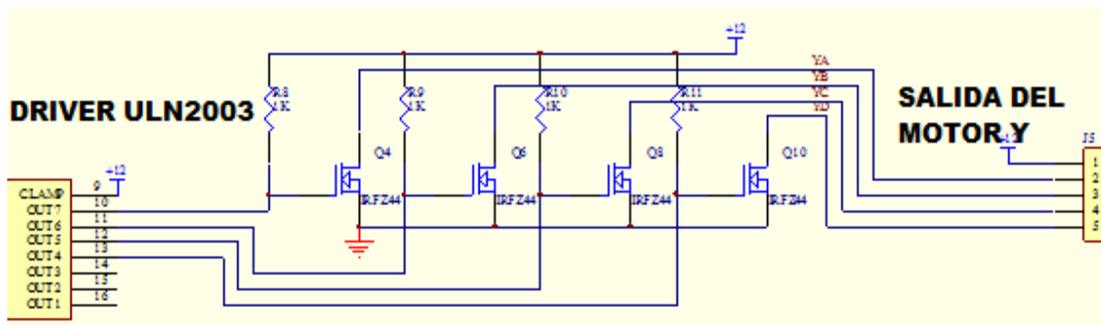


Figura 2.25. Diagrama de Conexión Motor Y.

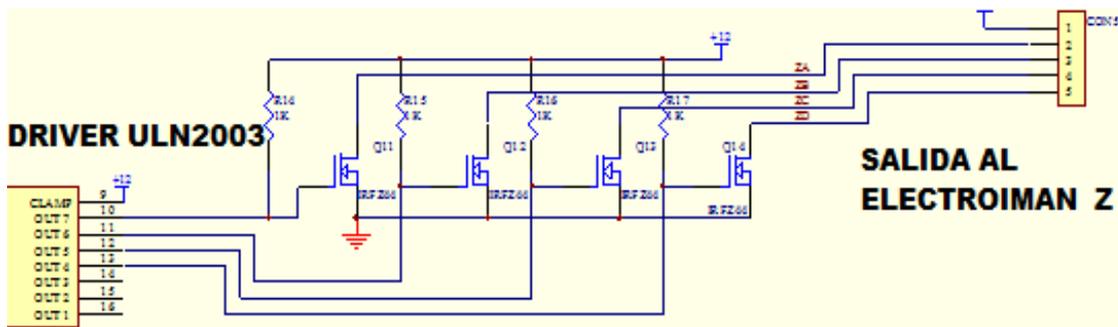


Figura 2.26. Diagrama de Conexión al Electroimán.

Esta tarjeta de control, también posee entradas que pueden ser conectadas a switches fin de carrera, que permitan parar la máquina si existiera un desplazamiento fuera de los límites establecidos.

A continuación se da una descripción más detallada de las partes que constituyen el circuito de control y potencia.

En el diagrama de la figura 2.27. Se muestra como viene las conexiones externas desde la fuente de una PC.

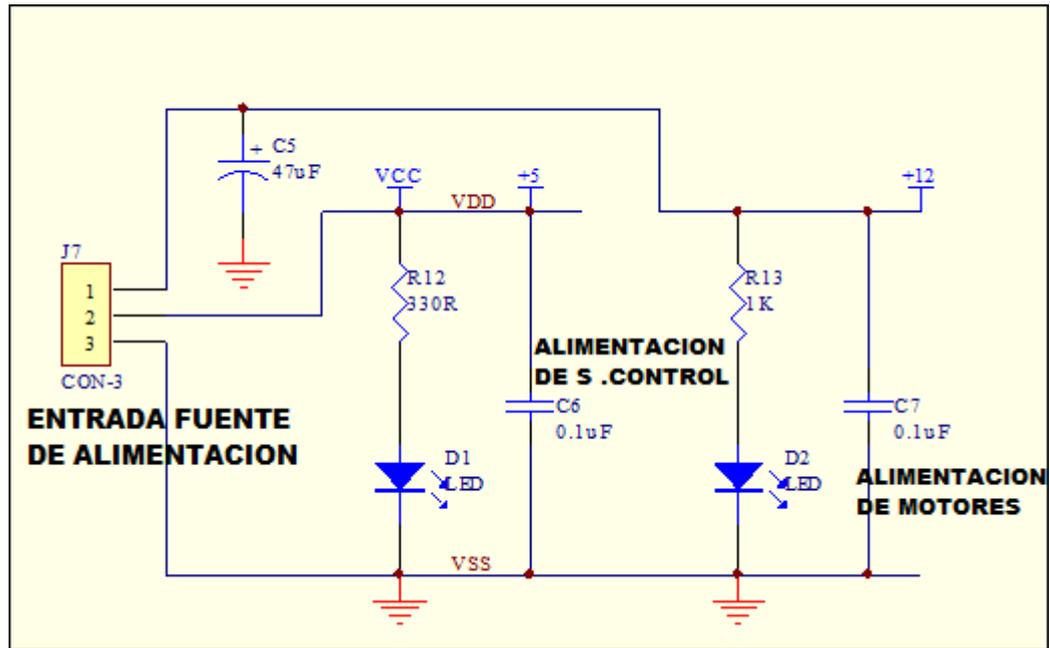


Figura 2.27. Diagrama Fuente de Alimentación, Fuente Externa de PC

Para alimentación del circuito, se va a utilizar una fuente común de computadora, figura 2.28. Puesto que tiene los voltajes y corrientes necesarios.

Donde Los leds de diagrama sirve para indicar que existen los 5V y los 12 V. los capacitores están como filtros para transientes (protege de descargas eléctricas).



Figura 2.28. Fuente de Alimentación de la Maquina

Impresora.

Fuente: <http://www.pcb.electrosoft.cl>.

Tabla 2.20. Características de la Fuente de Alimentación.

CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN Y SUS CONEXIONES		
Naranja	3,3 V	
Rojo	5 V	Alimentación del Circuito de control.
Amarillo	12 V	Alimentación de los motores a paso.
Azul	-12 V	
Violeta	VSB 5 V	
Negro	GND	

Los parámetros de la fuente de alimentación de la maquina impresora se muestra en la siguiente tabla 2.21.

Tabla 2.21. Fuentes de Alimentación de la Maquina Impresora.

FUNCIONES DE LA FUENTE DE ALIMENTACION DE LA MAQUINA IMPRESORA	
12 VOLTIOS – 8,5A	Motores , reguladores de voltaje (potencia alta)
5VOLTIOS – 6,5A	Circuitos electrónicos, tarjeta de control.

Con la siguiente tabla 2.21, se calcula la potencia suministrada por la maquina impresora; tanto para el control de motores a 12 V – 8,5A, la parte de control 5V – 6,5A. Con lo cual de esta manera se calcula las potencias disipadas:

$$P. \text{ Motores} = V * I$$

$$P. \text{ Motores} = 12 \text{ V} * 8,5\text{A}$$

$$P. \text{ Motores} = 102 \text{ Watts}$$

$$P. \text{ Control} = V * I$$

$$P. \text{ Control} = 5 \text{ V} * 6,5\text{A}$$

$$P. \text{ Control} = 32,5 \text{ Watts}$$

2.2.1.2. Interface entre Señales de Control, Micro y Amplificador ULN2003

Esta etapa del circuito de control toma las señales provenientes de la tarjeta AUTO/MANUAL y cada microcontrolador 16F628A trabaja independientemente uno para

cada eje, y estas señales pasan al ULN2003 que actúa como amplificador de corriente para posteriormente servir como driver para los MOSFETS que controlan a los motores de pasos.

El computador para el control de los motores envía 3 señales, ENABLE que activa o desactiva al motor, CLK esta señal da la velocidad de giro, DIR da a dirección de giro.

Tabla 2.22. Control de motores Paso a Paso.

SEÑALES PARA EL CONTROL DE MOTORES	
ENABLE	Activa o desactiva al motor.
CLK	Velocidad de giro del motor.
DIR	Dirección de giro del motor.

En la figura 2.29. Se muestra el interface entre señales de control, microcontrolador y amplificador ULN 2003. (**Véase Anexo A4**)

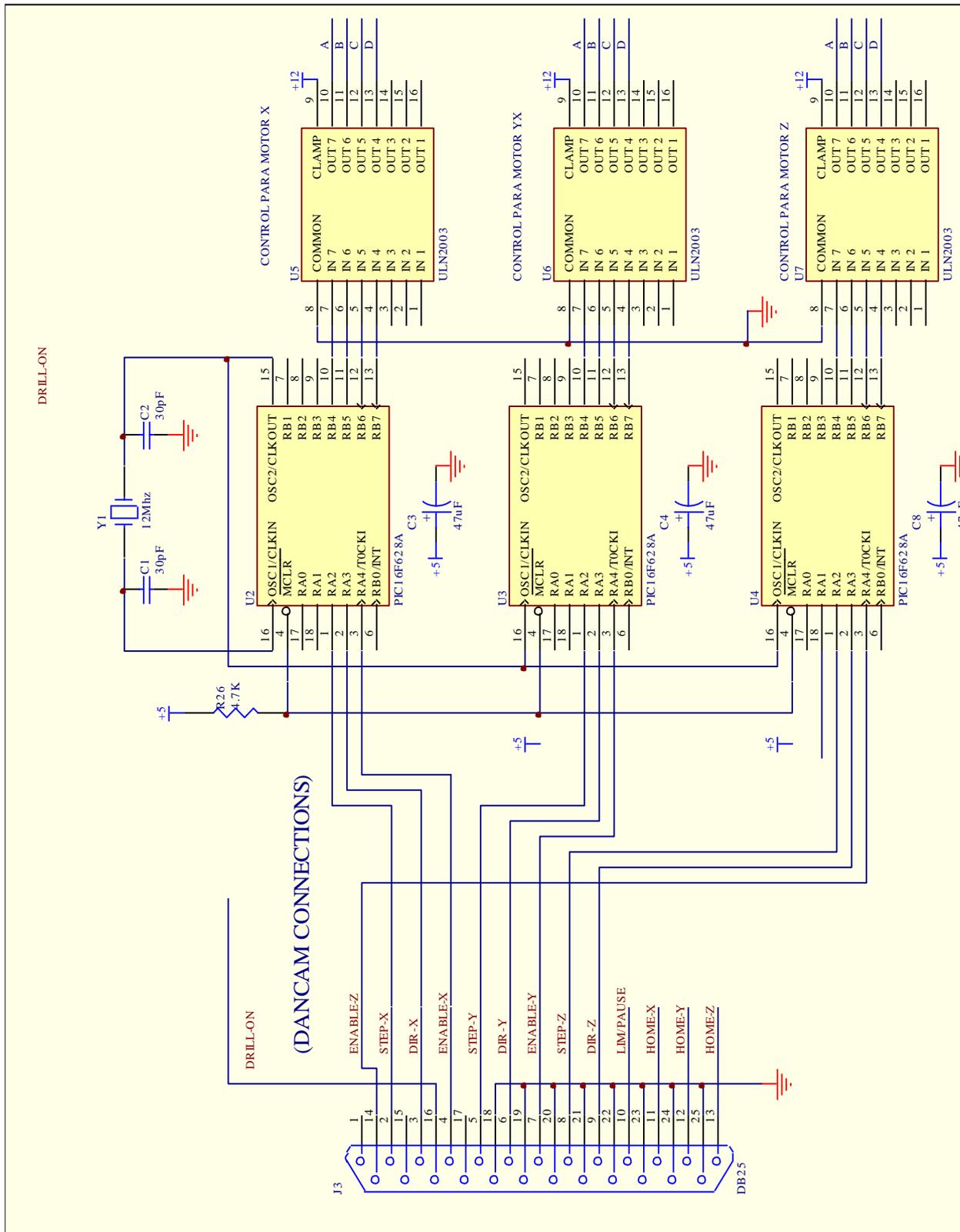


Figura 2.29. Conexiones, Microcontrolador, Amplificador ULN2003.

2.2.1.2.1. Descripción del Amplificador ULN2003

El módulo de motores se basa en el driver ULN2003 que se encarga de suministrar la potencia necesaria para el control de los motores, para el presente proyecto este circuito actúa como driver para MOSFET no directamente para los motores, sin embargo se explica el principio de funcionamiento de este integrado. Figura 2.30.

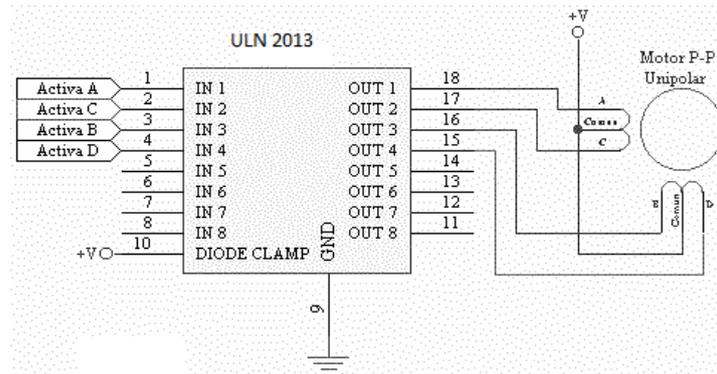


Figura 2.30. Principio de funcionamiento del driver de motores de paso a paso

Fuente: http://es/Motor_paso_a_paso.

Los pulsos se generan la activación de la secuencia de funcionamiento A, B, C, D en sentido de las agujas del reloj, o D, C, B, A en sentido inverso, tal como se muestra en la figura 2.31.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Figura 2.31. Secuencia de Funcionamiento de un Motor Paso a Paso.

Fuente: http://es.Motor_paso_a_paso

2.2.1.2.2. Interface para Control de la Bobina

Este hace que suba/baje al marcador el cual también se puede trabajar con 110V. La señal para que suba o baje el marcador, se puede tomar del pin DRILLON, el transistor amplifica la corriente y este maneja un optoacoplado, el mismo que actúa como driver para un TRIAC, pudiendo de esta manera trabajar la bobina con 110V. Esta es una opción adicional implementada, pero para el presente proyecto esta salida no se va a utilizar, ya que para el control del eje Z correspondiente al marcador, se lo va a realizar por medio del pin ANABLE del eje Z. En el circuito de la figura .2.32. Se muestra la interface de control si en caso es necesario de trabajar con 110v. (Véase Anexo A7).

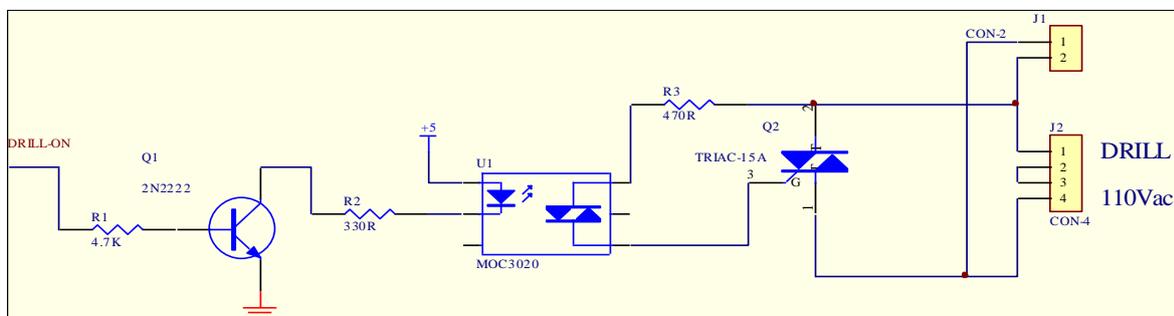


Figura 2.32. Interface de Control del Marcador a Trabajar a 110v.

Para el control de los motores se ha utilizado MOSFET tipo IRFZ44 en lugar de transistores, ya que la caída entre drain y source es muy pequeña por lo tanto la disipación de potencia es menor, lo que implica menor calentamiento y prácticamente no necesitan disipador de calor.

Las señales para los GATE viene desde el amplificador de corriente ULN2003 y el DRAIN controlan las bobinas del motor, tal como se muestra en la figura 2.33.

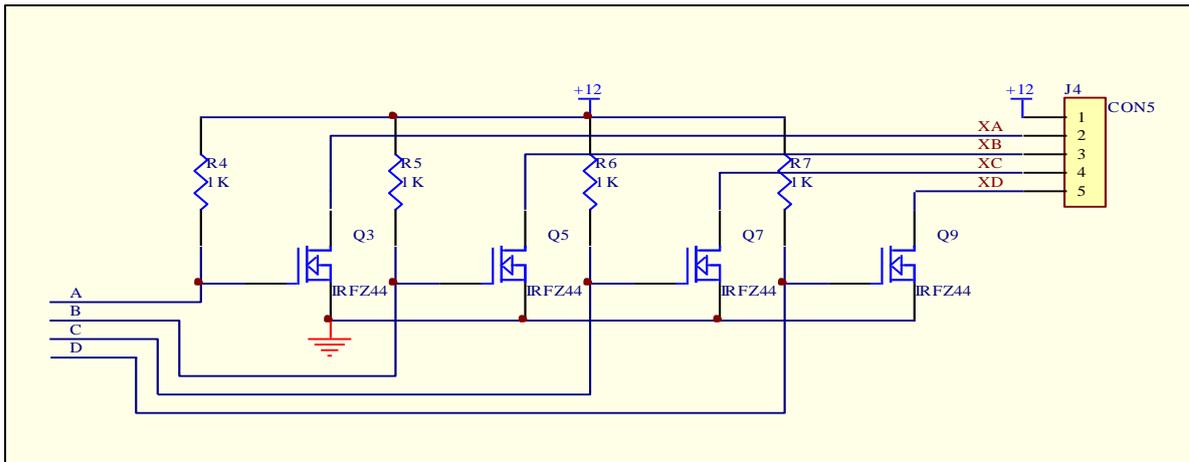


Figura 2.33. Diagrama de control de Motores a Pasos con Mosfets.

2.2.1.2.3. Entradas para los Switches Fin de Carrera

Sencillamente se ha utilizado 4 finales de carrera accionados en forma mecánica con configuración (N.A.). El porqué de elegir este tipo de final de carrera es por su costo, por su tamaño adecuado de 28x16x10mm, que resulta sencillo de ubicarlo tan solo 2 tornillos de tan solo 3mm de diámetro de forma que si por algún motivo el eje sobrepasara el formato indicado en la configuración del software de control, no dalle el diseño que se esté realizando , y de esa manera envié una señal la cual activa una alarma de emergencia y poder detener la máquina de manera inmediata por medio de un interruptor genérico RJ .



Figura 2.34. Sensor Final de Carrera.

Fuente: <http://www.todorobot.com.ar/infor/tutortepper/stepptutorial.htm>.

Estas son entradas adicionales que pueden o no ser implementadas, para el presente proyecto estas se conectan a switches fines de carrera que sirven de protección para que los motores se apaguen cuando están fuera del límite del área de trabajo de la Máquina Impresora. Normalmente están abiertos, enviando un 1L al pórstico, cuando se presionan envía un 0L. A continuación se muestra en la figura 2.35.

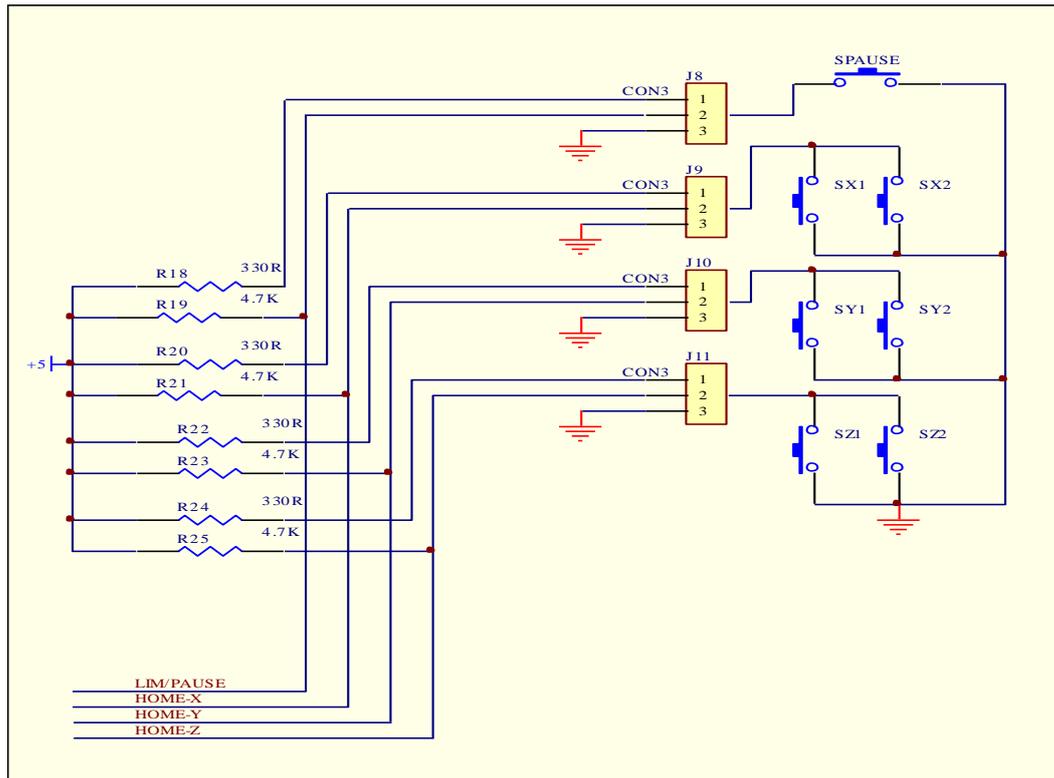


Figura 2.35. Diagrama de conexiones, Entradas para los Switches Fin de Carrera.

2.2.2. Etapa de Control desde la Pc.

En esta parte del proyecto, se detalla cómo están configurados e interconectados los elementos electrónicos que conforman la etapa de control con la Pc. Originalmente, todo dispositivo electrónico que interviene en el funcionamiento de la maquina impresora está controlado por los microcontroladores PIC16F628A, del cual se habló en el capítulo de fundamentos teóricos, es decir, tanto motores como sensores, lcd, y todos los botones del panel de control se conectan a una de las entradas o salidas de cada uno de los microcontroladores, inclusive al pórtilo paralelo de comunicación que permite el funcionamiento de la maquina impresora por medio de interfaz a una computadora.

2.2.2.1. Interface Pc y la Tarjeta de Control Automático/Manual

Para poder seleccionar entre el modo de funcionamiento AUTOMÁTICO Y MANUAL, se ha diseñado esta tarjeta que su funcionamiento se basa en seleccionar si las señales de control van a pasar desde el pórtilo paralelo de la PC o si estas señales pasan desde los microcontroladores programados en esta tarjeta, es decir funciona como un selector

electrónico esto depende de la posición del SW1 (AUTO/MAN), la una posición selecciona a la PC y en otra a los microcontroladores de la tarjeta.

Para el movimiento manual en los diferentes ejes, se lo hace mediante los pulsadores ubicados en el panel frontal, los mismos que corresponden en el diagrama de la figura 2.36 y se explica en la tabla 2.23.

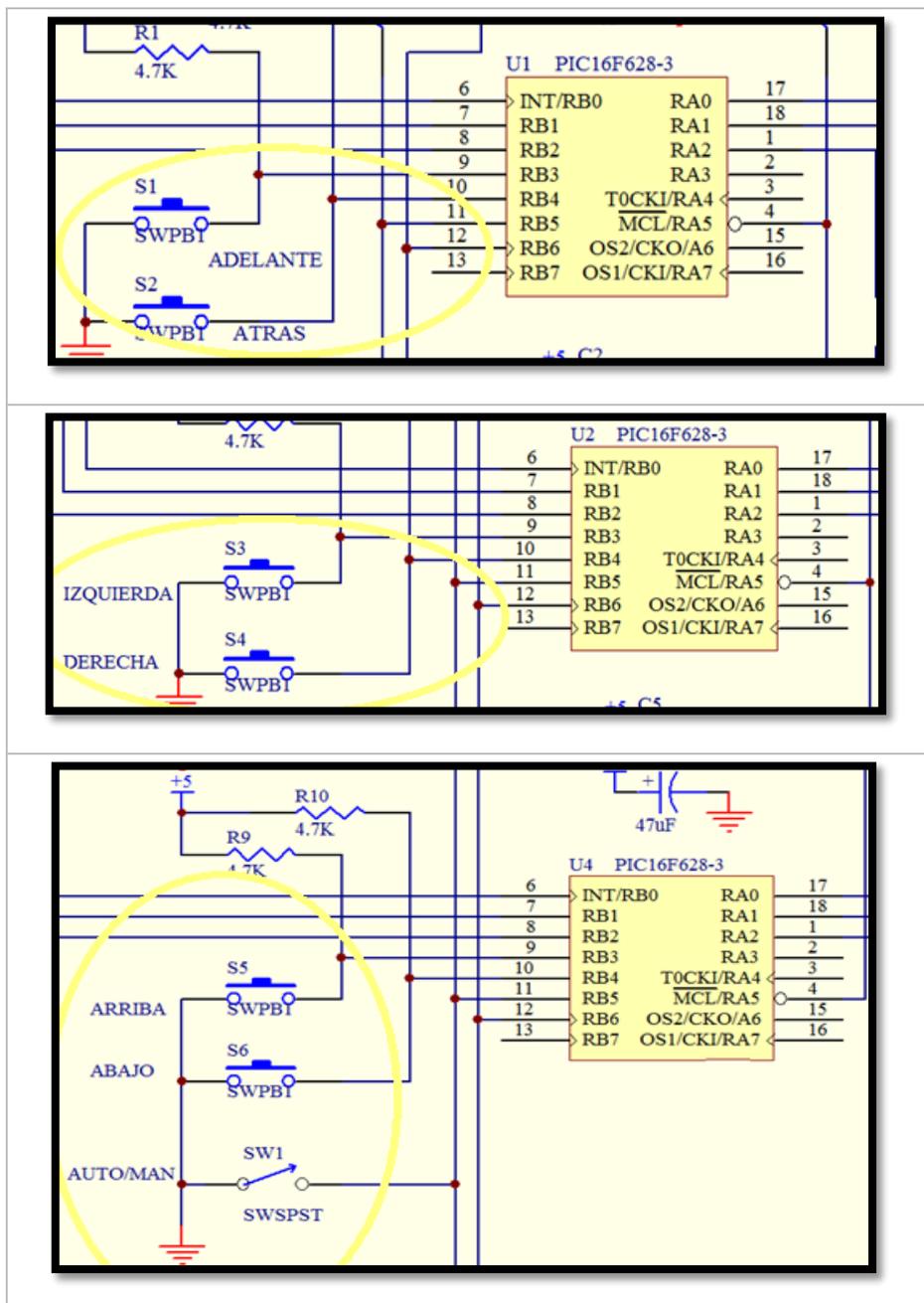


Figura 2.36. Diagrama de conexiones, pulsadores – Pic 16F628A.

Tabla 2.23. Función de los Pulsadores del Panel de Control.

FUNCIONAMIENTO DE PULSADORES DE DIRECCIONAMIENTO	
SW1	Adelante
SW2	Atrás
SW3	Izquierda
SW4	Derecha
SW5	Arriba
SW6	Abajo

Para el control de la velocidad de desplazamiento, se ha previsto un generador de pulsos constituido por el PIC12F675, el cual emite un tren de pulsos cuya frecuencia es determinada por el potenciómetro asociado, se utiliza PIC 12F675 con el objetivo de tener menos componentes y la variación de frecuencia se lo podrá hacer directamente del programa, además se tiene conversores análogos que permite leer el potenciómetro y en base a el valor de este realizar funciones de acuerdo a lo que se necesite.

Para el control del marcador de trazo, si fuese a trabajar con 12 VDC se tiene una salida con un transistor en colector abierto, lo cual permite conectar cualquier bobina o relay de hasta 500mA, el que manejaría la subida y bajada del marcador.

Un buzzer conectado al PORTB.7 del microcontrolador se encarga de generar una señal audible para ciertas aplicaciones.

Para visualizar las funciones principales, se ha dispuesto un display LCD de 2x16 que esta manejado por el pòrtico B del microcontrolador, El Lcd puede trabajar en dos modos: con 8 bits de datos o con 4bits , en el presente proyecto se está trabajando con 4 bits puesto que así se gana 4 pines adicionales en el microcontrolador. En la figura 2.37. Se muestra el diagrama de conexiones interface PC y tarjeta de control.

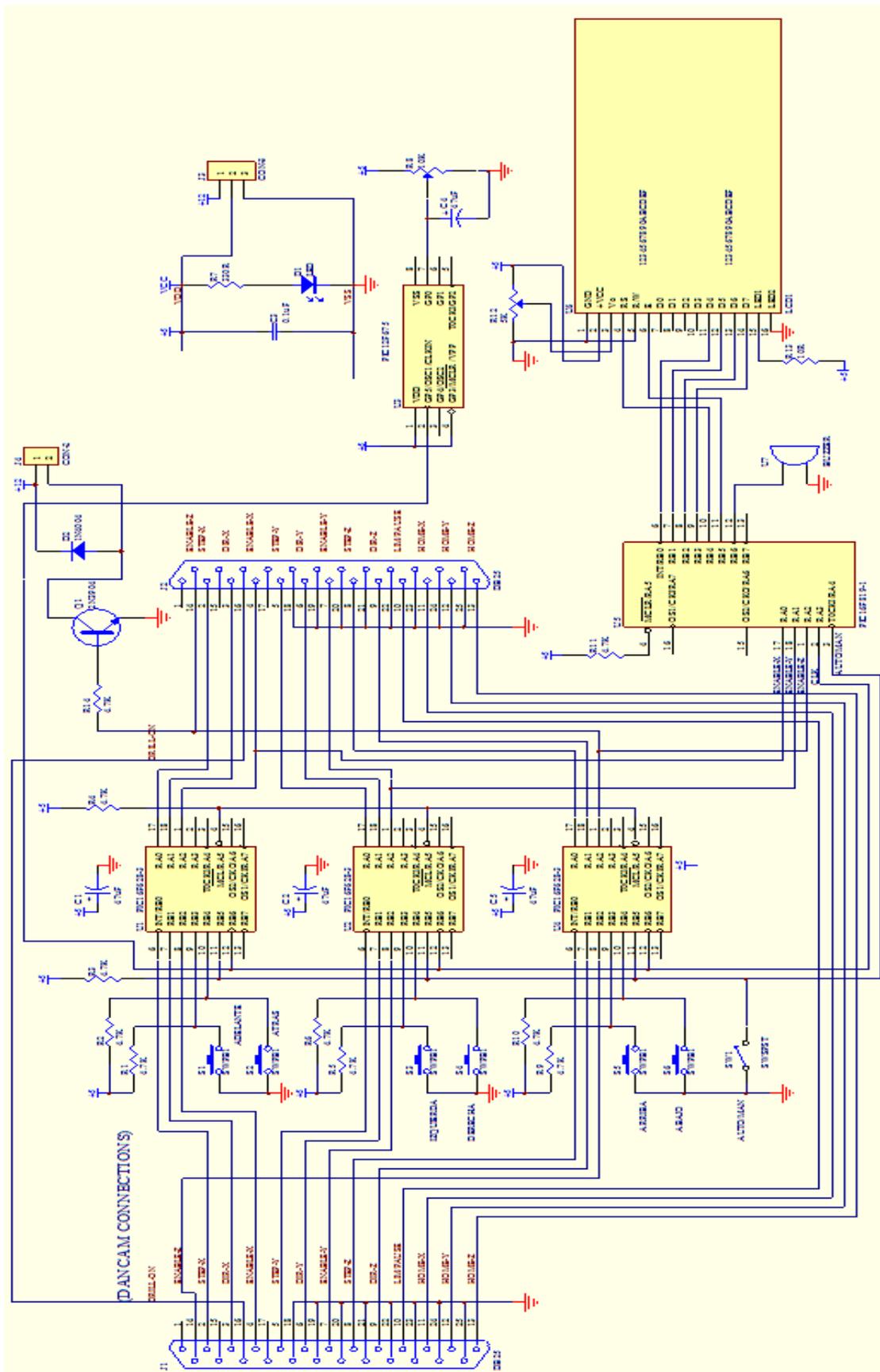


Figura 2.37. Diagrama de Interface PC, Tarjeta de Control (Automático /Manual).

A continuación se detalla los circuitos constituyentes en forma independiente, para una mejor comprensión.

2.2.2.2. Circuito para Selección Automático/Manual y Pines de Conexión

En este circuito se puede apreciar el diagrama de la tarjeta que permite realizar el funcionamiento entre AUTOMÁTICO y MANUAL.

El funcionamiento es de la siguiente manera: a través del conector DB25 J1 que se conecta al puerto paralelo del PC, se toman y envían señales para el control de los motores paso a paso, esta tarjeta sirve como un multiplexor entre las señales enviadas del computador y las señales enviadas en forma manual a través de los pulsadores para el movimiento en los diferentes ejes. La selección se realiza mediante el SW1, las señales electrificadas pasan a la tarjeta de control de los motores, mediante el conector DB25 J2, se puede apreciar que prácticamente se tiene 3 circuitos prácticamente iguales, esto se debe a que cada motor de pasos es controlado independientemente por un microcontrolador PIC16F628A y los pulsadores seleccionan el sentido de giro de cada uno de ellos.

El eje Z se lo puede manejar igual que los otros ejes con motores de pasos, pero para el caso del presente proyecto se va a utilizar un electroimán para subir o bajar el marcador indeleble.

El computador para el control de los motores envía 3 señales, ENABLE que activa o desactiva al motor, CLK esta señal da la velocidad de giro, DIR da la dirección de giro.

Para activar el electroimán, se toma la señal de ENABLE correspondiente al eje Z. El transistor Q1 sirve como driver para la bobina y la señal eléctrica se toma del conector J2. Figura 2.38.

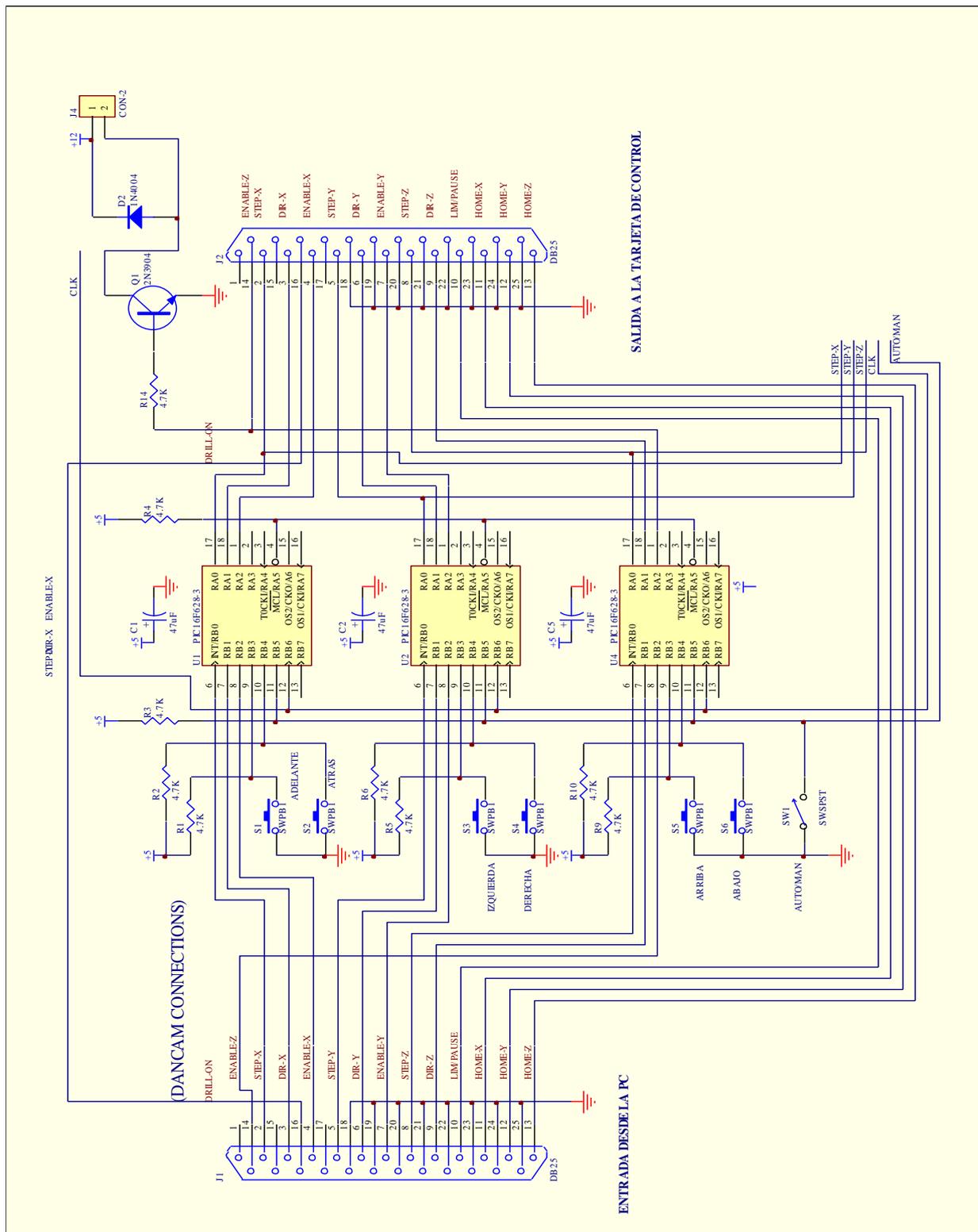


Figura 2.38. Circuito de selección Automático / Manual.

2.2.2.3. Interface Paralela desde el Computador

Este conector DB25 toma las señales enviadas desde el pórtico paralelo del PC, en el diagrama se indican las señales correspondientes a cada pin.

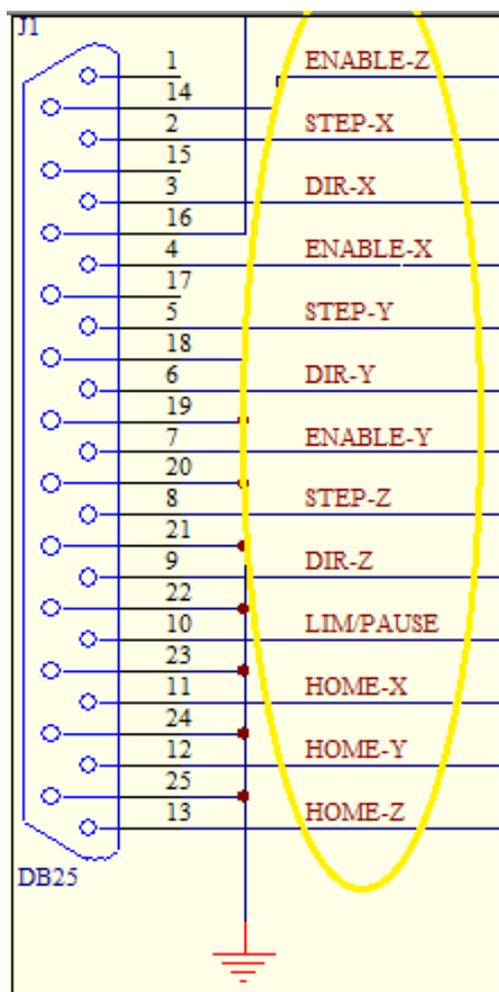


Figura 2.39. Interface paralela Con la PC.

1.2.2.3.1. Descripción del Conector DB25

Es un conector de pórtico paralelo muy utilizado en la industria, en máquinas impresoras matriciales, conocido también como CENTRONICS, está compuesto de tres buses de datos: lo que es la señalización desde la PC. En la siguiente figura 2.40. Se muestra los tipos de conectores DB25, y su cuadro de características.

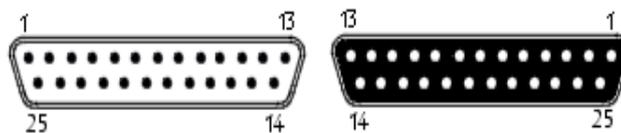


Figura 2.40. Conectores Paralelos Macho - Hembra

Fuente: <http://www.danielstolfi.com/conectores/informatica/db25p.php>

A continuación se muestra también la distribución de pines del conector DB25 para su correcta conexión y funcionamiento. Figura. 2.42.

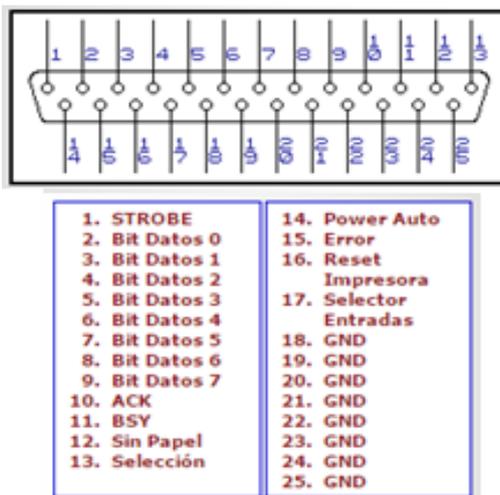


Figura 2.42. Distribución de Pines del Conector DB25

1.2.2.3.2. Características Técnicas del DB25

En la tabla 2.24. Se muestra las principales características técnicas:

Tabla 2.24. Características del DB25.

Numero	Señal	Descripción	E/S
En DB-25			
1	-	Masa chasis	-
2	TxD	Transmit Data	S
3	RxD	Receive Data	E
4	RTS	Request To Send	S
5	CTS	Clear To Send	E
6	DSR	Data Set Ready	E
7	SG	Signal Ground	-
8	CD/DCD	(Data) Carrier Detect	E
15	TxC(*)	Transmit Clock	S
17	RxC(*)	Receive Clock	E
20	DTR	Data Terminal Ready	S
22	RI	Ring Indicator	E
24	RTxC(*)	Transmit/Receive Clock	S

1.2.2.3.3. Modo de Trabajo del Pórtico Paralelo

Cada controlador del motor debe tener una entrada de CLK conectado a un pin en el puerto paralelo. Esta gira al motor pasó a paso cuando termina el pulso.

También se requiere una entrada de dirección para indicarle al controlador en qué dirección debe mover al motor. La entrada de habilitación se usa para indicarle al controlador de aplicar o no corriente al motor, la función de habilitación es opcional.

Si se tiene un controlador que tiene una entrada de habilitación y está se encuentra habilitada cuando los motores se paran, estos se apagan protegiéndoles así del sobrecalentamiento.

El control a través de pórtico paralelo, permite designar BIT por BIT cuales son los pines de control para CLK. Dirección y habilitación, para cada motor.

1.2.2.3.3.1. Características de las Conexiones del Puerto Paralelo

- ✓ **Axis Backlash CNC:** Velocidad de rampa.
- ✓ **Backlash:** Es el juego en las discusiones entre la tuerca de accionamiento y la varilla roscada en un eje. Este juego provoca una pérdida de la distancia en un movimiento cuando la dirección cambia.
- ✓ **CNC:** es la abreviatura de Control Numérico Computarizado. O simplificando es el control de la máquinas a través de una computadora.
- ✓ **La frecuencia de la rampa:** es la tasa de aceleración y deceleración de la velocidad de paso a paso. Su valor viene dado en el cambio de IPM por pulgada.
- ✓ **IPM:** Es la medición de la velocidad o la velocidad para un eje. La abreviatura de pulgadas por minuto, que es una velocidad de movimiento.

1.2.2.4. Conexión entre el Microcontrolador y LCD.

El LCD utilizado en el proyecto es un LCD 2x16, lo que quiere decir que tiene 2 filas de 16 caracteres cada una.

Hay dos modos principales de operar con LCDs: enviar un carácter y enviar un

Tabla 2.25. Comandos Para la Pantalla LCD

Comando	Operación
\$FE, 1	Limpia visor
\$FE, 2	Vuelve a inicio (comienzo de la primera línea)
\$FE, \$0C	Cursor apagado
\$FE, \$0E	Subrayado del cursor activo
\$FE, \$0F	Parpadeo del cursor activo
\$FE, \$10	Mueve cursor una posición hacia la izquierda
\$FE, \$14	Mueve cursor una posición hacia la derecha
\$FE, \$C0	Mueve cursor al comienzo de la segunda línea

Estos caracteres y líneas mostrados no son consecutivos en la memoria del visor la cual provoca saltos entre las localizaciones. Para la mayoría de visores 16x2, la primera línea comienza en \$0 y la segunda, en \$40.

1.2.2.5. Control del Generador de Pulsos para Movimiento Manual

Para control de la velocidad de giro de los motores, es necesario una señal de reloj, la que genere un tren de pulsos, pero dada la versatilidad de los PICs, se utiliza uno de la gama baja de 8 pines el PIC12F675, este se utiliza como oscilador y la frecuencia depende del potenciómetro conectado el GPIO.0, que es un pórctico análogo. Lee el voltaje en el pin por medio del potenciómetro y dependiendo de este valor genera una frecuencia proporcional. Figura 2.44.

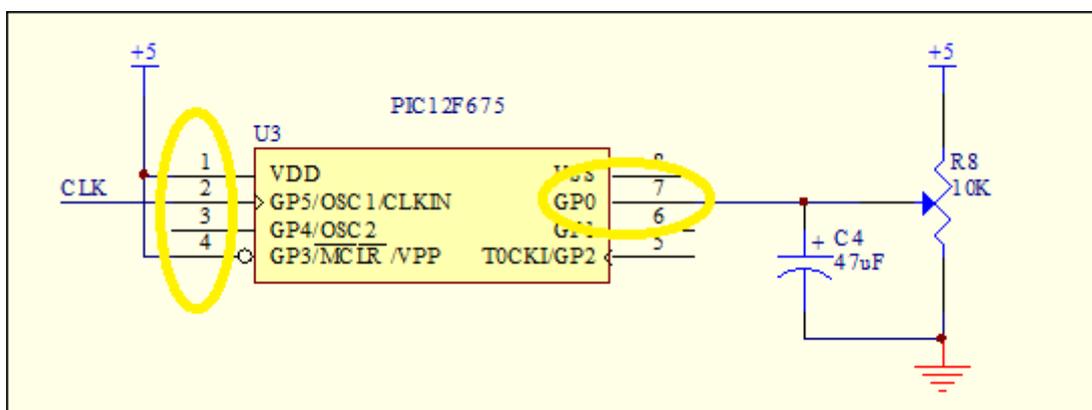


Figura 2.44. Generador de Pulsos / Movimiento Manual.

Tabla 2.26. Puertos Utilizados del Pic 12F675

Pin 1	Vdd, positivo.
Pin 2	Reloj, genera pulsos.
Pin 7	Gpo, conversor A/D, señal del potenciómetro para variar la velocidad.

2.2.3. Programación del Microcontrolador.

En esta parte se diseña el software que será grabado en el microcontrolador, para lo cual se utiliza el programa de computadora Microcodestudio, que es uno de los más fáciles programadores de microcontroladores que existen en el mercado.

El microcontrolador escogido para la Maquina Impresora objeto de este proyecto, es el PIC 16F628A. El cuál es el cerebro de la Maquina , vale mencionar que se ha utilizado tres microcontroladores de la misma familia , de ellos dependen todos sus movimientos, así como también los despliegues de mensajes en pantalla y la activación o no de la alarma ; resumiendo, cualquier pulso o señal será registradas en los microcontroladores y de acuerdo a como se diseñó el programa, ejecutará o no las acciones correspondientes.

El programa diseñado para la Maquina Impresora, tendrá la potestad de permitir manejo manual por medio de los botones del panel de control (funciones básicas) o manejo automático, desde la PC.

2.2.3.1. Programación de la Maquina Impresora.

2.2.3.1.1. Picbasic Pro

El compilador PicBasic figura 2.45. Es un lenguaje de programación de los microcontroladores de Microchip Technology .

Este tipo de lenguaje es mucho más fácil de leer y escribir que el lenguaje ensamblador y otros lenguajes, rapidez en compilar y con muchas librerías, funciones de BASIC.

Este por defecto crea archivos que corren con familias de PIC 16F con propio reloj en MHz. En este tipo de microcontroladores son muy pocas las que necesitan capacitores y otros elementos más por su funcionamiento.

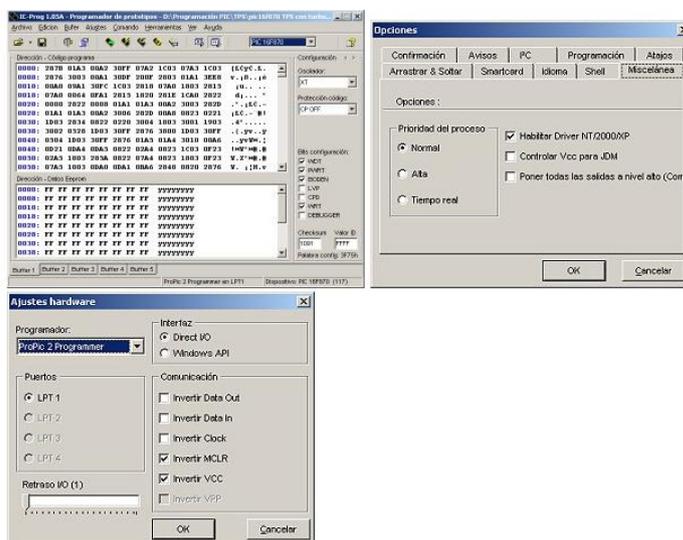


Figura 2.45. Compilador PicBasic Pro (PBP).

Fuente: http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html

2.2.3.1.2. MicroCodestudio

MicroCode Studio figura. 2.46. Es una herramienta de diseño integrado que incluye un circuito para depurar errores que está especialmente diseñada para laboratorios de micro ingeniería.

Gracias a su completo editor se podrá tener todas las facilidades de programar ya que cuenta con un sistema de realce de sintaxis, ayuda contextual, y un modo para esconder el código que no se está utilizando para focalizar y centrarse en una pequeña parte.

Además cuenta con un buscador que navega dentro de los distintos archivos, definiciones, etiquetas, variables. Su circuito integrado de depuración de errores permite comprobar el funcionamiento de la aplicación, registrar funciones y analizar el rendimiento mientras el programa está en marcha.

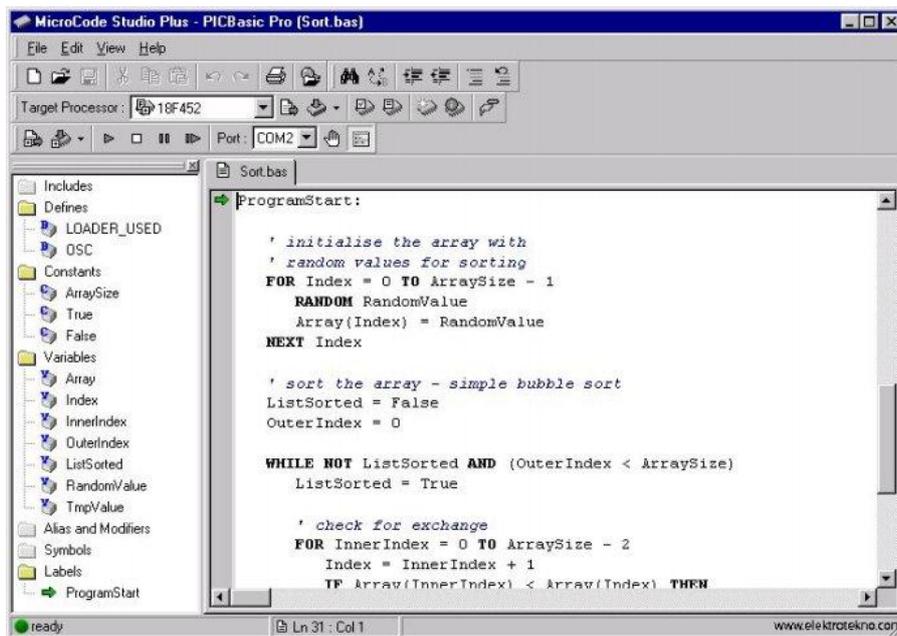


Figura 2.46. Software MicroCode Studio.

Fuente: http://www.todopic.com.ar/pbp_sp.html

2.2.3.2. Programa del Microcontrolador.

El programa que está cargado en el microcontrolador, es un conjunto de subprogramas, esto significa que se va a desarrollar un programa principal que contiene varios subprogramas que permiten el control de la Máquina Impresora y cada uno de estos subprogramas trabajarán haciendo un llamamiento a otros pequeños programas como son: el programa que mueve los motores, el programa que eleva o baja la herramienta de la Máquina Impresora, programa para los sensores y para el LCD, etc.

Es importante tener clara la configuración del panel de control de la Máquina Impresora, es decir, identificar correctamente bien cada botón, su funcionamiento, su posición y a que pin del microcontrolador está conectado, y así una vez que la Máquina Impresora esté lista, programado y ensamblado, el usuario tendrá acceso únicamente al panel de botones.

Una vez energizado el sistema, arranca el programa principal, lo primero que este hará es que la herramienta que sostiene el marcador de tinta indeleble de la Máquina impresora, tome la posición inicial (0, 0,0) mediante la llamada al subprograma ORIGEN y posterior a esto llamará al programa de menús para desplegar en pantalla LCD un primer menú de

opciones, aquí, utilizando Flecha Arriba y Flecha Abajo, escogeremos: Control Manual (funciones básicas), Control Automático.

Cabe mencionar que los botones del panel de control no trabajan igual dentro de todos los menús. Dependiendo del subprograma en el que se encuentre la Maquina Impresora.

En la siguiente figura. 2.47. Se puede observar cómo está constituido el programa principal del microcontrolador, y por ende de cada uno de los microcontroladores.

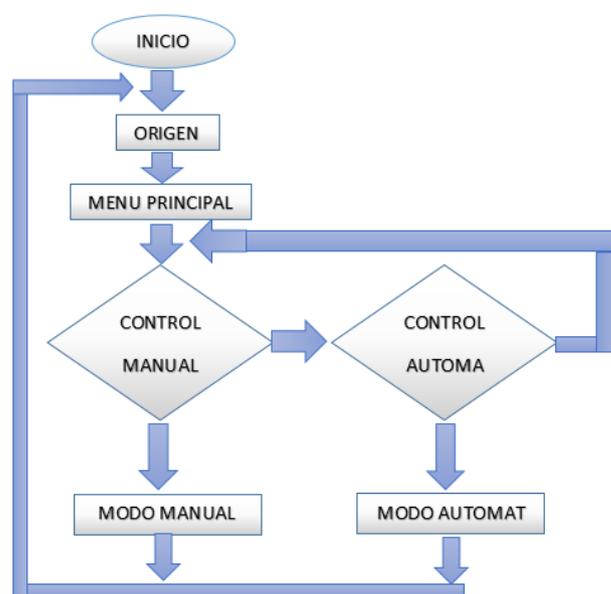


Figura 2.47. Diagrama de Flujo del Programa Principal

2.2.3.3. Programa para la Selección Automático / Manual.

Si la opción escogida es la de Control Automático, el programa podrá desactivar los botones del panel y se habilite el pórtico paralelo de comunicación que posee la Maquina Impresora. A partir de ese momento, la Maquina Impresora se encuentra en la espera de los datos que a este se transmite desde la PC que deberá tener cargado y ejecutado el programa específico para uso desde un computador.

Cuando se finalice el Control Automático, se mandará un último dato a los microcontroladores que reactivará el Panel de Control, deshabilitará el pórtico paralelo de comunicación y nuevamente presentará el Menú Principal.

Mientras que si se opta por Control Manual en el menú principal, automáticamente se habilita un subprograma que permite que la maquina impresora se desplace libremente sobre el área de trabajo utilizando el panel de botones.

Los cuales son utilizados para varias acciones: para energizar los motores para cada uno de los movimientos respectivos, la acción de elevar o descender la herramienta de trabajo a cargo del motor Z, y deslizamientos con movimientos en X, Y de acuerdo a los respectivos motores designados y así permitiendo libremente cada uno de los movimientos mientras se mantiene presionado los botones del panel.

El siguiente diagrama de flujo figura 2.48. Muestra el programa de selección Automático / Manual a ser cargada en el Microcontrolador, facilitando la mejor comprensión.

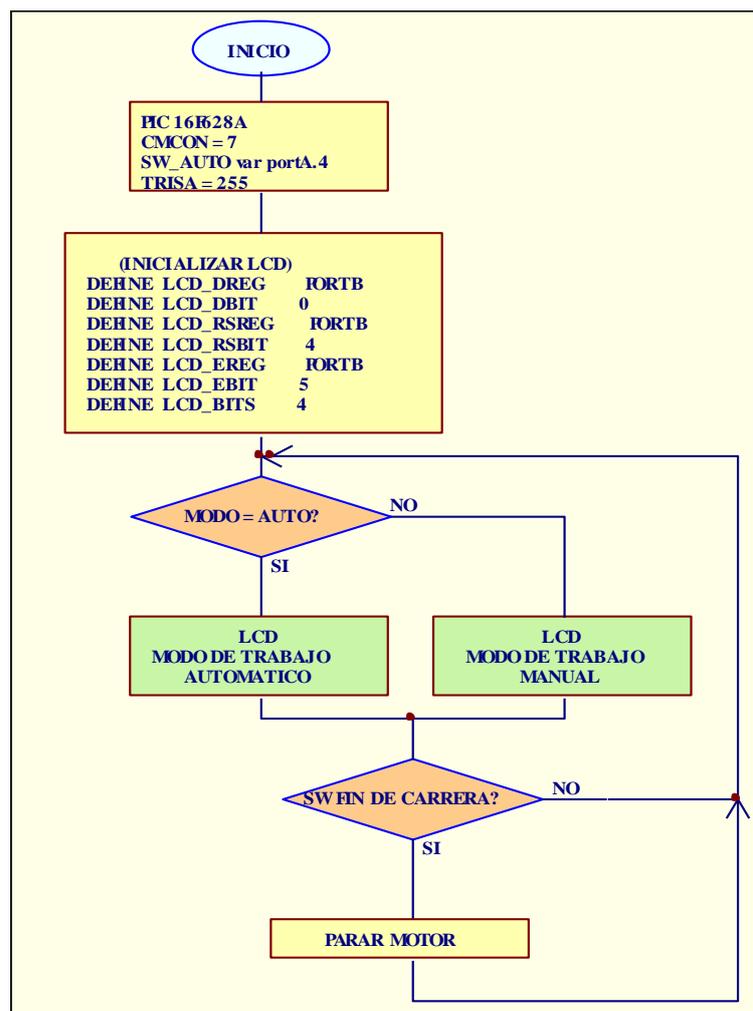


Figura 2.48. Diagrama de Flujo del Programa Modo Automático / Manual.

El código del programa control Automático / Manual, elaborado en Microcodestudio con el PIC16F628A. (Véase Anexo A12)

A continuación se realiza el diagrama de flujo, figura 2.49. Este es para la oscilación de la velocidad manual, donde el ADC se utiliza para la variación de velocidad mediante el potenciómetro.

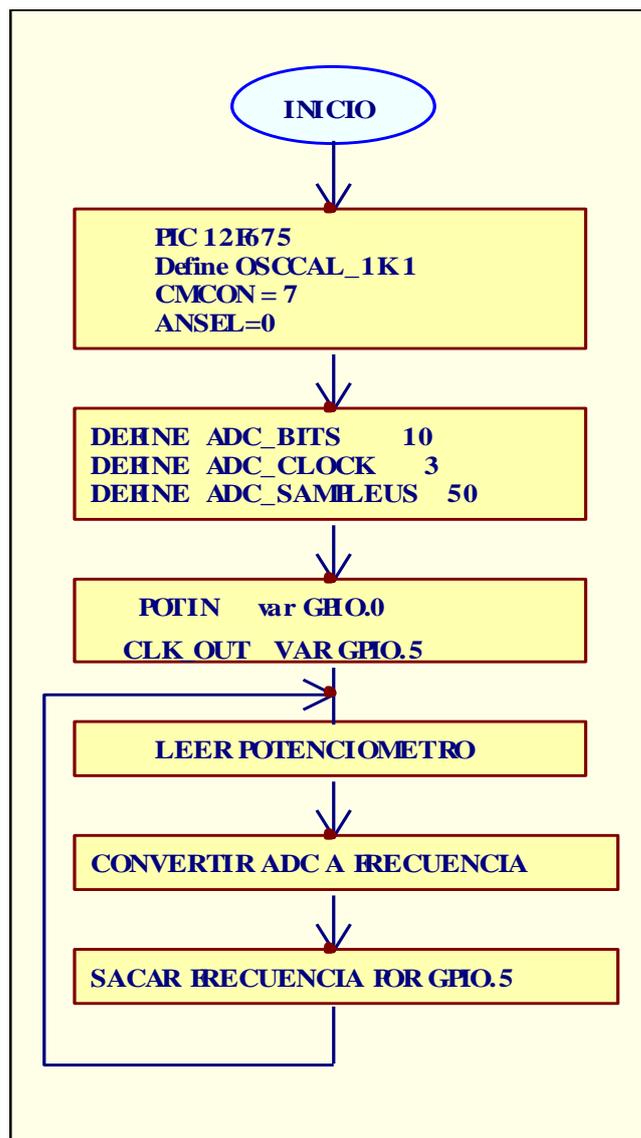


Figura 2.49. Diagrama de Flujo Oscilador de velocidad en manual.

El código de programa para esta función (Véase Anexo A13).

2.2.3.4. Programa para el Movimiento de Motores de la Maquina Impresora.

A continuación se muestra el diagrama de flujo para el control de motores paso a paso que son los encargados de lograr el movimiento del marcador de tinta indeleble de impresión sobre el plano, para lo cual se utiliza uno en cada eje, Se elige este tipo de motores por dos razones principales: brindan una alta precisión y es fácil su control y lo más importante y lo que tratamos en este capítulo su programación. Su proceso se muestra en la figura 2.50. Esto facilita el entendimiento de los movimientos de los motores.

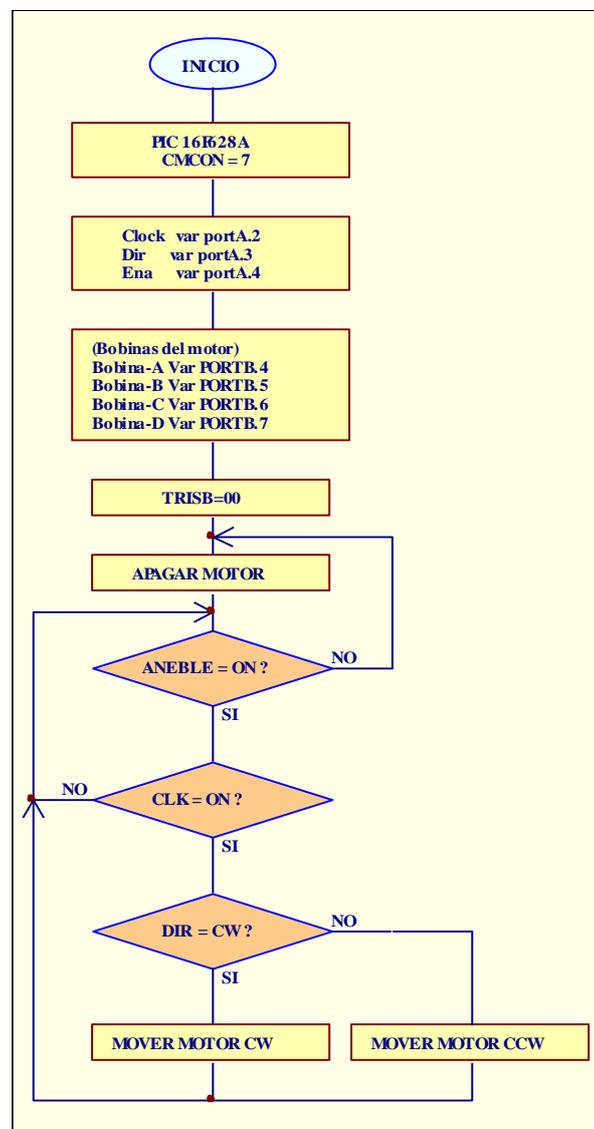


Figura 2.50. Diagrama de Flujo Para el Movimiento de Motores.

Su código de programa para su funcionamiento (Véase Anexo A14).

2.2.3.5. Programa para la Visualización de la LCD ubicada en el Panel de Control de la Maquina Impresora.

En la Pantalla LCD se despliega los principales mensajes de funcionamiento, a continuación se muestra el diagrama de flujo figura 2.51. Y su respectivo programa para desplegar los mensajes de funcionamiento. Sus líneas de programación (Véase Anexo A15).

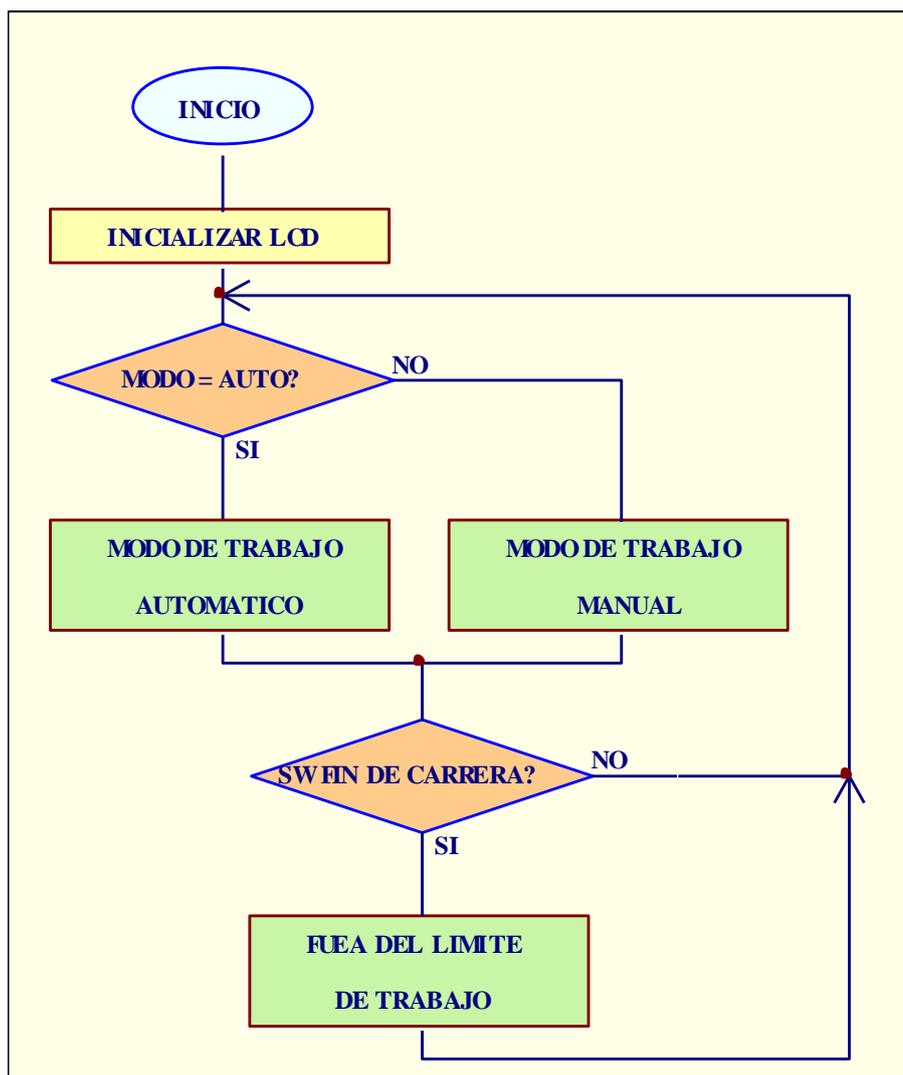


Figura 2.51. Diagrama de Flujo para la Visualización en la LCD.

2.2.3.6. Software Utilizado PROTEL 99 en el Diseño de Pistas Electrónicas de la Maquina Impresora.

Prótel es un sistema de diseño completo que proporciona un conjunto de herramientas integradas , formadas por un gestor de documentos integrados, un captador de

esquemáticos, un simulador analógico basado en SPICE, así como también un simulador digital basado en CUPL con un lenguaje similar a ORCAD/PLD, una herramienta de diseño de placas de circuito impreso (PCBs) .

2.2.3.6.1. Partes principales de la pantalla

1. **Gestor de Diseño.** Este panel muestra el árbol de navegación, nos ofrece una vista de las bases de datos de diseño que tenemos abiertas y los documentos que contienen.
 - Haciendo clic en los iconos más (+) y menos (-) se puede expandir y contraer las carpetas.
 - Haciendo clic en un documento o carpeta se puede abrir o ver en la ventana de diseño principal.
 - Si se realiza clic con el botón derecho en un documento o carpeta aparece un menú de opciones.
2. **Estaciones de diseño activas.** Haciendo clic en el símbolo más (+) podemos ver una lista de ordenadores de la red que están ejecutando Prótel.
3. **Equipo de diseño.** Esta es una carpeta específica internamente de cada base de datos de diseño que permite configurar y mostrar información sobre las propiedades de compartición del diseño.
4. **Ventana de diseño.** Cada base de datos de diseño abierta dispone de una ventana de diseño asociada empleada para mostrar documentos de diseño abiertos y carpetas.
5. **Pestañas de diseño.** Los documentos abiertos y las carpetas aparecen como pestañas en la ventana de diseño. Haciendo clic en una pestaña hace a ese documento o carpeta activa.
6. **Menú del Explorador de diseño.** Haciendo clic en la flecha de la esquina izquierda de la barra de menús activa del Explorador, que ofrece algunas elecciones del sistema.
7. **Asistente de ayuda.** Haciendo clic en este icono ofrece ayuda, para ello simplemente se tecléa la pregunta. Este es un sistema de análisis de preguntas en lenguaje natural

(Inglés) que presenta una lista de temas de ayuda relacionados. Todas estas funciones de prótel se observa en la imagen siguiente. Figura 2.52.

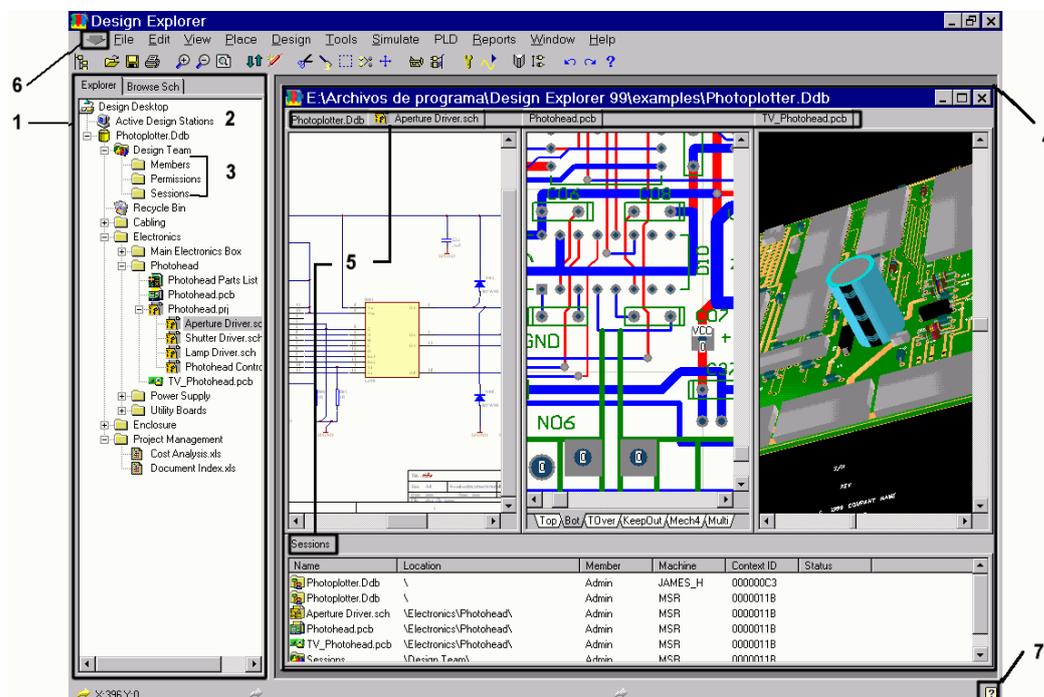


Figura 2.52. Pantalla Prótel.

2.2.3.7. Utilización del software de control KCAM4.

KCAM4 está diseñada para hacer de CNC más simple y agradable. Una amplia variedad de funciones están disponibles para las cuales se encuentran en los paquetes de CNC más caros. Las aplicaciones típicas del CNC para KCAM incluyen enrutamiento, señalización, 3D fresado, fresado y taladrado PCB, y corte por plasma. KCAM está diseñado para leer archivos creados por aplicaciones de diseño y control de los equipos CNC conectado a su puerto de impresora PC.

2.2.3.7.1. Características

Formatos de archivo compatibles: GCode, DXF, HPGL, Excellon, Gerber y de mapa de bits. Control de los motores de pasos por puerto paralelo. Representaciones gráficas de datos en 2D y 3D. Entrada de datos en código G, Cálculo estimado de procesamiento CNC, Indicadores de estado de posición de la herramienta, profundidades de corte o de grabado. Múltiples opciones para control de los motores, aislamiento de PCB desde archivos Gerber (RS274X).

El control numérico realiza funciones para convertir las instrucciones o números en señales eléctricas y así genera una serie de acciones necesarias.

El sistema CNC tiene desplazamientos: En línea recta, mecánico cónico y forma de arco. Estos desplazamientos se muestran en la Figura. 2.53.

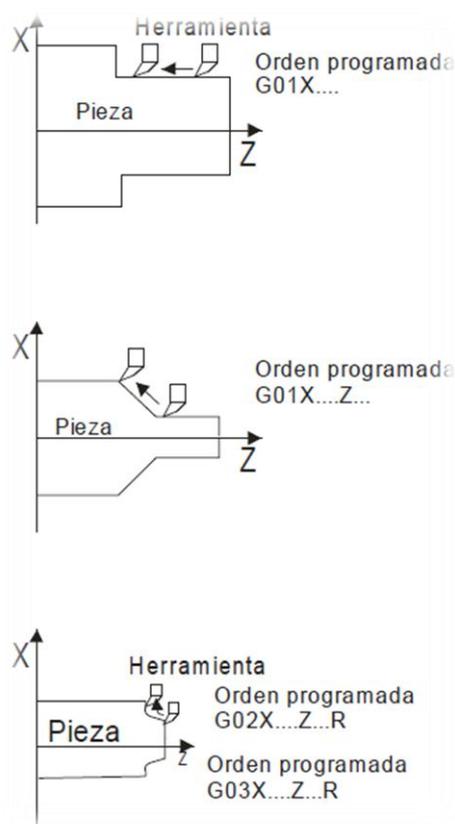


Figura 2.53. Desplazamiento del CNC.

2.2.3.7.2. Pasos de Configuración KCAM4.

Hay 4 pasos para configurar su mesa CNC para usar con KCAM4:

- Paso 1: Asigna un archivo para guardar sus parámetros personalizados de para KCAM4.
- Paso 2: Setear los parámetros para el movimiento de los ejes en la ventana de Configuración.
- Paso 3: Configurar el puerto de comunicación.

➤ Paso 4: Determinación de los parámetros de tiempo y temporización del sistema.

- ***Abrir GCode archivo.***

Abrir un archivo ASCII que contiene los códigos G y M. Una ventana de navegación aparecerá para introducir el nombre del archivo y la ubicación.

- ***Importar archivo DXF.***

Importa un archivo ASCII con el formato DXF R12 de AutoCAD. Una ventana de navegación aparecerá para introducir el nombre del archivo y la ubicación. Consulte Formatos DXF compatibles para obtener más información de importación DXF.

- ***Importación HPGL.***

Importa un archivo ASCII HPGL. Un archivo ASCII HPGL contiene datos de trazado 2D. Una ventana de navegación aparecerá para introducir el nombre del archivo y la ubicación.

- ***Importación Excellon.***

Importa un archivo ASCII Excellon para taladro. Los archivos ASCII Excellon contienen datos para perforar agujeros en las placas de circuitos impresos, contienen la ubicación del orificio de perforación y tamaños de brocas. Una ventana de navegación aparecerá para introducir el nombre del archivo y la ubicación. Algunos programas no añaden en la cabecera el tamaño de broca. Si sus archivos están en la cabecera, compruebe si hay opciones para agregar en el software de CAD. A continuación se muestra un archivo de ejemplo con la cabecera y la posición de las coordenadas de perforación:

M48

PULGADAS, LZ

T01F00S00C0.125 [encabezado broca del tamaño de la herramienta 1, el tamaño de bit = 0,125]

T02F00S00C0.028 [cabecera tamaño de perforación para la herramienta 2, tamaño de bit = .028]

T03F00S00C0.035 [cabecera tamaño de perforación para la herramienta 3, tamaño de bit = 0.035]

T04F00S00C0.042 [encabezado broca del tamaño de herramienta 4, tamaño de bit = .042]
% G90

T01 [seleccionar el tamaño de la broca 1 (0.125)]

X ++ 03851Y 04226 [movimiento para coordinar X, Y y perforar]

X ++ 03851Y 01163 [movimiento para coordinar X, Y y perforar]

T02 [seleccionar el tamaño de broca 2 (0.028)]

X ++ 02456Y 03415 [movimiento para coordinar X, Y y perforar]

X ++ 02556Y 03415 [movimiento para coordinar X, Y y perforar]

T03 [seleccionar el tamaño de broca 3 (0.035)]

X ++ 03469Y 02238 [mover para coordinar X, Y y perforar]

X ++ 03569Y 02238 [mover para coordinar X, Y y perforar]

T04 [tamaño selecto de perforación 4 (0.042)]

X ++ 03171Y 01538 [movimiento para coordinar X, Y y perforar]

X ++ 03371Y 01538 [movimiento para coordinar X, Y y perforar]

- ***Importación Gerber***

Importa un archivo ASCII Gerber. Un archivo ASCII Gerber contiene datos de trazado 2D. Una ventana de navegación aparecerá para introducir el nombre del archivo y la ubicación. Si el archivo contiene más de una capa, parecerá la ventana de selección de capas. En esa ventana puede seleccionar qué capas que desee importar.

Nota: La función de Gerber Importar sólo funciona con Gerber (RS274X) archivos de una sola capa. Un archivo de Gerber (RS274X) tiene la lista de aperturas incluido en el archivo. Si se importa un archivo sin lista de aperturas los datos Gcode resultantes no serán correctos.

- ***Bitmap Importación***

Importa un archivo de mapa de bits. El archivo de mapa de bits se convierte a un formato raster utilizando los parámetros establecidos en la pestaña / Bitmap Opciones. Los formatos

de archivo admitidos son JPG, BMP y GIF. BMP dan mejores resultados debido a la falta de compresión.

- ***Exportar archivo DXF***

Exporta un archivo ASCII DXF partir de los datos en el editor de GCode. El formato del archivo exportado será DXF de AutoCAD R12. Una ventana de navegación aparecerá para introducir el nombre del archivo y la ubicación.

- ***Exportación de archivos HPGL***

Exporta un archivo ASCII HPGL a partir de los datos en el editor de GCode. Una ventana de navegación aparecerá para introducir el nombre del archivo y la ubicación.

- **Plot**

Esta función visualiza el gráfico en el plotter de acuerdo al Gcode. Las Herramientas de Viewpoint 3D figura 2.54. Permiten la vista gráfica que se mostrará de forma 3 dimensiones. Las funciones de los botones son Top View, Vista inferior, Vista de frente, Vista posterior, Vista lateral izquierda, Vista lateral derecha, Vista isométrica derecha, Vista isométrica izquierda.



Figura 2.54. Herramientas de Viewpoint de Grafico Plotter.

Fuente: <http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm>.

- ***GCode***

Esta función abre la ventana GCode Editor, Figura 2.55. La ventana GCode Editor permite la visualización y edición de los datos Gcode. La ventana de texto funciona de manera similar a un editor de texto normal ventanas. Funciones como Cortar, pegar, buscar y reemplazar el trabajo en el cuadro de texto.

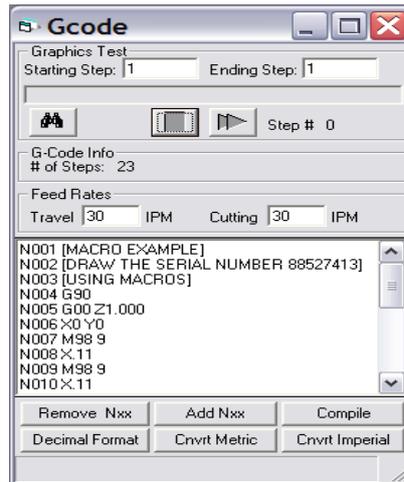


Figura 2.55. Ventana GCode Editor.

Fuente:<http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm>.

2.2.3.8. Control CNC.

CNC (Control Numérico Computarizado), es un dispositivo que dirige el posicionamiento de una pieza mecánica móvil con disposiciones elaboradas de forma automática con informaciones numéricas obtenidas en tiempo real.

Esta función abre la ventana para Control CNC. La ventana de control CNC permite un control de movimiento manual y automático para los ejes de la Máquina Impresora. Figura 2.56, figura 2.57 y figura 2.58.

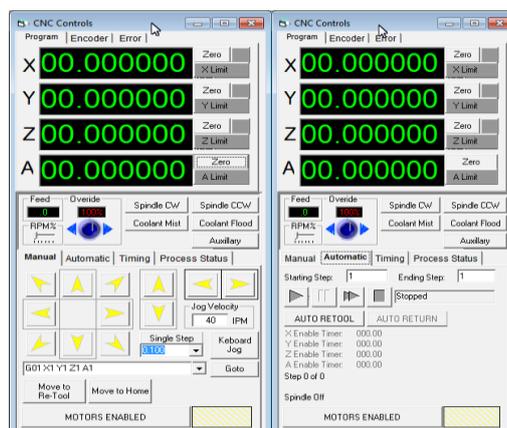


Figura 2.56. Pantalla de Control CNC.

Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos14/maquinacontrolum/maquinacontrolum.shtml>

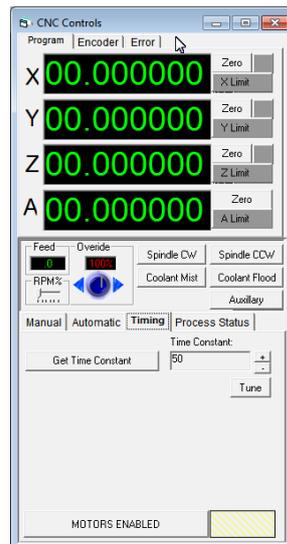


Figura 2.57. Pantalla de Control CNC.

Fuente:<http://www.monografias/maquinacontrnum/maquinacontrnum.shtml>.

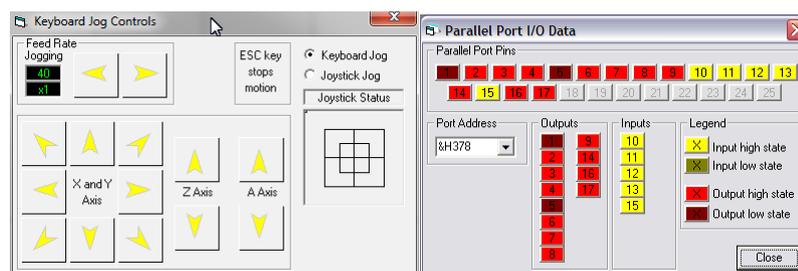


Figura 2.58. Pantalla de Comunicación Control CNC.

Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos14/maquinacontrnum/maquinacontrnum.shtm>

2.2.3.9. Configuraciones de la Máquina Impresora.

Para iniciar se debe crear un nuevo archivo de SET de la máquina. Esta función guarda la configuración de la máquina en un archivo de almacenamiento para su uso posterior.

La Configuración de la máquina carga esta función un archivo de configuración de la máquina guardada.

Definición de montaje de máquina, archivos de configuración de la máquina son los archivos de parámetros para diferentes máquinas. Un número ilimitado de configuraciones de máquina se puede almacenar y volver a cargar. Toda la información de parámetros como el Cuadro de Configuración, Configuración de puerto, Opciones, y listas de herramientas se

guardan en el archivo ASCII configuración de la máquina. Un ejemplo de uso sería la de almacenar los parámetros para dos máquinas CNC diferentes. Otro uso sería la de almacenar diferentes parámetros para diferentes usos en la misma máquina, como la perforación y enrutamiento PCB.

Para la configuración respectiva se debe tomar en cuenta los siguientes parámetros.

- **Resolución Arc.**

El número de líneas individuales en un arco de 360 grados. A mayor número produce un arco o un círculo con un borde más suave pero más lentos cambios argumentales.

- **Cuadrícula en el PLOT**

Cuando se selecciona, la ventana Plot mostrará la tabla CNC en forma de una cuadrícula, y cuando no está marcada la ventana Plot sólo mostrará las líneas argumentales Gcode. El display del eje Z también se ve afectada por este ajuste.

- **Colores**

Los colores de la ventana Plot pueden ser modificados mediante el establecimiento de los valores de color de los cuadros de color asociados.

A continuación se muestra la tabla de parámetros para la configuración de control de la máquina, figura 2.59.

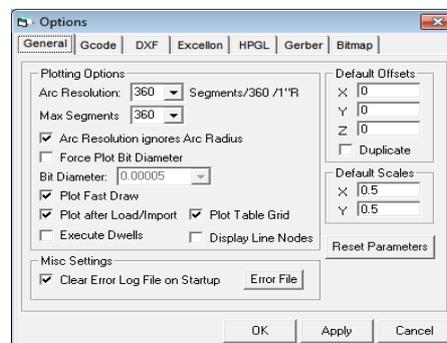


Figura 2.59. Tabla de Opciones de Configuración de la Maquina.

Fuente: <http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm>

- *Temporización del sistema*

Esta función abre la ventana de temporización del sistema. Figura 2.60. La ventana de la temporización del sistema determina los datos de calibración específicos del PC en uso, estos datos de Calibración ajustan las velocidades de eje para el movimiento preciso.

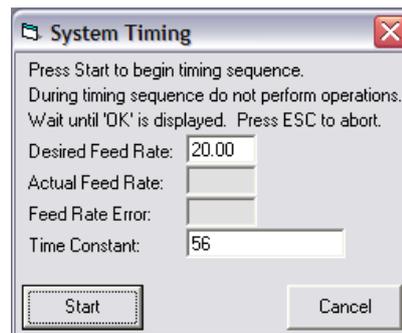


Figura 2.60. Ventana de Temporización del Sistema.

Fuente: <http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm>

- *Configuración del plotter*

Esta función abre la ventana de configuración de la tabla. Figura. 2.61. La ventana de configuración de la tabla permite la edición de parámetros de la tabla del CNC.

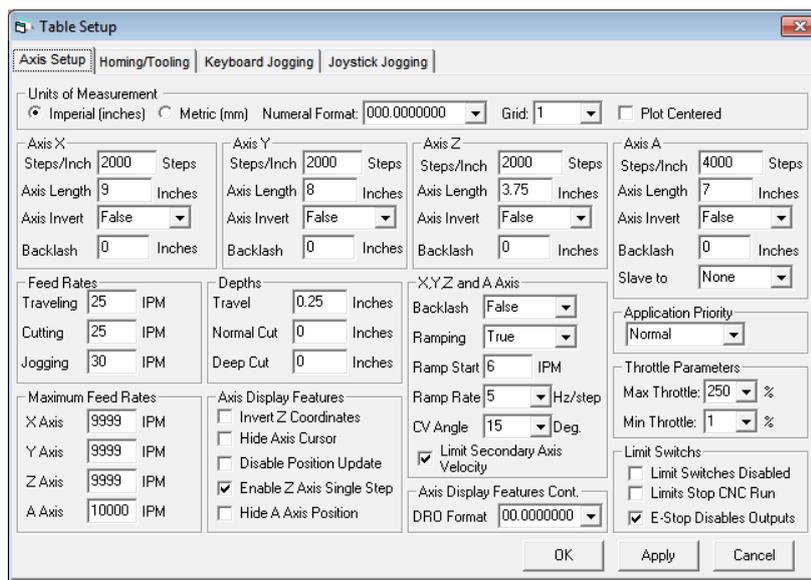


Figura 2.61. Tabla de Parámetros del CNC.

Fuente: <http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm>

La tabla de configuración de los parámetros de medida tipo de medición numérica, milímetros o Pulgadas se detalla más claramente a continuación:

- **Formato Numeral**

Ceros Pre y Post utilizados en el formato de números en el Editor GCode.

- **Pasos / pulgada o Pasos / mm**

El número de pasos necesarios para mover un eje de una pulgada o de un milímetro.

- **Longitud de los ejes**

El recorrido mecánico máximo de un eje.

- **Invertir Axis**

La dirección del eje es normal cuando se establece en False. La dirección del eje se invierte cuando se establece en True.

- **Backlash**

La distancia necesaria para superar el juego o los errores en la mecánica del eje debido al desgaste o aflojamiento de los componentes.

- **Profundidad de Viaje**

La profundidad del eje Z por defecto para los movimientos rápidos. Se utiliza en el grabado para movimiento rápido sin material de corte.

- **Profundidad de corte normal**

La profundidad predeterminada eje Z para el corte con 2D importado archivos. Se utiliza en el grabado para el corte de las letras y los diseños.

- **Profundidad de corte**

La profundidad predeterminada eje Z para cortar a través del material con 2D importado archivos. Se utiliza en el grabado para el corte de agujeros y bordes.

- **Opción Backlash**

Cuando se establece en False, no se utiliza la compensación de holgura. Cuando se establece en True, se utiliza la compensación de holgura.

- **Rampa**

Cuando se establece en false, el eje de arrancar y funcionar a la velocidad de alimentación especificado y cuando se establece en true el eje comienzan lentamente y aumenta la

velocidad y terminar lentamente. Esta función permite una mayor velocidad de eje, debido a los límites de inercia de steppers y mecánicos de eje.

- **Inicial de rampa**

Ajusta la velocidad de inicio y finalización del eje si la rampa está habilitada.

- **Velocidad de rampa**

Esto ajusta la velocidad de rampa de subida y bajada. Este número representa la cantidad de cambio en Hertz por paso de movimiento.

- **Ocultar Eje Cursor**

Cuando comprobé el cursor fresado no se mostrará en la ventana de trazado. Esta función mejora la uniformidad de tren de pulsos paso.

- **Hide A Posición del Eje**

Cuando se marca el eje A no se mostrarán en la ventana de controles CNC. Esta característica permite el uso de resoluciones de pantalla más bajas (800 por 600) cuando el eje A no es necesario. De lo contrario una Se recomienda una resolución de pantalla de 1024 x 768 o superior.

- **DRO Formato**

Este parámetro cambia el CNC ventana Controles DRO (lectura digital) en formato. Esta característica permite al usuario personalizar cómo se muestran los números en el visualizador de posiciones de los ejes.

- **Posición inicial**

La posición del eje volverá a su posición inicial cuando el Home Button ha ejecutado. Si la posición de inicio está en blanco, el eje se mantendrá en su posición actual.

- **Re- Posición Herramienta**

La posición del eje volverá cuando ejecuta un comando del ENS herramienta. Si la posición de Re-Tool está en blanco, el eje permanecerá en su posición actual para el cambio de herramienta.

La secuencia eje Re-Tool es como sigue: eje Z se desplaza a la posición de viaje X e Y se desplazan a su posición de cambio de herramienta Z se mueve a su posición de cambio de herramienta.

2.2.3.10. Controles de puertos de E/S.

Los controles de puertos de comunicación E/S se utilizan para el control de la Máquina Impresora desde la PC, para ello se ingresa a la siguiente tabla de control. Figura. 2.62.

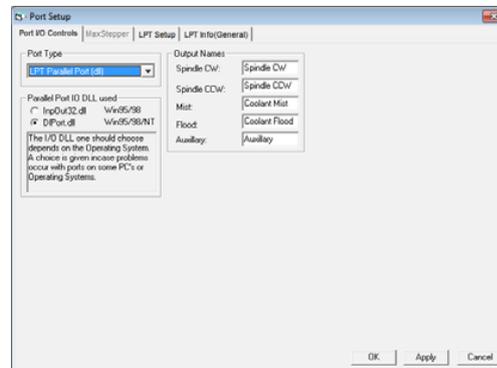


Figura 2.62. Tabla de Parámetros del CNC.

Fuente: <http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm>

El tipo de puerto selecciona el puerto de comunicación para acceder a los controladores de motor paso a paso.

- **Puerto paralelo de E / S utiliza DLL**

El puerto paralelo I / O DLL se utiliza para acceder al puerto paralelo. Figura. 2.63.

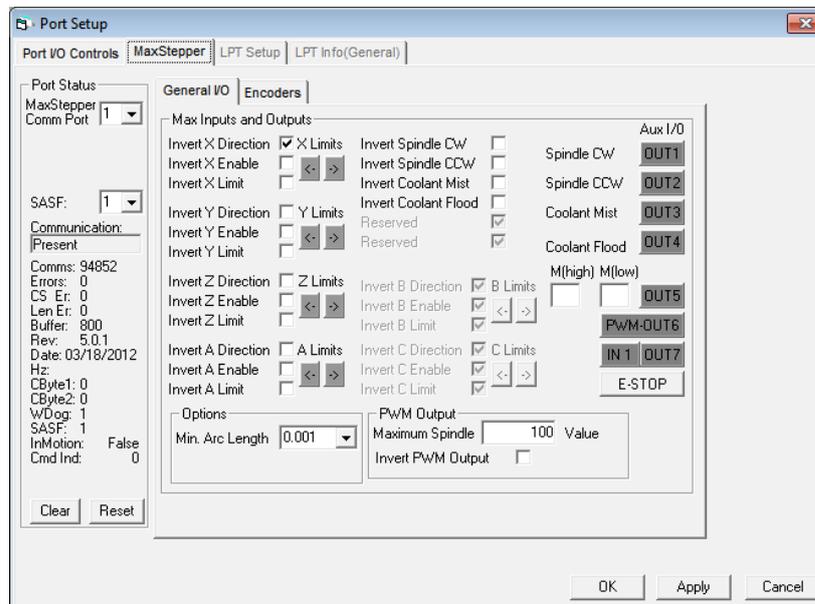


Figura 2.63. Tabla de selección de Puertos E/S.

Fuente: <http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm>

- **Configuración LPT**

Pin Port Setup: Configuración Bit, Cuando se selecciona esta opción, los parámetros de configuración de bits han sido habilitadas. Figura 2.64.

- **LPT Info:**

Esta ventana ofrece un detalle general sobre el puerto paralelo. Esta información puede ser utilizada para determinar cómo conectar un controlador de motor paso a paso a un PC.

Pin	I/O	ADDRESS	BIT	STATE	STEPPER CONTROLS
1	O	PORT+2	0	INVERTED	SPINDLE RELAY
2	O	PORT	0	NORMAL	X-STEP
3	O	PORT	1	NORMAL	X-DIR
4	O	PORT	2	NORMAL	X-ENABLE
5	O	PORT	3	NORMAL	Y-STEP
6	O	PORT	4	NORMAL	Y-DIR
7	O	PORT	5	NORMAL	Y-ENABLE
8	O	PORT	6	NORMAL	Z-STEP
9	O	PORT	7	NORMAL	Z-DIR
10	I	PORT+1	6	NORMAL	NU
11	I	PORT+1	7	INVERTED	X-HOME SWITCH
12	I	PORT+1	5	NORMAL	Y-HOME SWITCH
13	I	PORT+1	4	NORMAL	Z-HOME SWITCH
14	O	PORT+2	1	INVERTED	Z-ENABLE
15	I	PORT+1	3	NORMAL	NU
16	O	PORT+2	2	NORMAL	M CODE FUNCTION
17	O	PORT+2	3	INVERTED	M CODE FUNCTION
18-25					GROUND

Figura 2.64. Tabla de parámetros de Configuración Bits.

Fuente: <http://hermosillovirtual.com/maquinados/default.htm>

2.2.3.11. Códigos G Compatibles

En la siguiente Tabla 2.27. Se muestra los códigos G compatibles.

Tabla 2.27. Códigos G compatibles.

Códigos G	Descripción
G00	Rápido desplazamiento.
G01	Normal desplazamiento.
G02	CW Arc.
G03	CCW Arc.
G04	Ejecutar Dwell Time.
G17	Plano XY Selección.
G18	Plano XZ.
G19	Selección plano YZ.
G40	Cancelar Diámetro corte de Compensación.
G41	Inicio Diámetro de corte de Compensación Izquierda.
G42	Inicio Diámetro corte de Compensación Derecha.

G45	Normal desplazamiento.
G73	Ciclo de trabajo del taladro.
G80	Fin.
G81	Ciclo de taladro.
G82	Ciclo de taladro con Dwell.
G83	Ciclo de taladro.
G90	Define el modo absoluto.
G91	Define el modo Incremental.

2.2.3.1. Códigos M Compatibles

En la siguiente Tabla 2.28. Se muestra los códigos M compatibles.

Tabla 2.28. Códigos M compatibles.

Códigos M	Descripción
M00	Programa STOP.
M01	Opcional Programa Detener.
M02	Fin del programa.
M03	Enganche husillo CW.
M04	Enganche husillo CCW.
M05	Desenganche husillos Relays.
M06	Cambio de herramienta.
M07	Mist Refrigerante En.
M08	Flood Refrigerante En.
M13	Engage husillo CW y refrigerante Mist.
M30	Fin del programa y de restablecimiento.
M60	Programa STOP.

2.2.4. Conexión de los Dispositivos de Control.

Todos los dispositivos electrónicos que intervienen en el funcionamiento de la Máquina Impresora se encuentran controlados por microcontroladores e interconectados por el mismo.

A continuación se muestra la conexión de cada dispositivo electrónico a los microcontroladores. A si como también las tarjetas de control Modo Automático / Modo Manual. Figura. 2.65, Figura 2.66, Figura 2.67. Figura 2.68. Para facilitar el entendimiento de sus conexiones.

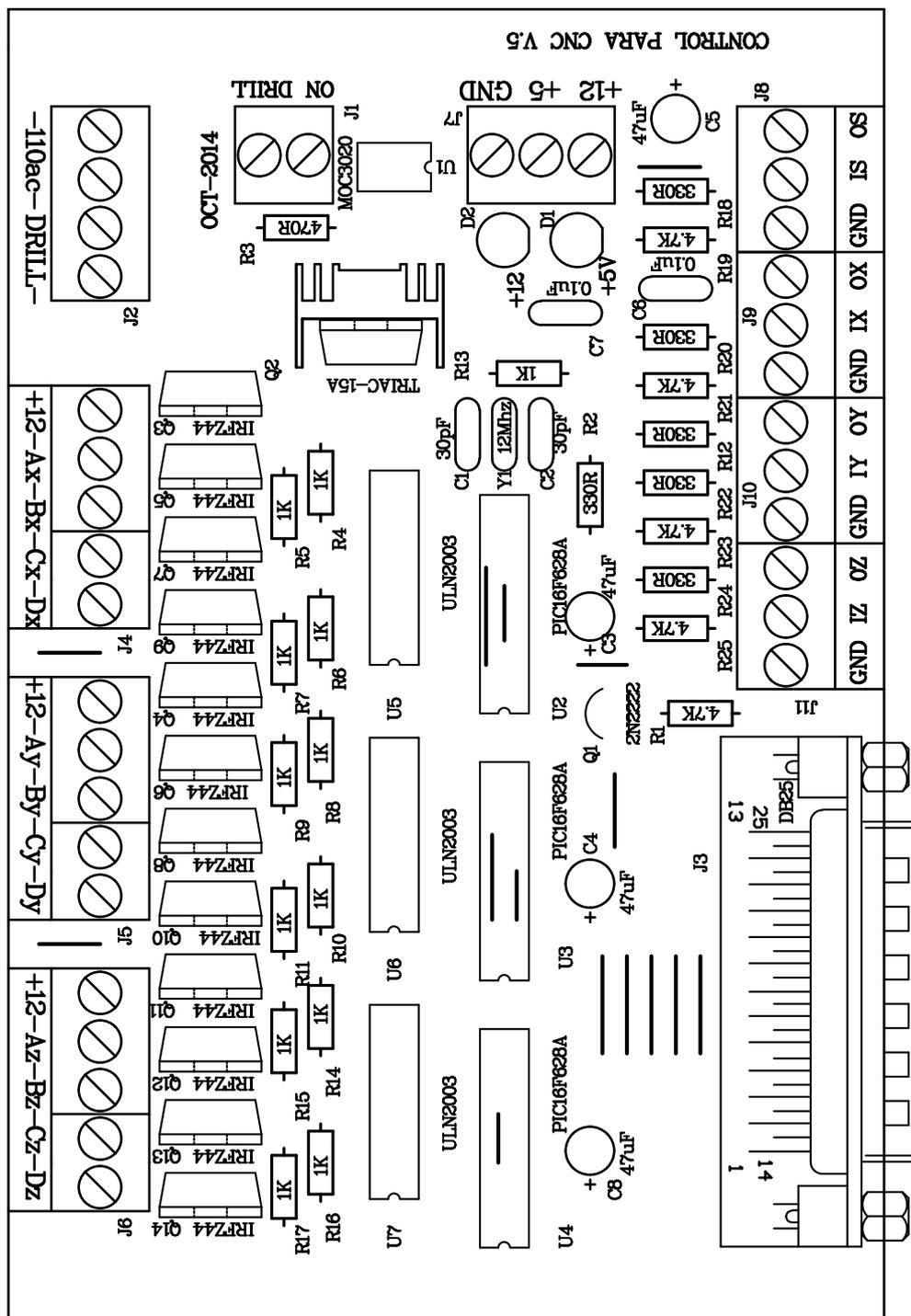


Figura 2.65. Ubicación de los Elementos en la Tarjeta de Control para los Motores de Pasos.

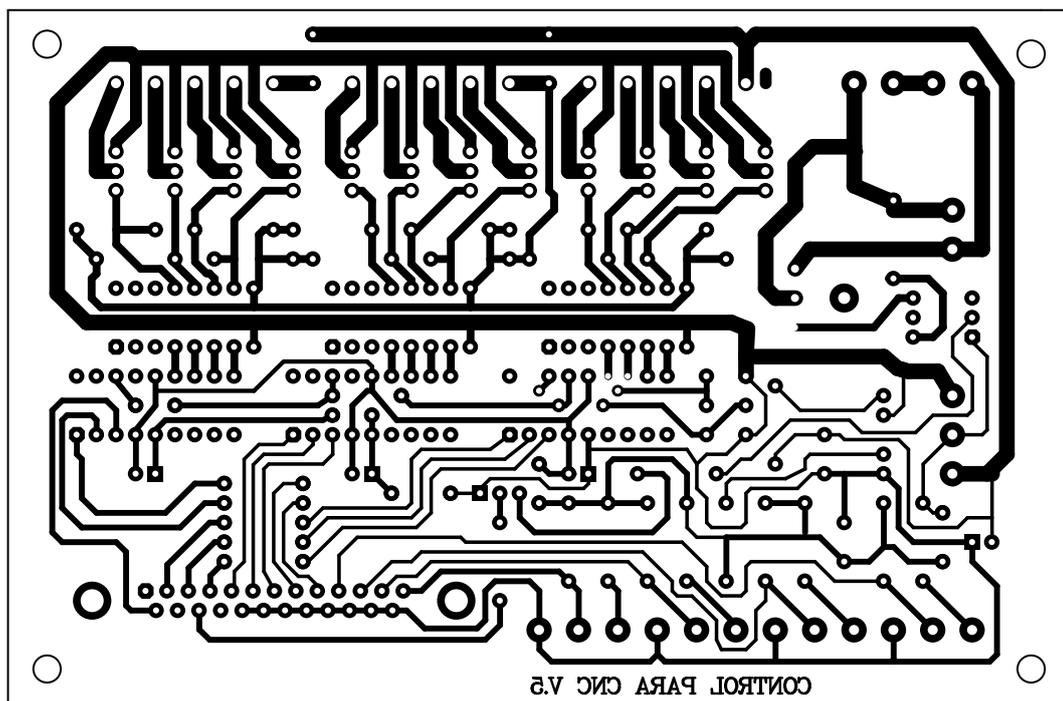


Figura 2.66. Ruteado de las Pistas de la Tarjeta de Control de los Motores de Pasos.

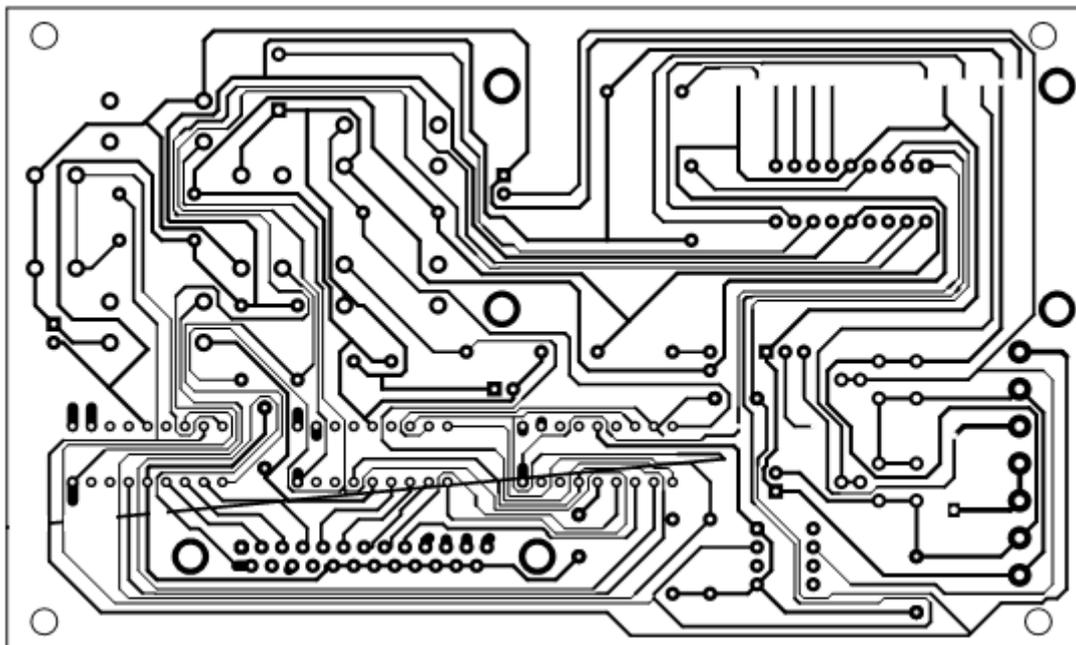


Figura 2.67. Ruteado de Pistas de la Tarjeta AUTO/MANUAL.

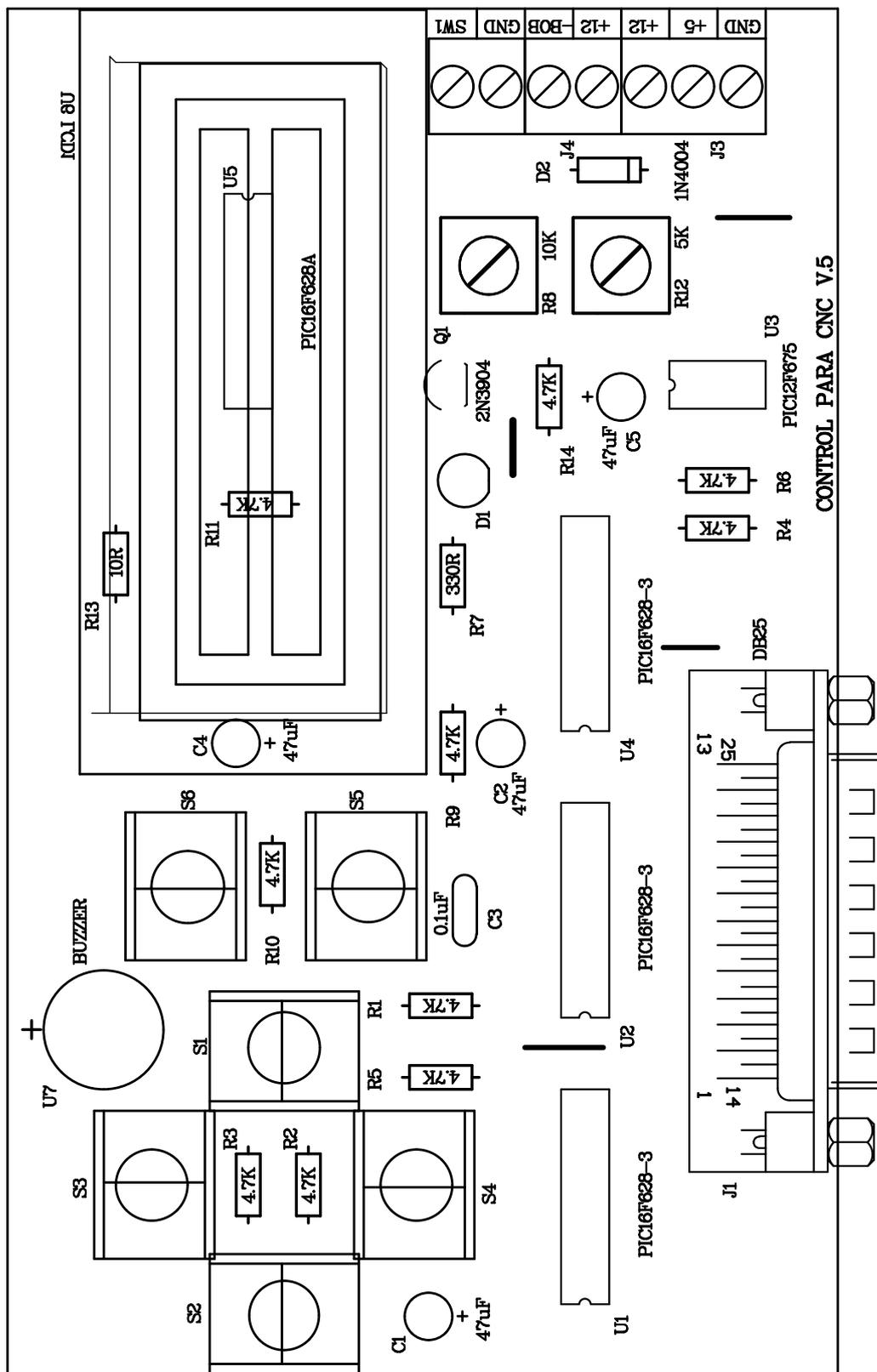


Figura 2.68. Tarjeta de Ubicación de los Elementos en la tarjeta AUTO / MANUAL.

2.2.5. Tarjeta de control de los motores

Los dos motores de pasos que utiliza la Maquina Impresora se configuran de manera idéntica, se alimentan directamente de la fuente de 12V y sus bobinas trabajan dependiendo de la señal que manda los microcontroladores. Esta señal es de 5V y pasa por una resistencia de 4,7 k Ω con lo cual limita la demanda de corriente de los microcontroladores a 1 mA, con su respectiva protección. En la figura 2.69. Se muestra la ubicación de cada componente de los elementos de control de los motores a paso a paso.

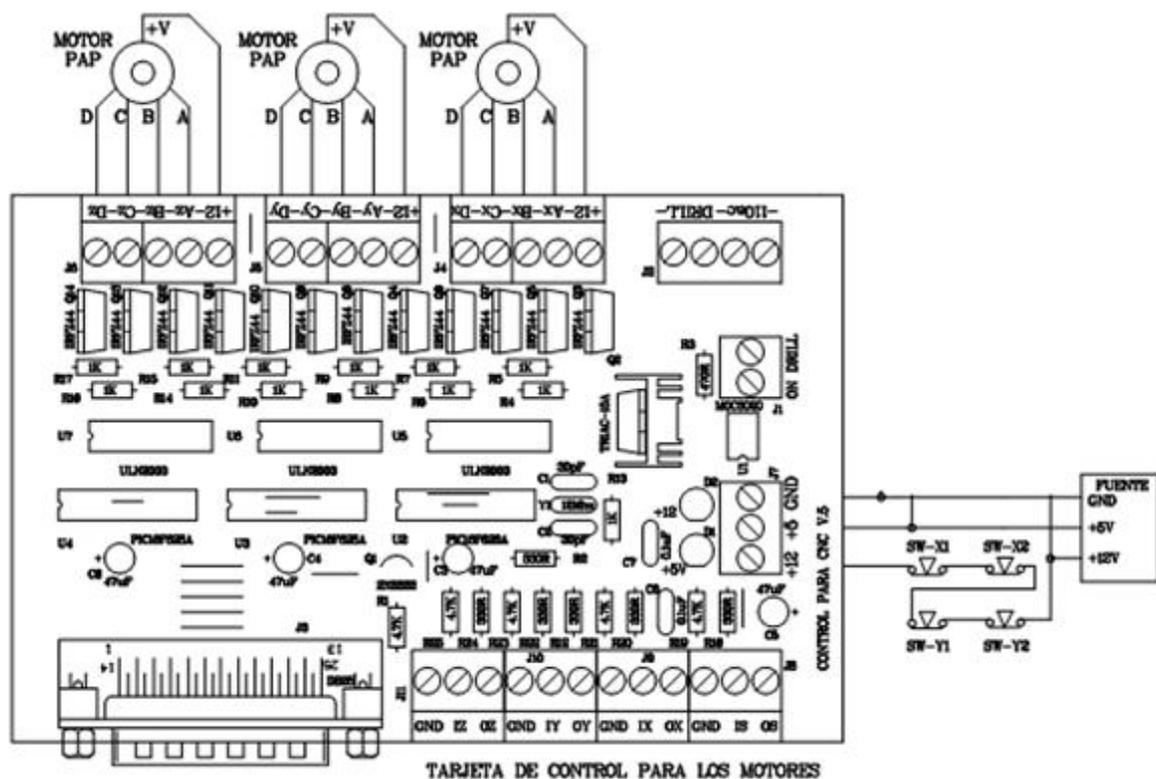


Figura 2.69. Tarjeta de Control de Motores Paso a Paso.

CAPITULO III

3. IMPLEMENTACIÓN DE LA MAQUINA IMPRESORA

En este capítulo se detalla la construcción de cada pieza de máquina y a su vez el ensamblaje entre ellas, de modo que se logra apreciar el incorporado completo, la parte mecánica y la electrónica juntas. El resultado entonces será la máquina cartesiana para diseño de pistas electrónicas en placas de cobre (baquelita).

En la figura 3.1. Se muestra un diagrama de flujo del proceso general para la fabricación de la placa de circuito impreso, como objeto de este proyecto.

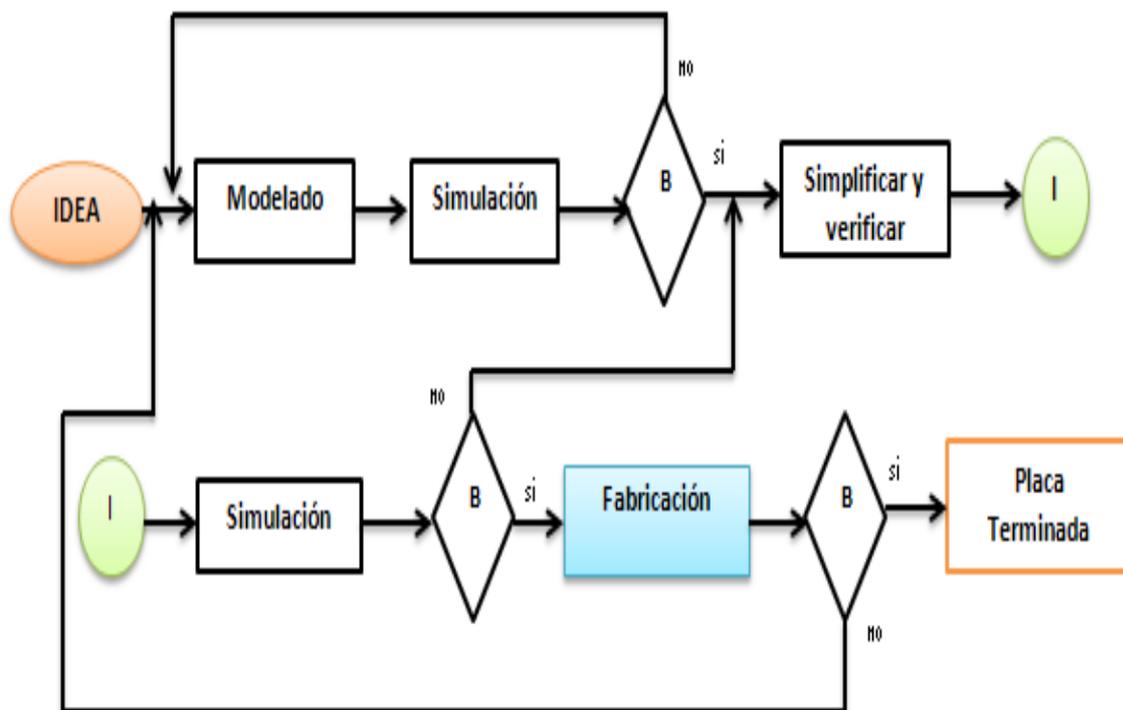


Figura 3.1. Diagrama General del Proceso de Fabricación de la Placa.

En la figura anterior se muestra en color azul el cuadro de fabricación, que es proceso que se puede dividir en dos partes: automática y también manual como se muestra en la figura 3.2.

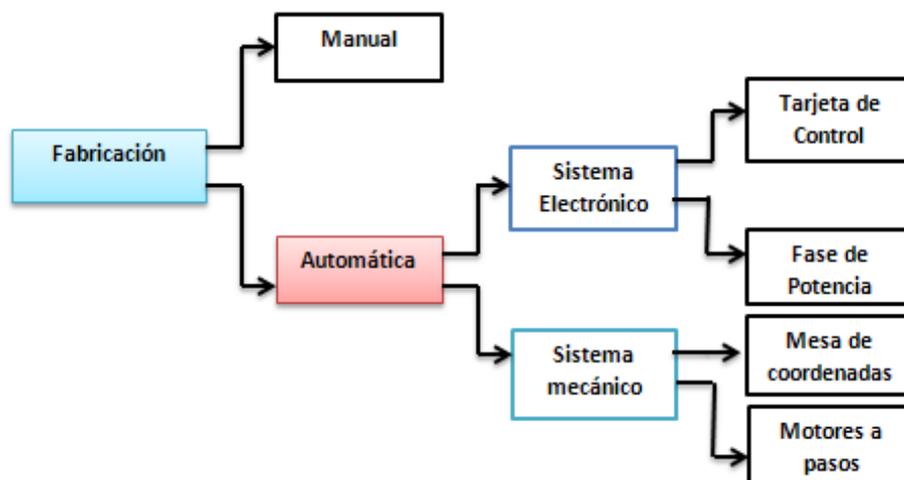


Figura 3.2. Proceso de Fabricación de la Placa.

Este es un sistema electromecánico que tiene como objetivo de diseñar el diagrama de circuito impreso sobre una placa de cobre de manera automática, este sistema lo forman dos partes la electrónica y la mecánica, así denominándola control numérico computarizado.

La Máquina Impresora constituye sistemas de movimiento en los ejes X, Y, Z y otros elementos necesarios para su funcionamiento descritos a continuación, refiérase a la figura 3.3.

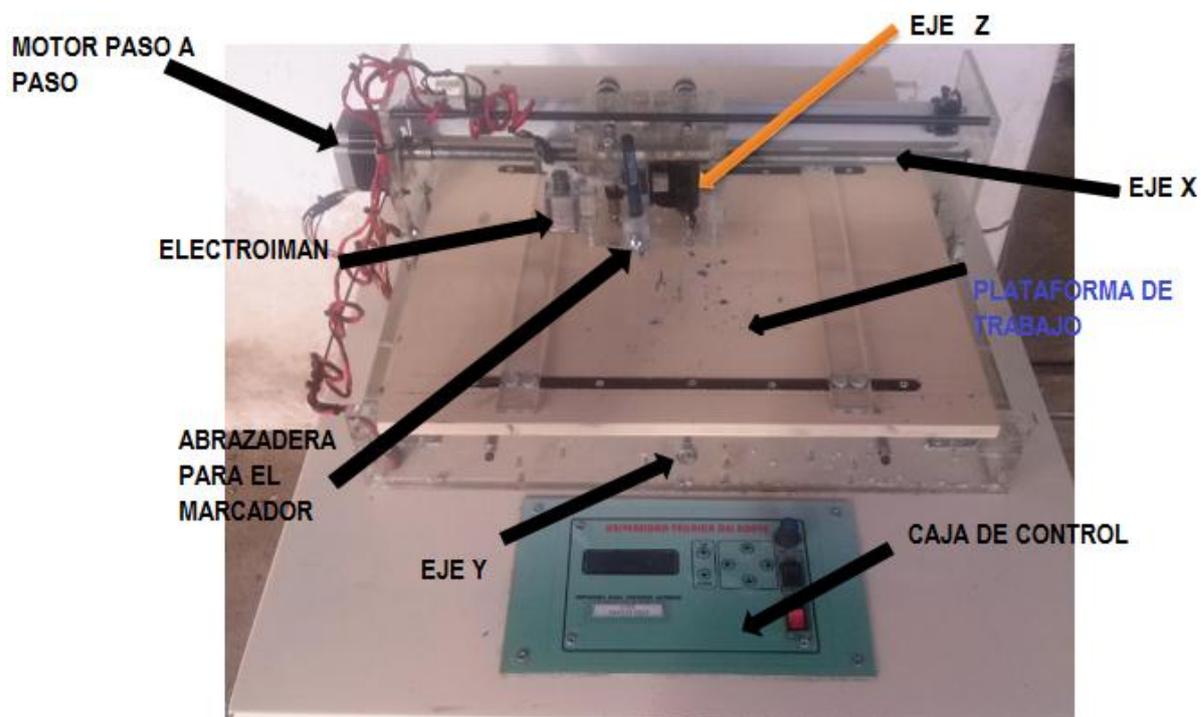


Figura 3.3. Partes Principales de la Máquina Impresora.

3.1. Mesa de trabajo.

El primer paso en la construcción de la Máquina Impresora es la elección del material de la mesa de trabajo. Por factor peso y sobre todo por la facilidad de cortar, y atornillar, se elige un tablero de MDF con las medidas establecidas en el capítulo de diseño (60x70cm).

Aquí se tiene el tablero donde se ubica la baquelita para realizar las pistas del circuito, la cual está sujeta a la base de la maquina impresora por medio de tornillos de sujeción 5/32. Véase figura 3.4.

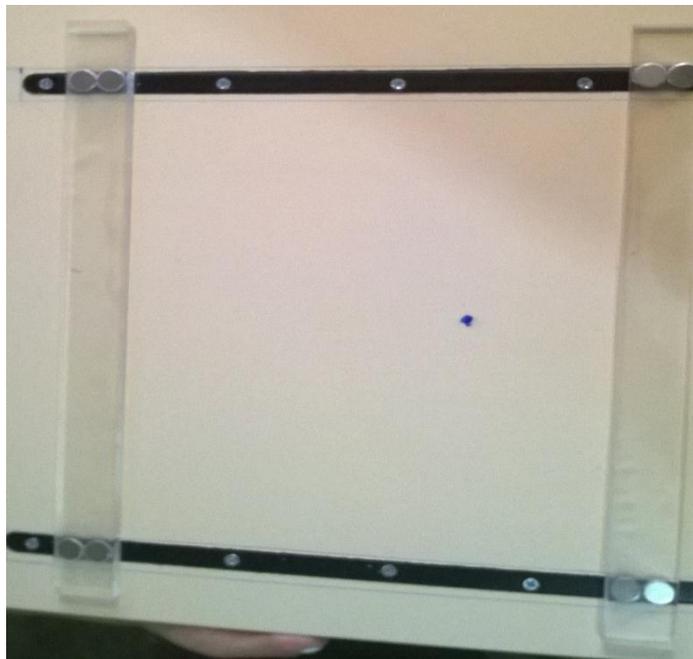


Figura 3.4. Plataforma para el Diseño de Pistas.

3.2. Implementación de los ejes X, Y y Z.

3.2.1. Implementación del eje X.

Inicialmente se coloca el motor paso a paso que controla el movimiento en este eje, este se posiciona en el soporte del mismo y lo que se sujeta con tornillos en los orificios de los lados del motor. La cual está sujeta a los soportes de los ejes X. Mide 450 mm de largo y 12mm de diámetro.

Como se ve en la figura 3.5. Estos se encuentran situados uno a cada extremo de la plataforma.

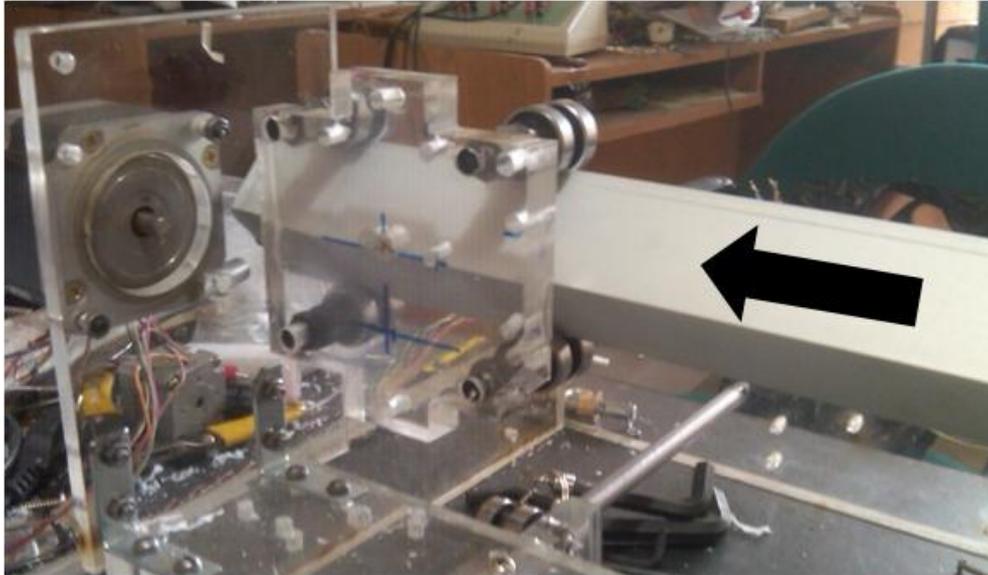


Figura 3.5. Ubicación del motor en el eje X.

Una vez colocado el motor, se coloca el tornillo sin fin, contiguo al eje del motor, y el otro extremo en el soporte, sujetándolo con tornillos a la base del equipo de perforación.

El Motor del eje X es idéntico al Motor del eje Y, con la diferencia que este tiene 6 hilos, de los cuales los dos forman el punto común y los otros cuatro que son las bobinas A, B, C, y D.

La relación para su giro es de 200 a 1, es decir por cada revolución del eje del tornillo sin fin precisa 5 revoluciones para el respectivo ruteado. El motor paso a paso completa una revolución en 48 pasos.

Así calculando el número de pasos necesarias para una distancia d (m), y dando una precisión de recorrido en el movimiento de los motores visto en el capítulo de diseño.

3.2.2. Implementación del eje Y.

Se coloca el motor paso a paso que controla el movimiento en el eje Y, lo posicionamos en el soporte del mismo y lo sujetamos con dos tornillos en los orificios de los lados del motor. Véase figura 3.6.

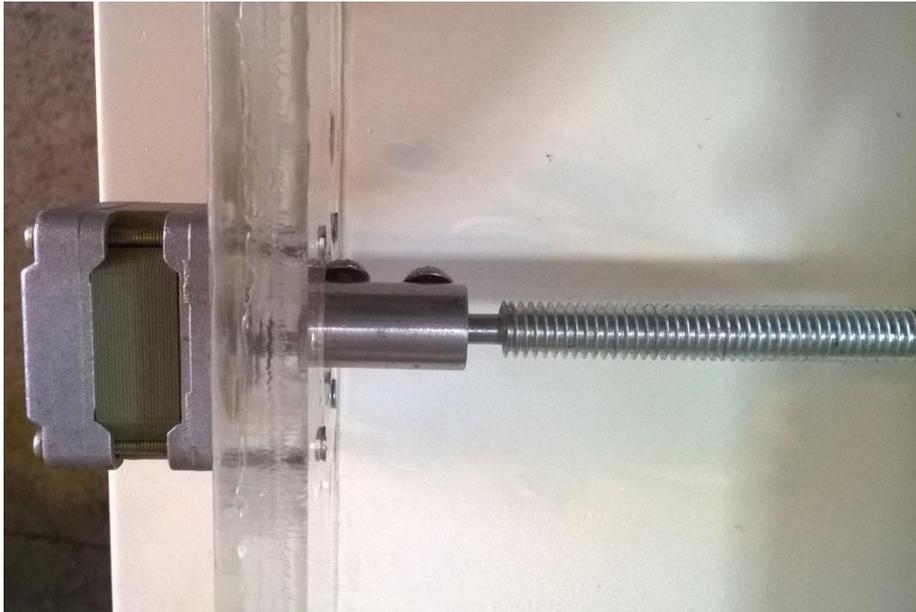


Figura 3.6. Ubicación del motor en el eje Y.

Al igual que todos los ejes que se utilizan en esta máquina es de un material conocido como acero plata, excelente para el trabajo puesto que es muy liso, lo que admite que sobre él se deslicen otras piezas mediante bocines.

El eje Y está representado por dos ejes de 450mm de largo y 12mm de diámetro tanto el uno como el otro, están ubicados paralelamente y de forma fija sobre el armazón, haciendo las veces de rieles sobre los cuales se trasladara una plataforma que será el eje X.

Los dos ejes estarán interconectados por un tercer eje horizontal de 45cm de largo y 12 mm de diámetro, el cual posee piñones en sus extremos figura 3.7.



Figura 3.7. Varilla del eje Y.

Con el motor en su posición introducimos el tornillo sin fin para su posterior colocación en el soporte del eje principal. Como se muestra en la figura 3.8.

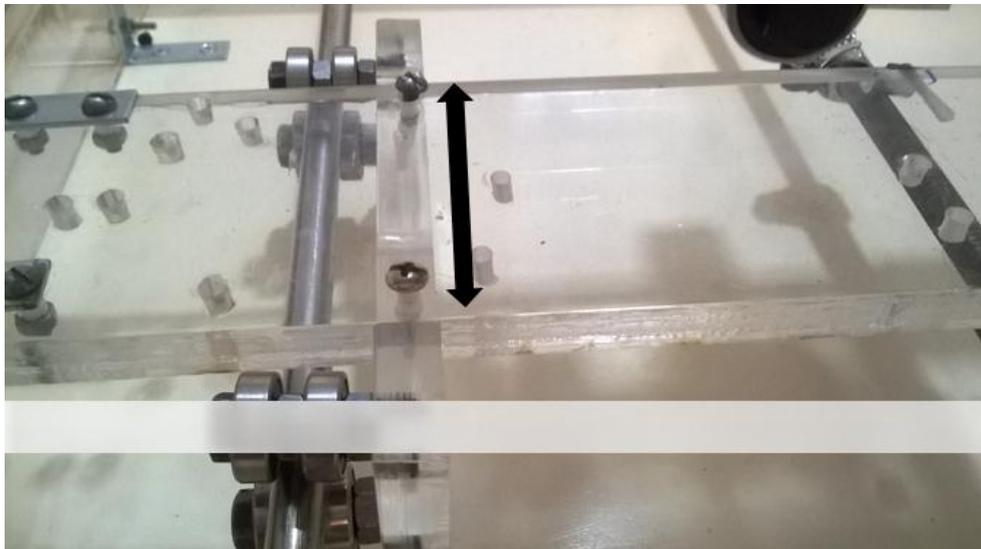


Figura 3.8. Ubicación del eje Y.

3.2.3. Implementación del eje Z.

Los elementos que permiten el movimiento en el eje Z y el ruteado, se compone de un electroimán para el movimiento descendente, un resorte de acero que acumula energía en el descenso y permite el retorno de los componentes a su posición inicial un marcador de tinta

indeleble que dibuja en la baquelita.

Se coloca inicialmente el núcleo del electroimán, ajustándolo debidamente en la parte superior de la misma figura 3.9. Luego se ubica el resorte el cual rodeará al núcleo, se coloca el motor sujetándolo correctamente.

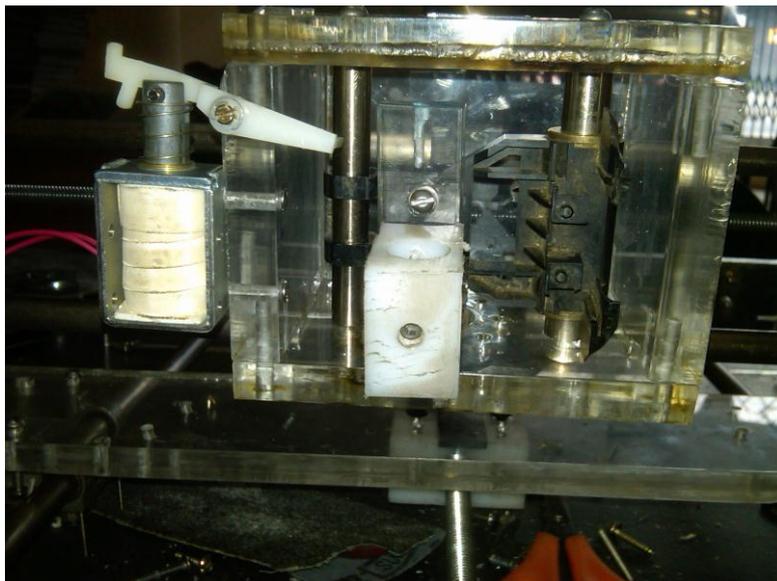


Figura 3.9. Ubicación de eje Z en Equipo de Ruteado.
Fuente: Autor (José Maldonado)

La función principal de este dispositivo es de sostener la herramienta de trabajo, lo que lo convierte en la parte más importante de la maquina impresora. Este se desplaza por toda el área de trabajo, de izquierda a derecha, mediante el giro que da el tornillo sin fin del Eje X y de arriba hacia abajo, ya que todo el Eje X se mueve sobre el Eje Y, además permite ascender o descender la herramienta hacia el plano con la ayuda del Solenoide Z que está instalado en su interior. De esta forma se consiguen los tres desplazamientos: X, Y y Z.

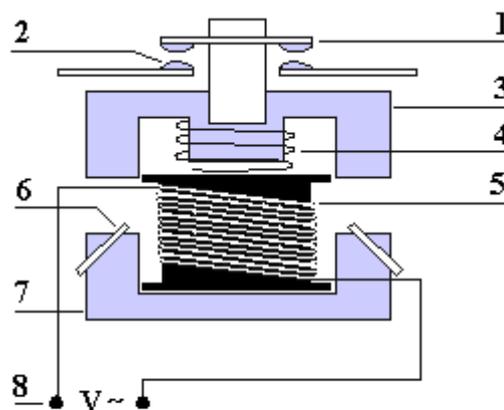
Este mecanismo permite al marcador de tinta indeleble un desplazamiento en sentido vertical, el resorte situado en la parte superior lo mantiene en la parte de arriba, el electroimán le permite un recorrido vertical hacia abajo, permitiendo así el ruteado sobre las baquelitas figura. 3.10.



Figura 3.10. Electroimán para Z.

La función principal del electroimán es realizar el descenso en el eje Z proporcionando la presión suficiente para el ruteado de las pistas. Su funcionamiento es que al momento que pasa la corriente la bobina se magnetiza y a lo que ya no pasa corriente este se corta.

Un electroimán figura 3.11. Está formado en su parte interna por un núcleo de hierro el mismo que es envuelto por un hilo conductor y recubierto por un aislante y enrollado en el núcleo, para que el electroimán funcione y accione la herramienta de trabajo.



- 1- Contactos móviles. 2 - Contactos fijos.
 3- Hierro móvil. 4 - Muelle antagonista. 5 - Bobina.
 6- Espira
 7- Hierro fijo. 8 - Alimentación bobina.

Figura 3.11. Elementos del Electroimán.

Fuente: <http://www.el-contactor-partes-y-funcionamiento/>.

funcionamiento/.

El electroimán es conectando con un alambre #°18 a un amperaje de 2,66 amperios y está configurado de tal manera que sube o baja la herramienta limitadamente 0,5cm, pues no se necesita más para lograr el objetivo de hacer o no contacto en el plano.

Tomando en cuenta que el buen desempeño de la maquina impresora y la calidad de trabajo que brinde, dependerán de este último dispositivo, se necesita encontrar la mejor forma para que este se desplace sin errores, sin juego en el movimiento y sobre todo de manera segura, sin que se trabe. Esto fue posible instalando dos ejes a manera de riel elevado en la plataforma (Eje X), sobre los cuales se transporta la mencionada pieza.

En la figura anterior que presenta el Eje Z, se pueden identificar que está sujeta por medio de bocines alineados de dos en dos. Atraves de ellos pasarán los ejes X, tal como se lo muestra en la figura 3.12.

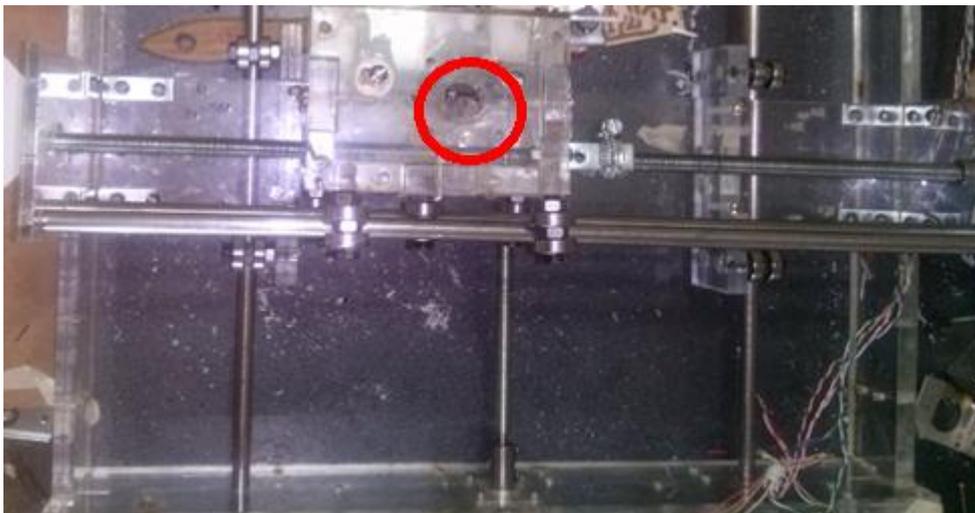


Figura 3.12. Eje Z (vista Superior)

El eje X superior e inferior de 450mm de largo, están dispuestos de forma paralela, de modo que al desplazarse sobre ellos el Eje Z lo hace de manera precisa y constante, logrando óptima calidad en las líneas de impresión.

En este eje también vendrá una abrazadera de grilon que sostendrá el marcador de tinta unida a una lámina de acrílico de 5 x 10 cm, tal como se muestra en la Figura. 3.13.

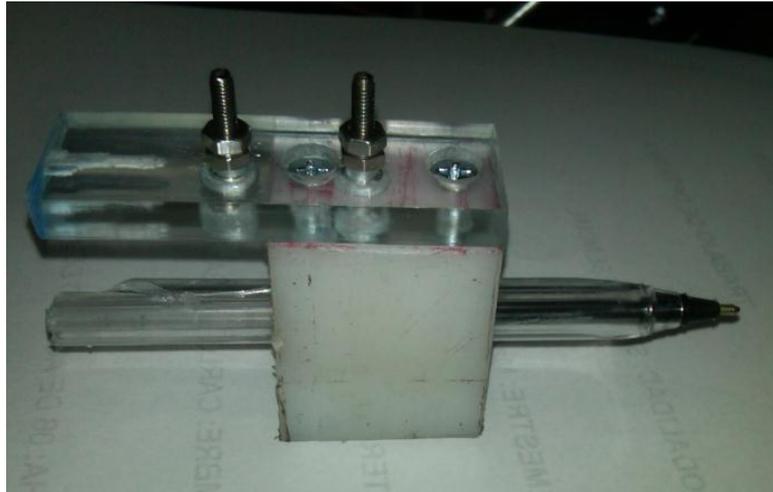


Figura 3.13. Abrazadera de Grilon.

A continuación la pieza armada se procede a ubicar en el eje Z, véase la figura 3.14.



Figura 3.14. Ubicación de la Herramienta de Trabajo.

3.3. Sensores.

Para impedir que la maquina impresora se salga de su área de trabajo y provoque errores, se colocan sensores fin de carrera al principio y al final de cada eje, de tal forma que estos si son alcanzados, generarán una señal que irá al microcontrolador (Pic 16F628A) y boquera los motores de Paso a Paso .

El área de trabajo definida es máximo hasta los 210mm en el sentido X y 300mm en el sentido Y, tomando las medidas de un formato A4.

En la siguiente figura 3.15. Muestra la conexión de los sensores fin de carrera.

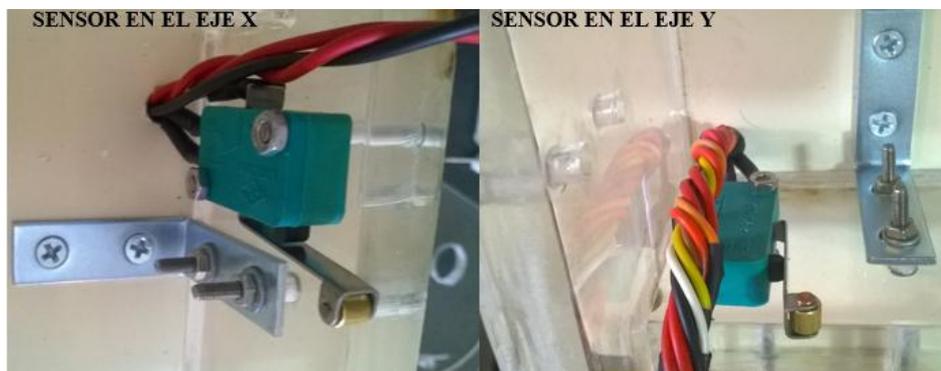


Figura 3.15. Ubicación de los sensores fin de carrera.

3.4. Caja de Control.

La Parte electrónica de la maquina impresora , así como también su placa de potencia y alimentación se encuentran dentro de una caja que se encuentra en la parte delantera de la maquina impresora la misma que se la ha llamado caja de control , las cuales se encuentran interconectadas con cable AWG # °16 ya que su amperaje es de 9 Amperios (**Véase Anexo A3**). En su parte superior externa se encuentra instalado el LCD y el Panel de Botones y a un costado el puerto de comunicación pòrtico paralelo y sus respectivos switches de encendido y apagado tal como se muestra en la figura 3.16.



Figura 3.16. Caja de Control

3.4.1. Placas Electrónicas de la Máquina Impresora.

Las siguientes placas, contiene todo el hardware electrónico de la máquina automática , como ya se indicó, esta se encuentra dentro de la Caja de control Principal conjunto con la fuente de alimentación, a ella van enchufados todos los dispositivos electrónicos, pues aquí se encuentra el cerebro de la máquina que son los microcontroladores .

Mediante la utilización de cable flexible AWG para la conexión de los elementos que están fuera de la placa como es el LCD, el panel de botones, el puerto de comunicación pÓrtico paralelo , el switch de encendido, los motores y los sensores fin de carrera, ya que al poner en marcha a la máquina automática , se estiran y recogen estos cables durante cada uno de sus movimientos y si se usa cable sólido, lo más probable es que sufran fracciones internas como se presenta en la figura 3.17.

Se encuentra instalado en la caja de control principal, sujeta por tornillos 5/32 al tablero de la maquina impresora.

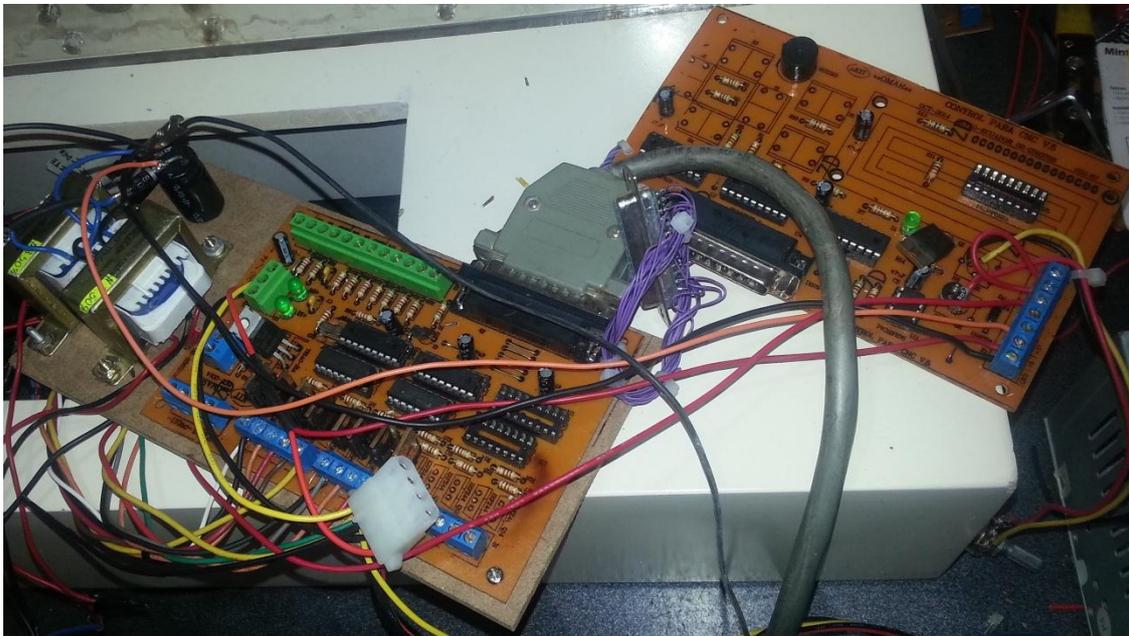


Figura 3.17. Placas de la Máquina Impresora.

3.4.2. Panel de Control de la Máquina Impresora.

Los botones para funciones básicas de la máquina impresora están fijos en el tablero de control pegado a la Caja Principal al igual que la Pantalla LCD en donde se despliegan los mensajes del funcionamiento Automático / Manual.

En la siguiente figura 3.18. Presenta el Panel de Botones y el LCD instalados en la Caja Principal, visto desde la parte frontal.



Figura 3.18. Panel de Botones y Lcd Instaladas

3.4.3. Switch de Encendido (ON /OF).

Como se habló en el capítulo de diseño, este switch está conectado a la salida de la fuente alimentadora de todo el sistema, de modo que dependerá de que la máquina impresora se alimente de energía o no. Como se muestra en la figura 3.19.

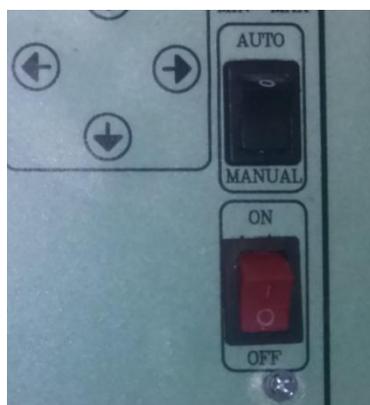


Figura 3.19. Switch de Encendido y Apagado.

3.4.4. Sujeción de la Baquelita.

Para conseguir que la placa de cobre (baquelita) no se mueva mientras se efectúa la impresión sobre ella, se sitúa de un sistema de sujeción utilizando dos tiras de acrílico con imanes de sujeción de esta manera sujetando la baquelita correctamente para que esta no se mueva. Como se muestra en la figura 3.20.



Figura 3.20. Barras para Sujeción de baquelita.

CAPITULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

La máquina impresora de circuitos impresos trabaja con un 98,5 % de precisión en los siguientes modos: funcionamiento manual básico y automático; en este capítulo se especifican las varias pruebas a las que se ha sujeto a la maquina impresora para establecer si cumple o no con los objetivos planteados con el proyecto. A su vez, dichas pruebas han permitido validar su comportamiento y este tenga un buen funcionamiento.

4.1. Funcionamiento Mecánico e Instrumentación.

Para certificar el correcto funcionamiento del programa CNC, es necesario en primera instancia, garantizar el adecuado funcionamiento mecánico e instrumentación correspondiente, es decir parámetros que establecen limitaciones y condiciones de la Maquina Impresora al momento de ejecutar el proceso.

En este caso los parámetros que especifican o restringen las operaciones dentro de los procesos son: distancia y correcta maniobra de la herramienta que permite referenciar el punto de inicio (0, 0,0), para el ruteado de pista sobre la baquelita de cobre.

Se realizan pruebas de verificación de envío de señales a través de la tarjeta de adquisición de datos a KCAM4, y se examinan las restricciones en el área de trabajo considerando las distancias mediante sensores fines de carrera que limitan su desplazamiento. Y de manera semejante e adecuado funcionamiento de motores, etc. dentro del mando básico manual.

4.2. Pruebas de Funcionamiento de la Maquina Impresora.

4.2.1. Desplazamiento en el eje X.

En el eje horizontal se presentaron inconvenientes al momento de calibrar la velocidad de desplazamiento en el software Kcam4, además existía un des alineamiento en el eje X en

cuanto de precisión de movimiento, para lo cual se procedió a realizar las pruebas necesarias que se detallan en la siguiente tabla 4.1.

Tabla 4.1. Número de pruebas del funcionamiento del eje X.

ELEMENTO	PROBLEMA	SOLUCION	PRUEBAS
Kcam4	Velocidad de rotación del tornillo sin fin.	Calibrar la velocidad de rotación del motor X en la pantalla CNC Controls.	7
Movimiento del eje X	Desalineación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lubricación de los rodamientos ➤ Ajuste de montaje ➤ Ajuste de los pernos de sujeción ➤ Ajuste del tornillo guía del carro. 	5 6 7 8
Carro principal	No grafica	➤ Alinear el carro	5
Total			38

La solución de estos inconvenientes fueron realizados después de haber realizado 38 pruebas.

El desplazamiento de la herramienta de trabajo que realiza la maquina impresora en el sentido X, es decir de derecha a izquierda y viceversa sobre el plano de trabajo, no presenta inconveniente, ya sea que se esté usando el modo de deslizamiento corrido o paso por paso. Al ser una pieza sólida soportada por dos ejes paralelos se conserva firme durante sus trayectos. Asimismo, el motor utilizado es lo suficientemente fuerte para no trabarse durante el movimiento y el acople mecánico a un tornillo sin fin que reduce su velocidad a una velocidad dócil, al mismo tiempo que agranda su precisión.

Como fue proyectado en el capítulo de diseño, el desplazamiento sobre el eje X es de 21cm, los sensores fin de carrera situados a los extremos limitan el desplazamiento más allá por si hubiera alguna falla en el sistema figura 4.1.

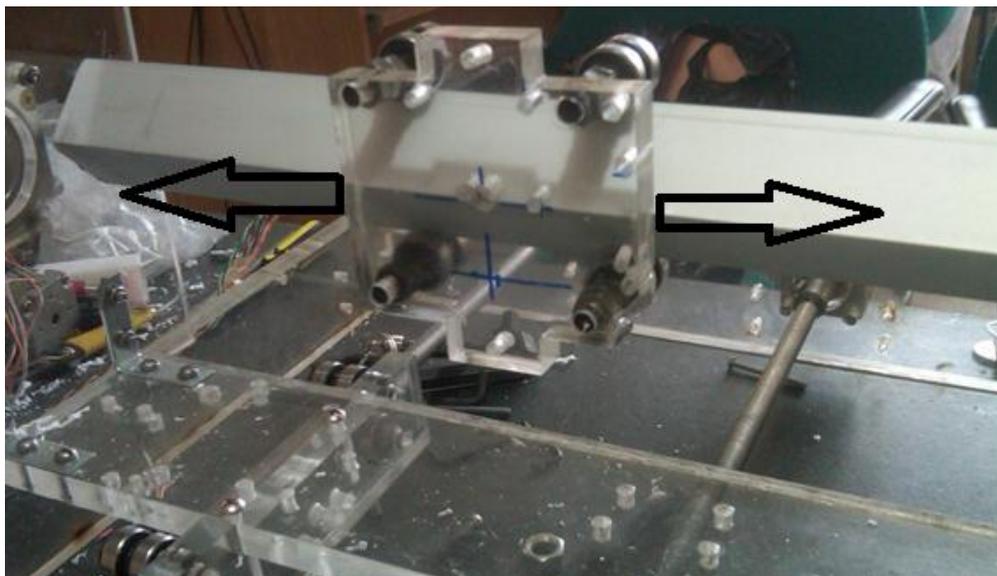


Figura 4.1. Movimiento en el Eje X.

4.2.2. Desplazamiento en el eje Y.

En el desplazamiento del eje Y se presentaron inconvenientes con la velocidad de giro del motor la misma que giraba más rápido que el eje X, además existía un desalineamiento en el movimiento y por último el eje se atascaba y no seguía a cumplir con su función, de esta manera para poder solucionar estos inconvenientes se empezó a realizar los siguientes pasos que se detallan en la siguiente tabla 4.2.

Tabla 4.2. Número de pruebas del funcionamiento del eje Y.

ELEMENTO	PROBLEMA	SOLUCION	PRUEBAS
Kcam4	Velocidad de rotación del tornillo sin fin.	Calibrar la velocidad de rotación del motor Y en la pantalla CNC Controls.	8
Movimiento del eje Y	Desalineación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lubricación de los rodamientos ➤ Ajuste de montaje ➤ Ajuste las tuercas de sujeción ➤ Ajuste del tornillo guía del eje Y. 	6 7 8 9
Total			38

La solución de estos inconvenientes se solucionó después de haber realizado 38 pruebas.

El desplazamiento en el sentido Y, es decir de arriba hacia abajo y viceversa sobre el plano, se mueve con el motor encargado del movimiento Y es igual al del movimiento X, tanto la velocidad como el espacio recorrido por paso es similar en cualquier sentido, es decir, dando un paso a cada lado se logra un cuadrado perfecto.

El eje Y mueve el carro principal en dirección perpendicular al eje X, el desplazamiento máximo que logra este eje es de 30cm, lo cual, al igual que en el eje X limitan el desplazamiento más allá por si hubiera alguna falla en el sistema, en la figura .4.2.se tiene la vista frontal y la figura 4.3. Se muestra el tablero que se mueve sobre el eje Y.

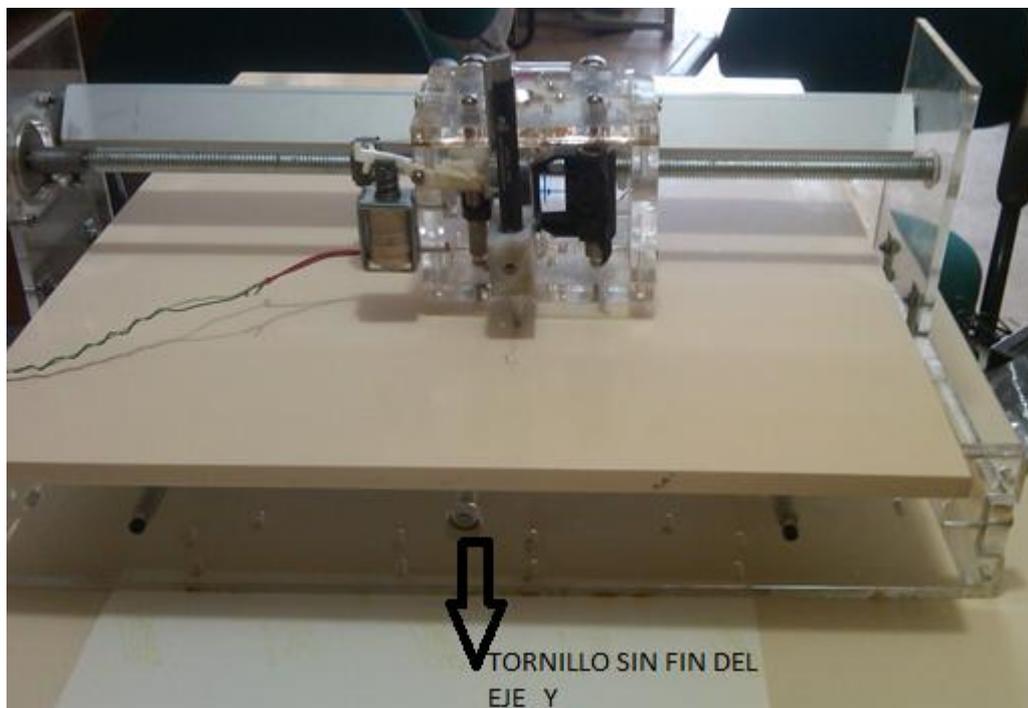


Figura 4.2. Movimiento en el Eje Y (Vista Frontal).

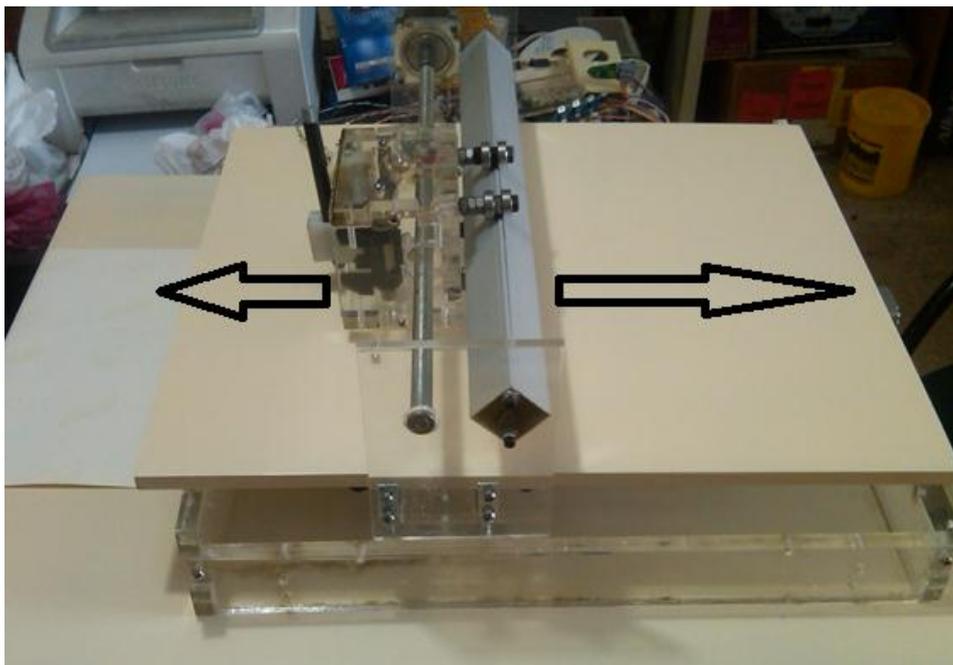


Figura 4.3. Movimiento del Eje Y (Vista Lateral).

4.2.3. Desplazamiento en el eje Z.

En el sentido Z se presentaron inconvenientes con el electroimán que se calentaba mucho, al igual que los cables de alimentación a la misma, como también el material de grilon donde va sujeto el marcador indeleble , no se deslizaba correctamente , para lo cual se procedió a realizar las pruebas necesarias que se muestran en la siguiente tabla 4.3.

Tabla 4.3. Número de pruebas del eje Z.

ELEMENTO	PROBLEMA	SOLUCION	PRUEBAS
Pieza de Grilon	Deslizamiento no adecuado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Calibrar utilizando un resorte. ➤ Lubricación de los ejes. ➤ Ajuste de montaje 	8 3 4
Electroimán	Calentamiento más de lo debido.	Electroimán 38 v	3
Cable de conducción	Se calienta	Cable #18 a 2,66 A	2
Total			20

La solución a estos inconvenientes se la halló después de realizar 20 pruebas, después de las cuales se puede afirmar que funciona correctamente.

El electroimán realiza el movimiento en sentido Z este hace de subir y bajar 5 milímetros de distancia, suficientes para que la herramienta realice el grafico sobre el plano (placa de cobre). Debe calcularse bien esta distancia de modo que la punta del dispensador de tinta haga contacto uniforme sobre la baquelita (placa de cobre), lo necesario para que las líneas se impriman de acuerdo al grosor de las pistas de diseño. Véase figura 4.4.

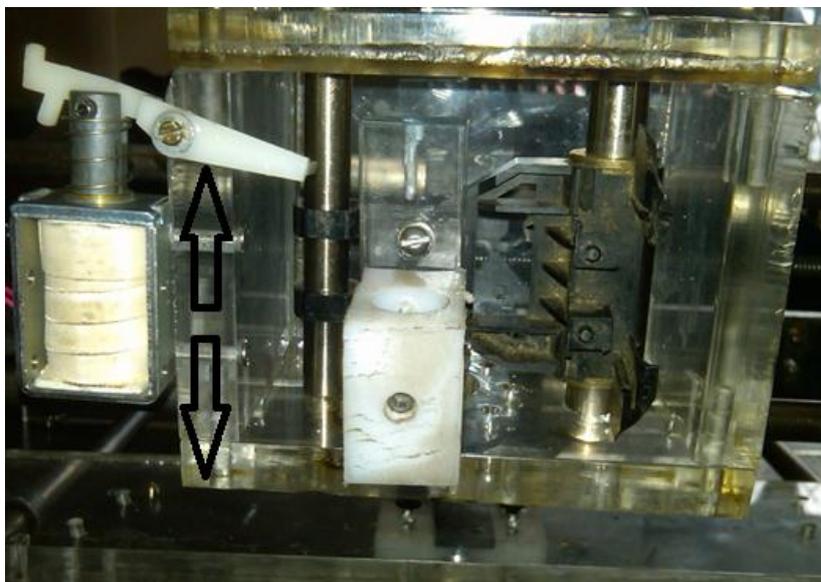


Figura 4.4. Movimiento en el Eje Z.

Si la punta del dispensador de tinta es apretada demasiado al plano, al cambiar de sentido la línea no marcará un ángulo recto como se espera y se corre el riesgo de forzar los motores, lo que le haría trabar, dando como resultado trazos no debidos. En la figura 4.5. Se muestra la abrazadera donde va ubicado la herramienta de trabajo marcador de tinta indeleble.

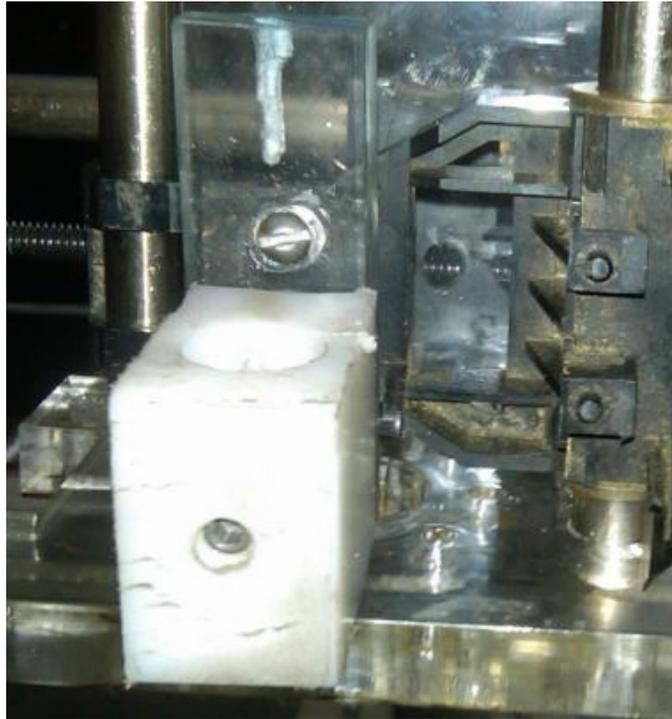


Figura 4.5. Abrazadera

4.3. Ensayo en Modo Automático.

Al trabajar la Máquina Impresora en modo automático no se utiliza por completo los botones del panel que se ven en la pantalla de control, su maniobra se lo hace desde el programa cargado KCAM4 en el computador.

El programa para el mando desde el computador está diseñado, para que la máquina impresora transcriba los trazos (diagramas electrónicos básicos) que se presenten en pantalla. Este modo no tiene inconveniente, simplemente se realiza un diseño en programa gráfico o PCB y luego de procesarlos se envía la señal control CNC para que lo imprima.

Antes de ponerle en funcionamiento se debe revisar bien el cable de comunicación que conecta la máquina impresora con el computador ya que si este llega a tener fallas internas la señal emitida pasa de forma incorrecta o simplemente no se comunica, haciendo que la máquina impresora realice movimientos no requeridos.

Para lo cual tenemos a continuación los pasos básicos de Proteus 8 para el diseño de pistas electrónicas:

Abrimos Proteus 8, como se muestra en la figura 4.6.

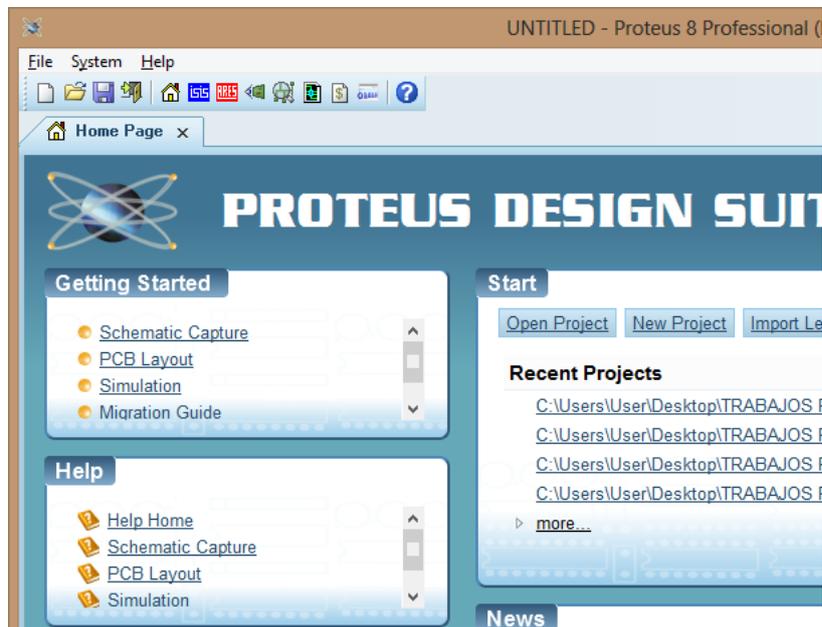


Figura 4.6. Pantalla Próteus 8.

A continuación crear un nuevo esquemático en ISIS, como se muestra en la figura 4.7.

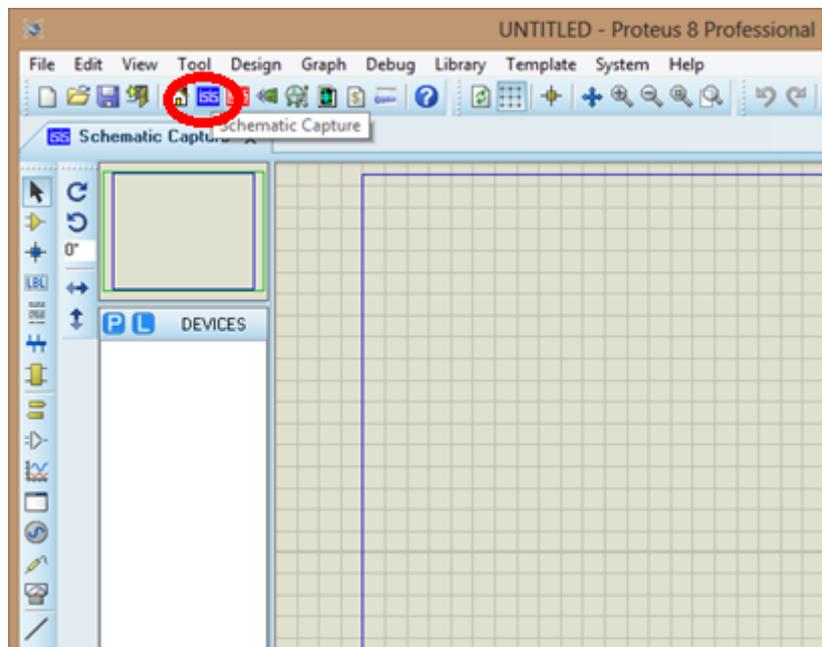


Figura 4.7. Pantalla ISIS Proteus 8.

Guardar el diseño en la memoria de la Pc. Como se observa Figura 4.8.

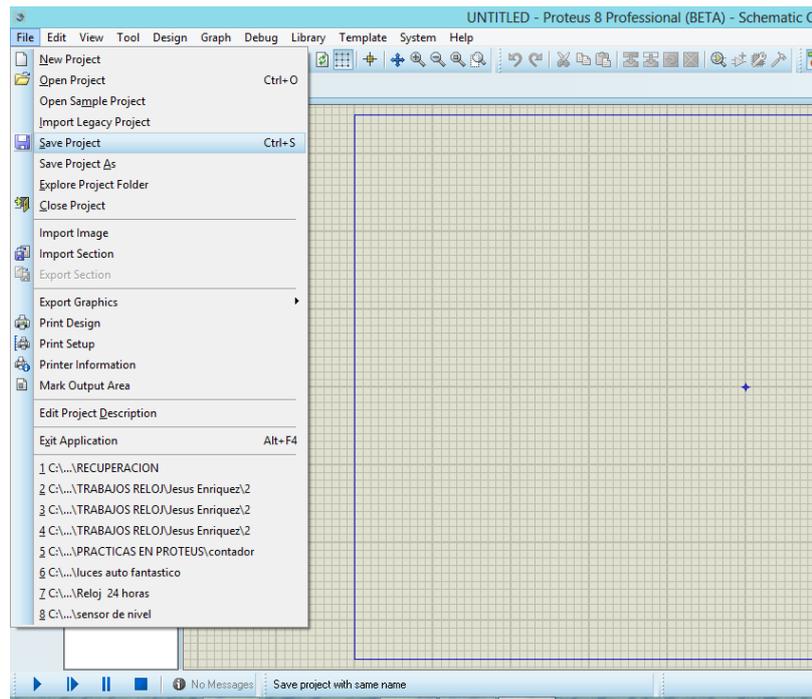


Figura 4.8. Pantalla de Guardar Proyecto Proteus 8.

Se crea un nuevo esquemático, con el diagrama realizado como se muestra en la Figura 4.9.

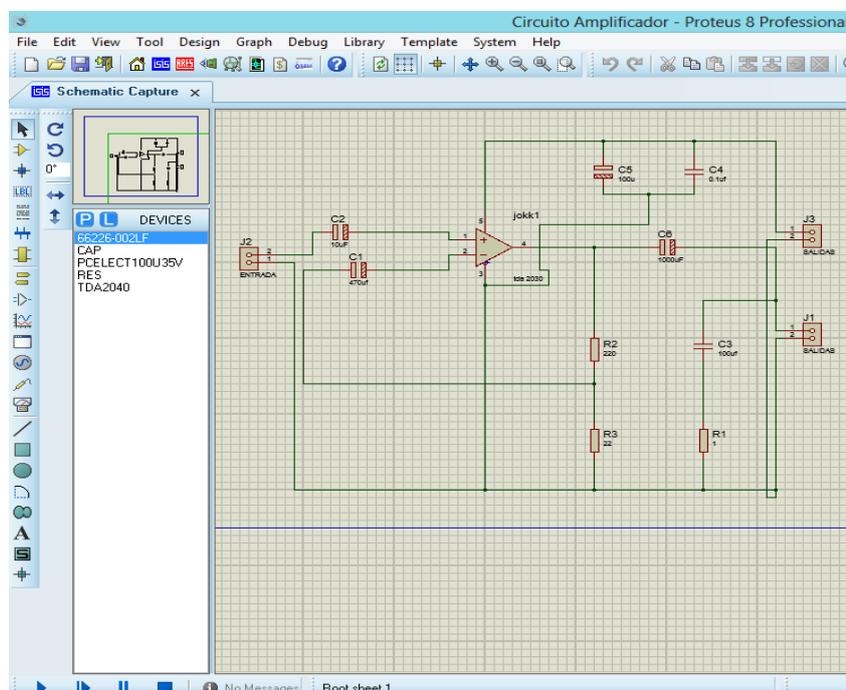


Figura 4.9. Pantalla con el Circuito en ISIS.

Luego se pasa al esquemático ARES donde se elabora el diseño de pistas PCB. Como se muestra en la figura 4.10.

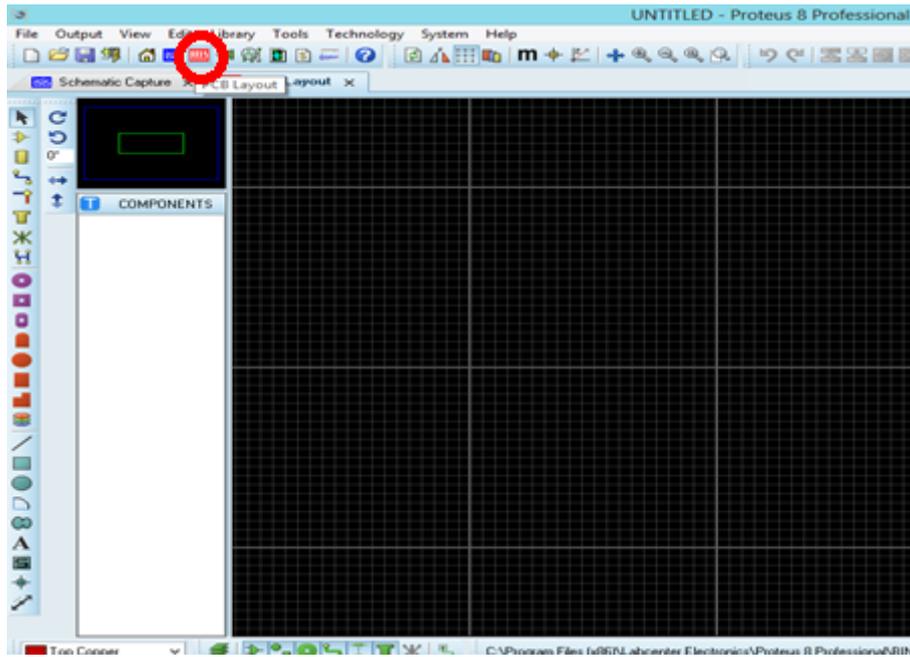


Figura 4.10. Pantalla en ARES de Proteus 8.

Siiguiente se tiene el esquema creado con las pistas diseñadas, como se muestra Figura 4.11.

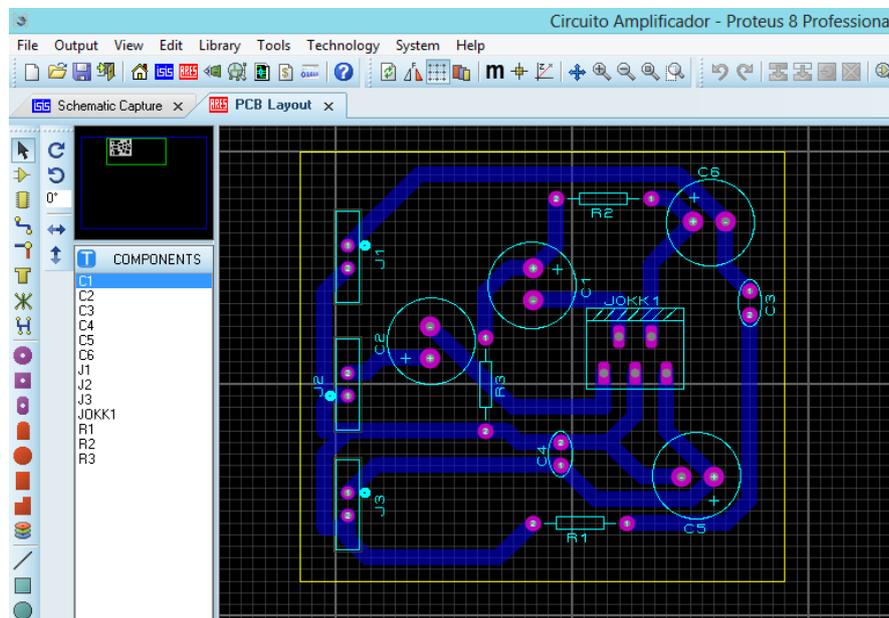


Figura 4.11. Pantalla en ARES con Pistas Diseñadas.

Una vez que se tiene el circuito terminado se procede a lo siguiente se va a las siguientes opciones: OUTPUT P – EXPORT GRAPHICS en esta parte se obtiene varios tipos de archivos en este proyecto se utiliza el archivo DXF, como se observa en la Figura 4.12. El

mismo que es ejecutado por el software KCAM4.

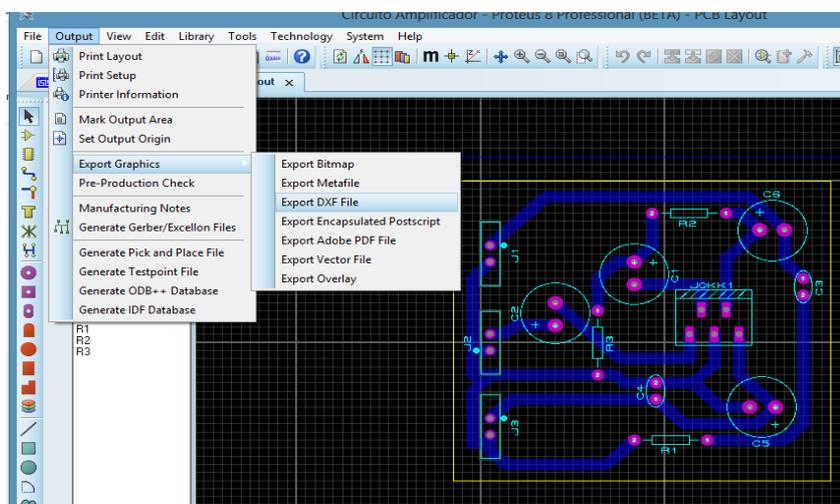


Figura 4.12. Pantalla con Selección de Archivo DXF.

A continuación se activa las pestañas de lo que se desea imprimir del circuito, en este caso se va imprimir solo las pistas del circuito de modo seleccionado solo BOTTON COPPER. Como se muestra en la figura 4.13.

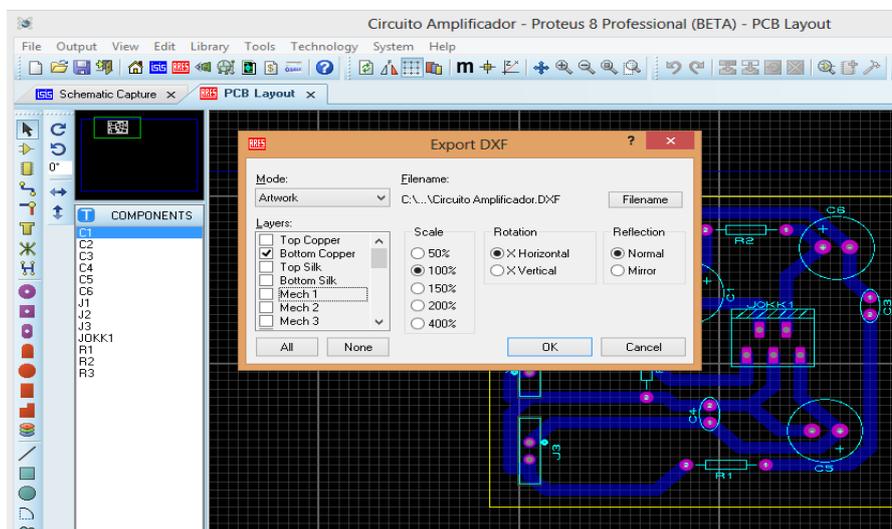


Figura 4.13. Pantalla con selección de PCB en ARES.

Luego se guarda como archivo DXF en la memoria de la PC. Como se muestra en la Figura 4.14.

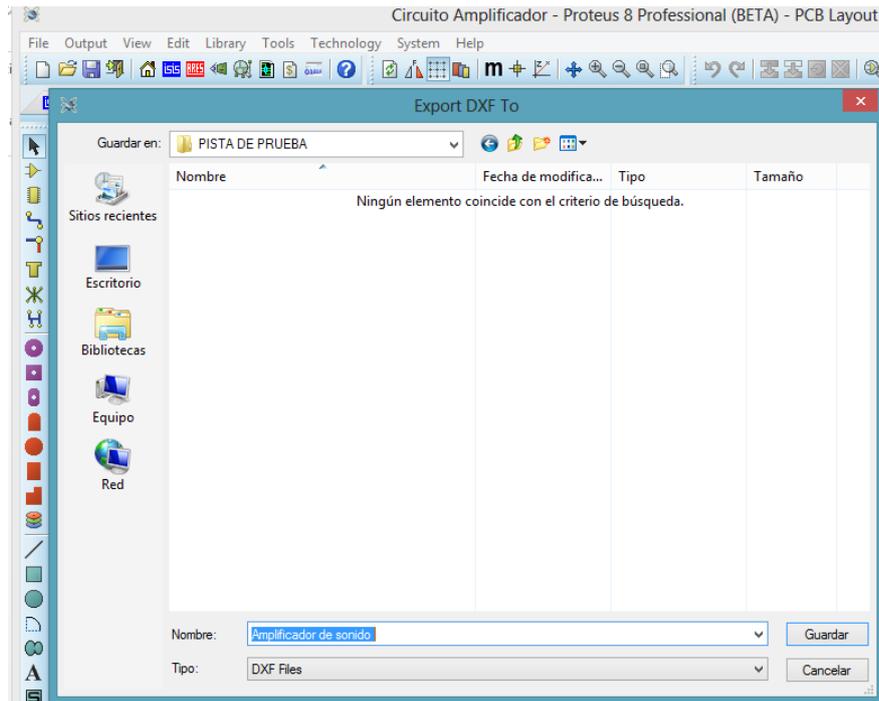


Figura 4.14. Archivo Guardado en DXF.

Luego inmediatamente se hace un clic en la pestaña OK para generar automáticamente el archivo DXF. Como se puede observar en la figura 4.15.



Figura 4.15. Pantalla Generar Archivo DXF.

De esta manera se tiene el archivo listo para poder ser cargado en KCAM4 luego se selecciona lo indicado para visualizar los comandos para control de la CNC. Apareciendo luego la siguiente pantalla. Figura 4.16.

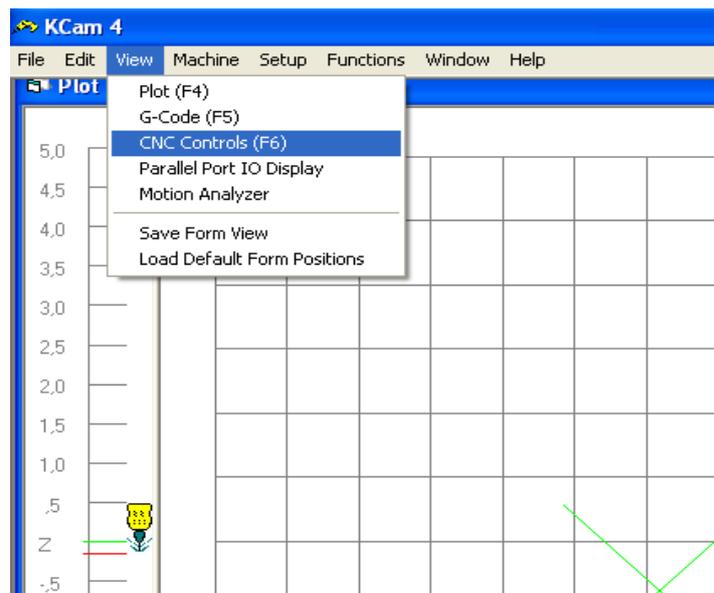


Figura 4.16. Pantalla Inicial de KCAM4.

Luego seleccionar la opción PORT SETUP, aparece la siguiente pantalla figura 4.17. Aquí se debe setear los parámetros de acuerdo al sistema de la maquina impresora que se tiene, así como: los pasos por pulgada, longitud de los ejes, velocidad del trazo, velocidad máxima de los ejes, y varios parámetros más que están detallados en el manual del programa.

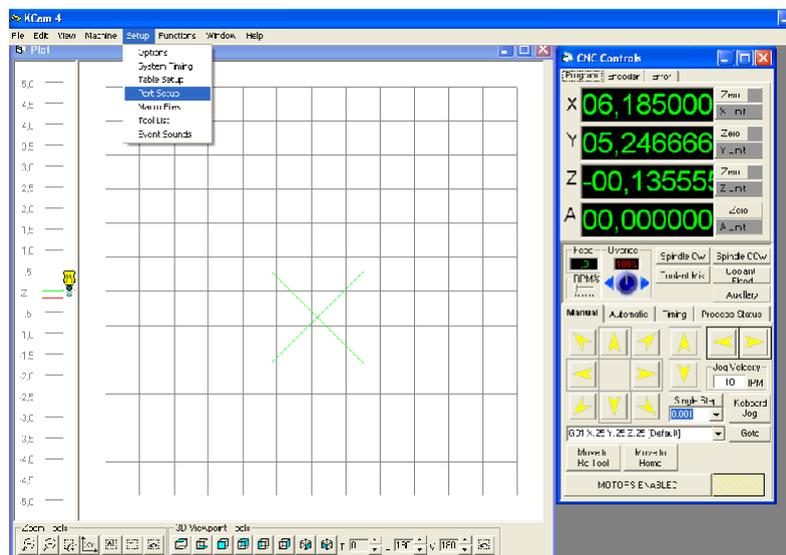


Figura 4.17. Pantalla Lista para Setear Parámetros.

A continuación en la pantalla de TABLE SETUP, se configura las opciones del sistema que se utiliza para el control de la maquina impresora figura 4.18.

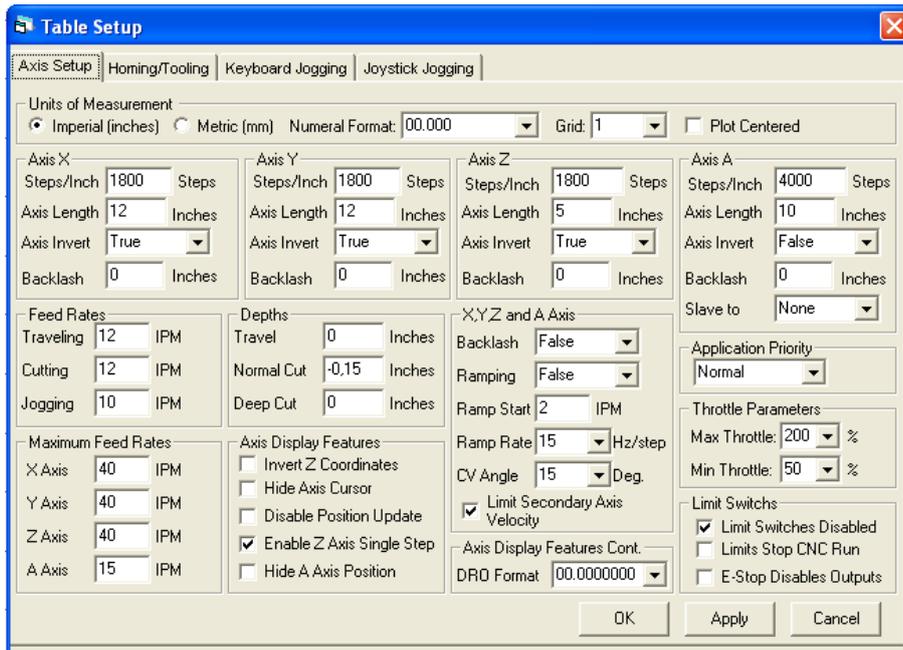


Figura 4.18. Pantalla de Table Setup.

Luego se vuelve al menú principal de la pantalla y se va a SETUP y se hace clic en OPTIONS. Figura 4.19.

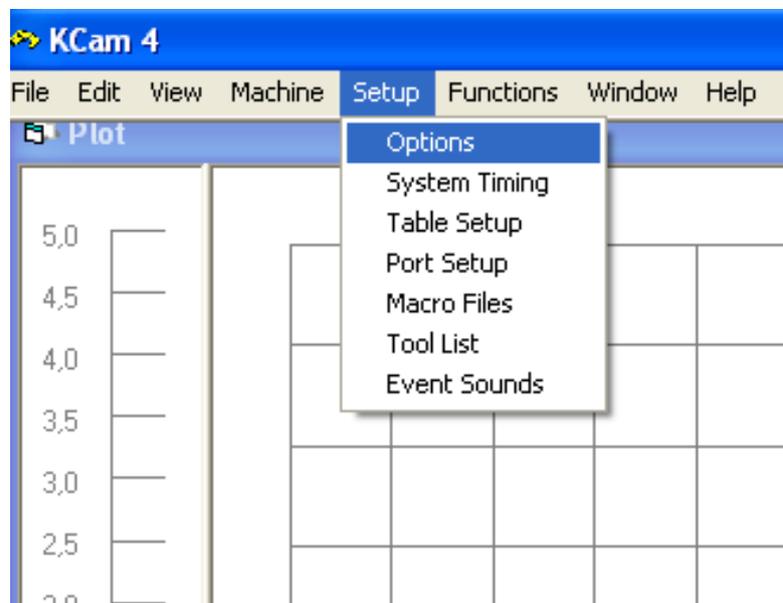


Figura 4.19. Pantalla Options CNC.

Seguido se selecciona la opción GENERAL y se setea, luego se ubica los parámetros requeridos de acuerdo a la necesidad del trabajo. Véase figura 4.20.

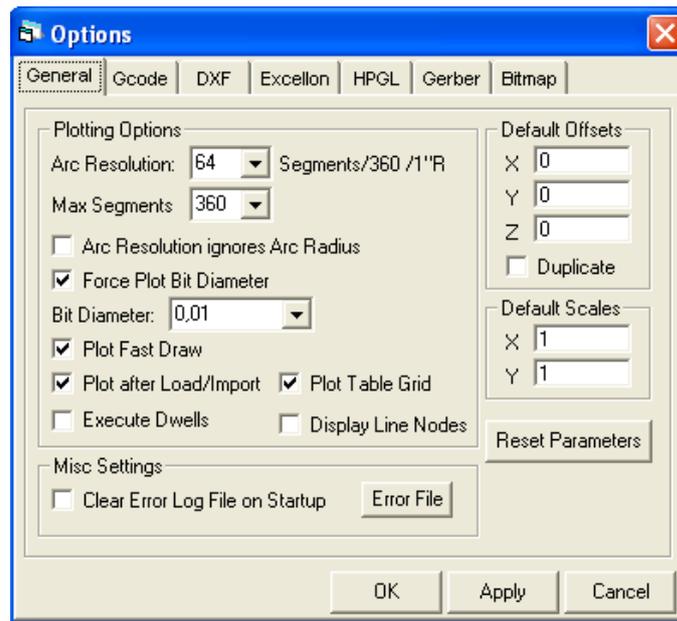


Figura 4.20. Pantalla Options - General CNC.

Es necesario aclarar que los archivos a cargar para el caso del presente proyecto pueden ser en formato: DXF o HPGL.

En caso de utilizar el archivo HPGL se setea los siguientes parámetros. Como se muestra en la figura 4.21.

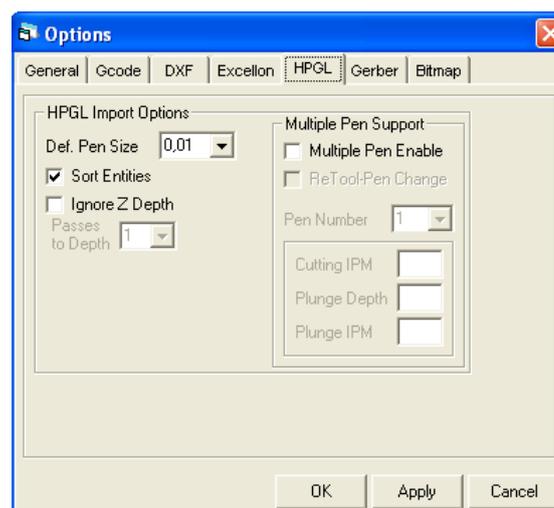


Figura 4.21. Pantalla de opciones para la Configuración de Archivo HPGL.

Para un archivo tipo DXF que en este proyecto se va a utilizar se setea los siguientes parámetros, véase figura 4.22.

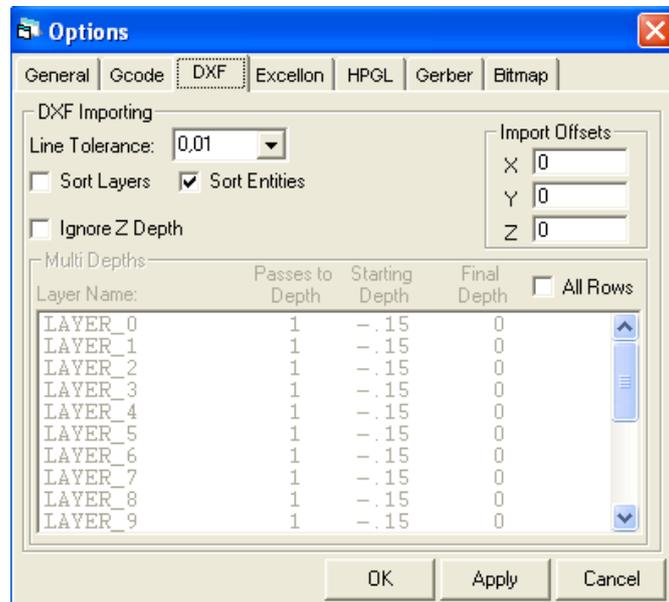


Figura 4.22. Pantalla de opciones para la Configuración de Archivo DXF.

Seguidamente, se va a SETUP setea el pórtico paralelo opción PORT SETUP. Véase figura 4.23.

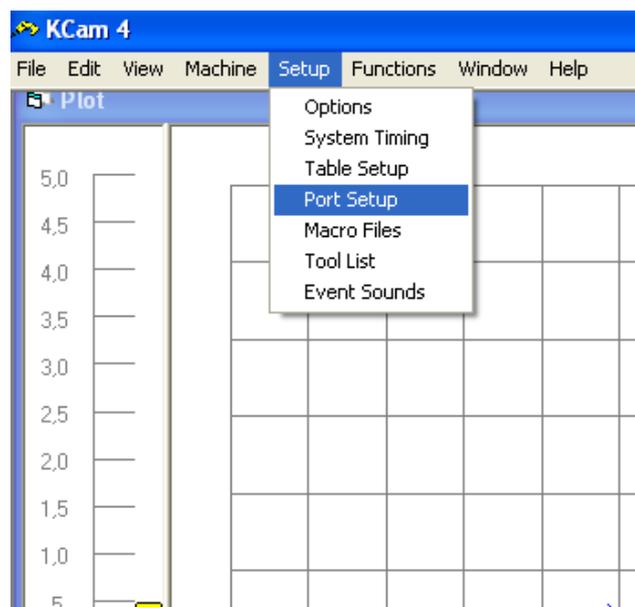


Figura 4.23. Pantalla de opciones Seteo de Comunicación Pórtico paralelo.

Inmediatamente aparece la pantalla PORT SEPUT para la configuración del pórtilo paralelo y se selecciona la opción LPT SEPUT con sus configuraciones que se muestra en la figura 4.24.

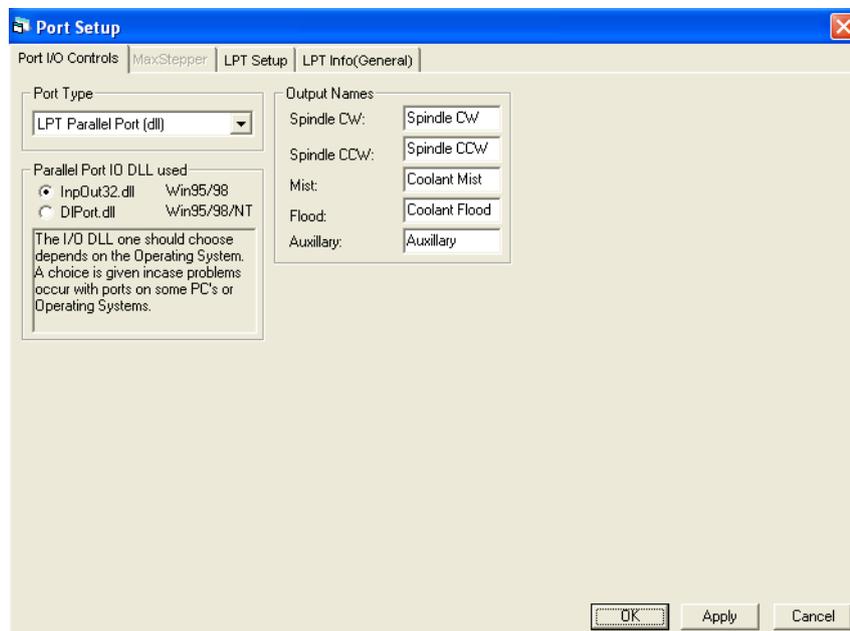


Figura 4.24. Pantalla de Configuración Pórtilo Paralelo.

Luego se tiene la pantalla, donde se programa los pines del pórtilo paralelo que van a controlar los motores de paso a pasos. Como se muestra en la figura 4.25.

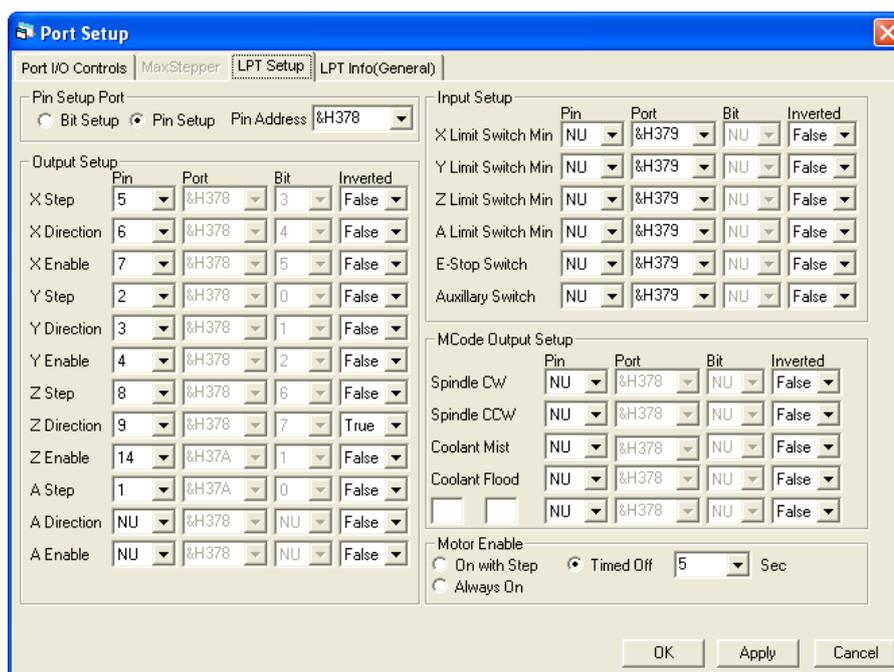


Figura 4.25. Pantalla de Configuración Pórtilo Paralelo.

Cabe señalar que estos parámetros programados, solamente se lo realiza la primera vez, puesto que son los que controlan la CNC.

Como se mencionó anteriormente que se tiene dos archivos principales para el modo de trabajo, a continuación se indica los pasos para poder utilizar cada uno de los tipos de archivos mencionados.

Para cargar un dibujo (diseño de pista electrónica básica) en HPGL, primeramente se va a File – IMPORT FILE y se escoge el tipo de archivo, en este caso HPGL. Como se muestra en la figura 4.26.

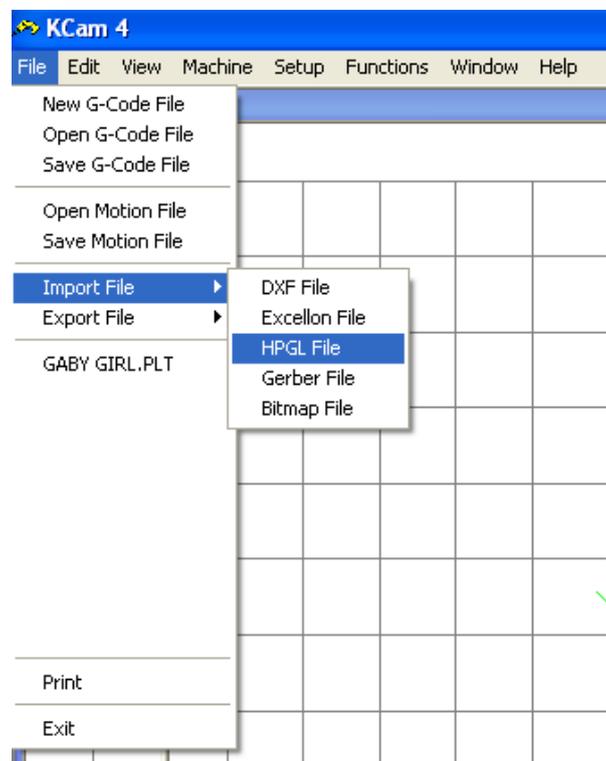


Figura 4.26. Pantalla de Pasos Para Cargar Archivo HPGL.

Para cargar un dibujo (circuito electrónico) en DXF los pasos son similares al anterior, si no que al final se selecciona el tipo de archivo DXF FILE. Véase figura 4.27.

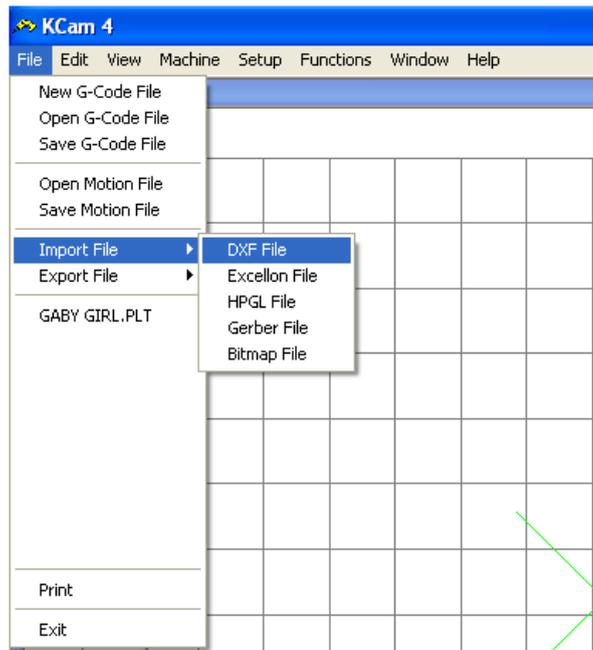


Figura 4.27. Pantalla de Pasos Para Cargar Archivo DXF.

Cualquiera de los archivos cargados ya sea HPGL, DXF en la pantalla KCAM4 se mostrara de la siguiente manera, figura 4.28.

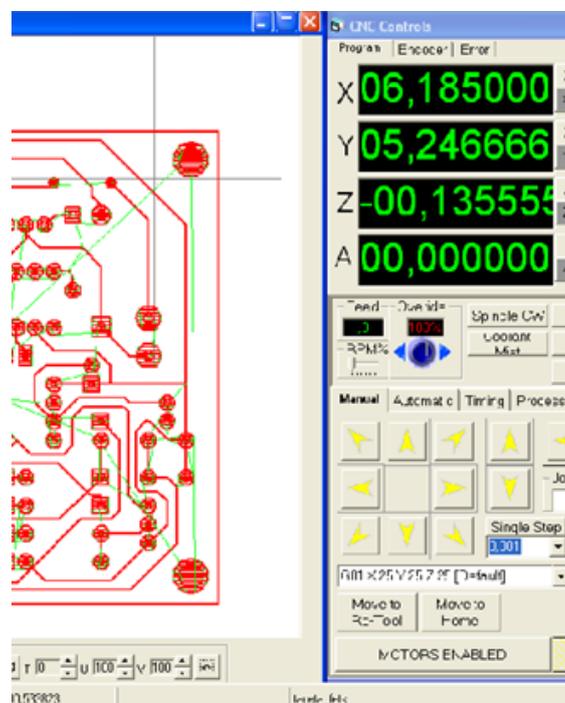


Figura 4.28. Pantalla KCAM4 con Archivo Cargado.

Una vez ubicados en el lugar de inicio, ENCERAR las referencias de los ejes X, Y, Z. véase figura 4.29.

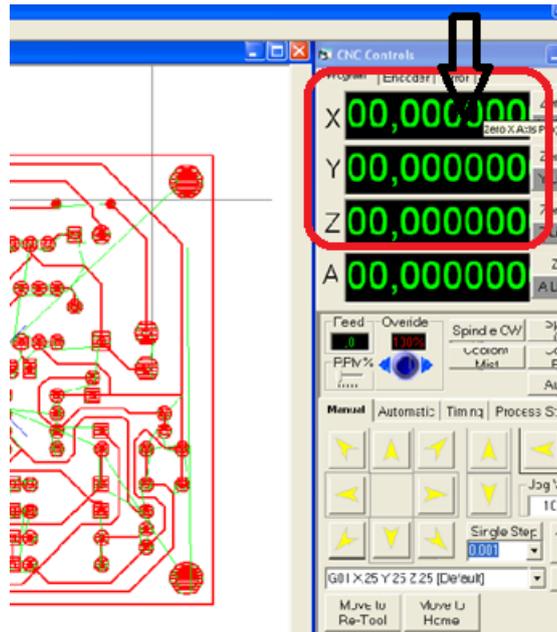


Figura 4.29. Pantalla con los Puntos de Inicio en Cero.

A continuación Seleccionar modo AUTOMÁTICO en la pantalla, figura 4.30. Y iniciar el funcionamiento de la maquina CNC

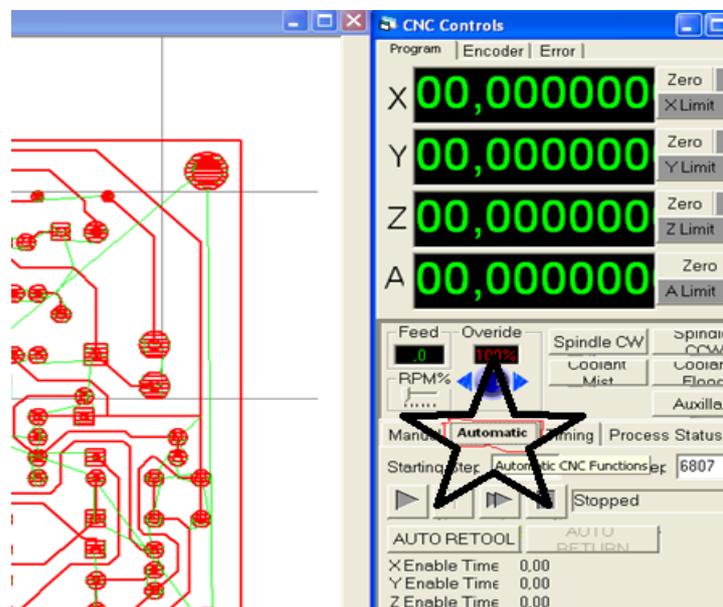


Figura 4.30. Pantalla para Seleccionar Modo Automático.

A continuación se muestra en la figura 4.31. El cursor para iniciar el ruteo del diseño cargado, y una vez finalizado el diseño e impreso en la bakelita la maquina CNC se detendrá automáticamente.

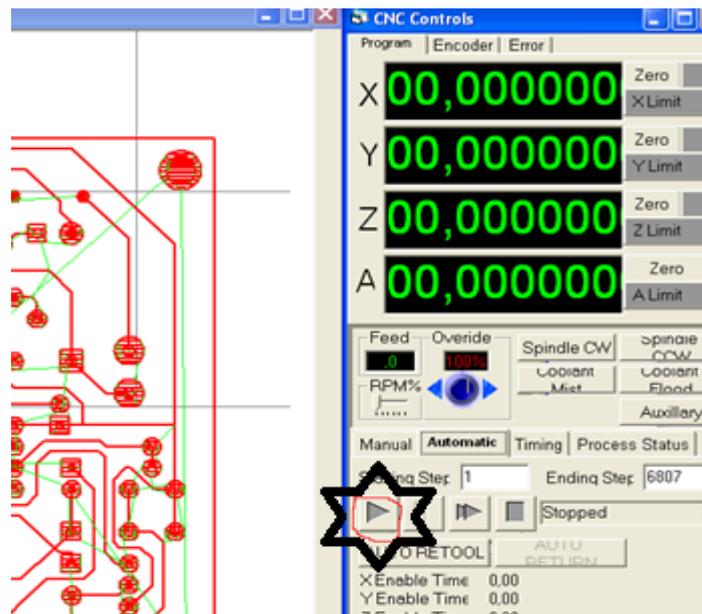


Figura 4.31. Pantalla lista para Enviar a Imprimir.

A continuación se tiene el diseño del circuito que va ser impreso en la pantalla de la PC. Como se muestra en la figura 4.32.

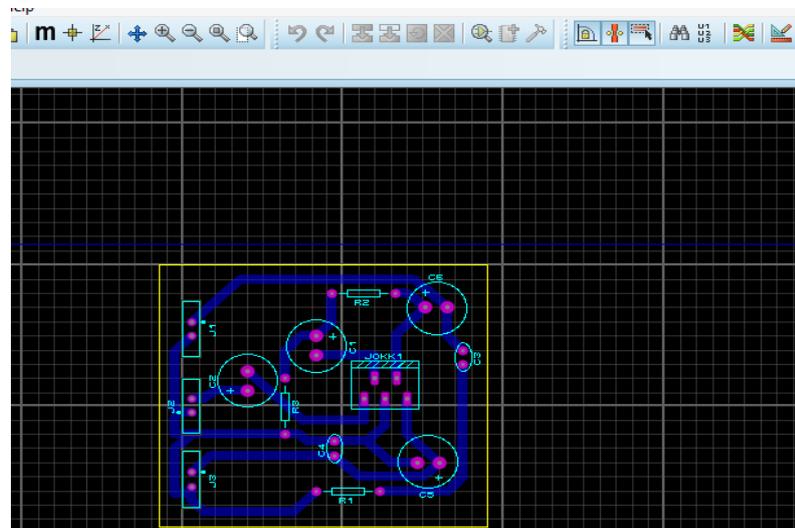


Figura 4.32. Circuito en la Pantalla de Diseño.

En la siguiente figura 4.33, se puede observar un circuito básico, impreso por la máquina, uno de los diseños realizados en PROTEUS 8.

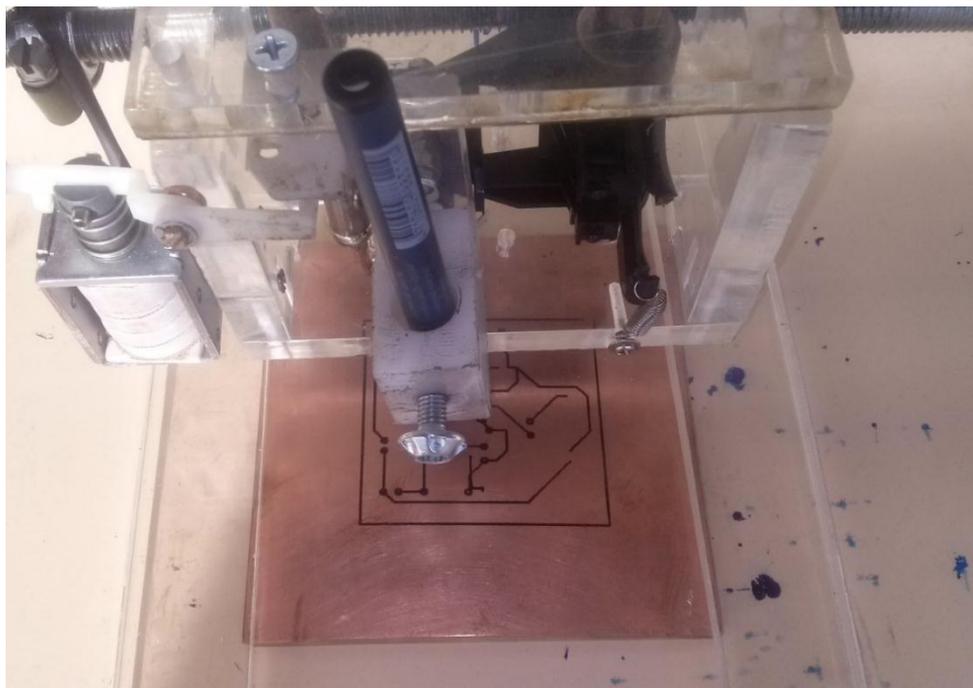
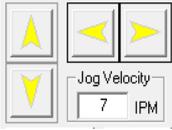
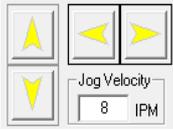
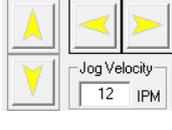


Figura 4.33. Circuito Impreso Desde el Computador (Maquina Impresora).

Para obtener la eficiencia de la maquina impresora y corregir errores se escogió un circuito con mayor complejidad y de las cuales se realizaron 3 pruebas de funcionamiento que se detallan a continuación en la siguiente tabla 4.2.

Tabla 4.2. Número de pruebas del funcionamiento de la Maquina Armada.

	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4
VELOCIDAD DE TRABAJO DEL TORNILLO SIN FIN X – Y DESDE KCAM4 (Pulg/min)	7 	8 	10 	12 
PRECISION DE POSICIONAMIENTO	0,6pulg/10pulg	0,7pulg/10pulg	0,985pulg/10pulg	0,8pulg/10pulg
EXACTITUD DE DISEÑO (%)	60	70	98,5	80

Basándose en las pruebas realizadas tabla 4.2 se llegó a reajustar los parámetros en el software Kcam4, estableciendo la velocidad de trabajo a 10pulg /min del tornillo sin fin. Con

la cual se tiene un proceso de graficado del circuito con una exactitud del 98,5%, como se muestra en la figura 4.33 un ejemplo de una PCB elaborado por la maquina impresora.

Con el fin de justificar los resultados, se realizó un PCB utilizando el proceso de fabricación manual, utilizando la plancha domestica para estampar el diseño sobre la baquelita, el cual presento algunos errores como se puede ver en la figura 4.34.

Realizando la comparación de resultados obtenidos con la maquina impresora es posible diagnosticar que el PCB no presenta ningún desperfecto como por ejemplo la falta de continuidad en las pistas electrónicas , el desgaste y el tiempo de fabricación , que se suele tener en el PCB fabricado en forma manual . Recalcando que el tiempo de fabricación del diseño cargado en el programa KCAM4, fue de aproximadamente la 3era parte del tiempo que se realiza en forma manual.



Figura 4.34. Resultado Impreso en forma Manual

Como se muestra en las pruebas realizadas en forma manual existe un largo porcentaje de discontinuidad de pistas y mientras que las pistas realizada con la maquina impresora no muestra resultados negativos.

Para verificar la eficiencia que posee la máquina impresora se realizó diferentes pruebas de diseño con la máquina automática y en forma manual, de esta manera, con la comparación de tiempos realizados se pudo diferenciar los tiempos de diseño en la baquelita de las dos formas antes mencionadas.

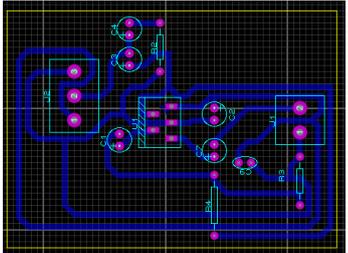
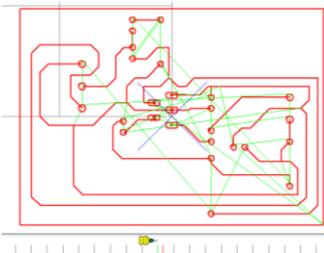
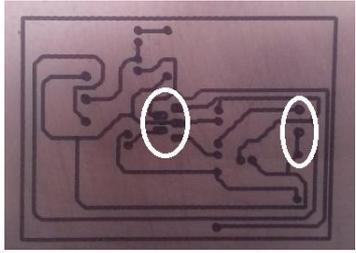
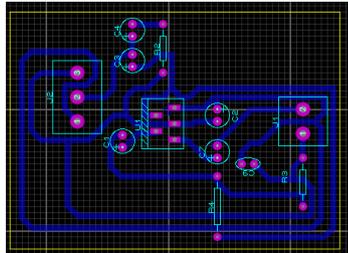
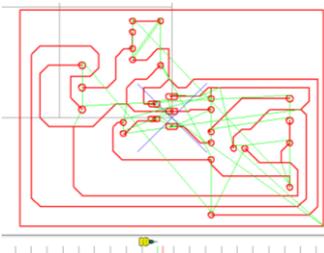
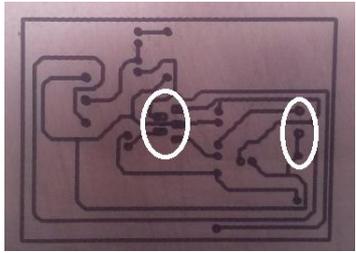
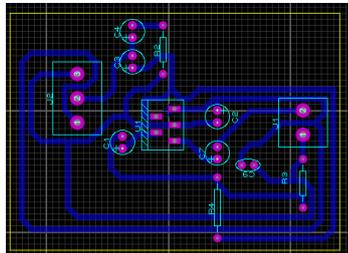
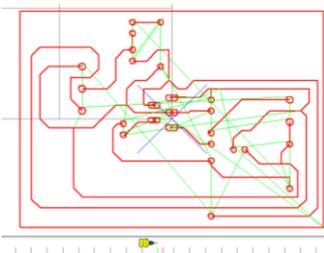
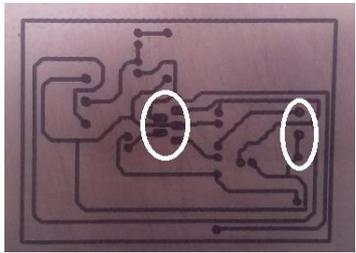
Tabla 4.4. Sistema de Pruebas Maquina Impresora Vs Método Manual.

PRUEBAS DE DISEÑO DE PISTAS ELECTRONICAS PROCESO MANUAL Vs PROCESO AUTOMATICO					
N° DE PRUEBAS	CIRCUITOS ELABORADOS	TIEMPO (Min) /PROCESO MANUAL	TIEMPO(Min) /PROCESO MAQUINA	REDUCCIÓN TIEMPO %	DIFERENCIA TIEMPO TOTAL (Min)
1	Circuito de Potencia	29	17	58	12
2	Circuito puente H	27	16	59	11
3	Circuito Detector de Humedad	25	14	56	11
4	fuelle de alimentación Simétrica de 15 V	28	17	60	11
5	Amplificador De 10W	26	16	61	10
6	Circuito Control de Velocidad Motor DC	20	13	65	7
7	Circuito Semáforo Eléctrico	19	12	63	7
8	Circuito Control de Nivel de Líquidos	17	11	64	6
9	Circuito Acondicionador de Señal	24	15	62	9
10	Fuente Reguladora Variable de 0 a 33 V_DC	22	14	63	8
Total		237	145		
(Tiempo Min)					
DIFERENCIA DE TIEMPO :					82Minutos
DIFERENCIA DE TIEMPO TOTAL DE PRUEBAS (%)				61,18	

Una vez obtenido los valores se determinó que el porcentaje de tiempo que se ahorra al diseñar circuitos con la maquina impresora es de 39 %. Donde se puede observar la tabla

4.3 y afirmar que cada una de las pruebas realizadas, su diseño disminuyen en una tercera parte del tiempo que se la realiza en forma manual, de igual manera se realizó 3 pruebas de precisión con el mismo circuito, tabla 4.4.

Tabla 4.5. Pruebas de Precisión en Imprimir el Circuito Con la Maquina Impresora
PRUEBAS DE PRECISIÒN DE LA MAQUINA IMPRESORA

#° DE PRUEBAS CON EL MISMO CIRCUITO PROTEUS (ARES) AMPLIFICADOR DE SONIDO 10W	CIRCUITO IMPORTADO A Kcam4	CIRCUITO REALIZADO CON LA MAQUINA IMPRESORA EN LA BAQUELITA	PRECISI ON %
1 	1 	1 	100
2 	2 	2 	100
3 	3 	3 	100

Una vez obtenido los resultados que se muestra en la tabla 4.4, y verificando observando claramente la parte señala se determinó que la maquina impresora tiene un 100% de precisión en realizar las pistas electrónicas.

4.4. Ensayo en Modo Manual (Figuras)

En la siguiente opción, como se habló en capítulos anteriores, se puede seleccionar directamente. Cabe recalcar que se debe tomar en cuenta que los diseños han sido creados dentro del alcance de la máquina para ser impresos sin ningún problema.

Al igual que en el modo Imprimir automático, el programa está diseñado para que lo primero que realice sea un reset o sea ir al punto origen (0,0,0), con lo que no hay que preocuparse de en qué posición se encuentra la herramienta antes de iniciar la impresión.

Los pasos son los mismos que el del modo automático, sino que una vez cargado el archivo en KCAM4 se procede a seleccionar el modo de funcionamiento MANUAL mediante la opción resaltada que aparece en la pantalla, figura 4.35.

El modo manual es utilizado exclusivamente para realizar líneas horizontales, verticales y figuras básicas. Esto se ejecuta manipulando las flechas indicadas en la pantalla KCAM4 mediante las cuales se logra los desplazamientos en X, Y, Z para trazos y los paros respectivos que se necesita, como también algunas de las funciones básicas de la maquina impresora se lo puede realizar desde el teclado que se encuentra instalado en la caja de control de la maquina impresora.



Figura 4.35. Pantalla KCAM4 para el Movimiento Manual.

4.5. Ensayo en Modo Imprimir Desde un Archivo Generado.

El archivo debe ser guardado en formato PDF, HPGL, DXF, para luego cumplir con el proceso que se detalla a continuación:

- 1- Abrir KCAM4.
- 2- Cargar el archivo en cualquiera de los formatos requeridos.
- 3- Luego se continúa de igual forma que el de modo automático o modo manual.

Este proceso cumple con la función de Imprimir desde la Pc el diseño guardado en la memoria de la misma , Esto funciona sin ningún problema solo se debe cargar el diseño del circuito electrónico en el programa KCAM 4 para luego enviarlo a imprimir directamente , incluso el programa de control del Pc tiene un comando para ubicarlo en la posición inicial (0, 0,0) de tal forma que no se anda con el riesgo de imprimir el diseño en un lugar del plano no deseado o fuera de la placa de cobre (baquelita).

Para eso lo que se debe ingresar al menú del programa KCAM4 y seleccionar el comando de posición inicial con el objeto de colocar la baquelita en el lugar correcto.

4.6. Análisis de Costos de la Maquina Impresora.

4.6.1. Costos de Construcción.

A continuación se tiene los elementos utilizados con su respectivos costos invertidos de la maquina impresora, donde el sistema electrónico está dividido en dos partes que se indican en cada una de las tablas: Tarjeta de control Automático /Manual tabla 4.5. Tarjeta de control de motores tabla 4.6. Y el Sistema Mecánico tabla 4.7. Respectivamente, con su costo en dólares americanos.

Tabla 4.6. Costos de los Elementos de la Tarjeta de Control Automático / Manual.

CANTIDAD	DENOMINACIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
10	Resistencias de 4.7K a 1/4 W.	\$0,45	\$4,50
6	Resistencia de 10 Ohmios a 1/4w.	\$0,45	\$2,70
1	Resistencia de 330 Ohmios a 1 / 4w.	\$0,45	\$0,45
1	Capacitor CD -200 de 0,1uF.	\$0,95	\$0,95
4	Capacitores Pol CP -100 de 47uF	\$1,10	\$4,40
1	Diodo 1N4004, 1ª	\$0,95	\$0,95
2	Transistor 2N3904 , TO92C – NPN	\$1,20	\$2,40
1	Potenciómetro 5K	\$0,95	\$0,95
1	Potenciómetro 10K	\$0,95	\$0,95
1	Buzzer , CP 300	\$1,15	\$1,15
3	Conectores CON5 – BOR5	\$3,75	\$11,25
2	Bornera de 2 pines CON2- BOR2	\$6,50	\$13,00
1	Bornera de 3 pines CON3 – BOR3	\$6,50	\$6,50
1	DB25 – DB25SL	\$5,25	\$5,25
1	Lcd , 2x16	\$ 16,50	\$16,50
1	Led	\$0,35	\$0,35
1	PIC12F675	\$14,00	\$14,00
1	PIC16F819	\$14,50	\$14,50
6	Pulsadores	\$1,10	\$6,60
2	Motores Paso a Paso de 1.8 Grados.	\$28,10	\$56,20

1	Solenoide (Electroimán) de 38V	\$45,00	\$45,00
1	Bakelita Virgen	\$3,75	\$3,75
3	Metros de cable de conexiones	\$4,50	\$9,00
TOTAL	\$277,50		

Tabla 4.7. Costos de los Elementos de la Tarjeta de Control de Motores

CANTIDAD	DENOMINACIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
13	Resistencias de 1K a 1/4 W.	\$0,45	\$5,85
6	Resistencias de 4.7K de 1K a 1/4w.	\$0,45	\$2,70
6	Resistencia de 330 Ohmios a 1 / 4w.	\$0,45	\$2,70
1	Resistencia de 470 Ohmios a 1/4w.	\$0,45	\$0,45
2	Capacitores CD -200 de 0,1uF	\$0,95	\$1,90
2	Capacitores CD -200 de 30pF	\$0,95	\$1,90
4	Capacitores Pol CP -100 de 47uF	\$1,10	\$4,40
1	Transistor 2N2222 – T092C	\$1,15	\$1,15
1	Crystal CD-200 de 12 MHz	\$4,20	\$4,20
4	Conectores CON3 – BOR3	\$3,75	\$15,00
3	Conectores CON5 – BOR5	\$3,00	\$9,00
1	Bornera de 2 pines CON2- BOR2	\$6,50	\$6,50
1	Bornera de 3 pines CON3 – BOR3	\$6,75	\$6,75
1	Bornera de 4 pines CON4 – BORD4	\$6,95	\$6,95
1	DB25 – DB25SL	\$5,50	\$5,50
12	IRFZ44 – TO220V	\$ 3,15	\$37,80

2	Leds Luminosos	\$ 0,35	\$0,70
1	Optotriac MOC3020 – DIP-6	\$25,00	\$25,00
3	PIC16F628A	\$12,50	\$37,50
1	TRIAC – 15 A , TO220 – DIS0	\$3,50	\$3,50
3	ULN2003 , DRLIGTON ARRAYS	\$8,50	\$25,50
1	Bakelita Virgen	\$3,75	\$3,75
3	Metros de cable de conexiones #° 18	\$4,50	\$9,00
TOTAL	\$221,20		

Tabla 4.8. Costos de los Elementos del Sistema Mecánico.

CANTIDAD	DENOMINACIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Varilla de Acero Roscada de ¼ de 45 cm	\$ 45,00	\$45,00
1	Varilla de Acero Roscada de ½ de 45 cm.	\$60,00	\$60,00
4	Varillas de Acero de ½ de 45cm	\$65,00	\$260,00
16	16 Rodamientos de 2cm de Diámetro KFS	\$12,50	\$200,00
1	Tubo Cuadrado de Aluminio de 3cm x 45cm	\$35,00	\$35,00
¼	Plancha de Acrílico	\$95,00	\$95,00
1	Soporte de Tabla Triplex	\$55,00	\$55,00
1	Abrazadera de Drilon	\$8,50	\$8,50
1	Angulo de Sujeción a la Baquelita.	\$14,50	\$14,50
TOTAL	\$773,00		

En esta parte del capítulo se tiene el trabajo por horas. Como se indica en la tabla 4.8 y tabla 4.9.

Tabla 4.9. Costos de Mecanizados.

	TIEMPO-Horas	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
TORNO	60	\$5,75	\$345
FRESA	45	\$4,75	\$213,75
TOTAL	\$558,75		

Tabla 4.10. Costos de Ensamblaje.

	TIEMPO-Horas	COSTO-Horas	COSTO TOTAL
ENSAMBLAJE	120	\$4,00	\$480,00
LIMPIEZA, PULIDO ,PINTURA ,ETC.	60	\$3,50	\$210,00
TOTAL	\$690,00		

Tabla 4.11. Costos de Recursos Materiales

RECURSOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
RESMA DE PAPEL BOND A4	2	\$5,00	\$10,00
CUADERNO DE APUNTES	1	\$2,00	\$2,00
CDs	10	\$0,75	\$7,50
EMPASTADA DE TESIS	4	\$25,00	\$100,00
TOTAL	\$119,50		

En la siguiente tabla 4.11. Se tiene el costo total empleado en el proyecto.

Tabla 4.12. Costos de Ensamblaje.

RUBRO	COSTO TOTAL
ELEMENTOS DE LA TARJETA DE CONTROL	\$277,50
ELEMENTOS DE LA TARJETA PARA CONTROL DE MOTORES	\$221,20
ELEMENTOS DEL SISTEMA MECÁNICO	\$773,00
MECANIZADO DE LA MAQUINA	\$558,75

ENSAMBLAJE DE LA MAQUINA	\$690,00
OTROS	\$100,00
TOTAL	\$2620,45

4.6.1. Análisis de Recuperación de la Inversión Realizada en la Maquina

Impresora.

El análisis de tiempo de recuperación de la inversión realizada se lo hace en base al costo total de la construcción de la maquina impresora que es de \$2620,45, para ello el estudio se lo realiza una proyección en base a meses de producción dentro de cinco años, sabiendo que el diseño de pistas electrónicas básicas se lo hace a \$0,25 centavos de dólar por centímetros cuadrados.

En la siguiente tabla 4 .12. Realizada en EXCEL, se muestra la proyección de ventas suponiendo cantidades de venta previstas en cada mes del año, de esta manera el diseño de pistas electrónicas básicas empezaría en el año 2016, proporcionando un total de ingresos en el primer año (observar flecha roja) como se puede observar en la tabla 4.12, de manera igual se realiza una proyección igual para los demás años hasta el 2021 que están numerados en el siguiente orden (1 año, 2 año ,3 año, 4 año, 5 año).

Tabla 4.13. Proyección de ventas

PRODUCTO	PRECIO cmxcm	MESES	PRESUPUESTO DE VENTAS	
			UNIDADES PROYECTADAS MENSUALMENTE	PRECIO MENSUA
BAQUELITAS DISEÑADAS	\$ 0,25	ENERO	80	\$ 20,00
		FEBRERO	95	\$ 23,75
		MARZO	160	\$ 40,00
		ABRIL	180	\$ 45,00
		MAYO	190	\$ 47,50
		JUNIO	180	\$ 45,00
		JULIO	130	\$ 32,50
		AGOSTO	190	\$ 47,50
		SEPTIEMBRE	210	\$ 52,50
		OCTUBRE	150	\$ 37,50
		NOVIEMBRE	160	\$ 40,00
		DICIEMBRE	130	\$ 32,50
UNIDADES PROYECTADAS ANUALES				
1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO
1855	2041	2245	2469	2716
PRECIO EN AÑOS				
1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO
\$ 463,75	\$ 510,13	\$ 561,14	\$ 617,25	\$ 678,98

Teniendo el total de ingresos proyectados durante cada año se continúa a analizar los egresos que tiene el diseño de pistas electrónicas básicas, costo variable dentro de la cual se toma en cuenta el mantenimiento de la máquina, materia prima- marcador indeleble, consumo de energía eléctrica dentro de cada año . De tal manera que se puede observar el

ingresos en cinco años (flecha tomate), total de egresos (flecha roja) y de esa manera se obtiene el costo de recuperación de la maquina impresora (flecha negra). En la tabla 4.13. Realizada en EXCEL se muestra en forma más detallada.

Tabla 4.14. Proyección de ventas

FLUJO DE CAJA PROYECTADO						
PRESUPUESTO DE RECUPERACION DE INVERSION : 2016 HASTA: 2021						
	0	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO
COSTO DE CONSTRUCCION DE LA MAQUINA IMPRESORA	2.620,45					
TOTAL INVERSIÓN	2.620,45					
INGRESO POR VENTAS		\$ 463,75	\$ 510,13	\$ 561,14	\$ 617,25	\$ 678,98
TOTAL INGRESOS		\$ 463,75	\$ 510,13	\$ 561,14	\$ 617,25	\$ 678,98
EGRESOS						
Costo Variable						
operario		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Materia Prima		\$ 12,00	\$ 15,00	\$ 14,00	\$ 16,00	\$ 15,00
Gastos de mantenimiento		\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 25,00	\$ 25,00	\$ 25,00
		\$ 32,00	\$ 35,00	\$ 39,00	\$ 41,00	\$ 40,00
Luz		\$ 2,50	\$ 2,75	\$ 3,50	\$ 3,75	\$ 3,75
TOTAL EGRESOS		\$ 34,50	\$ 37,75	\$ 42,50	\$ 44,75	\$ 43,75
TOTAL DE INGRESO POR AÑO		\$ 429,25	\$ 472,38	\$ 518,64	\$ 572,50	\$ 635,23
TOTAL DE INGRESO EN LOS CINCO AÑOS		2.831,24				
TOTAL DE EGRESOS EN LOS CINCO AÑOS		203,25				
RECUPERACION DE LA MAQUINA EN CINCO AÑOS		2.627,99				

En el siguiente grafico 4.36. Se puede observar los ingresos obtenidos dentro de cada año.

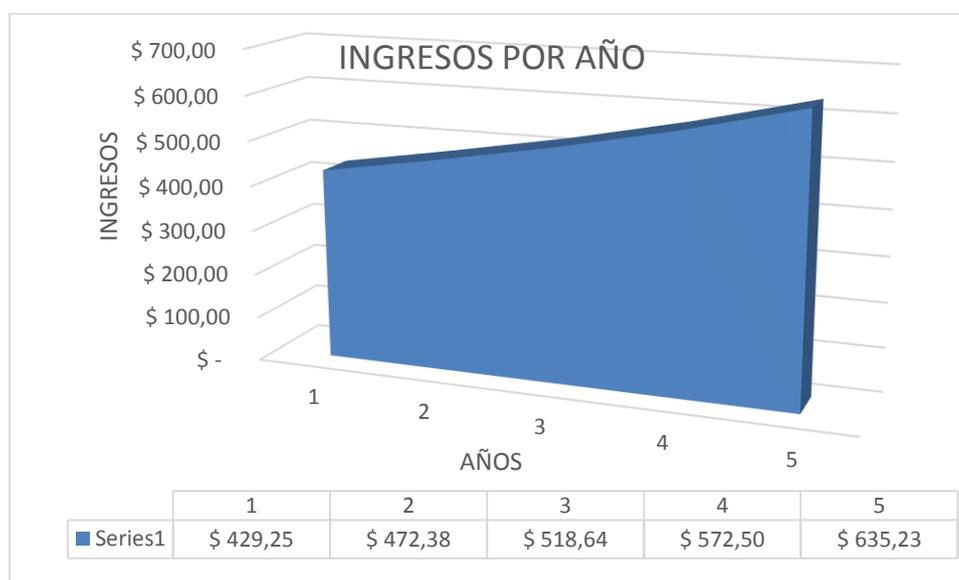


Figura 4.36. Rango de producción en los cinco años.

Después de haber realizado un estudio de la inversión realizada, se puede decir que el saldo invertido será recuperado en un tiempo aproximado de 5 años.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- ◆ Se logró satisfactoriamente el objetivo principal planteado en este proyecto de tesis que fue el de construir una maquina impresora que imprima sobre baquelitas (placa de cobre) circuitos de electricidad y electrónica básica, con la finalidad de estar acorde a los avances tecnológicos que la industria del control numérico computarizado CNC nos brinda.
- ◆ El control de la Máquina Impresora se basa en 2 tarjetas principales; tarjeta de procesamiento y la tarjeta de control de motores; se lo hizo de esta forma modular para separar la etapa de potencia de la de procesamiento y evitar sus consecuentes interferencias.
- ◆ La mejor opción dentro de una variedad de software fue Kcam4 de código abierto por su fácil configuración, manejo, control y capacidad de generar archivos DXF y HPGL.
- ◆ El diseño del sistema mecánico se lo hizo utilizando AutoCAD, MDSolids y Solidworks, logrando realizar análisis de esfuerzos estáticos, detección de fallas para su respectiva corrección y de esta forma se cumplió con las necesidades y parámetros planteados.
- ◆ Es importante tener en cuenta la potencia requerida del circuito al momento de seleccionar los elementos electrónicos por su corriente necesaria para el control de los motores a pasos y del electroimán.
- ◆ De acuerdo a las pruebas de funcionamiento realizadas con la maquina impresora se estableció que la velocidad de trabajo generada por medio de la configuración en el software KCAM4 a los motores paso a paso es de 10 pulg/min para que el carro principal donde va ubicado el marcador de tinta indeleble no provoque fallas en el diseño de la pista; al incrementar provoca que las pistas electrónicas se corten y pierdan continuidad, al disminuir el proceso se vuelve muy lento.

- ◆ De acuerdo a las pruebas de funcionamiento de la máquina impresora realizada se determinó que es necesario ubicar un resorte en el eje Z, junto al marcador para que este le tenga alado durante el diseño de la pista electrónica.
- ◆ De acuerdo a las pruebas de funcionamiento realizadas se determinó que la máquina impresora (automática) de circuitos impresos tiene un 98,5 % de exactitud, 100% de precisión, y se redujo el tiempo de diseño de pistas electrónicas en un 39 % con respecto al proceso manual.
- ◆ El servomotor que se escogió al principio del proyecto generaba pasos demasiados grandes en la precisión de diseño de pista electrónica, lo cual causaba discontinuidad en las líneas del circuito provocando que se topen entre sí , ya que los pasos generados y la velocidad que se desplazaba el carro principal era fuera de limite y eso alteraba continuamente el diseño de la pista electrónica , por tal motivo se optó utilizar motores a paso de 1,8 grados de libertad la cual mediante pruebas de funcionamiento cumplió con los parámetros establecidos asegurando que el carro principal siga movilizándose de manera correcta .
- ◆ El debido uso del manual de operario es de mucha ayuda para el buen funcionamiento de la maquina impresora.
- ◆ Se pudo controlar el proceso de diseño de la pista electrónica, por un medio de transmisión denominado pórtico paralelo.

5.2. Recomendaciones.

- ◆ Incentivar que próximos egresados de la carrera de Ingeniería Mecatronica, sigan investigando sobre el Control Numérico Computarizado con el propósito de que se extienda el conocimiento de este prototipo y se ponga en marcha la práctica.
- ◆ Para lograr mayor exactitud en el maquinado del acrílico se recomienda usar máquinas de corte a láser y de esa forma lograr un correcto acabado de la estructura y base de la maquina impresora.

- ◆ Se recomienda utilizar motores no más 1.8 grados de ángulo de giro para mayor precisión de la herramienta de ruteo (marcador indeleble) y en caso de querer manipular otro tipo de herramienta que tenga un peso desmedido es recomendable utilizar motores a paso de mayor torque.
- ◆ En la parte del diseño electrónico, se recomienda tomar muy en cuenta las protecciones para evitar daños y cortocircuitos.
- ◆ Operar la máquina impresora siempre y cuando los ejes estén debidamente lubricados y se conozca su modo de funcionamiento, o se haya leído el manual de instrucciones que se encuentra en este mismo documento.
- ◆ Antes de poner en funcionamiento la Máquina Impresora se recomienda ubicar la herramienta de trabajo correctamente (marcador de tinta indeleble) ya que si está muy pegada al tablero esta puede crear una resistencia al movimiento y forzaría a los motores paso a paso o su vez, si esta demasiado separada del plano no realizaría el diagrama electrónico sobre la baquelita, ocasionando así espacios en blanco que afectaría al diseño de los circuitos electrónicos básicos.
- ◆ Para realizar diseños en modo manual, se recomienda utilizar la opción de desplazamiento paso a paso para trazos muy pequeños, ya que la opción de desplazamiento corrido no permite hacer paradas exactas, tomando en cuenta que esta opción permite solo trazo de figuras geométricas.
- ◆ Se recomienda seleccionar de manera debida los marcadores de impresión, ya que estas tienen que ser de tinta indeleble, para impedir cualquier falla en la calidad de impresión de la pista electrónica.
- ◆ Para un manejo recomendable de la Máquina Impresora se recomienda antes de ponerlo en funcionamiento revisar el manual de usuario.

BIBLIOGRAFÍA

6. LIBROS Y MANUALES

García, E. *Automatización de Procesos Industriales*. Valencia: Editorial Servicio de Publicaciones Camino de Vera.

Martínez, Victoriano Ángel, *Automatización Industrial Moderna*.

Malvino, A. *Principios de Electrónica (6^a ed.)*. España: Editorial McGraw- Hill.

Graw Hill, Madrid. (2000.) *Microcontroladores PIC. Diseño de aplicaciones, España segunda edición*

Mott, R. (2006). *Diseño de Máquinas (4^a ed.)*. México: Editorial Prentice Hall.

Ernesto Córdoba (2013), *Automatización Control CNC*, Editorial U. Nacional de Colombia.

7. DIRECCIONES ELECTRONICAS

OTER, Olga. (2006). *automatizacion*. Recuperado el 8 de septiembre de 2014, de <http://es.electronica.3/Sensor>

ANDRADE, Juan . (2004). *robotica*. Recuperado el 3 de septiembre de 2014, de http://platea.pntic.mec.es/mec.0708/archivos/_15/Tema_5.4.htm

C., O. A. (s.f.). *Procedimiento para generar placas de circuitos impresos*. Obtenido de http://www.geocities.com/oscar_andrade/papel.htm.

Calvert, G. (1999). *Sensor*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>.

Comunidad Internacional de Electronica. (2014). Obtenido de <http://www.forosdeelectronica.com/f12/soldado- sellado-ultrasonido-10832/>.

Corporation, M. (2015). *Electronica Estudio*. Obtenido de Ingenieria Electronica: <http://www.electronicaestudio.com/microcontrolador.htm>

Devol, G. (3 de Junio de 2012). *Mecatronica y Robotica*. Obtenido de http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/aplicaciones.htm

Electronica. (2013). *Harware*. Obtenido de http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_pic628.htm.

Engineer, S. (2010). *Virtual System Proteus*. Obtenido de <http://www.ieeproteus.com/>.

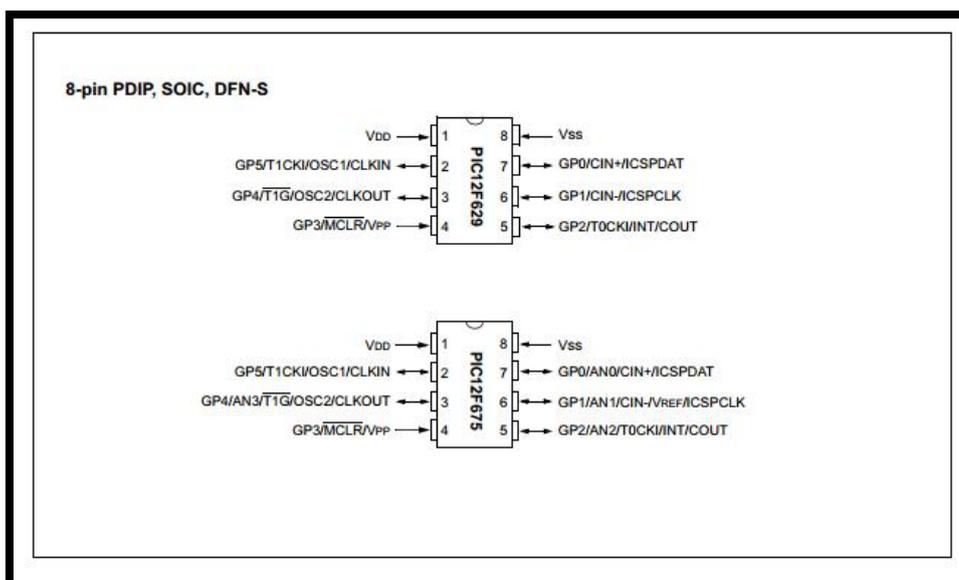
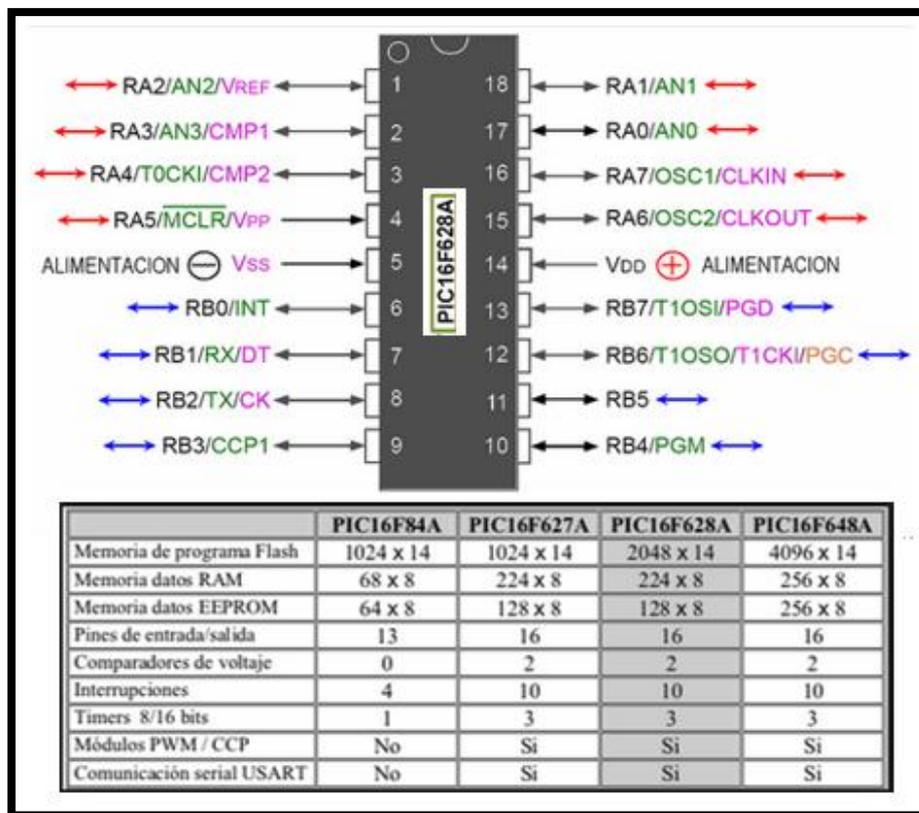
Hill, M. G. (2005). *Circuitos Electronicos*. Obtenido de <http://formulagfc.galeon.com/productos771272.html>.

Laboratorio CAD/CAM. (s.f.). Obtenido de <http://www.frvt.utn.edu.ar/cadcam-info.asp>.

- M., R. E. (Septiembre de 2012). *ARQUYS Arquitectura*. Obtenido de <http://www.arqhys.com/construccion/acero-estructuras.html>
- MADELLIN ,July . (2010). *control cnc*. Recuperado el 4 de septiembre de 2014, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-246X2010000200011&script=sci_arttext
- Maria, J. (1996). *Enciclopedia Computadora*. Obtenido de http://Control_num%C3%A9rico_por_computadora.
- Marin, F. T. (19 de Julio de 2006). *Mecapedia*. Obtenido de http://www.iesmarenostrum.com/Departamentos/Tecnologia/mecaneso/mecanica_basica/mecanismos/mec_sinfin-pinon.ht
- Motores* . (s.f.). Obtenido de Tutorial paso a paso: http://www.autric.com/Microbotica%20y%20Mecatronica/motores_paso_a_paso.htm
- REY, Fernando. (2012). *placas electronica*. Recuperado el 3 de septiembre de 2014, de http://usuaris.tinet.cat/fmco/download/Tutorial_placas.pdf
- REYES, C. ((2002)). *dldldldl*. España .
- REYES, C. (2002). *Microcontroladores PIC'S*. 2da Edición .
- RODRIGUEZ ,Irlenys . (2005). *electromecanica*. Recuperado el 5 de septiembre de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos24/motores/motores.shtml>
- ROJAS , Juan. (2010). *mecanica*. Recuperado el 7 de septiembre de 2014, de http://www.iesmarenostrum.com/Departamentos/Tecnologia/mecaneso/mecanica_basica/mecanismos/mec_sinfin-pinon.htm
- ROJAS,Oswaldo . (1999). *control cnc*. Recuperado el 3 de septiembre de 2014, de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v02_n1/produccion.htm
- SALAS, Julio. (2006). *electronica*. Recuperado el 6 de septiembre de 2014, de <http://www.programarpicenc.com/libro/cap03-display-lcd-16x2-2x16-hd44780-mikroc-pro.html>
- TecMikro. (Marzo de 2015). *Programacion de microcontroladores*. Obtenido de <http://programarpicenc.com/articulos/display-lcd-16x2-2x16-con-el-hd44780-en-mikroc-pro/>
- Tutorial sobre motores a pasos*. (4 de Junio de 2007). Obtenido de <http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>

ANEXOS

Anexo A1: ESTRUCTURA DEL MICROCONTROLADOR 16F628A Y 12F675



Características especiales:	Características de bajo consumo	Características de Periféricos
<p>Opciones de oscilador Interno y externo Oscilador interno de 4Mhz calibrado de fábrica a +/- 1% Soporte para Oscilador externo a cristal y resonador Tiempo de reacción tras el modo SLEEP: 5us (típico a 3.0V) Ahorro de energía en el modo SLEEP Amplio rango de voltaje - 2.0V a 5.5V Rango de temperaturas Industrial y extendida Power-on-Reset (POR) de bajo consumo Power-up Timer (PWRT) y Oscilador Start-up Timer (OST) Brown-out Detect (BOD) Watchdog Timer(WDT) con oscilador independiente para una operación confiable MCLR/pin de entrada, multiplexado Interrupción por cambio de estado Resistencias pull-up internas programables Individualmente Protección de código Programable Alta duración de FLASH/EEPROM - 100,000 escrituras en memoria Flash - 1,000,000 escrituras en EEPROM - Flash/Data EEPROM Retención:> 40 años</p>	<p>Corriente de Reserva (standby): - 1 nA a 2.0V, típico Corriente de operación: - 8.5 uA a 32Khz, 2.0V, típico - 100 uA a 1Mhz, 2.0V, típico Corriente Watchdog Timer: - 300 nA 2.0V, típico CorrienteTimer1 : 4 uA a 32Khz, 2.0V, típico</p>	<p>6 entradas/salidas con control de dirección individual Alta corriente suministrada: 25mA Módulo Comparador Analógico Comparador de Voltaje Programable. Módulo (CVREF) Entradas multiplexadas programables. La salida del Comparador es accesible externamente Módulo Convertidor Analógico/Digital (PIC12F675): - Resolución de 10 bits - Entrada de 4 canales programable - Entrada de Referencia de Voltaje Timer0: temporizador/contador de 8 bits con prescaler de 8 bits programable. Timer1 Extendido: - Temporizador/contador de 16 bytes con prescaler - Modo de Entrada externo (External Gate Mode) - Opción para usar OSC1 y OSC2 en modo de LP como oscilador de Timer1, si el modo INTOSC está seleccionado Programación en circuito (In-Circuit Serial Programming (ICSP)) vía dos pines</p> <p>(* GP3 puede funcionar como MCLR, como un pin de entrada con interrupción por cambio de estado o como Vpp para la programación del PIC, pero no como pin de salida.</p>

Anexo A2: Motores a Pasos STP - 580106

2 Phase Hybrid Stepping Motor

STP-MTR-580106

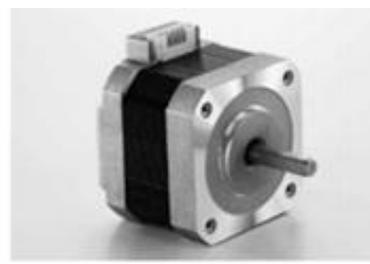
NEMA 17

STP-MTR-17048



NEMA 23

STP - 580106

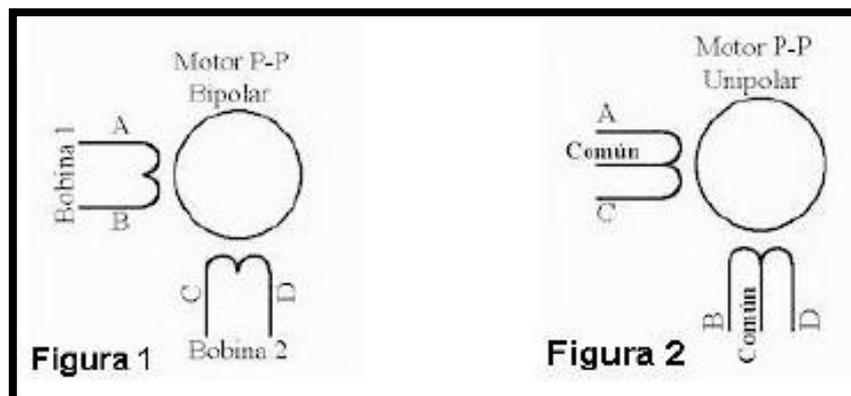


1.8°

Unipolar

Especificaciones del motor paso a paso SureStep™

Números de artículo	STP-MTR-580106	STP-MTR-23055	STP-MTR-23079	STP-MTR-17048
Flanje del Motor	NEMA 17	NEMA 23	NEMA 23	NEMA 34
Torque de eje detenido máximo	0,59 N-m	1,29 N-m	2,08 N-m	3,06 N-m
	83 onzas-pulgada	166 onzas-pulgada	276 onzas-pulgada	434 onzas-pulgada
	5,2 libras-pulgada	11,4 libras-pulgada	18,4 libras-pulgada	27,1 libras-pulgada
Inercia del rotor	0,0000068 kg-m ²	0,000027 kg-m ²	0,000047 kg-m ²	0,00014 kg-m ²
	0,45 oz-in ²	1,483 oz-in ²	2,596 oz-in ²	7,66 oz-in ²
	0,00006 lb-in-s ²	0,00024 lb-in-s ²	0,00042 lb-in-s ²	0,0012 lb-in-s ²
Corriente nominal	2,0 A/fase	2,8 A/fase	2,8 A/fase	2,8 A/fase
Angulo del paso básico	1,8° (motores bifásicos con cable con conector)			
Peso	210 gramos 0,7 lbs	457 gramos 1,50 lbs	1 Kg 2,2 lbs	1,17 Kg 3,85 lbs
Tolerancia del eje	0,0508 mm o 0,002 pulgadas			
Juego radial del eje @ fuerza de 1 libra	0,0254 mm o 0,001 pulgadas máximas			
Perpendicularidad	0,0762 mm o 0,003 pulgadas			
Concentricidad	0,0508 mm o 0,002 pulgadas			
Temperatura de operación	-20 °C a 50 °C (La temperatura externa del motor debe mantenerse abajo de 100 °C (212 °F))			
Fuerza máxima radial	1,82 Kg o 6 lbs	4,57 Kg o 15 lbs	4,57 Kg o 15 lbs	11,89 Kg o 39 lbs
Fuerza máxima axial	1,82 Kg o 6 lbs	3,96 Kg o 13 lbs	3,96 Kg o 13 lbs	7,62 Kg o 25 lbs
Clase de aislación	Clase B 130 °C			
Aprobación de Agencia	CE (cumple con EN55014-1 (1993) y EN60034-1.5.11)			
Cable de extensión (motor al accionamiento)	6 metros o 20 pies - Número de artículo STP-EXT-020			



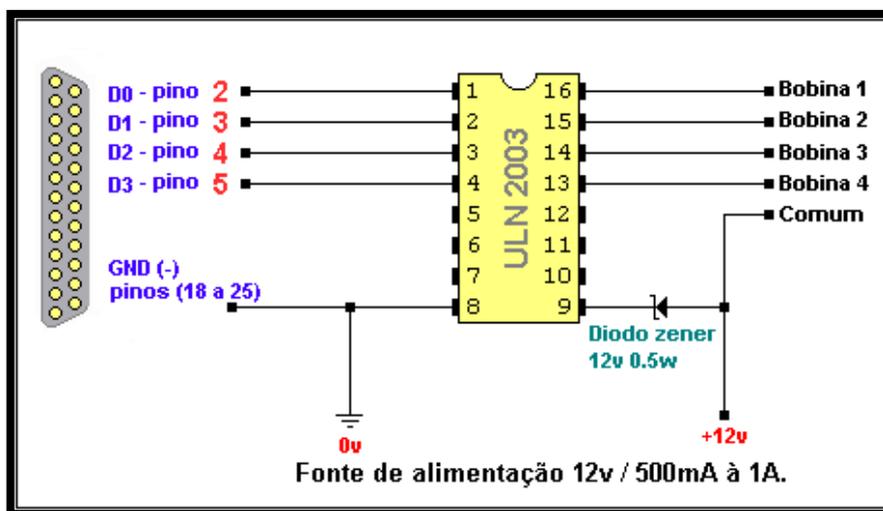
A continuación se puede observar la tabla de la secuencia necesaria para controlar motores de pasos del tipo Bipolares

PASO	TERMINALES			
	A	B	C	D
1	+V	-V	+V	-V
2	+V	-V	-V	+V
3	-V	+V	-V	+V
4	-V	+V	+V	-V

Anexo A3: TABLA DE SELECCIÓN DE CONDUCTORES.

TABLA DE SECCION DE CONDUCTORES				
Número americano	Diámetro milímetros	Seccion mm. cuadrados	Amperes	Densidad Amp. x mm ²
18	1	0,82	5	6
16	1,3	1,31	8	6
14	1,6	2,09	13	6
12	2,0	3,3	20	6
10	2,6	5,3	25	5
8	3,3	8,6	35	4
6	4,1	13,2	45	3,5
4	5,2	21,3	60	3
2	6,5	33,2	80	2,5
0	8,3	54,0	105	2

Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
20 AWG	2 A
18 AWG	10 A
16 AWG	13 A
14 AWG	18 A
12 AWG	25 A

Anexo A4: DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL INTEGRADO ULN 2003.

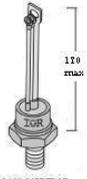
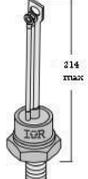
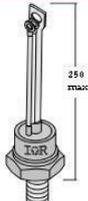
Anexo A5: TABLA DE VALORES ORIENTADOS DEL FACTOR DE AJUSTE η_c

Condición	Factor η_c	
	dm < 100 mm	dm > 100 mm
Limpieza extrema Tamaño de las partículas del orden del espesor de la película de lubricante Condiciones de laboratorio	1	1
Gran limpieza Aceite filtrado a través de un filtro extremadamente fino Condiciones típicas de rodamientos engrasados de por vida y obturados	0,8 ... 0,6	0,9 ... 0,8
Limpieza normal Aceite filtrado a través de un filtro fino Condiciones típicas de los rodamientos engrasados de por vida y con placas de protección	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
Contaminación ligera Contaminación ligera del lubricante	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4
Contaminación típica Condiciones típicas de los rodamientos sin obturaciones integrales, filtrado grueso, partículas de desgaste y entrada de partículas del exterior	0,3 ... 0,1	0,4 ... 0,2
Contaminación alta Entorno del rodamiento muy contaminado y disposición de rodamientos con obturación inadecuada	0,1 ... 0	0,1 ... 0
Contaminación muy alta	0	0

Anexo A6: TABLA DE VALORES VIDA NOMINAL L10h.

Clases de máquinas	L10h horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico.	300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos períodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas.	8 000 a 1 2000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipo de imprenta, separadores y centrifugos.	20 000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil.	40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos.	60 000 a 100 000

Anexo A7: CATALOGO DE TIRISTORES Y TRIACS

TIRISTORES Y TRIACS		
<i>Encapsulados y Figuras</i>		
 TO-92 A	 TO-5 B	 TO-5 C
 TO-126 D	 TO-220 E	 TO-252 (D-Pak) F
 TO-208AA (TO-48) 30,30 max. 1/4-28UNF-2A G	 TO-208AC (TO-65) 30,93 max. 1/4-28UNF-2A H	 T-M3 J
 TO-208AC (TO-94) 110 max. 1/2" 20UNF 2A K	 TO-209AB (TO-93) 214 max. 3/4 16UNF-2A L	 TO-209AE (TO-118) 256 max. 3/4 16UNF-2A M
1 Dimensiones en mm		

G. M. Electrónica S. A. - Av. Rivadavia 2438 - (C1034ACQ) - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina - Tel.: (011) 4953-0417/1324 - Fax: (011) 4953-2971

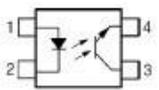
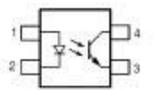
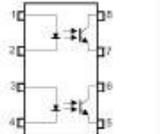
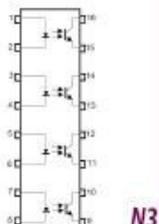
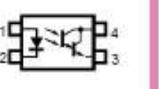
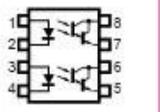
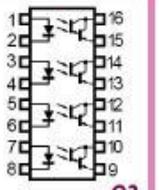
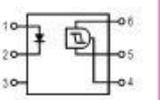
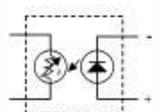
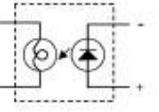
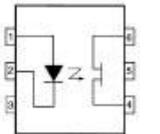
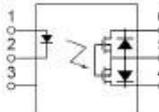
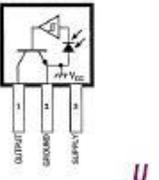
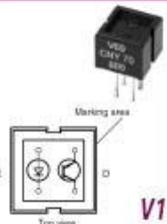
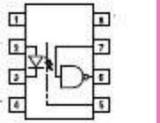
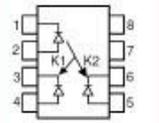
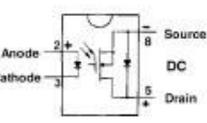
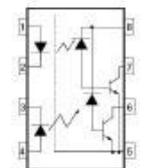
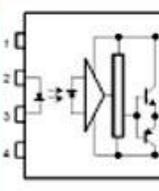
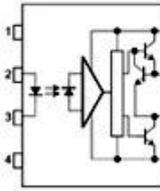
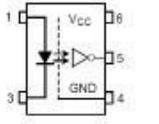
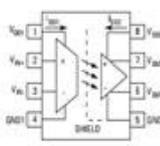
Web: <http://www.gnelectronica.com.ar> - Email: ventas@gnelectronica.com.ar

CONTIENE EN LA PAGINA SIGUIENTE
 07 2011

Anexo A8: OPTOAISLADORES – OPTOTRIAC

OPTOAISLADORES

Figuras

 <p>N0</p>	 <p>N1</p>	 <p>N2</p>	 <p>N3</p>		
 <p>O1</p>	 <p>O2</p>	 <p>O3</p>	 <p>Q</p>	 <p>R</p>	
 <p>S</p>	 <p>T1</p>	 <p>T2</p>	 <p>U</p>		
 <p>V1</p>	 <p>V2</p>	 <p>W1</p>	 <p>W2</p>	 <p>X1</p>	 <p>X2</p>
 <p>X3</p>	 <p>Y</p>	 <p>Z1</p>	 <p>Z2</p>		
 <p>Z3</p>	 <p>Z4</p>				

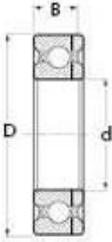
G. M. Electrónica S. A. - Av. Rivadavia 2458 - C.10344CCO - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina - Tel.: (011) 4953-041 / 71324 - Fax: (011) 4953-2971

Web: <http://www.gmelectronica.com.ar> - E-mail: ventas@gmelectronica.com.ar

5

Anexo A9: RODAMIENTOS SKF

RODAMIENTOS DE BOLAS SKF				
Type	dØ Int. mm	DØ Ext. mm	B Épais. mm	2RS C3
6200	10	30	9	86200EEC3
6201	12	32	10	86201EEC3
6202	15	35	11	86202EEC3
6203	17	40	12	86203EEC3
6204	20	47	14	86204EEC3
6205	25	52	15	86205EEC3
6206	30	62	16	86206EEC3
6207	35	72	17	86207EEC3
6208	40	80	18	86208EEC3
6209	45	85	19	86209EEC3
6210	50	90	20	86210EEC3
6211	55	100	21	86211EEC3
6212	60	110	22	86212EEC3
6213	65	120	23	86213EEC3



Anexo A10: DIAMETROS Y RESISTENCIA TRACCION DE LOS EJES DE ACERO TORNILLO SIN FIN.

Barras Redondas Lisas



NORMAS TÉCNICAS:

Composición Química : ASTM A36, SAE 1045
Tolerancias Dimensionales
- Barras de diámetros $\leq 1''$: ISO 1035/4
- Barras de diámetros >math> > 1''</math> : ASTM A6

PRESENTACIÓN:

Se producen en longitudes de 6 metros.

Además, las barras de diámetros mayores a 1" se entregan **pulidas**. Se suministran en varillas y en paquetones de 2 TM, los cuales están formados por 2 paquetes de 1 TM c/u. La calidad 1045 se identifica con los colores blanco o blanco con negro en el extremo de la barra, mientras que la calidad A36 se identifica con el color verde o verde con negro.

USOS:

Calidad SAE 1045: Pernos y tuercas por recalco en caliente o mecanizado, ejes, pines, pasadores, etc.

Calidad ASTM A36: Estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, cercos, barras de transferencia para pavimento rígido, etc.

PROPIEDADES MECÁNICAS:

ASTM A36: Límite de Fluencia mínimo = 2,530 kg/cm² (*)
Resistencia a la Tracción = 4,080 - 5,620 kg/cm² (*)
Alargamiento en 200 mm = 20.0 % mínimo

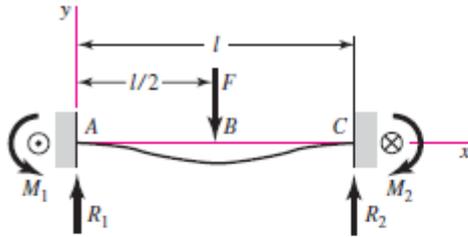
SAE 1045: Límite de Fluencia mínimo = 4,000 - 5,500 kg/cm² (*)
Resistencia a la Tracción = 6,700 - 8,200 kg/cm² (*)
Alargamiento en 200 mm = 17.0 % mínimo

DIAMETROS EXISTENTES DENTRO DEL MERCADO

DIÁMETRO (mm)	A _s (mm ²)	GRADO DE RESISTENCIA A TRACCION			
		4.6	5.6	8.8	10.9
12	84,3	24,28	30,35	48,56	60,70
16	157	45,22	56,52	90,43	113,04
20	245	70,56	88,20	141,12	176,4
22	303	87,26	109,08	174,53	218,16
24	353	101,66	127,08	203,33	254,16
27	456	131,33	164,16	262,66	328,30

Anexo A11: TABLA DE DEFLEXION DE VIGAS CARGA CENTRAL- APOYOS FIJOS

Apoyos fijos: carga central



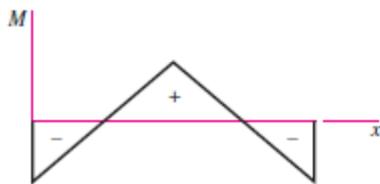
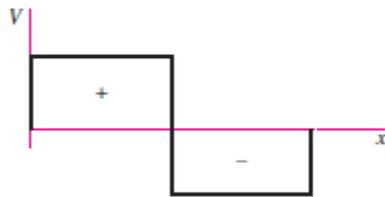
$$R_1 = R_2 = \frac{F}{2} \quad M_1 = M_2 = \frac{Fl}{8}$$

$$V_{AB} = -V_{BC} = \frac{F}{2}$$

$$M_{AB} = \frac{F}{8}(4x - l) \quad M_{BC} = \frac{F}{8}(3l - 4x)$$

$$y_{AB} = \frac{Fx^2}{48EI}(4x - 3l)$$

$$y_{\text{máx}} = -\frac{Fl^3}{192EI}$$



Anexo A12: CÓDIGO DE PROGRAMA SELECCIÓN AUTOMÁTICO / MANUAL.

```

// se procede configurando los puertos
CMCON = 7 ; habilitar esto para el 627 y 628.
CLK_INP var portB.0 ; entrada clock da le velocidad de giro.
DIR_INP var portB.1 ; entrada de dirección de giro.
ENA_INP var portB.2 ; entrada de habilitación del motor.
SW_CW var portB.3 ; entrada para dirección CW en MANUAL.
SW_CCW var portB.4 ; entrada para dirección CCW en MANUAL.
SW_AUTO var portB.5 ; entrada selección AUTO/MANUAL.
CLK_MAN VAR PORTB.6 ; entrada de clock en MANUAL.

CLK_OUT var portA.0 ; salida de clock.
DIR_OUT var portA.1 ; salida para dirección de giro.
ENA_OUT var portA.2 ; salida para habilitar el motor.

; PINES USADOS COMO ENTRADAS.
input Clk_INP
input dir_INP
input ENA_INP
input SW_CW
input SW_CCW
input SW_AUTO
INPUT CLK_MAN
; PINES USADOS COMO SALIDAS.
OUTPUT CLK_OUT
TRISA = 00
OUTPUT DIR_OUT
OUTPUT ENA_OUT
; DEFINICION DE VARIABLES.
X VAR BYTE
Y VAR WORD
; DEFINICION DE CONSTANTES

```



```

if clk_MAN = 1 THEN                                     ;chequea el estado
de CLK_MAN.                                           de CLK_MAN.
    CLK_OUT = 1                                       ; saca un 1L.
    ELSE                                             ; de otra manera.
    CLK_OUT = 0                                       ; saca un 0L
    ENDIF
    GOTO INICIO
JMP_CCW:
    LOW DIR_OUT                                       ; saca un 0L por el pin
DIR_OUT.
    if SW_CCW = NO then INICIO                       ;chequea el estado de
SW_CCW.
    if clk_MAN = 1 THEN                               ;chequea el estado de
CLK_MAN.
        CLK_OUT = 1                                   ; saca un 1L
        ELSE                                         ; de otra manera.
        CLK_OUT = 0                                   ; saca un 0L.
        ENDIF
        GOTO INICIO                                  ; va a realizar un nuevo
barrido.

JMP_CCW:
    LOW DIR_OUT
    if SW_CCW = NO then INICIO
    if clk_MAN = 1 THEN
        CLK_OUT = 1
        ELSE
        CLK_OUT = 0
        ENDIF
    GOTO INICIO

```

Anexo A13: CÓDIGO DE PROGRAMA PARA EL OSCILADOR DE LA VELOCIDAD MANUAL.

```

; OSCILADOR
'calibra el oscilador interno.
Define OSCCAL_1K 1
CMCON = 7 ; DESHABILITA LOS COMPARADORES
ANSEL=0
'Define PARAMETROS DE ADC
; ANSEL=%00000001 ; ESCOGUE ENTRADA
ANALOGA AN0. ; Conf. Para la entrada del
potenciómetro
DEFINE ADC_BITS 10 ; Set number of bits in result
DEFINE ADC_CLOCK 3 ; Set clock source (3=rc)
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50 ; Set sampling time in us.

; DEFINICION DE PINES

POTIN var GPIO.0
CLK_OUT VAR GPIO.5
; DEFINICION DE ENTRADAS Y SALIDAS

OUTPUT CLK_OUT
INPUT potin
; DEFINICION DE VARIABLES

VELO Var word
; PROGRAMA PRINCIPAL
PROG:
    gosub Lee_pot ;lee la señal análoga del potenciómetro.
        HIGH CLK_OUT ; saca un 1L.
        PAUSEUS VELO ; pausa en microsegundos en 1L.

```

```

LOW CLK_OUT                ; saca un 0L.
PAUSEUS VELO                ; pausa en microsegundos en 0L.
GOTO PROG

;*****
;*****
Lee_pot:
    ADCON0 = %10000000 ; Escoge GPIO.0 análogo y justificado a la derecha el
resultado
    ADCIN 0, VELO        ; Lee el canal análogo 0 (0-1023)
    VELO = VELO*10
    return
;*****
;*****

```

Anexo A14: CÓDIGO DE PROGRAMA MOVIMIENTO DE MOTORES.

```

; CMCON = 7                                ; habilitar este puerto para el 627 y 628.

Clock  var portA.2                          ; entrada de reloj, da la velocidad de
giro.
Dir    var portA.3                          ; entrada de dirección de giro.
Ena    var portA.4                          ; entrada de HABILITACION del
motor.
Led    var portA.6                          ; salida para prender LED.

; Definición de entradas/salidas.
input Clock
input dir
input ena
output led
trisB  = 00
; Definición de variables
Paso   var byte
Outpulso var byte
X VAR BYTE
Y VAR WORD
; Definición de constantes

Si con 0
No con 1
Izq con 1
Der con 0

paso   = 0
outpulso= 0

```

```

high led
pause 200
low led
pause 200
high led
pause 200
low led
pause 200
high led
pause 200
low led
pause 200
HIGH LED

portb = 255;00                ;apaga todas las salidas del port.B.
inicio:

;GOSUB TEST1

MOVDER:
LOW LED                        ; apaga LED.
j1:  if dir=izq then movizq    ; averigua dirección de giro.
      if ENa = 1 THEN SIGA1    ; pregunta si está habilitado el motor//
      PORTB=255; 00           ; si esta deshabilitado, apague motor//
      GOTO MOVDER              ; vaya a mover motor hacia la
derecha//
SIGA1:
      if clock=no then j1      ;espera que haya señal de CLK.
j3:  if clock=si then j3       ; espera que termine el pulso.
      HIGH LED                 ; prende LED.
      paso=paso+1              ;incremente un paso.
      if paso<4 then j2        ;si paso es < 4 siga a mover el motor.

```

```

    paso=0                                ;si no, primero ponga paso=0.
J2:  gosub mov                            ; va a la subrutina de movimiento del motor
; j3:  if clock=si then j3                ; ESPERA QUE ACABE EL PULSO.
;    portB=00
    GOTO MOVDER                            ; vaya a mover motor hacia la derecha//

MOVIZQ:
    LOW LED                                ; apaga LED.
j11:  if dir=der then j1                  ; averigua la dirección de giro.
    if ENa = 1 THEN SIGA2                  ;pregunta si está habilitado el motor//
    PORTB=255; 00                          ; si esta deshabilitado, apague motor//
    GOTO MOVIZQ                            ; vaya a mover motor hacia la izquierda//

SIGA2:
    if clock=no then j11                  ;espera que haya señal de CLK.
j33:  if clock=si then j33                ; espera que termine el pulso.

HIGH LED
    if paso>0 then j22                    ;si paso > 10 entonces paso=paso+1.
    paso=4                                ;si paso = 0 entonces paso=4.
j22:  paso=paso-1                          ; incremente el paso.
    gosub mov
; j33:  if clock=si then j33                ; ESPERA QUE ACABE EL PULSO.
;    portB=00
    GOTO MOVIZQ                            ; vaya a mover motor hacia la izquierda//
    mov:                                  ;movimiento.
if ENa = 1 THEN J10                        ;si está habilitado el motor continua con el movimiento//
    PORTB=255; 00                          ; si no apague el motor//
    RETURN                                  ; retorne de la subrutina//

J10:
    lookup paso,[%00110000,%01100000,%11000000,%10010000], outpulso ;
    portB = outpulso                        ; salida del pulso.
    return

;*****

```

Anexo A15: CÓDIGO DE PROGRAMA PARA LA VISUALIZACIÓN DE LA LCD.

```

CMCON = 7 ; habilitar los puertos para el 627 y 628.
ENA_X var portA.0 ; entrada HABILITACIÓN del motor del eje
X.
ENA_Y var portA.1 ; entrada HABILITACIÓN del motor del eje
Y.
ENA_Z var portA.2 ; entrada HABILITACIÓN del motor del eje
Z
CLK_INP var portA.3 ; entrada de la señal de CLK.
SW_AUTO var portA.4 ; entrada del SW AUTO/MANUAL.
SW_FIN VAR PORTA.6 ; entrada se SW FIN DE CARRERA.
BUZZER VAR PORTB.6 ; salida para activa BUZZER.
; Definición de entradas y salidas
TRISA = 00
OUTPUT BUZZER
; Definición de variables.
X VAR BYTE
Y VAR WORD
; Definición de constantes.
SI con 0
NO con 1
CW con 1
CCW con 0
'Define pines para el LCD
DEFINE LCD_DREG PORTB
DEFINE LCD_DBIT 0
DEFINE LCD_RSREG PORTB
DEFINE LCD_RSBIT 4
DEFINE LCD_EREG PORTB
DEFINE LCD_EBIT 5
DEFINE LCD_BITS 4

```

; Mensaje Inicial.

```
lcdout $FE,$1, " UNIVERSIDAD "
lcdout $FE,$c0,"TECNICA DEL NORT"
PAUSE 2000
```

```
lcdout $FE,$1, " U.T.N. 2014 "
lcdout $FE,$c0," JOSE MALDONADO "
```

```
PAUSE 3000 ; pausa de 3 seg.
```

```
lcdout $FE,$1, " MAQUINA CNC "
```

```
lcdout $FE,$c0," IMPRIME PCB "
```

```
PAUSE 3000 ; pausa de 3 seg.
```

inicio:

```
IF SW_AUTO = NO THEN MANUAL ; selección de sacar el mensaje.
```

```
lcdout $FE,$1, "MODO DE TRABAJO"
```

```
lcdout $FE,$c0," AUTUMATICO "
```

```
PAUSE 500 ; pausa de 1/2 seg.
```

JMP_10:

```
IF SW_FIN = 1 THEN INICIO ; Si está activado los SW de limite,
saque el mensaje
```

```
ENA_OUT = 0
```

```
lcdout $FE,$1, "FUERA DEL LIMITE"
```

```
lcdout $FE,$c0," DE TRABAJO "
```

```
HIGH BUZZER ; prende buzzer.
```

```
PAUSE 500 ; pausa de 1/2 seg.
```

```
LOW BUZZER ; apaga buzzer.
```

```
PAUSE 500 ; pausa de 1/2 seg.
```

```
GOTO JMP_10 ; repite el ciclo.
```

MANUAL:

```
lcdout $FE,$1, "MODO DE TRABAJO"
```

```
lcdout $FE,$c0," MANUAL "
```

```
PAUSE 500 ; pausa de 1/2 seg.
```

JMP_20:

IF SW_FIN = 1 THEN JMP_CCW ; Si está activado JMP_CCW, saque el mensaje.

ENA_OUT = 0

lcdout \$FE,\$1, "FUERA DEL LIMITE"

lcdout \$FE,\$c0," DE TRABAJO "

HIGH BUZZER ; prende buzzer.

PAUSE 500 ; pausa de 1/2 seg.

LOW BUZZER ; apaga buzzer.

PAUSE 500 ; pausa de 1/2 seg.

GOTO JMP_20 ; repita todo el barrido.

JMP_CCW:

IF SW_FIN = 1 THEN JMP_35 ; Si está activado los SW de limite, saque el mensaje.

ENA_OUT = 0

lcdout \$FE,\$1, "FUERA DEL LIMITE"

lcdout \$FE,\$c0," DE TRABAJOO "

HIGH BUZZER ; prende buzzer.

PAUSE 500 ; pausa de 1/2 seg.

LOW BUZZER ; apaga buzzer.

PAUSE 500 ; pausa de 1/2 seg.

GOTO JMP_CCW ; repita el ciclo

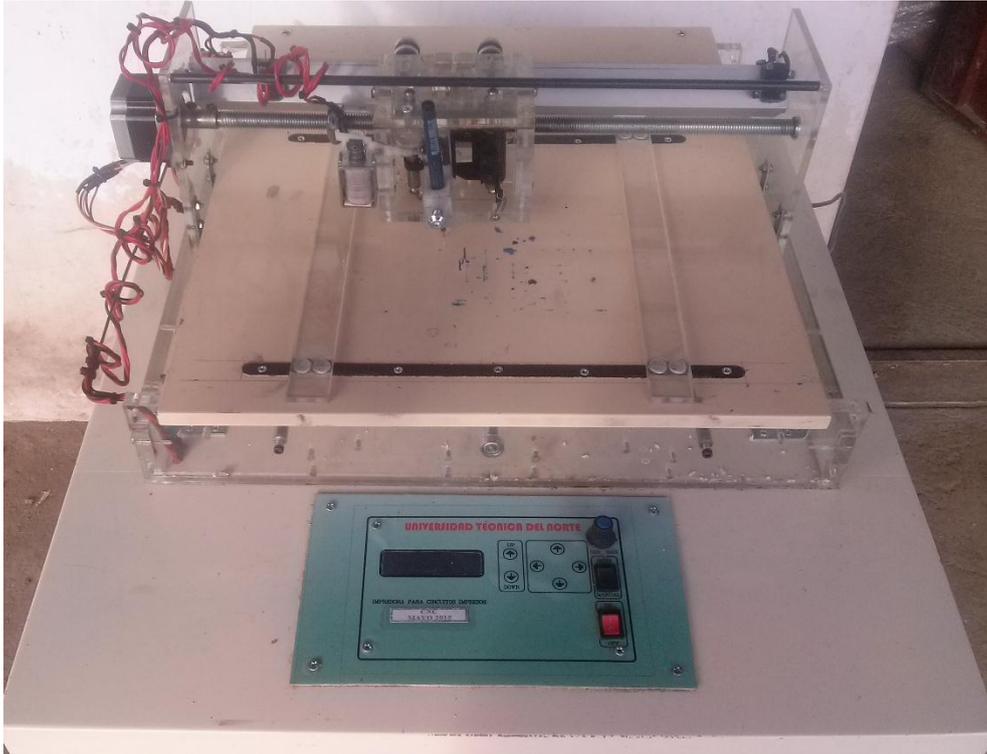
JMP_35:

GOTO INICIO ; repita todo el barrido

Anexo A16: MANUAL DEL USUARIO

En el presente manual es con la finalidad de ayudar de que el usuario pueda utilizar y realizar el mantenimiento de la maquina impresora de manera correcta.

MAQUINA IMPRESORA CARTESIANA X, Y, Z.



La Máquina Impresora X, Y, Z. Ha sido principalmente programado e implementado para la impresión de los circuitos de electricidad y electrónica básica sobre bakelita.

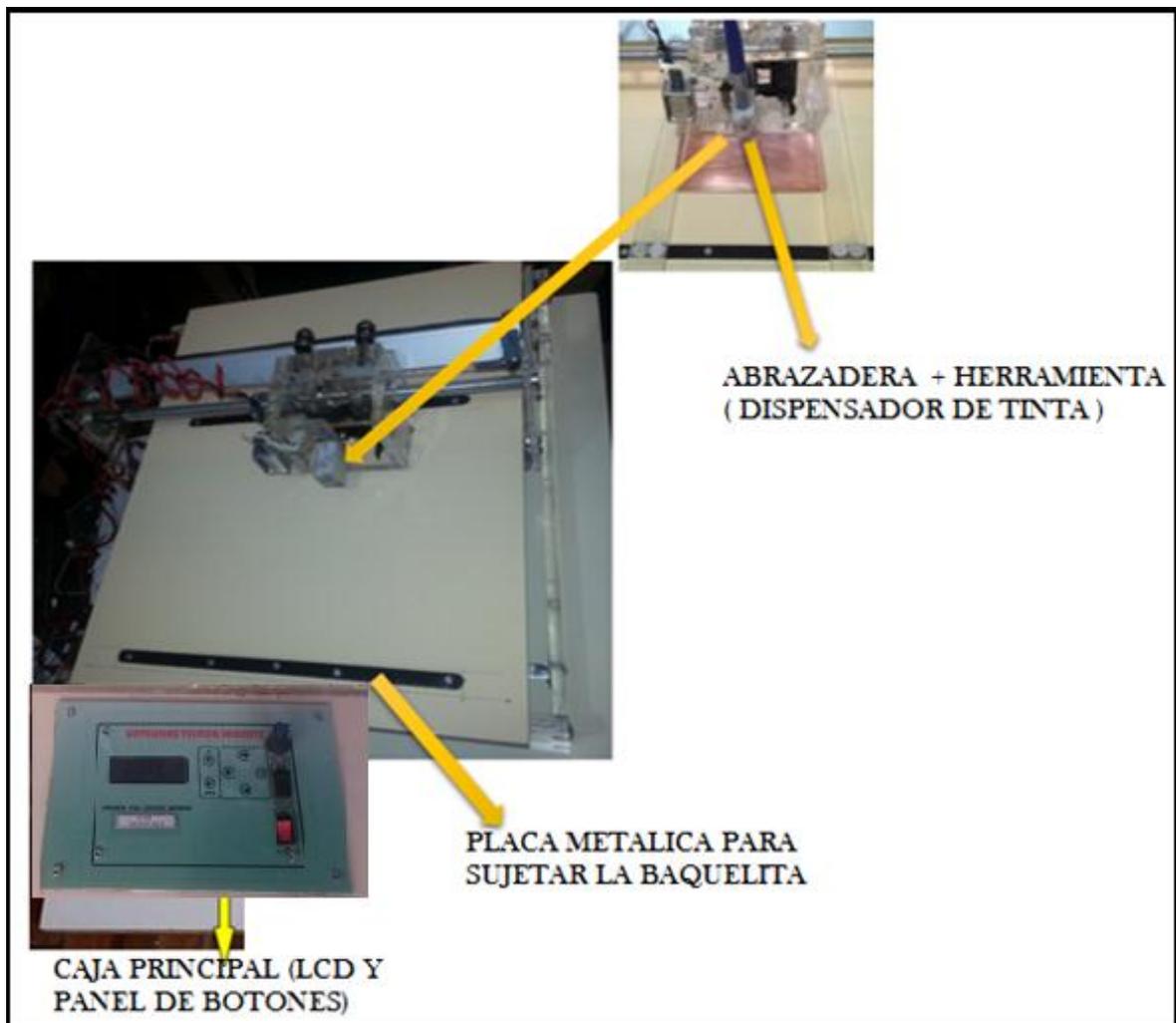
La Máquina Impresora X, Y, Z. sus funciones básicas pueden ser manipuladas manualmente por medio de los botones del panel de control y todo su funcionamiento completo desde una PC , el cual debe tener instalado el programa KCAM4 para control computarizado, que es suministrado por la máquina impresora .

Luego las placas impresas para poder ser utilizadas deben ser sometidas a un proceso de desgaste introduciéndole del de un líquido denominado acido férrico. El cual elimina el

cobre de la bakelita que no esté protegido con tinta, es decir, deja solamente sobre su plano las pistas impresas de los circuitos eléctricos y electrónicos básicos diseñados.

El cerebro de la maquina impresora son los microcontroladores, particularmente el PIC 16F628A, los mismos que permiten manejar los motores a pasos, el electroimán del eje Z, sensores demás elementos electrónicos que posee la máquina automática.

El siguiente manual le facilitara y lo instruirá para la correcta utilización de la máquina impresora. La cual ayudara a familiarizarse con cada uno de sus componentes y comprenda el correcto funcionamiento de la maquina impresora. Por favor, léalo antes de usar y operar la maquina impresora.



ACCESORIOS SUMINISTRADOS



Cable de comunicación p3rtico paralelo



CD de programas para el control CNC.

➤ **Paso uno posicionar la baquelita:**

- a) Ubicar la placa (baquelita) dentro del Marco Sujetador.
- b) Ajustar la placa (baquelita).

➤ **Paso dos situar la Herramienta de Trabajo:**

- a) Afloj3 la mariposa situada en el material de grilon.
- b) Coloque el marcador de tinta indeleble.
- c) La distancia correcta entra la punta del marcador y la superficie de trabajo tiene que estar de 5mm.
- d) Oprima la mariposa situada en el material de grilon.

➤ **Paso tres Energizar la Maquina Impresora :**

- a) Conectar el cable de alimentaci3n de la caja de control a la toma de energ3a de 110 V AC.
- b) Encender la M3quina Impresora (poner en ON el switch de encendido de la caja de control).

➤ **Paso cuatro escoger el modo de trabajo :**

- a) Usando las teclas de abajo y arriba del panel de botones ubicado en la caja de control, posicione en los modos de operación que se presentan en la pantalla LCD: Modo Automático, Modo Manual (líneas básicas en movimiento de los ejes).
- b) Oprima Enter en la opción deseada.

➤ **Si escoge el Modo Automático :**

- a) Abrir el programa KCAM4 para el control Automático en la computadora con la que vaya a trabajar.
- b) Conectar la maquina impresora con la computadora mediante el cable DB25.
- c) Cargar el diseño del circuito diseñado en la pantalla Kcam4 que se encuentra en el computador utilizando las opciones que brinda el programa.
- d) Hacer click en el botón de ruteo automático de la pantalla de KCAM4.
- e) Enviar a imprimir, al mismo tiempo guardar en memoria de la PC el diseño realizado.
- f) Dar click sobre la tecla cerrar de programa para finiquitar el proceso y habilitar nuevamente las teclas del panel de botones de la caja de control. La LCD volverá mostrar su menú principal.

➤ **Si escoge el Modo Manual (Modo Figuras):**

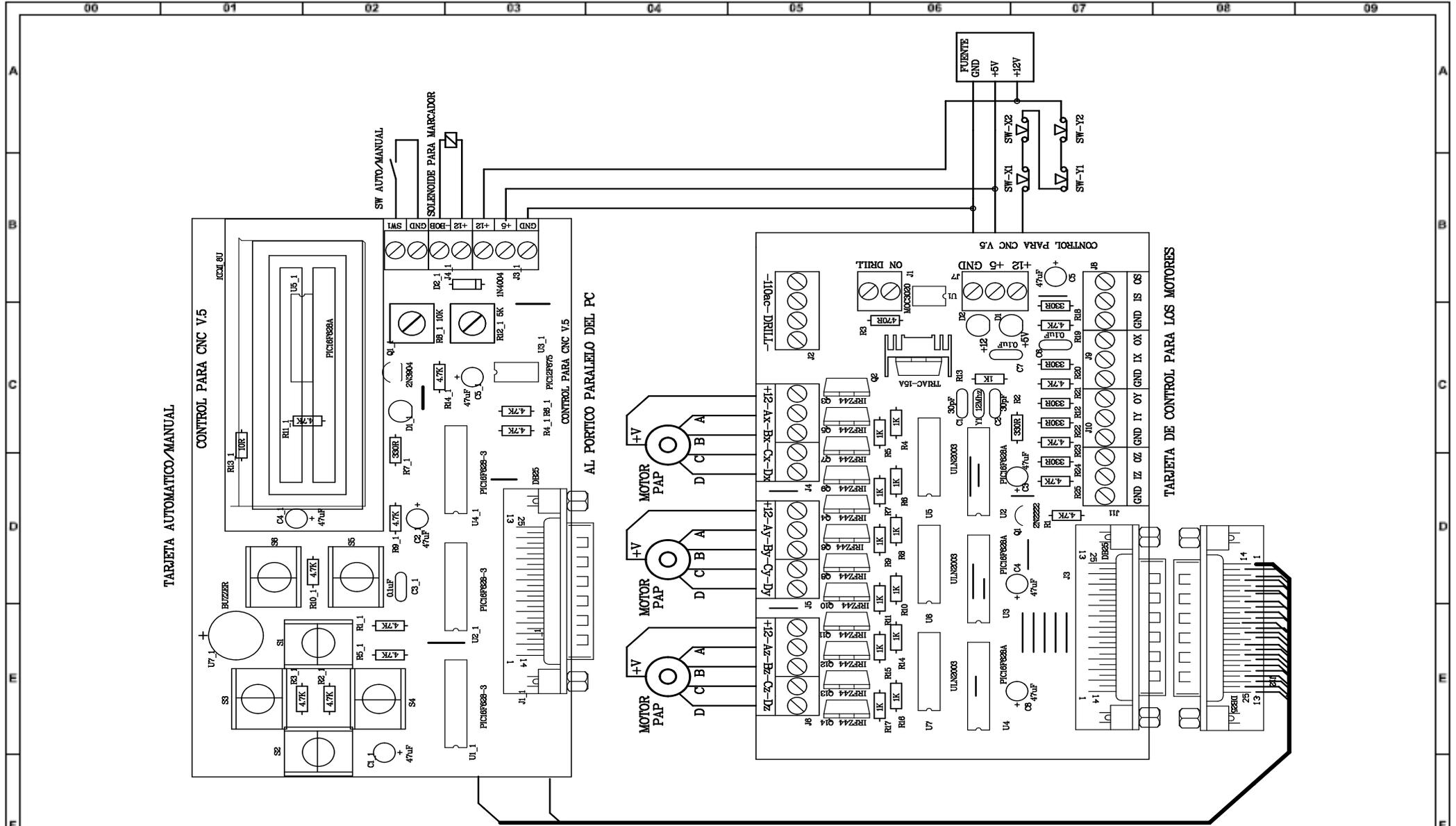
- a) Abrir el programa KCAM4 para el control manual desde la computadora con la que vaya a trabajar.
- b) Dar click en botón modo manual del programa KCAM4 para trabajar su diseño.
- c) Utilizando los comandos del panel de KCAM4 se realiza el ruteado manual.
- d) Utilizando las flechas arriba y debajo de la pantalla KCAM4, se va realizando la impresión del circuito parte por parte.
- e) Cerrar el programa para finiquitar el programa.

➤ **Si escoge el Modo Imprimir desde Memoria de PC :**

- a) Abrir el programa KCAM4.
- b) Ubique en que parte de la memoria de la PC está guardado el diseño del circuito.
- c) Cargué el diseño guardado en la memoria de la PC.

- d) Escoja el modo automático o modo manual (modo figuras).
- e) Si escoge modo automático, presione enter y automáticamente la maquina impresora imprimirá el diseño guardado, al terminar volverá a su menú principal.

Anexo A 17: PLANO ELECTRICO DE LA MAQUINA IMPRESORA



	Fecha	Nombre	Firmas	Entidad	Titulo	Fecha 02-11-2015
Dibujado	03/09/2015	J. Maldonado		UTN	Diagrama de Control M	Archivo UTN - 02 -CAD
Comprado	03/09/2015	H. Cervantes				

Anexo A 18: PLANOS MECANICOS DE LA MAQUINA IMPRESORA