

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Instituto de Tecnologías de ESPOL (INTEC) PROTEL

**“Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB, utilizando
la estructura de un PLOTTER como base.”**

Proyecto de Grado

Previo la obtención del Título de:

TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA

Presentado por:

**Karla Denisse Nieto Mata
Djoselyn Gerardine Vinueza Freire**

Guayaquil - Ecuador

2013



***Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.***

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mis padres celestiales Dios Todopoderoso, a la Virgen María, a mis padres terrenales el Lic. William Vinueza Muñoz y la Msc. Luz Margarita Freire Vargas, a mis hermanos Katherine, William y Jonathan, mi mejor amigo Rafael Kuon Yeng, desde la distancia a mi segunda madre terrenal la Sr. Zoila Quezada y al Lic. Diego Armando Muso Pilchisaca

Djoselyn Vinueza Freire

*Dedico este proyecto a:
Mi mama, que desde siempre ha sido mi razón de ser y por quien batallo a diario. Si tengo la oportunidad de ser madre algún día esto también va por quien fuere el fruto de mi vientre y por ultimo a mi otro yo, aquel que le gusta el riesgo, los tropiezos y los logros.*

Karla Denisse Nieto Mata



***Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.***

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios porque sin él hoy yo no estuviera aquí, a mis padres que siempre estuvieron ahí para mí, me ayudaron a pasar mis obstáculos, me dieron la mano en las caídas, celebraron mis logros, mis hermanos que a pesar de las peleas nunca dejaron de preocuparse por mí, a mi mejor amigo que siempre me dio ánimo para continuar, mi segunda mamá que siempre me pregunta como estoy y a todos los profesores que supieron darme un poquito de su sabiduría.

Un especial agradecimiento al Lic. Diego Armando Muso Pilchisaca por brindarnos sus conocimientos, ser paciente con nosotros y siempre estar a disposición de cualquier pregunta por muy obvia que sea

Djoselyn Vinueza Freire

En primera estancia antes que gracias pido disculpas. Continuando es debido aclarar que los nombres no caben en este escrito, porque mi agradecimiento es a todas aquellas personas que directa o indirectamente han aportado a mi conocimiento y estado de ánimo, y en especial a aquellas que me supieron soportar y entender.

Sin embargo vale resaltar a mi mita Helen Mata gracias por ser mi objetivo, aquel de querer darte todo lo bueno que te mereces.

Concluyendo agradezco a la duda a los miedos, la curiosidad todo aquello que es parte del acertijo continuo de mi mente... de igual forma a las experiencias de otros y las mías... en fin a la vida y sus estados pulsantes, por ser el arranque y la fuerza para mejorar y desvanecer mis falencias.

Karla Denisse Nieto Mata



*Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.*

TRIBUNAL DE GRADO

Msc. Eloy Moncayo T.
DIRECTOR DE INTEC

Lic. Diego Armando Muso Pilchisaca.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Lic. Luis Fernando Franco Vicuña.
VOCAL DEL TRIBUNAL



*Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.*

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Grado, corresponde exclusivamente a los autores; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.


Djoselyn Vinueza Freire


Karla Nieto Mata



Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB, utilizando la estructura de un PLOTTER como base.

Resumen

Este proyecto consiste en modificar la estructura de un PLOTTER modelo DMP 4 marca Houston Instrument's para que posteriormente pueda ser utilizado como una máquina CNC (Control Numérico Computarizado).

Dicho plotter tan sólo poseía la base/mesa de trabajo y el juego de motores para los ejes (x, y) acoplados a un sistema de poleas; verificamos el estado de funcionalidad en el que se encontraba éste, teniendo que darle un mantenimiento a todo el sistema móvil.

En primera instancia ideamos y diseñamos un prototipo de madera para simular el eje z (ya que una máquina CNC tiene el movimiento en las tres dimensiones), luego de múltiples pruebas y modificaciones hasta llegar al diseño final procedimos a fabricarla en metal que es el material final, y también adicionando las respectivas piezas para que en conjunto se pueda crear el movimiento en el eje z.

Adicionalmente, se construyó unas nuevas tarjetas electrónicas para el control de los motores, teniendo que realizar una programación exclusiva para éstas ya que son hasta cierto punto tarjetas equivalentes de otras que existen en el mercado.

Al final se realizaron las respectivas pruebas que demostraron el cumplimiento de los objetivos propuestos para este proyecto, dejando un entorno listo para que sea implementado el software respectivo para el control numérico de esta máquina.





Justificación

Una placa de circuito impreso o PCB (del inglés printed circuit board) es una superficie constituida por caminos o pistas de material conductor laminadas sobre una base no conductora.

El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de los caminos conductores y sostener mecánicamente por medio de la base un conjunto de componentes electrónicos. Los caminos son generalmente de cobre mientras que la base se fabrica de resinas de fibra de vidrio reforzada (la más conocida es la FR4), cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita.

Existen muchos métodos para elaborar placas de circuito impreso, sin embargo, un método muy utilizado sigue siendo el del rotulado, el cual consiste en dibujar sobre la baquelita las pistas (conexiones eléctricas) con regla y marcador. Este método toma demasiado tiempo y la calidad del trabajo depende de la habilidad de quién hace los trazos.

Históricamente se ha requerido de un proceso químico para el atacado de la baquelita. La idea es eliminar el cobre que no forma parte de los trazos, y para tal efecto se utiliza el percloruro férrico, sustancia química que previamente se tiene que diluir en un recipiente plástico con agua para que actúe como un agente corrosivo, allí la tarjeta se sumerge y se mueve a un ritmo constante para un acabado uniforme.

Si bien es cierto que el proceso es efectivo, el inconveniente está en el impacto negativo para nuestro ecosistema, ya que normalmente se desecha esta sustancia en los drenajes o en zonas de campo abierto.

El proyecto propuesto utiliza un proceso de fabricación llamado Mecanizado por arranque de viruta, donde su proceso se realiza mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa.

Mediante el fresado es posible mecanizar los más diversos materiales como sintéticos, superficies planas o curvas, de entalladura, de ranuras, de dentado, etc.

Actualmente, existen en el mercado muchas de estas máquinas pero son muy costosas dependiendo del tamaño y funcionalidad, pero en nuestro caso, aunque su diseño no posee tanta complejidad promete cumplir con las exigencias respectivas y a un valor bajo por lo materiales utilizados en su construcción.

La finalidad de este proyecto(a más del diseño de la estructura mecánica y la parte electrónica) es justamente realizar al mismo tiempo los procesos descritos anteriormente para la elaboración de PCB's, proporcionando un ahorro justificativo de tiempo, mejoría en la calidad del trabajo final y un mínimo impacto ambiental.



***Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.***

Objetivos

- Obtener un Router CNC para la elaboración de PCB realizando modificaciones en la estructura de un Plotter Houston Instrument's reciclado.

- Realizar análisis detallados de cada segmento en la estructura del Plotter que nos proporcione de información útil para implementar cambios que sirvan de soporte en la incorporación de herramientas de mecanizado.

- Diseñar un control electrónico eficiente desarrollando Driver's a partir de un estudio detallado sobre el funcionamiento de cada elemento en cuestión.

- Disminuir el impacto ambiental gracias al uso del mecanizado por arranque de virutas y finalmente obteniendo un PCB's de manera ágil y con un acabado geoméricamente uniforme.



BIBLIOTECA
DE CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES



ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|-------------|
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTOS | III |
| TRIBUNAL DE GRADO | IV |
| DECLARACIÓN EXPRESA | V |
| Resumen | VI |
| Justificación | VII |
| Objetivos | VIII |
| CAPITULO 1.- Máquinas CNC | 1 |
| 1.1 Descripción | 1 |
| 1.2 Ventajas y desventajas de las Máquinas CNC | 2 |
| 1.2.1 VENTAJAS:..... | 2 |
| 1.2.2 DESVENTAJAS: | 2 |
| 1.3 Máquinas CNC disponibles en el mercado | 3 |
| CAPITULO 2 - MECÁNICA | 4 |
| 2.1. Estructura básica | 4 |
| 2.2 Evaluación de la parte móvil: | 5 |
| 2.3 Descripción del sistema mecánico móvil del Plotter | 6 |
| 2.3.1 sistema móvil externo | 6 |
| 2.3.2 Motores asociados al sistema móvil..... | 7 |
| 2.3.3 Conexiones de motores Paso a Paso | 8 |
| 2.3.3.1 Motor Bipolar | 8 |
| 2.3.3.3 Motor Universal..... | 9 |
| 2.3.4 Selección de conexiones | 10 |



*Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.*

| | |
|--|------------------|
| 2.4 Descripción del sistema a implementarse en el eje Z | 11 |
| 2.5 Diseño de la estructura de soporte para el eje Z | 13 |
| 2.6 Materiales Mecánicos..... | 22 |
| 2.6.1 Tornillos de Ø 1/8" | 22 |
| 2.6.2 Tuercas mariposa de Ø 1/4" y 5/16" | 22 |
| 2.6.3 Tuercas Normales de Ø 1/8" y 1/4" | 23 |
| 2.6.4 Arandelas de presión de Ø 1/8" y 1/4" | 23 |
| 2.6.5 Arandelas plan delgadas de Ø 1/8" y 1/4" | 24 |
| 2.6.6 Sistema de engranajes..... | 24 |
| 2.6.7 Rueda "loca" | 25 |
| 2.6.8 Tornillo Roscado | 26 |
| 2.6.9 Tuercas Hexagonales con inserto de Nylon | 26 |
| 2.6.10 Rodamientos de Ø 1/8" | 27 |
| 2.6.11 Grillete en U de Ø 1/8" y 1/4" | 27 |
| 2.6.12 Pasadores metálicos | 28 |
| 2.6.14 Finales de carrera..... | 28 |
| 2.6.15 Materiales Recicladados | 29 |
| 2.6.15.1 Barras de estabilización | 29 |
| 2.6.15.2 Barras de presión para el eje Z..... | 29 |
| 2.6.15.3 Láminas metálicas para estructuras soporte..... | 30 |
| <i>CAPITULO 3 - ELECTRÓNICA</i> | <i>31</i> |
| 3.1 Control electrónico implementado en los motores PAP del Plotter. | 31 |
| 3.2 Drivers de corriente para máquinas CNC | 32 |
| 3.3 Driver para motores PAP Unipolares. | 33 |
| 3.3.1 Diseño y simulación | 33 |
| 3.3.2 Diseño de pistas para los circuito impresos..... | 35 |
| 3.3.3 Vistas de imágenes con dimensiones reales de cada driver..... | 36 |
| 3.3.4 Elaboración de placas electrónicas..... | 37 |
| 3.4 Recursos de Software y Hardware..... | 39 |
| 3.4.1 Proteus | 39 |
| 3.4.3 MikroC PRO for PIC | 40 |
| 3.4.4 PICKit-2 | 40 |



*Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.*

| | |
|---|-----------|
| 3.5 Materiales Electrónicos..... | 41 |
| 3.5.1 Espadines o tiras de postes..... | 41 |
| 3.5.2 Conectores MOLEX para circuito impreso..... | 41 |
| 3.5.3 Bornes de conexión..... | 41 |
| 3.5.4 Resistencias | 42 |
| 3.5.5 Diodos semiconductores | 42 |
| 3.5.6 Transistores Bipolares BJT | 42 |
| 3.5.7 Fuente de alimentación. | 43 |
| 3.5.8 Circuito integrado ULN 2003 | 43 |
| 3.5.9 Microcontrolador PIC16F628A | 44 |
| CAPITULO 4.- Proceso de Mecanizado..... | 45 |
| 4.1 Introducción..... | 45 |
| 4.2 Procedimientos empleados..... | 45 |
| 4.3 Tipos de movimientos..... | 46 |
| 4.3.1 Movimiento de corte..... | 46 |
| 4.3.2 Movimiento avance | 46 |
| 4.3.3 Movimiento de alimentación | 46 |
| 4.4 Tipos de Mecanizado..... | 47 |
| 4.4.1 Desbastado..... | 47 |
| 4.4.2. Acabado..... | 47 |
| 4.4.3 Súperacabado o rectificado..... | 47 |
| 4.5 Fresas utilizadas para el proceso de mecanizado por desvaste de viruta | 48 |
| 4.6 Pruebas y Resultados..... | 49 |
| Conclusiones..... | 51 |
| Limitaciones | 52 |
| Recomendaciones..... | 55 |
| ANEXOS..... | 56 |
| ANEXO A..... | 57 |
| ANEXO B..... | 62 |



*Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.*

ANEXO C.....63
ANEXO D.....66
Bibliografía68





ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 1.- Máquina CNC</i> | <i>1</i> |
| <i>Figura 2.- Precios de Máquinas CNC disponibles en el mercado</i> | <i>3</i> |
| <i>Figura 3.- PLOTTER HILOT DMP-4.....</i> | <i>4</i> |
| <i>Figura 4.- Desmontaje sistema de poleas.....</i> | <i>5</i> |
| <i>Figura 5.- Lubricación sistema de poleas</i> | <i>5</i> |
| <i>Figura 6.- Sistema móvil de la parte externa del plotter</i> | <i>6</i> |
| <i>Figura 7.- Motor Paso a Paso del eje Y</i> | <i>7</i> |
| <i>Figura 8.- Motor Paso a Paso del eje X.....</i> | <i>7</i> |
| <i>Figura 9.- Conexión Bipolar</i> | <i>8</i> |
| <i>Figura 10.- Conexión Unipolar.....</i> | <i>9</i> |
| <i>Figura 12.- Conexión Unipolar.....</i> | <i>9</i> |
| <i>Figura 13.- Conexión Bipolar Paralelo</i> | <i>10</i> |
| <i>Figura 15.- Sistema móvil externo del Plotter</i> | <i>11</i> |
| <i>Figura 16.- Conexión seleccionada para el motor del eje Z</i> | <i>11</i> |
| <i>Figura 17.- DREMEL Multipro Modelo 395.....</i> | <i>12</i> |
| <i>Figura 18.- Eje flexible DREMEL</i> | <i>12</i> |
| <i>Figura 19.- Acoplamiento entre el DREMEL MULTIPRO y el Eje Flexible.....</i> | <i>12</i> |
| <i>Figura 20.- Muestra como el pen carriage nos sirve para sujetar la base de la estructura del eje Z mediante un juego de pernos, tuercas y anillos.</i> | <i>13</i> |
| <i>Figura 21.- Muestra la base en su totalidad y como va adherida en la parte baja del pen carriage.</i> | <i>13</i> |



Figura 22.- Vista superior de la pieza que sujeta al motor del eje Z con su juego de engranes y piezas de sujeción. 14

Figura 23.- Vista completa de la pieza nombrada en la imagen anterior con el motor del eje Z y demás piezas..... 14

Figura 24.-Vista de la pieza doble que sujeta al eje flexible, y del conjunto de materiales para sujeción..... 15

Figura 25.- Estructura completa desmontada. 16

Figura 26.- Vista lateral..... 17

Figura 27.- Imagen final donde se observa toda la estructura desmontada junto al motor, la extensión y además con la mesa base. 18

Figura 28.- Estructura metálica que sirve de base para colocar el taladro Dremel 19

Figura 29.- Vista trasera..... 20

Figura 31.- Unión de las placas horizontal y vertical 20

Figura 32.- Imagen real del montaje de la estructura mecánica..... 21

Figura 33..... 22

Figura 34..... 22

Figura 35..... 23

Figura 36..... 23

Figura 37..... 24

Figura 38..... 25

Figura 39..... 25

Figura 40..... 26

Figura 41..... 26

Figura 42..... 27

Figura 43..... 27



Figura 44..... 28
Figura 45..... 28
Figura 46..... 29
Figura 47..... 29
Figura 48..... 30
Figura 49..... 31
Figura 50..... 32
Figura 52..... 33
Figura 53..... 34
Figura 54..... 35
Figura 55..... 35
Figura 57..... 36
Figura 56..... 36
Figura 58..... 36
Figura 59..... 36
Figura 60.- Driver para el motor del eje Z..... 37
Figura 61.- Driver para los motores de los ejes X & Y..... 37
Figura 62.- Imagen real de la parte electrónica..... 38
Figura 63..... 39
Figura 64..... 39
Figura 65..... 39
Figura 66..... 40
Figura 67..... 40
Figura 68..... 41
Figura 69..... 41
Figura 70..... 41



*Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un PLOTTER como base.*

Figura 71..... 42
Figura 72..... 42
Figura 73..... 42
Figura 74..... 43
Figura 75..... 43
Figura 76..... 44
Figura 77..... 45
Figura 78..... 48
Figura 79..... 48
Figura 80..... 49
Figura 81..... 49
Figura 82..... 50
Figura 83..... 52
Figura 84..... 52
Figura 85.- Nivel de la Mesa 53
Figura 86..... 54
Figura 88..... 55
Figura 87..... 55
Figura 89..... 55



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

CAPITULO 1.- Máquinas CNC

1.1 Descripción

El CNC (Código Numérico Computarizado) tuvo su origen a principios de los años cincuenta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en donde se automatizó por primera vez una gran fresadora. En esta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el de la máquina.

Hoy día las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, con lo que el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinaria: tornos, rectificadoras, electroerosionadoras, máquinas de coser, etc.

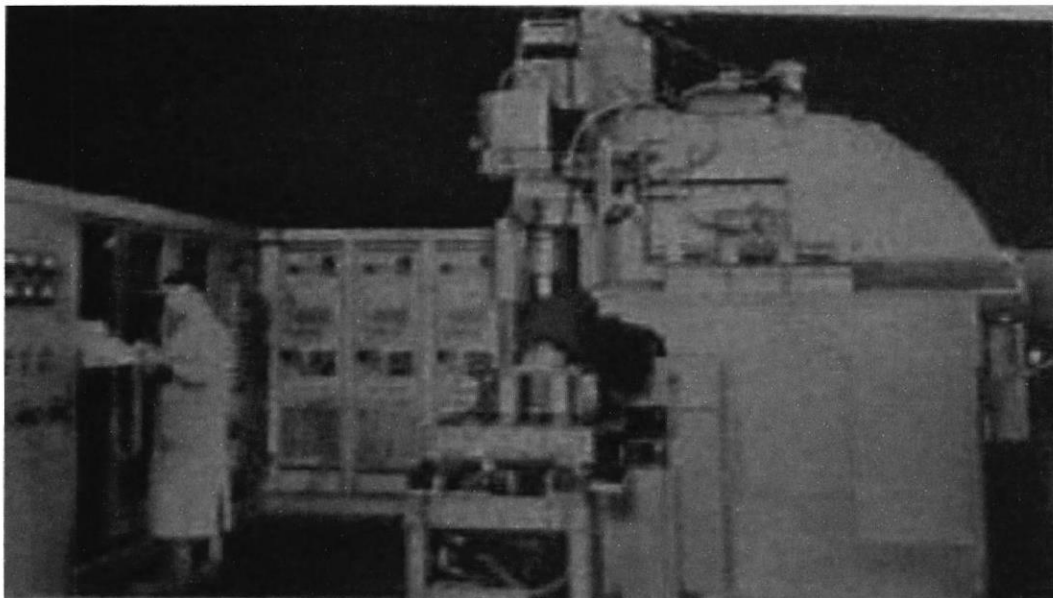


Figura 1.- Máquina CNC

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales. Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles.

El término "control numérico" se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos. Estos códigos son un conjunto de órdenes que siguen una secuencia lógica constituyen un programa de maquinado.



1.2 Ventajas y desventajas de las Máquinas CNC

1.2.1 VENTAJAS:

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

1.2.2 DESVENTAJAS:

- La aplicación de las máquinas de control numérico es sólo rentable para la producción en serie de 5 o más piezas, también teniendo en cuenta que su fabricación será repetida más de una vez al año.
- Para una cantidad menor a 5 piezas, solo es justificable si su geometría es muy compleja, justificando así el uso de una computadora para su fabricación. En caso que la geometría no sea compleja, la fabricación de un lote menor a 5 unidades es mucho más económica usando máquinas herramientas convencionales.



1.3 Máquinas CNC disponibles en el mercado

En la actualidad existen variedad de tipos de máquinas CNC, los precios dependen de la marca, tamaño y aplicación.

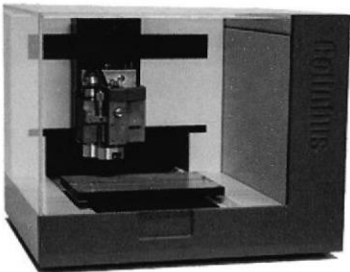


| Tipo de máquina | Precio |
|---|--------------------------------|
| <p align="center">PCB Prototyper - COLIMBUS</p>  | <p align="center">3,500 €</p> |
| <p align="center">High precision cnc router for PCB - AMAN</p>  | <p align="center">\$ 1,265</p> |
| <p align="center">Spindle 1.5kw PCB drilling machine - ZHUI MENG</p>  | <p align="center">\$ 2,600</p> |

Figura 2.- Precios de Máquinas CNC disponibles en el mercado

CAPITULO 2 - MECÁNICA

2.1. Estructura básica

Los materiales mecánicos utilizados en este proyecto tuvieron 2 orígenes; unos fueron comprados y otras eran piezas fabricadas para distintos usos: presión, case, sistema de engranajes, soportes, etc., todos ellos fueron reciclados. El más importante fue la estructura de un Plotter que utilizamos como base principal de este proyecto.

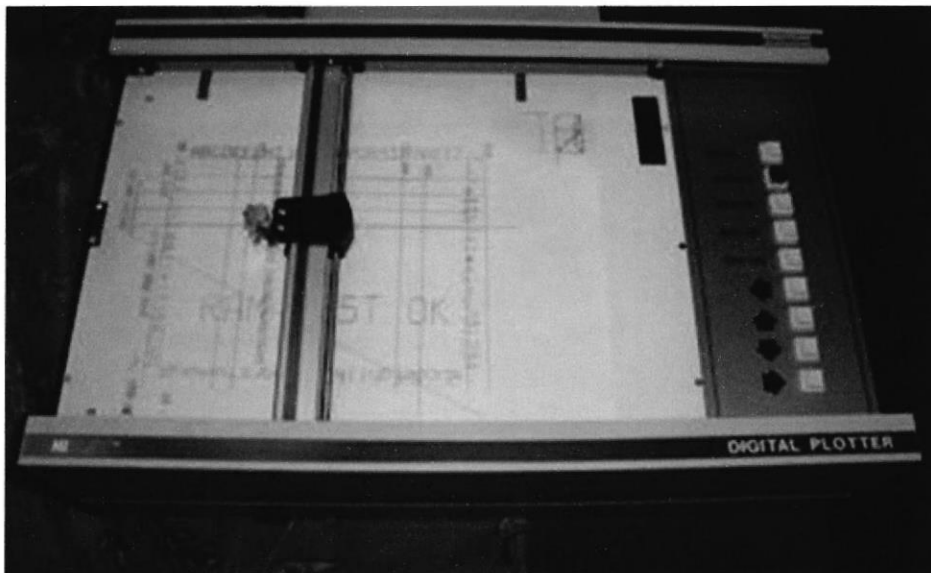


Figura 3.- PLOTTER HILOT DMP-4

El Instrumento de Houston Instruments DMP-4 es un plotter de cama plana, esto significa que la hoja de papel se encuentra en una superficie plana y las plumillas se mueven en dos direcciones a través del papel para localizar un espacio en esta superficie.

En el Hiplot DMP-4, el área de trabajo tiene capacidad para un pedazo de papel que mide 8.5 " x 11".

Trabajaba con el sistema HiGraph que es un paquete de aplicación gráfica de alto nivel que guiaba paso a paso al plotter para la creación de una imagen, poseía instrucciones simples que cualquiera puede dibujar inmediatamente gráficos complejos, gráficos circulares y gráficos de barras.

2.2 Evaluación de la parte móvil:

Lo primero que realizamos fue un test al mecanismo del plotter para saber en qué estado se encontraba. Nos dimos cuenta que los rodamientos de todo el sistema de poleas estaban oxidados, generando así una fricción indeseable, la misma que generaba una respuesta inadecuada de los motores (dando la impresión que se necesitaba una fuerza extra para realizar cualquier tipo de movimiento).

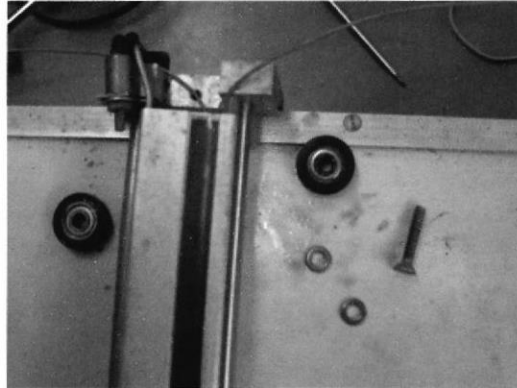


Figura 4.- Desmontaje sistema de poleas

Optamos por realizar un mantenimiento de todo el sistema de poleas, desmontando pieza por pieza, y luego proceder a lubricar cuidadosamente la parte móvil (rodamientos) con el líquido lubricante WD-40 por unos minutos, luego procedíamos a sacarlos y con golpes suaves ayudar a que el líquido lubricante se introduzca dentro de estos. Este procedimiento se repitió tantas veces fueran necesarias hasta que cada rodamiento alcanzara su movilidad absoluta.

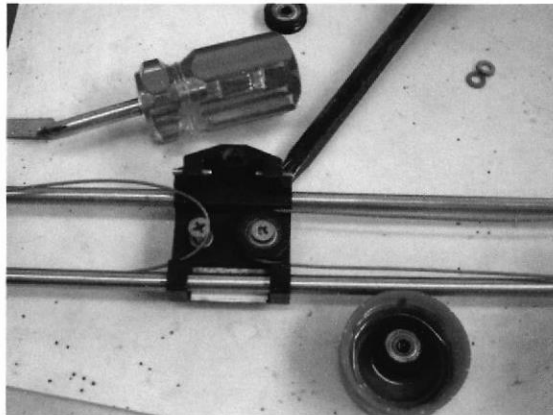


Figura 5.- Lubricación sistema de poleas

Volvimos a montar todo el sistema, y procedimos a verificar que la parte móvil del plotter no tuviera ningún problema adicional.

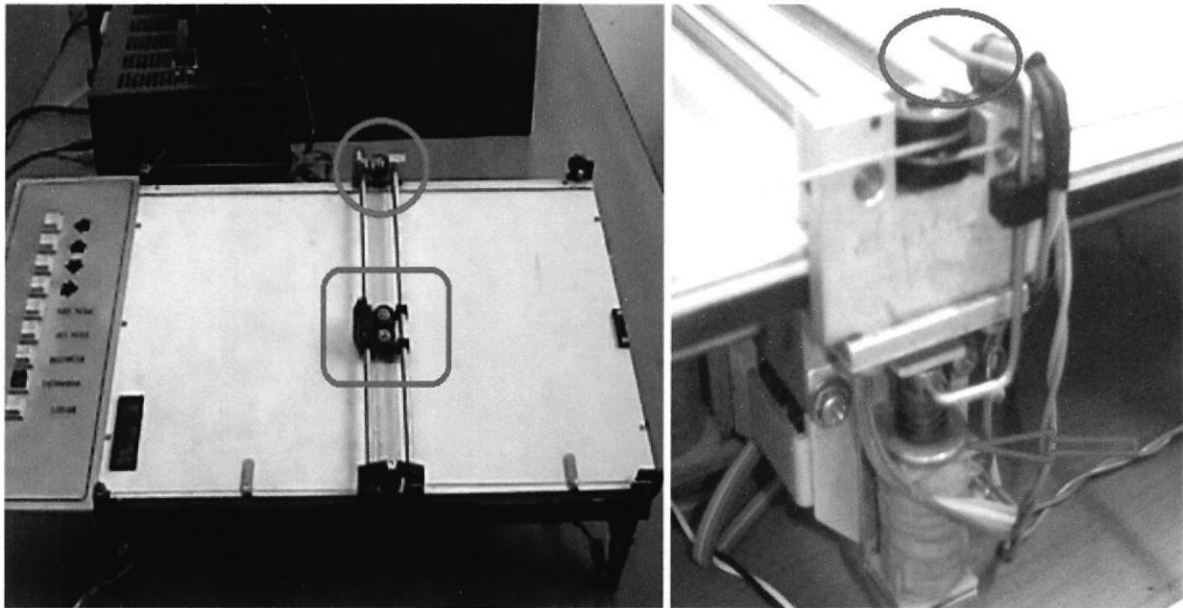


2.3 Descripción del sistema mecánico móvil del Plotter

2.3.1 sistema móvil externo

Esta parte contiene una pequeña base llamada “pen carriage” alineada por 2 ejes que es donde se ajusta la pluma para empezar a dibujar.

Para realizar la colocación o cambio de la pluma previamente se necesitaba dejar una distancia de 1/8” entre la punta de la pluma y el trazo para ello este posee un solenoide con una pequeña varilla la cual se doblaba con un alicate de punta fina y así obtener esa distancia.



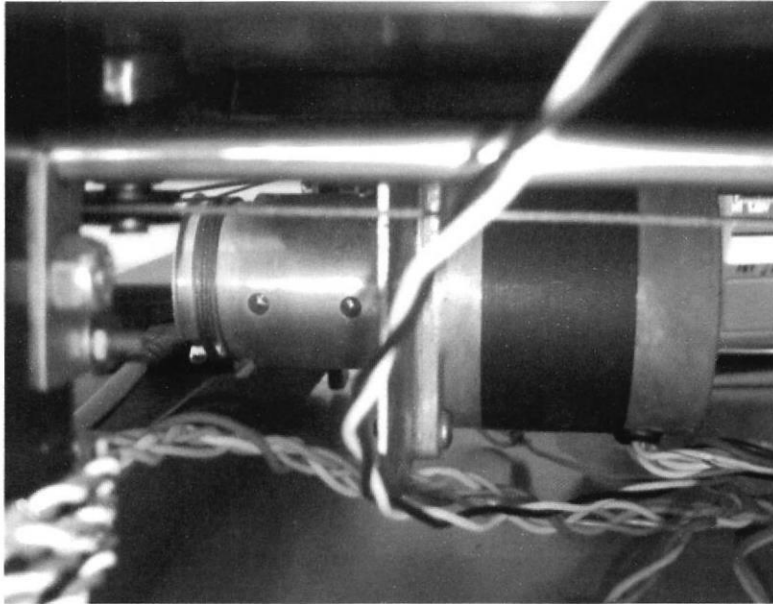
PEN CARRIAGE Y SOLENOIDE

Figura 6.- Sistema móvil de la parte externa del plotter



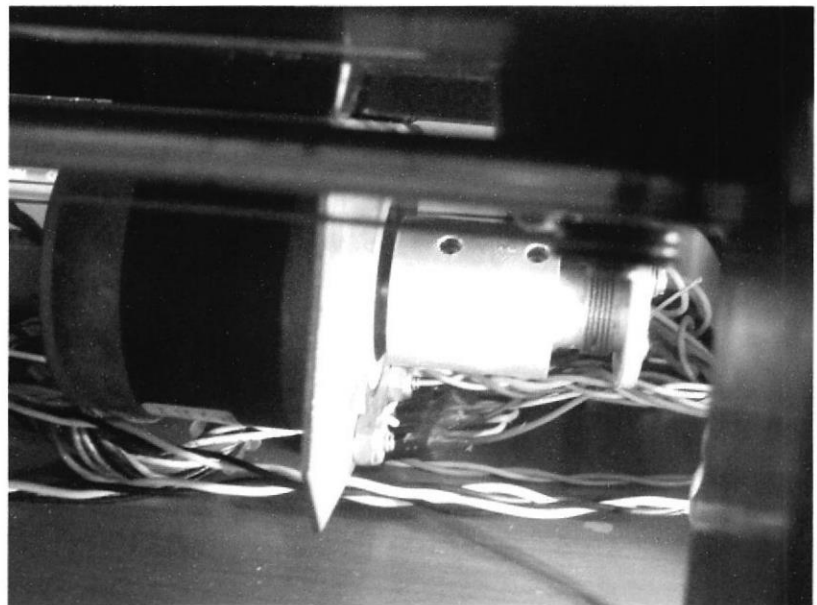
2.3.2 Motores asociados al sistema móvil

Para los movimientos X & Y el plotter posee 2 motores paso a paso que trabajan con un sistema de poleas que convierten el movimiento circular de los motores en movimientos lineales.



MOTOR EJE Y
Características:
Amperios: 0.44 A
Resolución: 1.8° por paso

Figura 7.- Motor Paso a Paso del eje Y



MOTOR EJE X
Características:
Amperios: 0.44 A
Resolución: 1.8° por paso

Figura 8.- Motor Paso a Paso del eje X



2.3.3 Conexiones de motores Paso a Paso

Los motores Paso a Paso son ideales para mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° .

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

Existen 2 tipos de motores paso a paso de imán permanente: bipolar y unipolar.

2.3.3.1 Motor Bipolar

Estos motores suelen tener 4 cables de salida. Este tipo se caracteriza por ser más complejo de controlar.

Configuración:

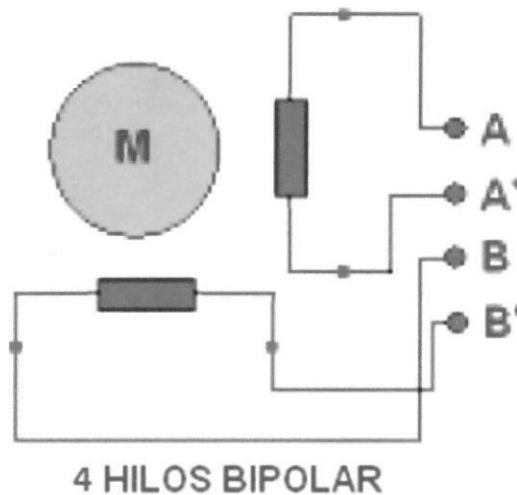
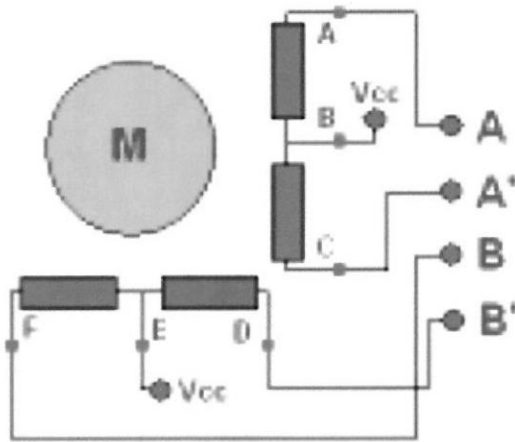


Figura 9.- Conexión Bipolar



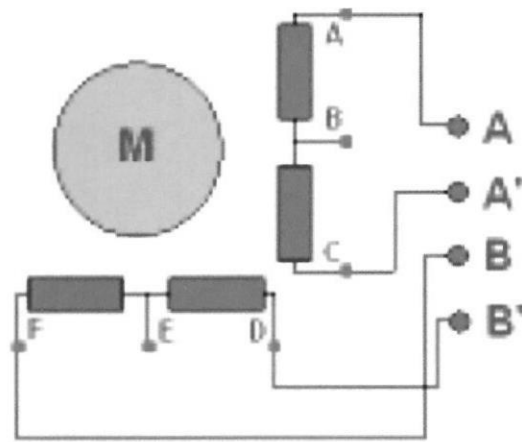
2.3.3.2 Motor Unipolar

Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.



6 HILOS UNIPOLAR

Figura 10.- Conexión Unipolar

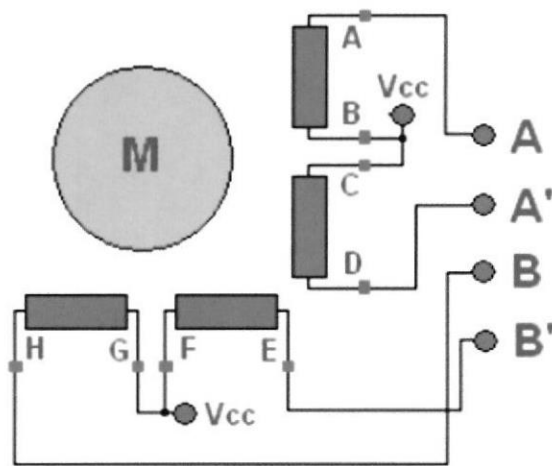


6 HILOS BIPOLAR SERIE

Figura 11.- Conexión Bipolar serie

2.3.3.3 Motor Universal

Es un motor PAP de 8 hilos, su característica principal está en que se puede configurar como unipolar o bipolar (serie o paralelo) es así que su control varía dependiendo de su tipo de conexión.



8 HILOS UNIPOLAR

Figura 12.- Conexión Unipolar

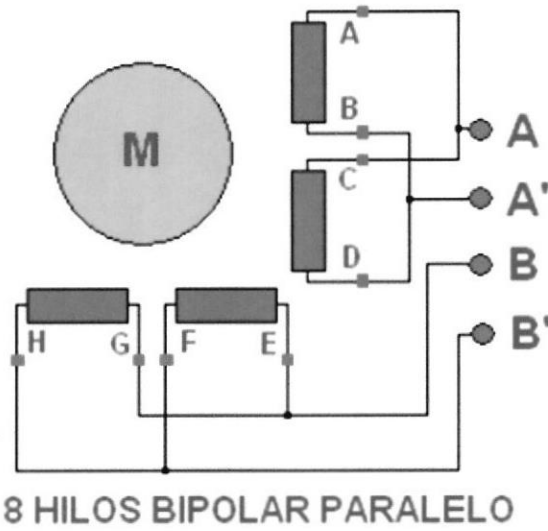


Figura 13.- Conexión Bipolar Paralelo

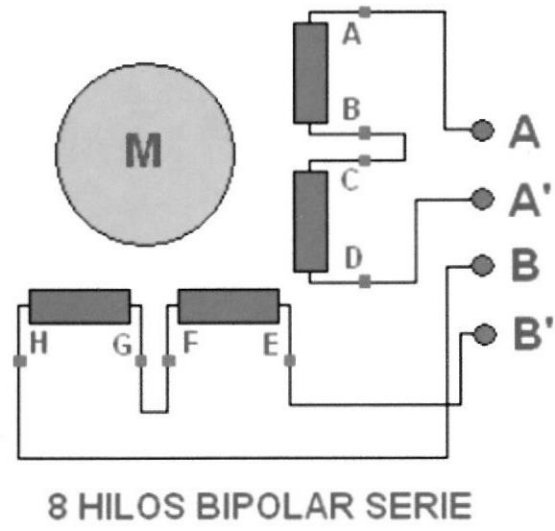


Figura 14.- Conexión Bipolar Serie

2.3.4 Selección de conexiones

De todas las configuraciones descritas anteriormente, consideraremos principalmente dos de ellas:

1.- Las del motor de 8 hilos de la *figura 12* debido a que los ejes X & Y del Plotter trabajan con este tipo de motor en su conexión unipolar, debido a que es la configuración original y la que nos brindó óptimos resultados al momento de realizar pruebas de movilidad.

2.- La de la *figura 11*, que corresponde a un motor de 6 hilos que necesitaríamos posteriormente para la implementación de un nuevo eje.



2.4 Descripción del sistema a implementarse en el eje Z

Como se mencionó anteriormente, el plotter poseía una pequeña varilla que estaba adaptada con un solenoide, mediante el cual se obtenía un movimiento que simulaba un pequeño eje Z. Sin embargo, adaptarlo al sistema que queremos no era recomendable debido a que se necesita una mayor fuerza para portar el *accesorio* que utilizaremos.

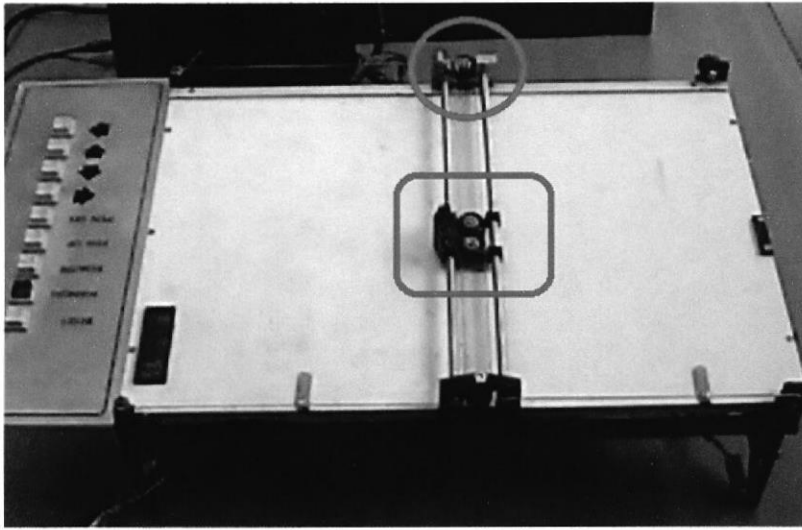


Figura 15.- Sistema móvil externo del Plotter

El siguiente paso consistió en diseñar una estructura totalmente nueva que realice las 2 funciones originales del plotter:

- 1.- Base/estructura metálica que soporte el accesorio que vamos a utilizar.
- 2.- Mecanismo que permita subir y bajar el accesorio (finalidad del eje Z), para el cual utilizaremos un motor PAP de 6 hilos conectado en modo Unipolar.

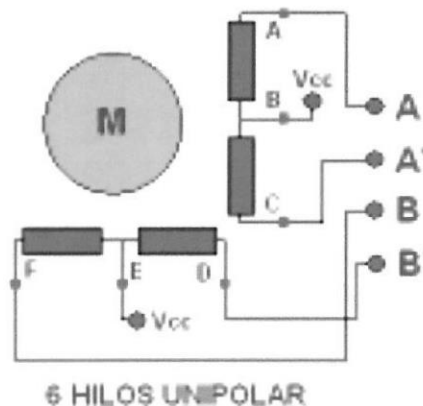


Figura 16.- Conexión seleccionada para el motor del eje Z



Cuando nos referimos al *accesorio*, hacemos referencia a una herramienta rotatoria (taladro pequeño) que en este caso es el DREMEL Multipro Modelo 395.



Figura 17.- DREMEL Multipro Modelo 395

Sin embargo, debido a que el punto de movimiento X & Y de pen carriage hasta cierto punto se veía delicado, optamos por utilizar un aditamento de la herramienta rotatoria DREMEL el cual es un eje flexible, debido a que es menos pesado y adicionalmente genera menos vibración.

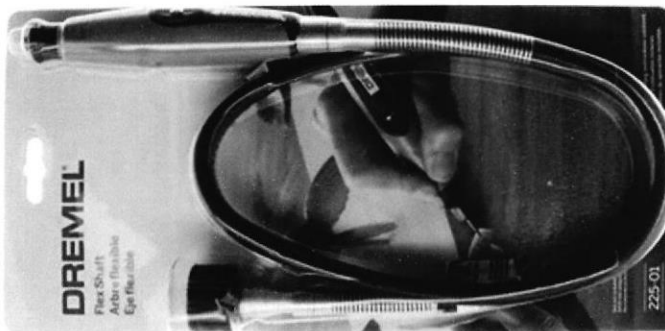


Figura 18.- Eje flexible DREMEL

Cabe recalcar que el eje flexible no genera movimiento por si sólo, sino que es una extensión del movimiento de la herramienta rotatoria.



Figura 19.- Acoplamiento entre el DREMEL MULTIPRO y el Eje Flexible

2.5 Diseño de la estructura de soporte para el eje Z

El hecho de utilizar el eje flexible (que irá montado en la base) implicó construir una base adicional externa que sirvió para sujetar la herramienta giratoria.

A continuación se muestra el detalle pieza por pieza de la estructura que soporta al eje flexible y que a la vez sirva de soporte para el motor que genera el movimiento Z.

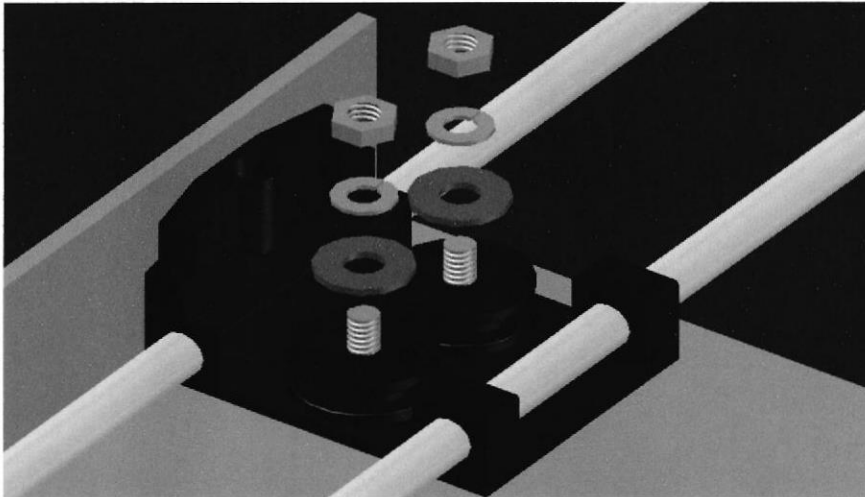


Figura 20.- Muestra como el pen carriage nos sirve para sujetar la base de la estructura del eje Z mediante un juego de pernos, tuercas y anillos.

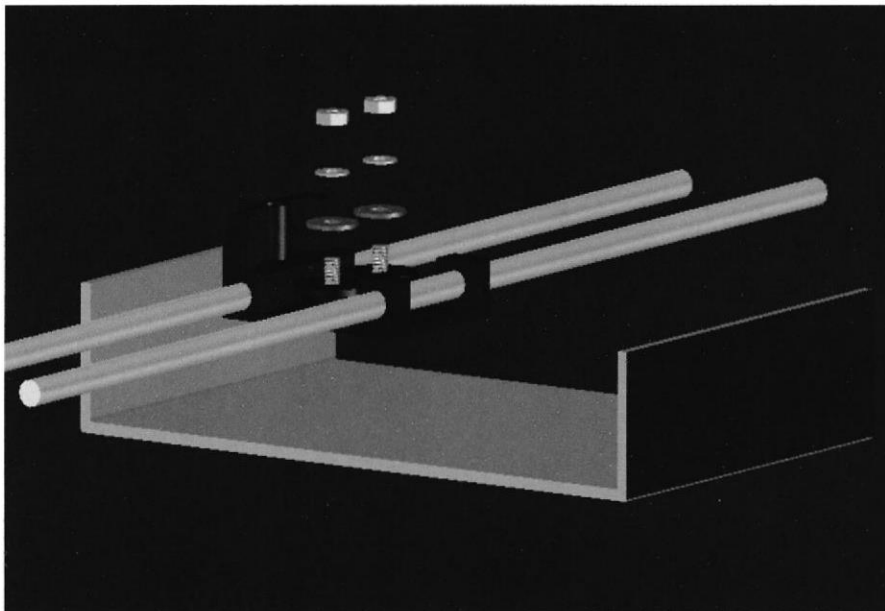


Figura 21.- Muestra la base en su totalidad y como va adherida en la parte baja del pen carriage.



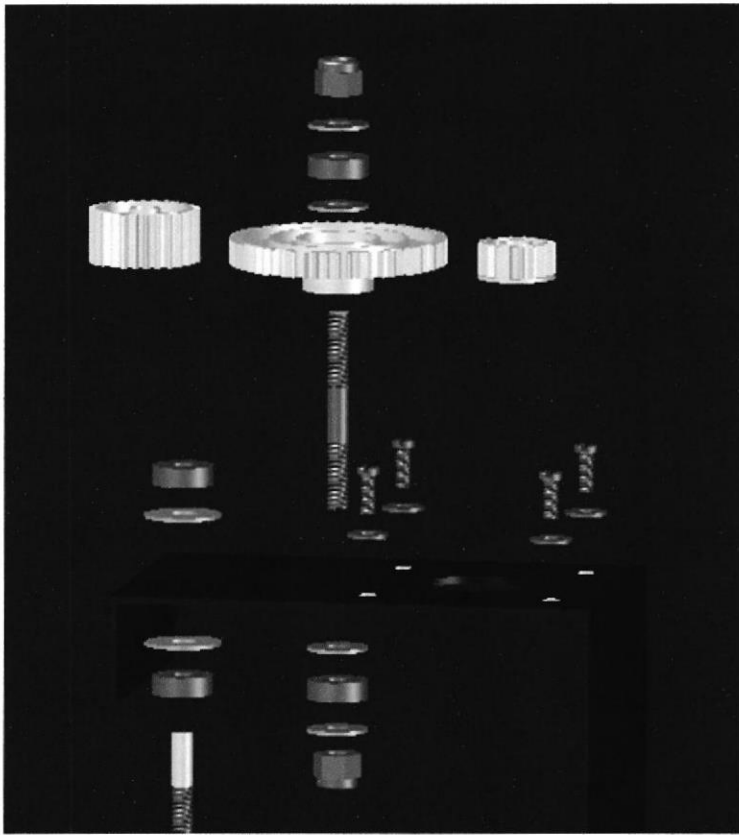


Figura 22.- Vista superior de la pieza que sujeta al motor del eje Z con su juego de engranes y piezas de sujeción.



Figura 23.- Vista completa de la pieza nombrada en la imagen anterior con el motor del eje Z y demás piezas.

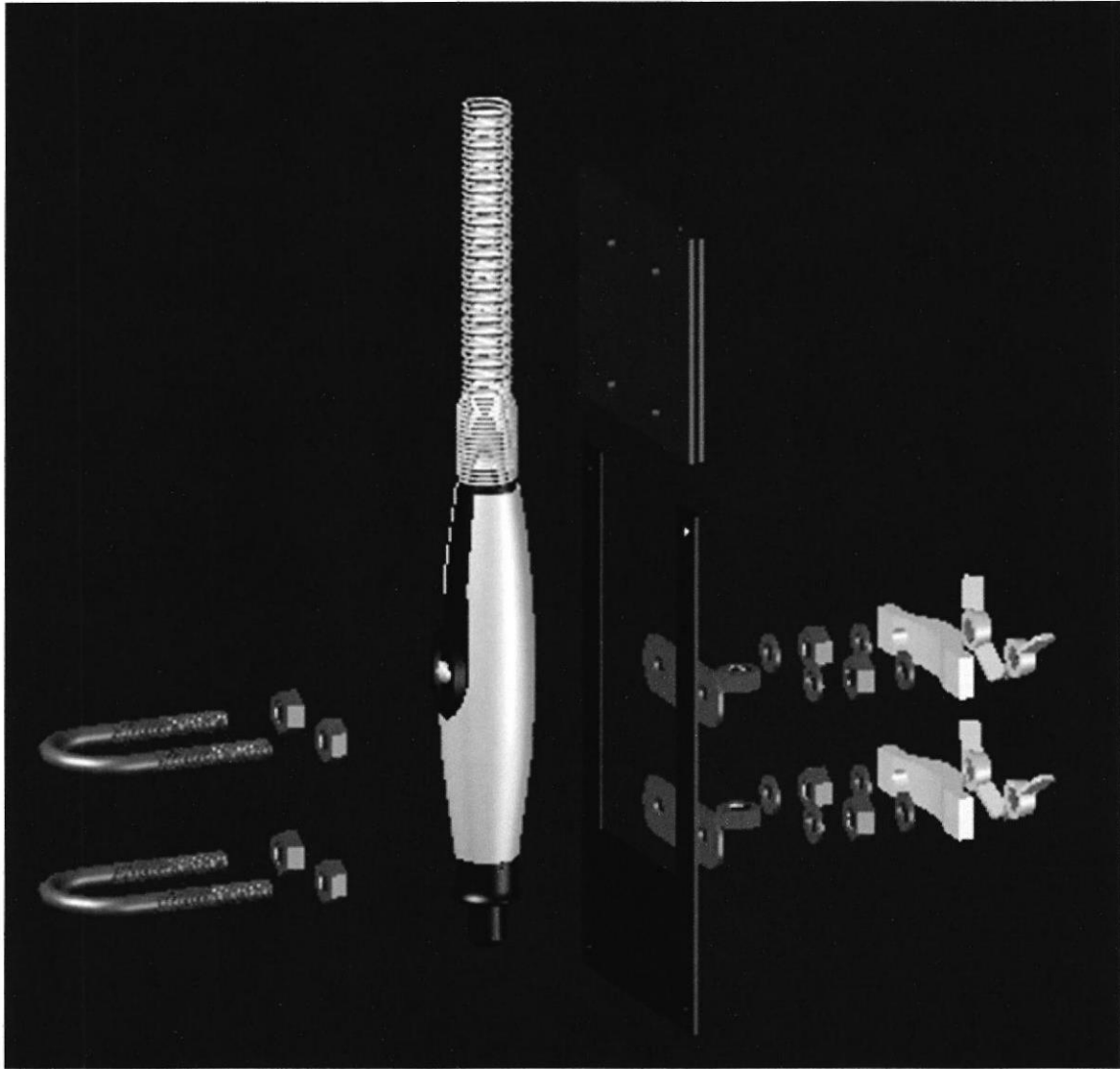


Figura 24.-Vista de la pieza doble que sujeta al eje flexible, y del conjunto de materiales para sujeción.



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

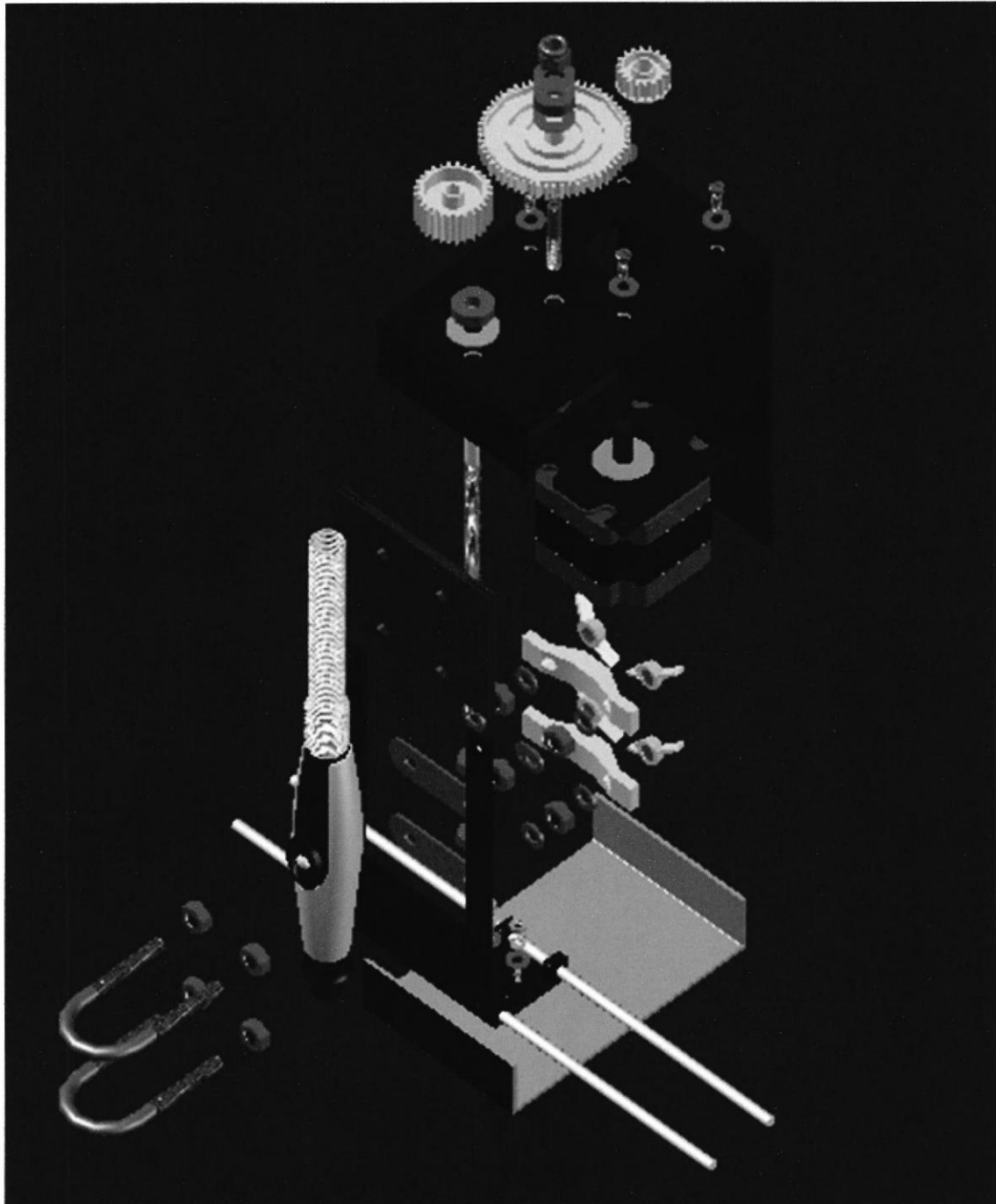


Figura 25.- Estructura completa desmontada.

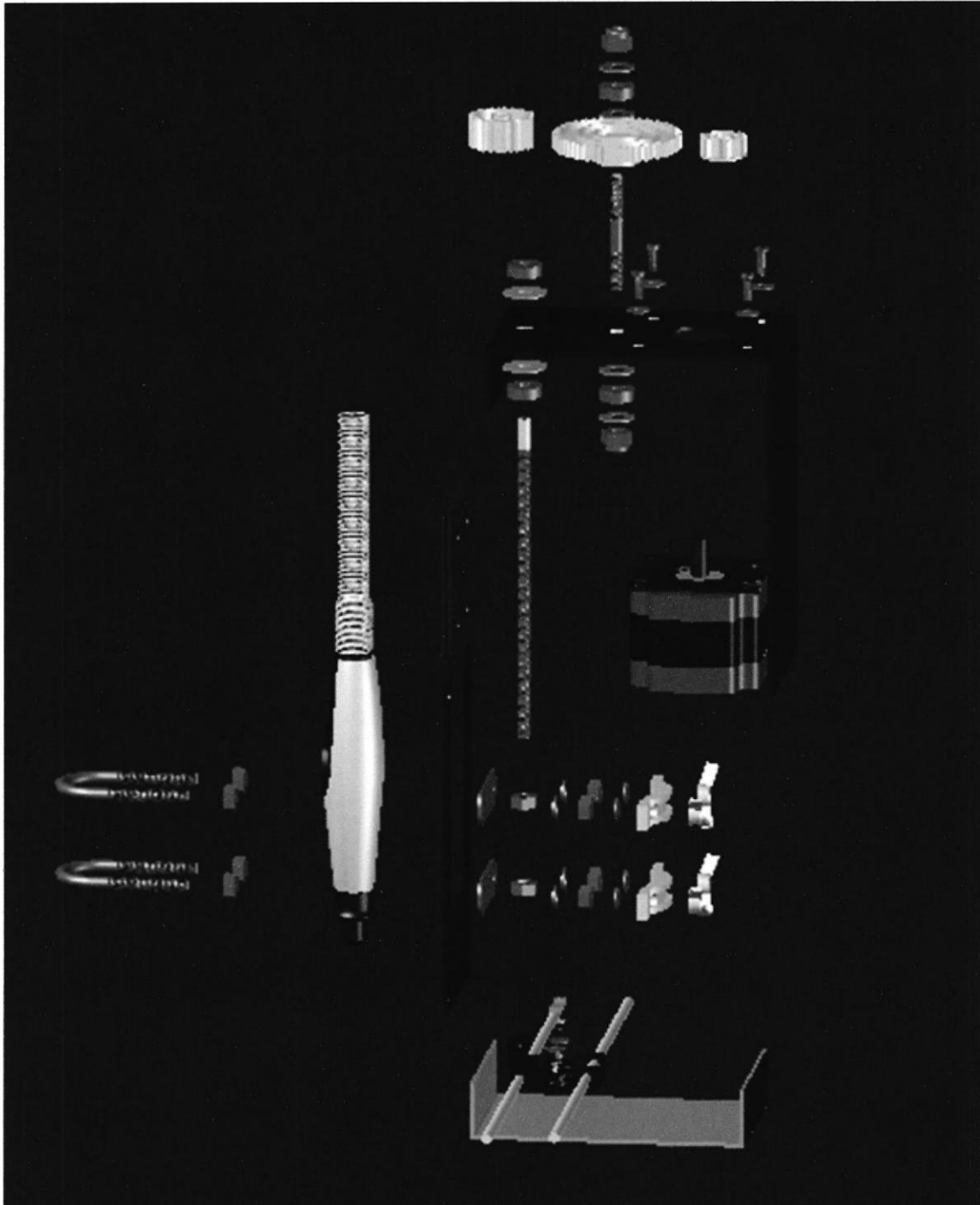


Figura 26.- Vista lateral

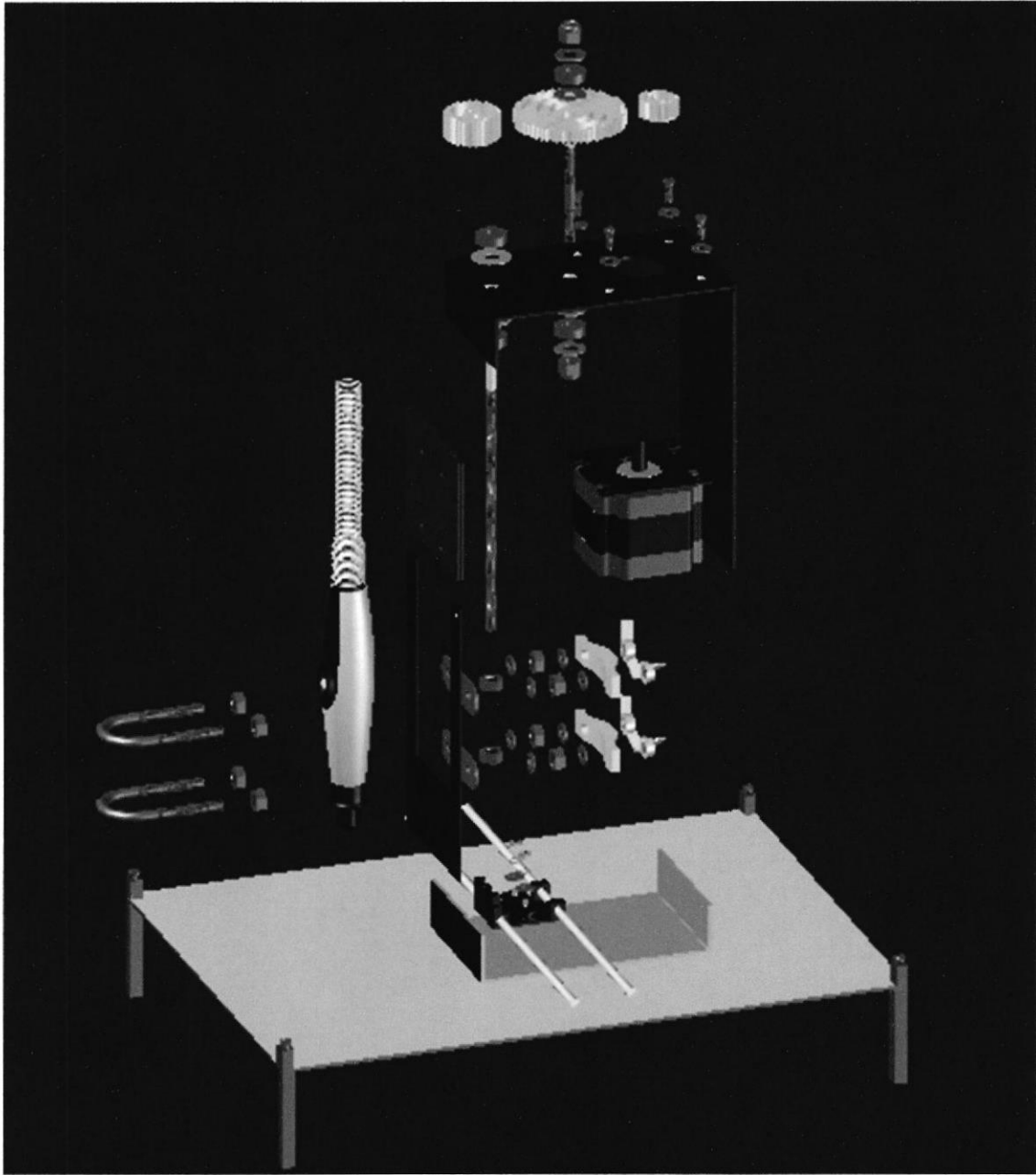


Figura 27.- Imagen final donde se observa toda la estructura desmontada junto al motor, la extensión y además con la mesa base.

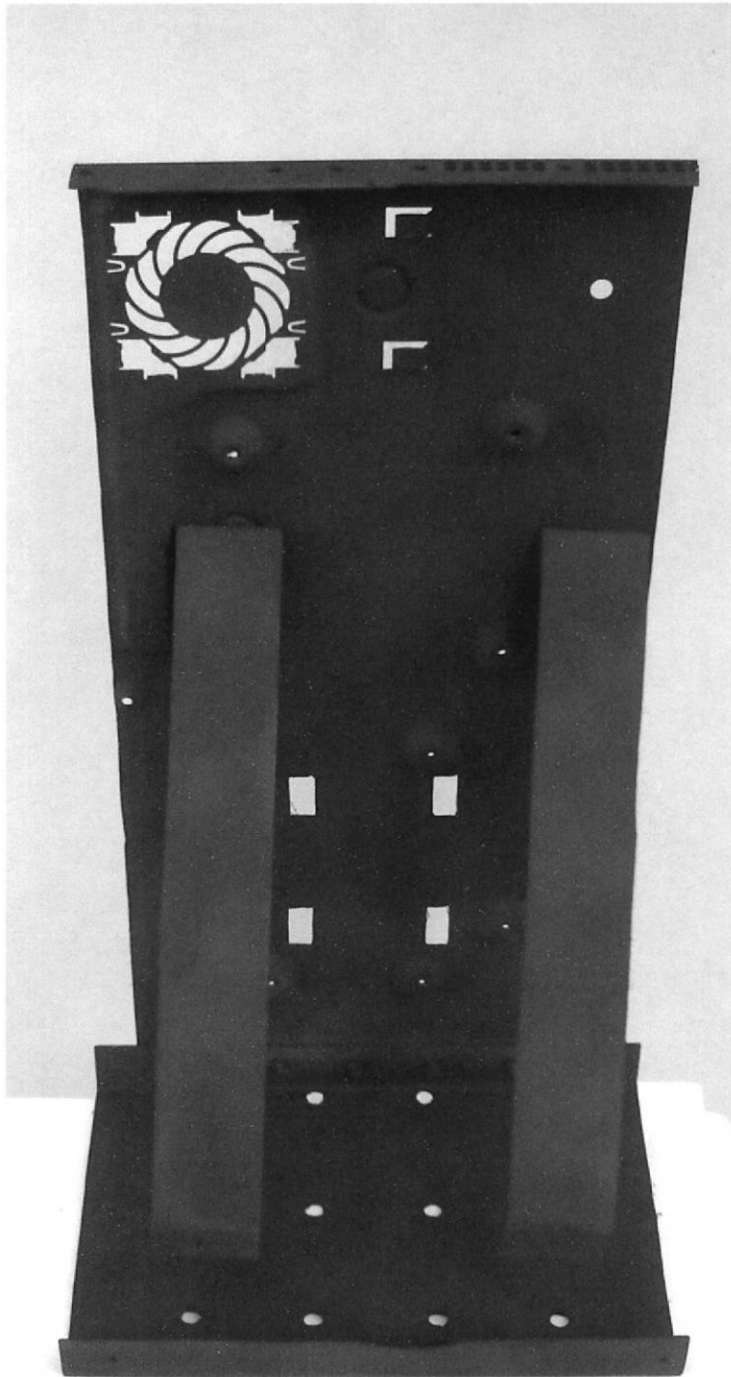


Figura 28.- Estructura metálica que sirve de base para colocar el taladro Dremel.

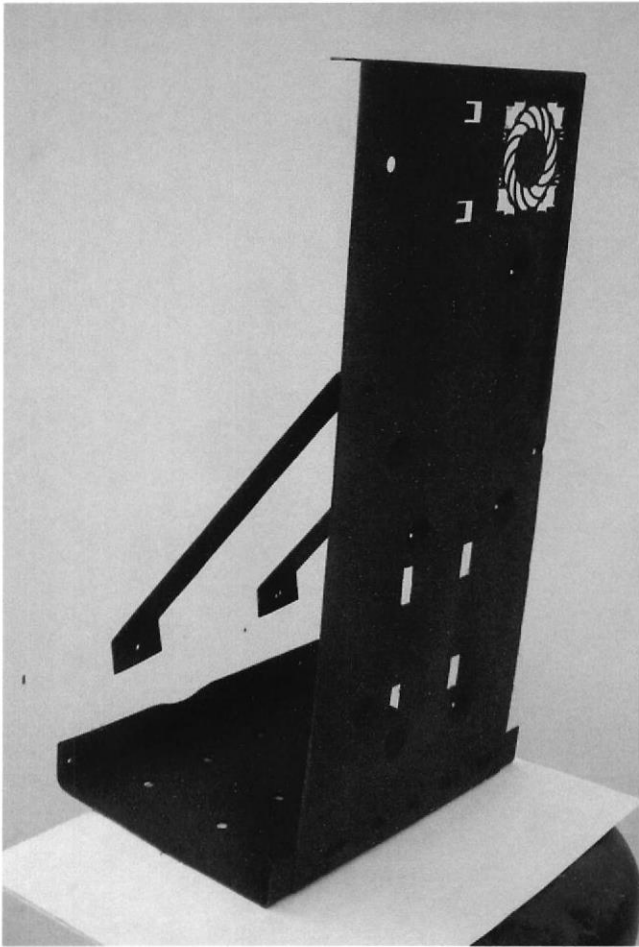


Figura 29.- Vista trasera

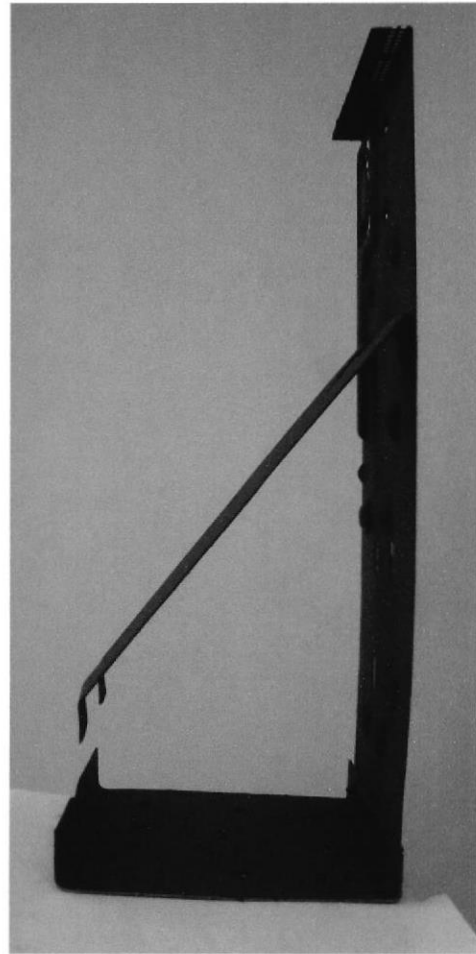


Figura 30.- Vista lateral

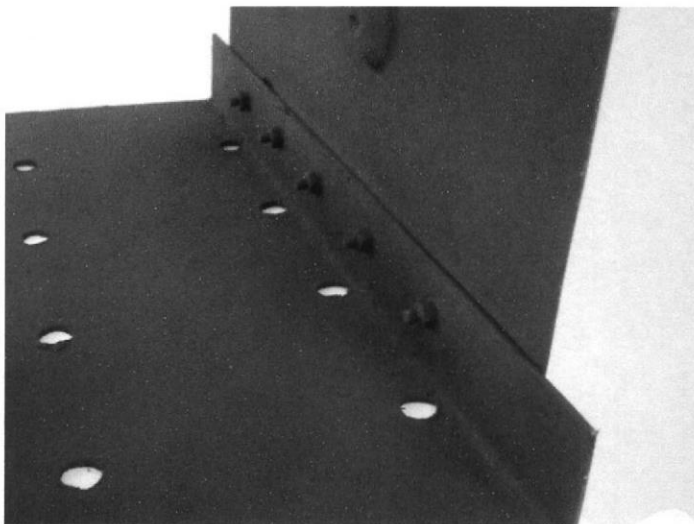


Figura 31.- Unión de las placas horizontal y vertical

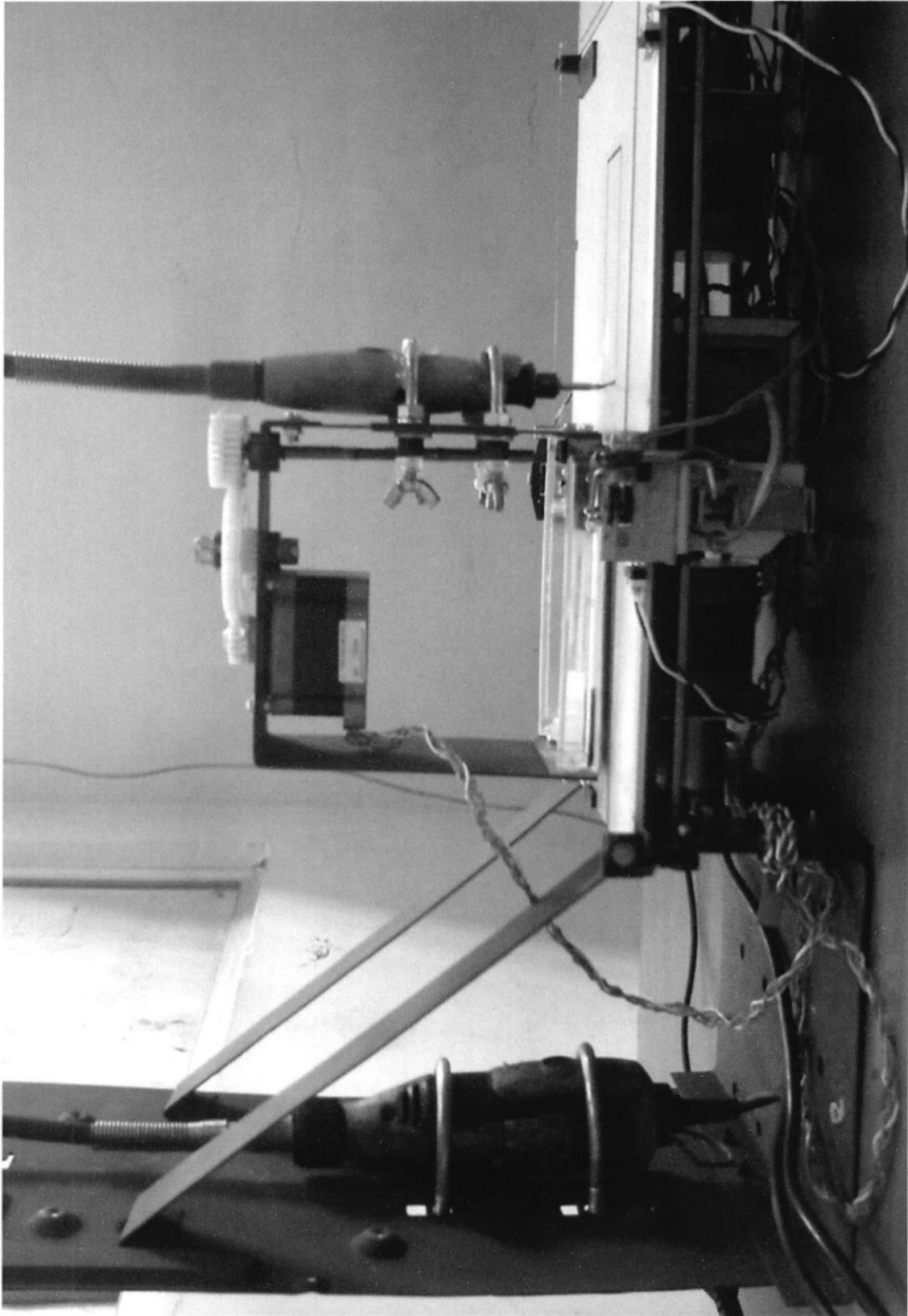


Figura 32.- Imagen real del montaje de la estructura mecánica

2.6 Materiales Mecánicos

2.6.1 Tornillos de $\varnothing 1/8''$

Se denomina tornillo a un elemento u operador mecánico cilíndrico con una cabeza, generalmente metálico, aunque pueden ser de madera o plástico, utilizado en la fijación temporal de unas piezas con otras, que está dotado de una caña roscada con rosca triangular, que mediante una fuerza de torsión ejercida en su cabeza con una llave adecuada o con un destornillador, se puede introducir en un agujero roscado a su medida o atravesar las piezas y acoplarse a una tuerca.



Figura 33

Los tornillos permiten que las piezas sujetas con los mismos puedan ser desmontadas cuando la ocasión lo requiera.

Los tornillos de $\varnothing 1/8''$ (3.06mm) fueron los más utilizados por su tamaño, su fácil localización y porque en la mayoría de elementos reciclados este era el que encajaba casi perfectamente.

2.6.2 Tuercas mariposa de $\varnothing 1/4''$ y $5/16''$

Tuerca con dos alas que se proyectan hacia arriba que permite la manipulación con la mano. Estas tuercas fueron usadas para mayor manipulación con los grilletes en forma de U porque necesitamos cierta exactitud.



Figura 34

2.6.3 Tuercas Normales de Ø 1/8" y 1/4"

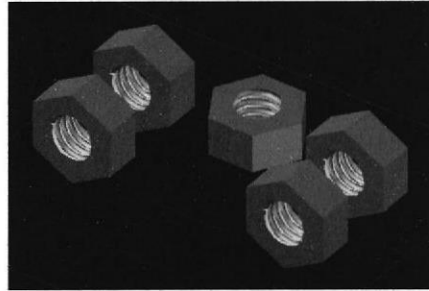


Figura 35

Una tuerca es una pieza con un orificio central, el cual presenta una rosca, que se utiliza para acoplar a un tornillo en forma fija o deslizante. La tuerca permite sujetar y fijar uniones de elementos desmontables. En ocasiones puede agregarse una arandela para que la unión cierre mejor y quede fija.

Las tuercas en este proyecto fueron usadas de varias maneras: una fue de presión junto a los tornillos para acoplar piezas metálicas, acoplar una parte de la estructura con la otra, sujetar sistemas de engranes. Estas también nos sirvieron para hacer el sistema de deslizamiento con el cual movemos la pluma del taladro en el eje z.

2.6.4 Arandelas de presión de Ø 1/8" y 1/4"

Su aspecto es similar a una arandela cortada y ligeramente abierta. Las podemos encontrar fabricadas en diferentes tipos de metal como acero galvanizado, inoxidable e incluso bronce. Estas arandelas como su nombre lo indica fueron utilizadas para generar presión en ciertas piezas con el fin de que se mantengan fijas.



Figura 36



2.6.5 Arandelas plan delgadas de Ø 1/8" y 1/4"

Una arandela plana es un disco delgado con un agujero, por lo común en el centro. Normalmente se utilizan para soportar una carga de apriete. Estas fueron usadas para soportar todas la cargas extras que ejercían sobre cada una de las piezas.



Figura 37

2.6.6 Sistema de engranajes

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina.

Los engranajes están formados por dos o más ruedas dentadas, de las cuales la mayor se denomina 'corona' y la menor 'piñón'. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas.

Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo.

De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocida como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina 'tren'.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.





En este caso usamos un tren que consta con 3 tipos de engranes (de 18 dientes con \varnothing 2cm, 27 dientes con \varnothing 3cm y 54 dientes con \varnothing 6cm) para transmitir con exactitud el movimiento del motor al tornillo roscado perteneciente al eje z, sin usar bandas ni poleas. El engrane de 18 se conecta al de 54 y este posteriormente al de 27 obteniendo la ganancia de 1/3 en Torque.

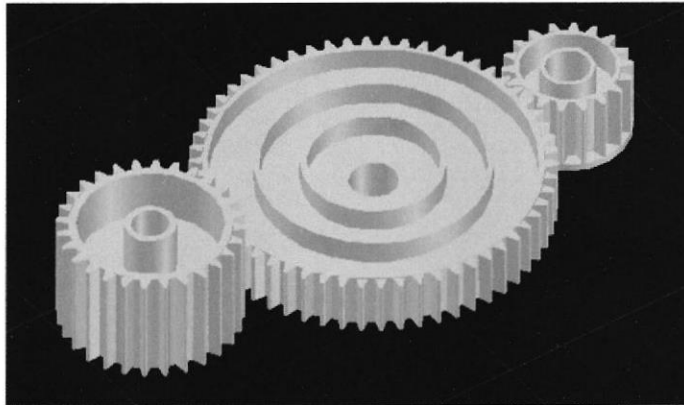


Figura 38

2.6.7 Rueda “loca”

Se caracterizan por girar libremente y pueden ser de varios tipos, en este caso nos referimos a una pequeña bola con su estructura plástica similar a la de los perfumes, desodorantes, anteojeras, etc. La cual es utilizada de soporte para la base metálica, evitando así cualquier tipo de fricción en la parte posterior de la misma debido al peso del motor.



Figura 39

2.6.8 Tornillo Roscado

También conocido como tornillo husillo, que es un tipo de tornillo largo y de gran diámetro, utilizado para accionar los elementos de apriete tales como prensas o mordazas, así como para producir el desplazamiento lineal de los diferentes carros de fresadoras y tornos, o en compuertas hidráulicas. Puede ser metálico (el material más utilizado es acero templado), de madera o PVC. En ocasiones se le menciona como tornillo sin fin.

Una parte de este fue usado para crear el deslizamiento de unas tuercas, con el fin de mover el eje z, otra parte fue usada para sostener el engrane central que hace las veces de banda porque transmite el movimiento de un lugar a otro.

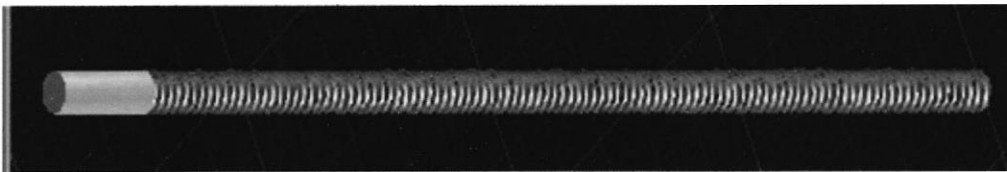


Figura 40

2.6.9 Tuercas Hexagonales con inserto de Nylon

También llamadas tuercas autoblocantes, pertenecen a ese grupo de tuercas utilizada como sistemas de seguridad en los tornillos (sin necesidad de arandela), en ellas la fijación se logra por un anillo de nylon relleno de vidrio. Tras ajustarlas no se aflojan o sueltan por las vibraciones. Su ventaja es que se trata de tuercas reutilizables sin dañar el anillo de nylon las roscas de los tornillos donde se sujetan. Además son resistentes al agua y al aceite (incluso a bajas o altas temperaturas).

Utilizadas en el tornillo roscado que sirve de eje del engrane central, para darle mayor fijación y centrarlo mejor, ya que poniendo una arandela de presión y tuerca común este se descuadra haciendo así difícil la tarea del engrane.

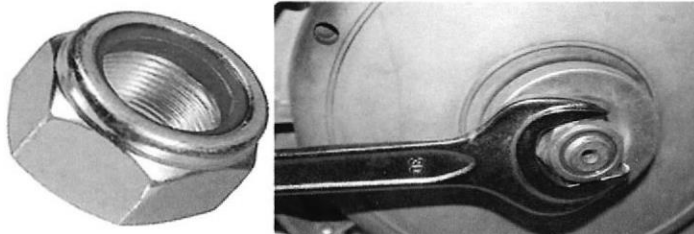


Figura 41



2.6.10 Rodamientos de \varnothing 1/8"

Un Rodamiento, también denominado rulemán o rúleman, es un tipo de cojinete, el cual es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

El elemento rotativo que puede emplearse en la fabricación del rodamiento, pueden ser: de bolas, de rodillos o de agujas.

En los rodamientos el movimiento rotativo, según el sentido del esfuerzo que soporta, pueden ser axiales, radiales y axiales-radiales.

Estos rodamientos nos ayudan a dar movimiento libremente, podría decirse sin fricción del engrane central, también nos da soporte en el desplazamiento z.

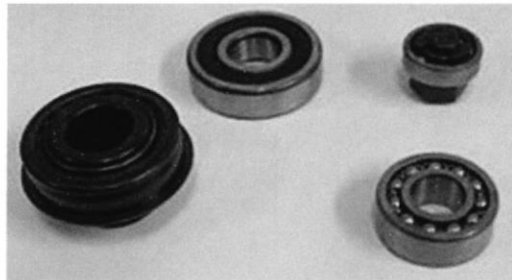


Figura 42

2.6.11 Grillete en U de \varnothing 1/8" y 1/4"

El grillete es un útil de elevación que se suele usar como pieza intermedia entre el cáncamo o gancho y la eslinga, este suele constar de una argolla y un perno.

Los grilletes en este proyecto nos ayudan a soportar en un lado la pluma del taladro y por el otro el taladro en si, también usamos un pequeño grillete en la parte superior para sostener el cable del taladro, así este no se mueva tanto y no hallan errores de movimiento al hacer la pieza.

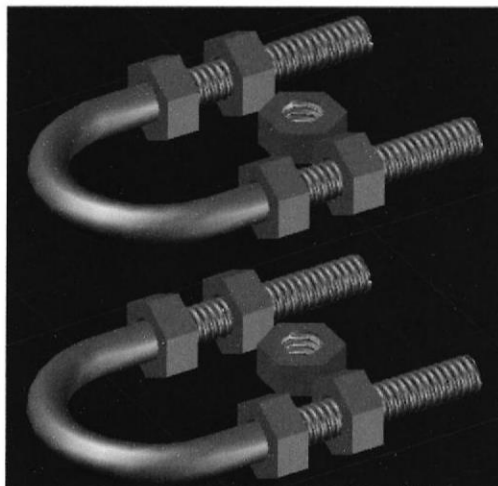


Figura 43

2.6.12 Pasadores metálicos

Un pasador es un elemento de fijación mecánica desmontable, de forma cilíndrica o cónica, cuyos extremos pueden variar en función de la aplicación. Se emplea para la fijación de varias piezas a través de un orificio común, impidiendo el movimiento relativo entre ellas.

Este tipo de elemento es usado para que no se salga en tornillo roscado al dar movimiento al soporte de la pluma, mediante el desplazamiento de las tuercas ubicadas en la parte trasera.



Figura 44

2.6.14 Finales de carrera

Dentro de los componentes electrónicos se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite"), son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito.

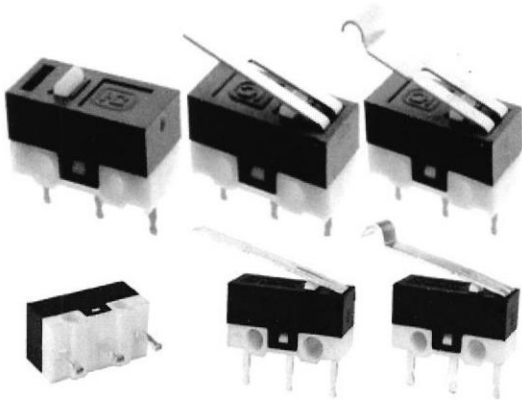


Figura 45

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Los finales de carrera están colocados estratégicamente de forma que nuestra máquina CNC no sobrepase los límites máximos del área de trabajo donde estará montada la baquelita.



2.6.15 Materiales Reciclados

2.6.15.1 Barras de estabilización

Son piezas plásticas obtenidas del reciclaje de equipos electrónicos, las cuales las hemos adaptado, perforado y manipulado a nuestra conveniencia para lograr un grado de estabilización-eliminar un efecto de vaivén- en la estructura que sostiene el eje flexible y el motor Z.

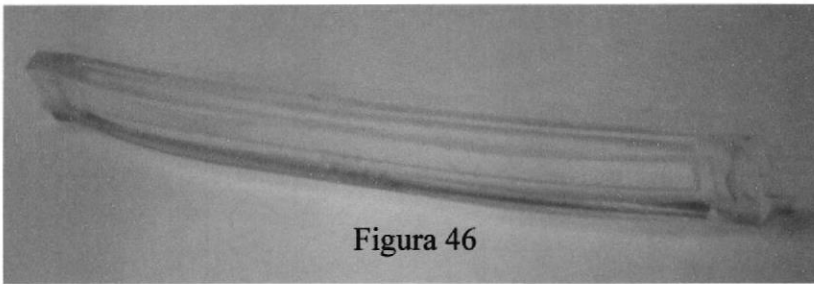


Figura 46

2.6.15.2 Barras de presión para el eje Z

Son 2 piezas plásticas obtenidas por medio de reciclaje y perforadas a nuestra necesidad, y su utilidad es proveer de ajuste y alineamiento entre las tuercas del grillete en U que sostiene la extensión rotativa del Dremel y el tornillo guía para el eje Z.

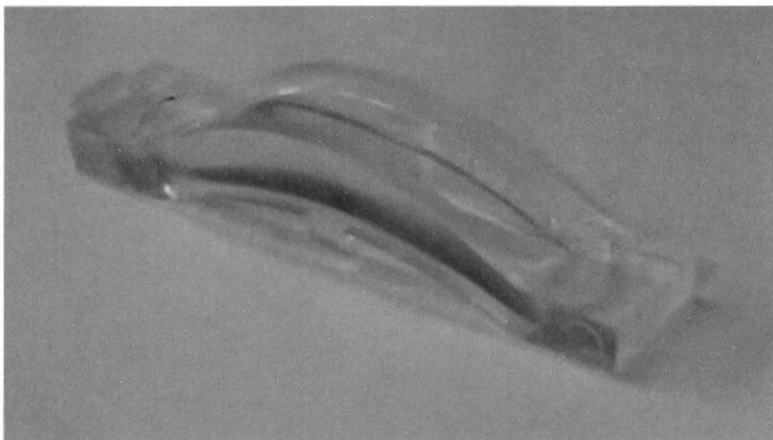


Figura 47



2.6.15.3 Láminas metálicas para estructuras soporte.

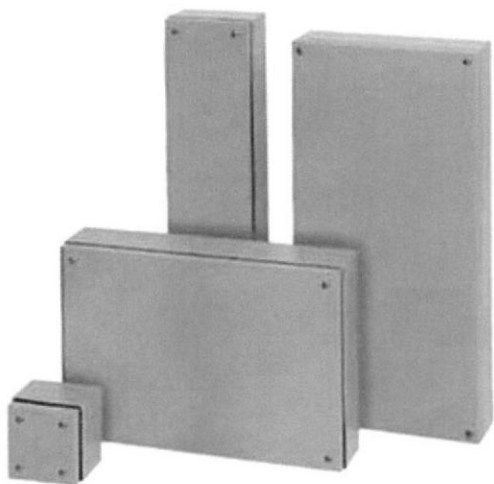


Figura 48

Se las obtuvo de las carcasas de ciertos equipos electrónicos dados de baja, su principal uso fue para diseñar todas las piezas necesarias para el montaje final de las estructuras de soporte tanto para la herramienta rotatoria como para la estructura del eje Z.

Cabe recalcar que en el proceso de fabricación de dichas piezas se utilizaron un arco de sierra para el corte de las carcasas y obtener láminas metálicas, y una dobladora para realizar el doblado de cada lámina.



BIBLIOTECA
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

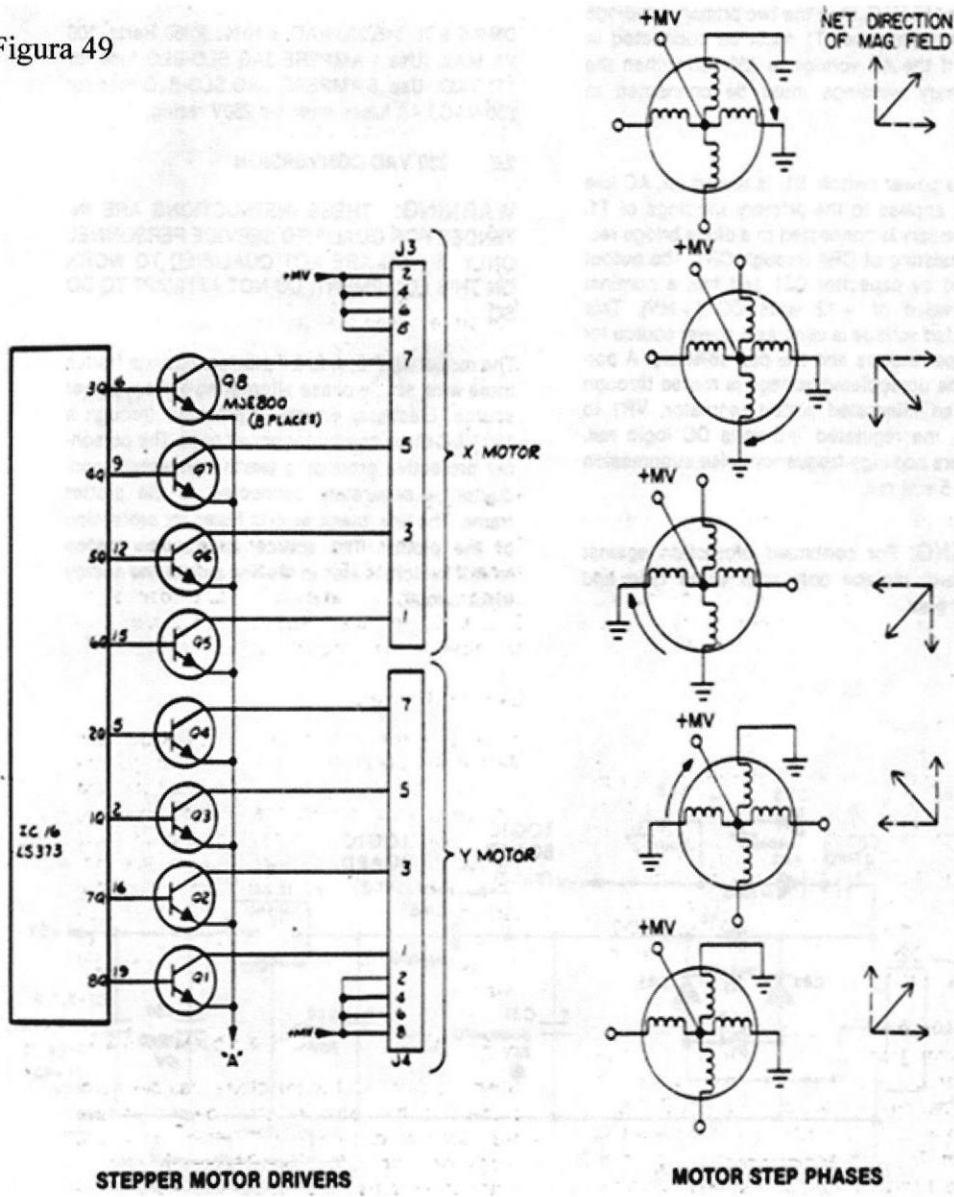


CAPITULO 3 - ELECTRÓNICA

3.1 Control electrónico implementado en los motores PAP del Plotter.

Al iniciar la parte electrónica revisamos la configuración con la que trabajaban los motores de los ejes X & Y (figura 49), de acuerdo al manual técnico estos eran controlados por señales digitales provenientes del CI 74LS373 (Flip-Flop's) y 8 transistores MJE800 (configuración de emisor común) conectados a las bobinas de cada motor: 4 para el motor del eje X y 4 para el motor del eje Y, teniendo en cuenta que los 4 cables sobrantes para cada motor son comunes de las bobinas y van conectados a 12V.

Figura 49



3.2 Drivers de corriente para máquinas CNC

Actualmente las máquinas CNC que se manufacturan por cuenta propia **requieren** que los motores paso a paso sean BIPOLARES, y para ello existen drivers exclusivos, tales como el *EasyDriver Stepper Motor Driver* o el *A4988 Stepper Motor Driver*.

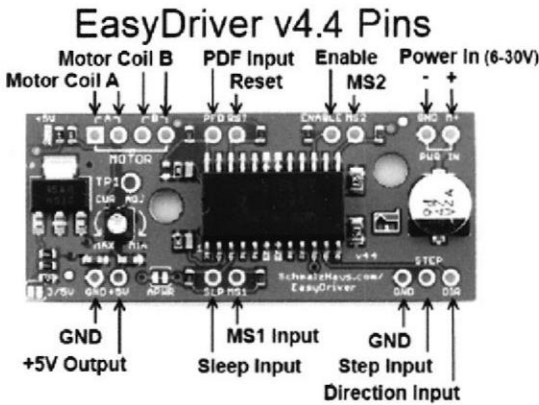


Figura 50



Figura 51

En vista que los motores de los ejes X & Y eran de 8 hilos modificamos las conexiones para que operen en modo BIPOLAR, y posteriormente procedimos a realizar pruebas con el A4988.

Los resultados no fueron muy buenos, probamos con configuraciones Bipolar paralelo y Bipolar serie obteniendo resultados desfavorables en relación a fiabilidad en el giro del motor; así que **optamos** por regresar a la configuración normal de los motores en su modo UNIPOLAR teniendo que desistir del uso del driver A4988.

De acuerdo a la información técnica, estos driver a más de amplificar corriente también requieren 3 señales de control:

- DIR** (DIRECTION-sentido de giro del motor)
- STP** (STEP-velocidad de giro)
- MR** (MASTER RESET).

Esto implicó que se deba diseñar un driver equivalente pero para controlar motores PAP UNIPOLARES.

El nuevo driver debía contener una interfaz de datos y el bloque amplificador de corriente, llegando a lo siguiente:

- Interfaz de datos.- Utilizamos el PIC 16F628A que recibe como entrada las 3 señales de control DIR, STP, RS y como salida muestra la secuencia lógica de control para motores UNIPOLARES.
Mencionar que se realizó un algoritmo que cumpla con esas especificaciones.
- Amplificador de corriente.- Puede ser a base de circuitos integrados o con elementos discretos. Más adelante se describe la selección realizada.

3.3 Driver para motores PAP Unipolares.

3.3.1 Diseño y simulación

La figura 52 muestra el diagrama esquemático del nuevo driver para los motores de los ejes X & Y, el cual está conformado por el PIC 16F628A más el amplificador de corriente ULN2003 que recibe los bits de control provenientes del PIC para enviarlos a las bobinas de los motores.

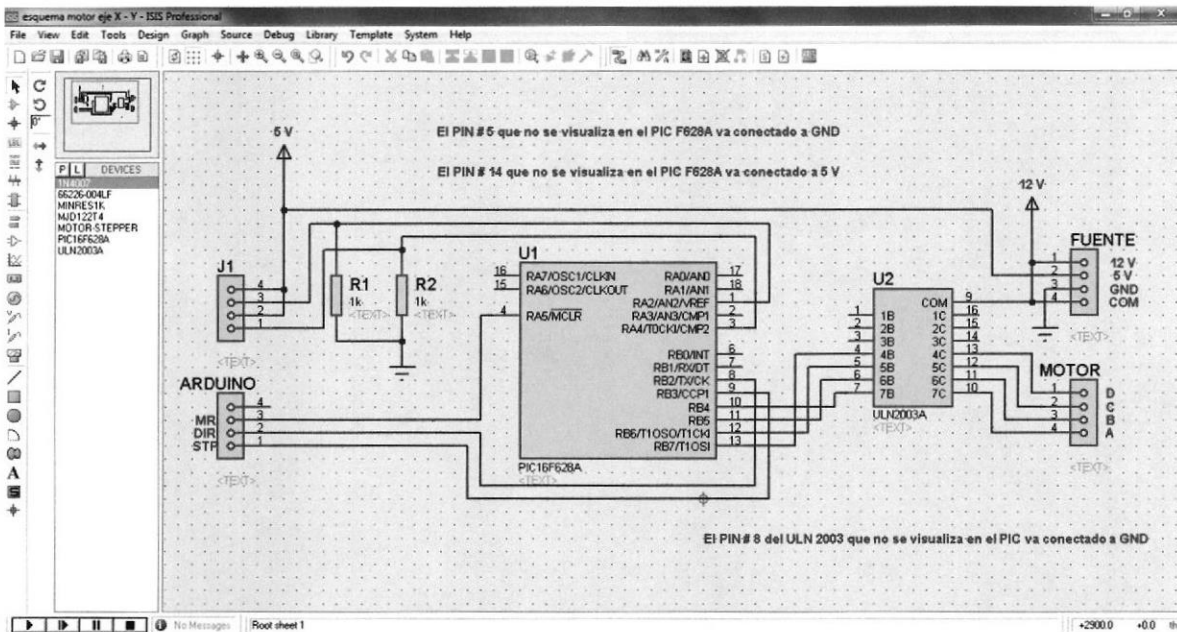


Figura 52

El conector J1 es opcional, se lo puede utilizar para setear el driver en modo UNIPOLAR Full Step o UNIPOLAR Half Step mediante el uso de jumper's.

Gracias a la herramienta de software PROTEUS simulamos el diseño y este cumplió con los requerimientos establecidos anteriormente.

Por otro lado, en la figura 53 podemos ver que el esquema para el control del motor del eje Z es distinto ya que en lugar del ULN2003 aquí utilizamos 4 transistores, debido a que este nuevo motor paso a paso exigía más corriente.

Mediante pruebas comprobamos que el ULN2003 calentaba y provocaba resultados inestables en el movimiento del motor, y para solucionar este problema realizamos la configuración de los transistores más los diodos que permiten controlar individualmente cada bobina y con un nivel de corriente más alto.



Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB, utilizando la estructura de un PLOTTER como base.

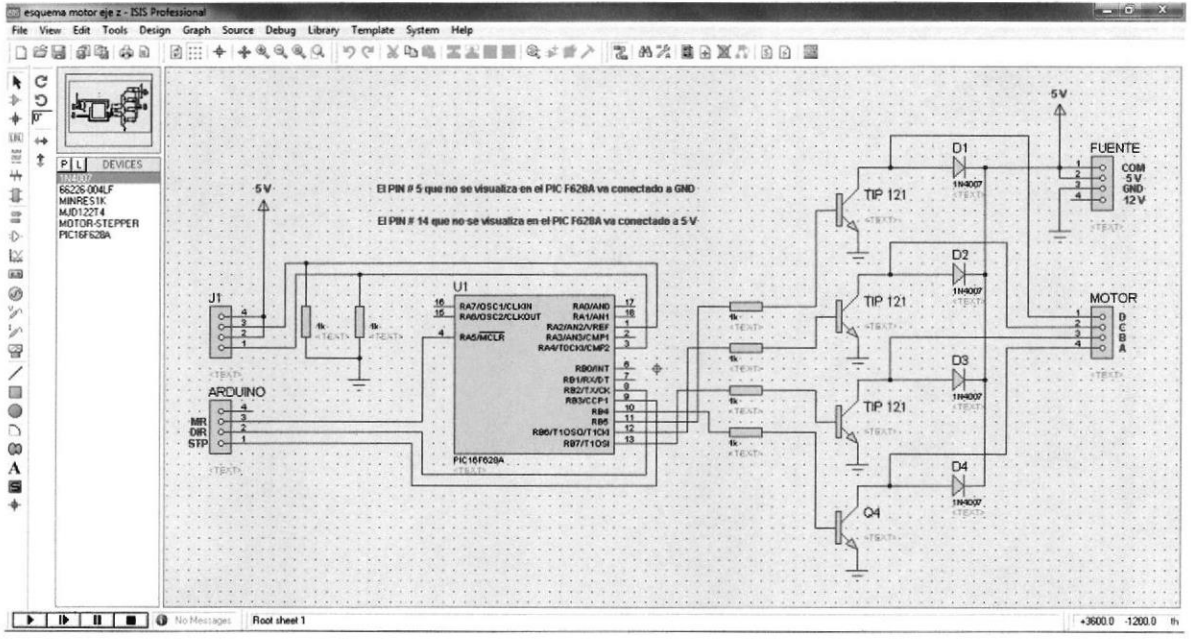


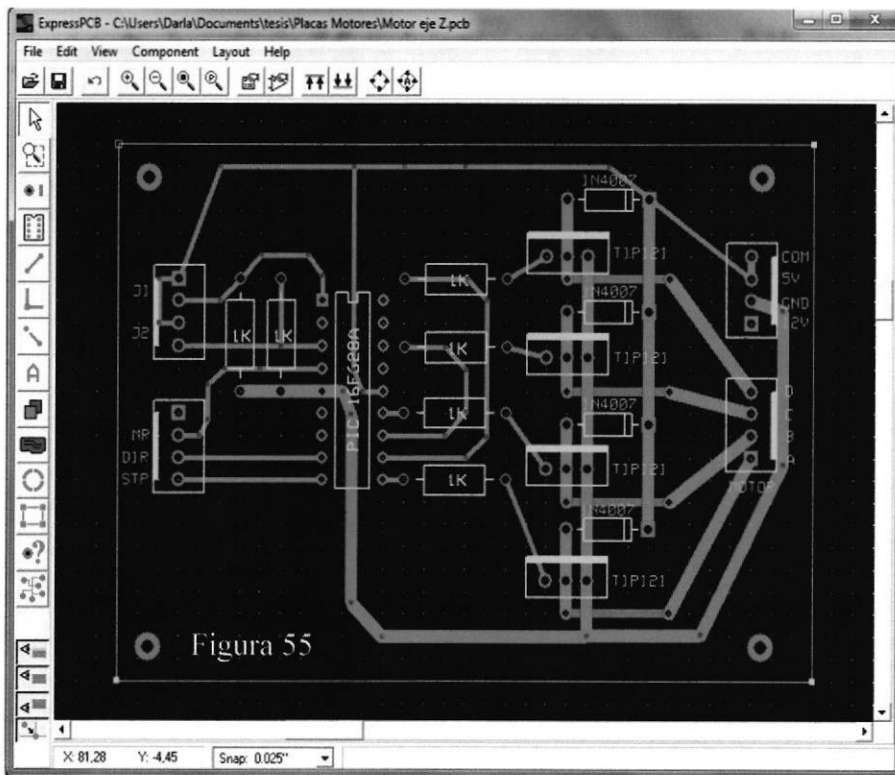
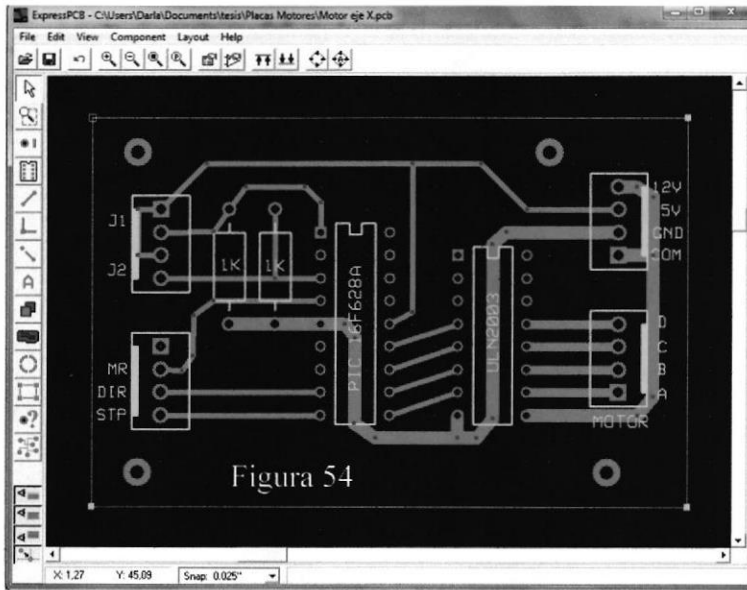
Figura 53





3.3.2 Diseño de pistas para los circuitos impresos.

Mediante el software Express Pcb procedimos a elaborar el diseño de las pistas de los drivers, la ventaja de este software es que es muy fácil de usar y los trazos se pueden hacer manualmente con la ventaja de poder colocar los componentes a nuestra conveniencia, en este caso para que el diseño físico se aproxime al diagrama esquemático anteriormente elaborado.





3.3.3 Vistas de imágenes con dimensiones reales de cada driver

Lado de las pistas - motores eje X&Y

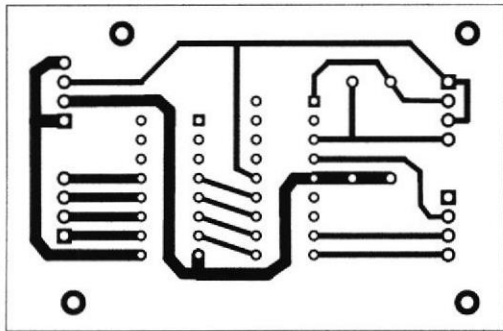


Figura 56

Lado de los componentes

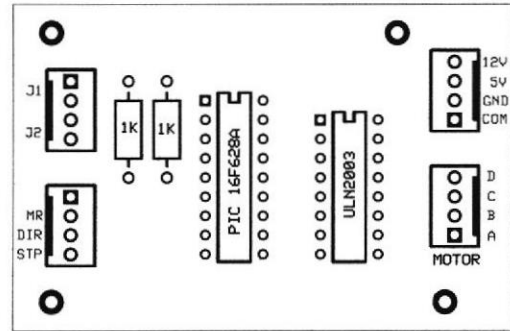


Figura 57

Lado de las pistas – motor eje Z

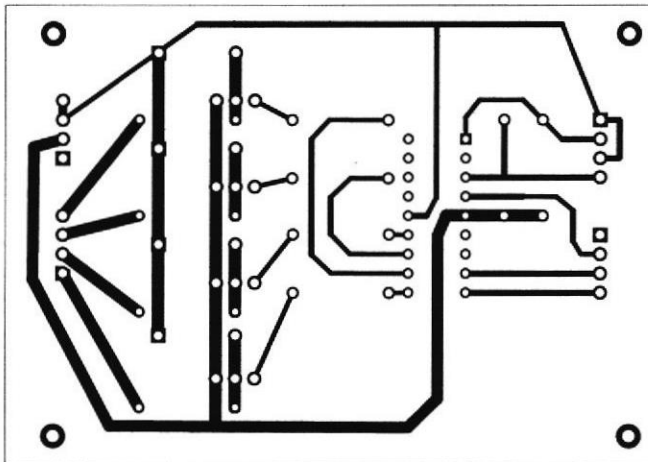


Figura 58

Lado de los componentes

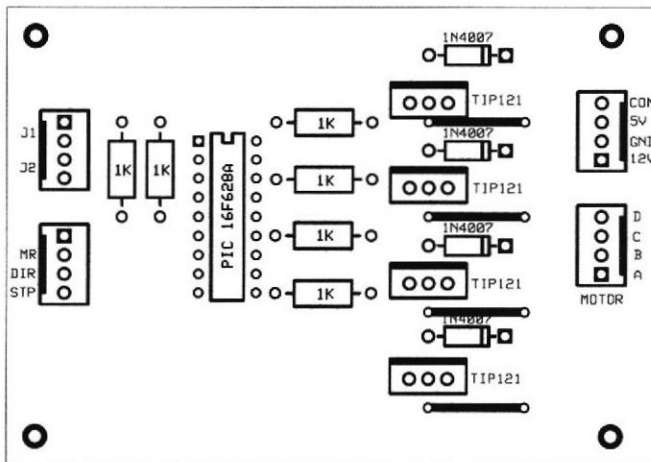


Figura 59



3.3.4 Elaboración de placas electrónicas

Un circuito impreso, tarjeta de circuito impreso o PCB (del inglés printed circuit board), es una superficie constituida por caminos o pistas de material conductor laminadas sobre una base no conductora.

El circuito impreso se utiliza para conectar eléctricamente a través de los caminos conductores, y sostener mecánicamente por medio de la base, un conjunto de componentes electrónicos. Los caminos son generalmente de cobre mientras que la base se fabrica de resinas de fibra de vidrio reforzada (la más conocida es la FR4), cerámica, plástico, teflón o polímeros como la baquelita.

Existen muchas formas para elaborar un PCB, en nuestro caso lo haremos por el método del Rotulado, esto implica disponer de un marcador de tinta indeleble y una regla para hacer los trazos y la placa de baquelita virgen, la idea es que la tinta debajo del cobre le de forma a las pistas conductoras.

Las placas de circuito impreso construidas se muestran a continuación, mientras que en el anexo A está el detalle de todo el procedimiento utilizado para su elaboración.

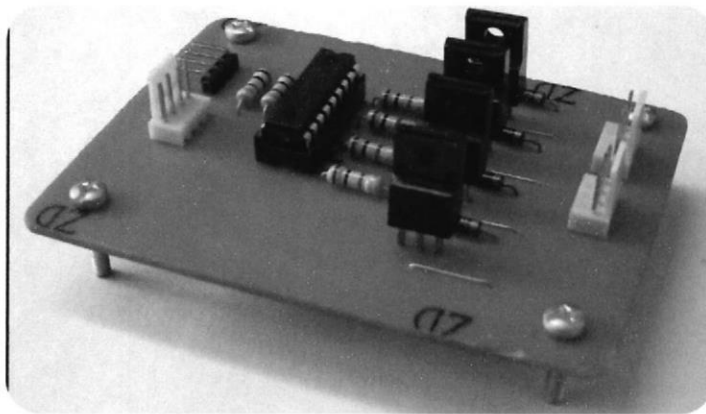


Figura 60.- Driver para el motor del eje Z

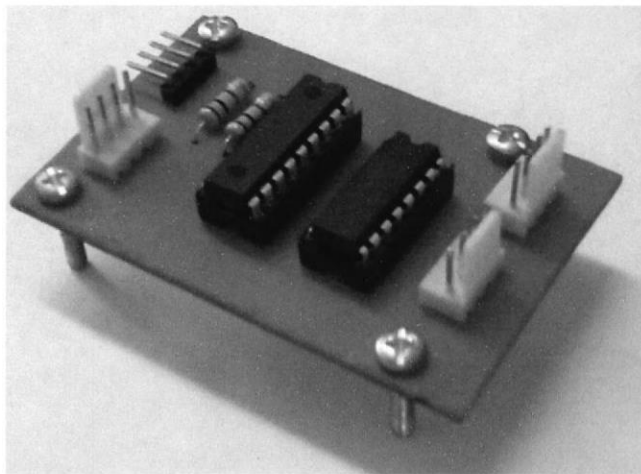


Figura 61.- Driver para los motores de los ejes X & Y



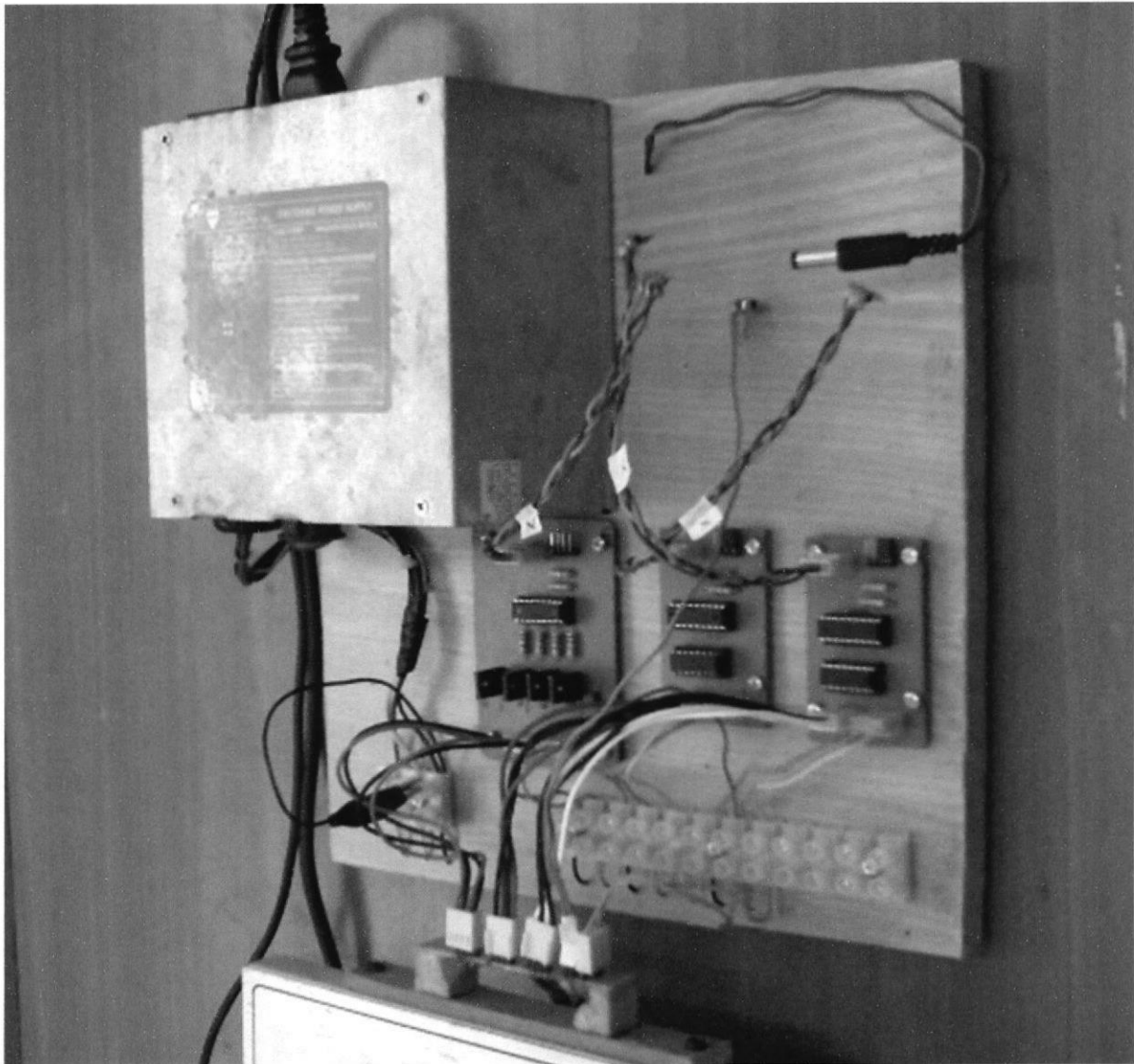


Figura 62.- Imagen real de la parte electrónica



Escuela Superior Politécnica de Loja
Carrera de Ingeniería en Mecánica



3.4 Recursos de Software y Hardware

3.4.1 Proteus

Es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics que consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra.

De este paquete de programas utilizamos el ISIS, Intelligent Schematic Input System (Sistema de Enrutador de Esquemas Inteligente) permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se deseamos realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.



Figura 63

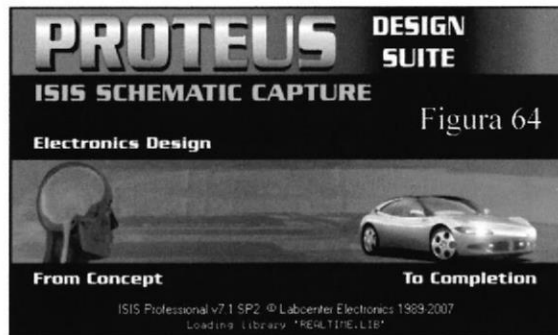


Figura 64

3.4.2 ExpressPCB

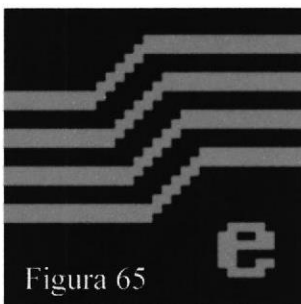


Figura 65

Es una herramienta gratuita muy fácil de aprender y usar, este software posee dos partes que incluye el ExpressSCH para dibujar esquemas y el ExpressPCB para el diseño de las placas de circuitos, que es el que hemos utilizado.

Este software posee una variedad de herramientas prácticas y fáciles de manejar, y nos brinda un entorno de trabajo que es gentil con el usuario debido a que posee puntos guías para la colocación de los elementos que van a formar parte de la placa, así mismo estos nos ayudan a determinar o modificar el

espacio de trabajo sin mayor complicación ya sea simplemente maniobrando las esquinas o por medio de ingresos de coordenadas.

También las bibliotecas de elementos tienen un buscador rápido con solo seleccionar el tipo de elemento o serie del mismo, otra ventaja que nos proporciona es que si requerimos de elementos que la biblioteca no posea el programa nos brinda la oportunidad de poder armarlos nosotros mismos y guardarlos para un próximo uso.



3.4.3 MikroC PRO for PIC



Figura 66

Es un potente compilador C para micro controladores PIC de Microchip. Está diseñado para el desarrollo, construcción y depuración de aplicaciones embarcadas basadas en PIC.

Este ambiente de desarrollo tiene una variedad de características como IDE fácil de usar, código compacto y eficiente, bibliotecas de software y hardware, documentación completa, simulador de software, soporte al depurador de hardware, generación de archivos COFF y mucho más.

3.4.4 PICkit-2



Figura 67

Es una herramienta abierta de bajo costo, de programación y debugging (depuración) en tiempo real para una amplia variedad de microcontroladores de Microchip. Entre ellas podemos citar PIC10F, PIC12F, PIC16F), PIC18F, PIC24F, PIC24H, dsPIC30F, dsPIC33F y PIC32F.

En lo cual interviene un **hardware** el cual se trata de una placa principal que se conecta a la computadora por USB para la grabación del microcontrolador.

3.5 Materiales Electrónicos

3.5.1 Espadines o tiras de postes

Tiras de postes machos y hembras, dobles y sencillos, normales y torneados, de patilla corta y larga, DIP y SMD. Estos espadines son de utilidad para mejorar la conexión entre los motores y finales de carrera con la placa electrónica de control.



Figura 68

3.5.2 Conectores MOLEX para circuito impreso.

Conectores macho y hembra de distintos tamaños, rectos y acodados para conexión sobre circuitos impresos. Utilizados para facilidad y orden al momento de conectar varios cables con las distintas placas.



Figura 69

3.5.3 Bornes de conexión

En un borne de 6 mm es posible integrar mucho más que la función de conexión. Las regletas de bornes son un elemento perfecto para combinar mecanismos de conexión tradicionales y electrónica de elevada eficiencia.

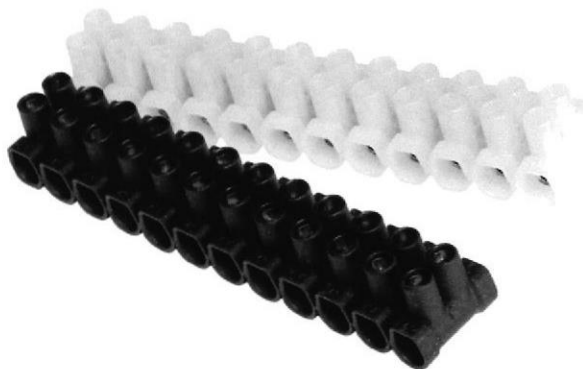


Figura 70

3.5.4 Resistencias

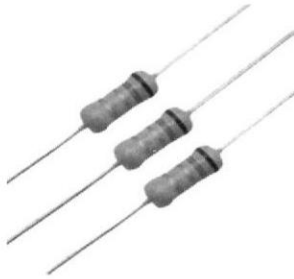


Figura 71

Es un elemento hecho de carbón o cerámica que ofrece mayor o menor oposición a los electrones para que no se desplazasen con facilidad a través de un conductor.

Las más utilizadas en el proyecto fueron las de 1 K Ohm.

3.5.5 Diodos semiconductores



Figura 72

Un diodo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un sólo sentido. Este término generalmente se usa para referirse al diodo semiconductor, el más común en la actualidad; consta de una pieza de cristal semiconductor conectada a dos terminales eléctricos.

3.5.6 Transistores Bipolares BJT

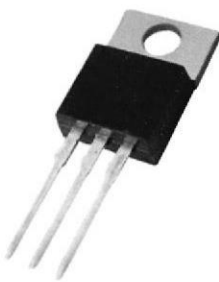


Figura 73

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. El término «transistor» es la contracción en inglés de transfer resistor («resistencia de transferencia»). Actualmente se encuentran prácticamente en todos los aparatos electrónicos de uso diario: radios, televisores, reproductores de audio y video, relojes de cuarzo, computadoras, lámparas fluorescentes, tomógrafos, teléfonos celulares, etc.

Estos transistores(TIP 121) junto a los diodos(1N4007) conforman el bloque amplificador de corriente para el motor del eje Z, y la razón es porque este motor consume una corriente superior a los 500mA que proporciona el ULN 2003.

3.5.7 Fuente de alimentación.

Indispensable para la polarización de los circuitos de control y alimentación de los motores. Se utilizó una fuente de poder de computadora (fuente conmutada) debido a que este tipo de fuente proporciona los 2 niveles de voltaje que se necesitan: 12V y 5V, además, proporciona una mayor corriente de salida en comparación con una fuente de poder lineal.

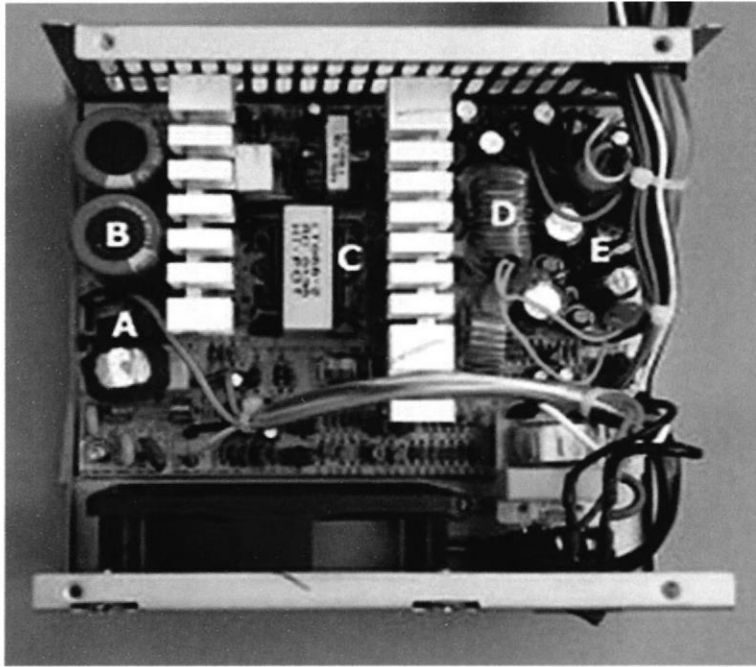


Figura 74

3.5.8 Circuito integrado ULN 2003

Este chip de 16 pines posee internamente siete transistores Darlington NPN, y sus principales características son el poder controlar altos voltajes, disponer de diodos de protección para la conmutación de cargas inductivas, soporta hasta 500mA por salida.

Se implementó este CI como amplificador de corriente para el control de los motores de los ejes X & Y. La hoja de datos se encuentra disponible en el Anexo B.



Figura 75





3.5.9 Microcontrolador PIC16F628A .

Este chip de 18 pines actúa como interface entre los datos de control y los amplificadores de corriente para los motores paso a paso.

Este CI ha sido programado para recibir los datos provenientes del módulo ARDUINO (pines de RESET, DIRECTION y STEP) y convertirlos en la secuencia lógica de control para el giro de los motores.

La información técnica relacionada a los microcontroladores y en especial al PIC16F628A se encuentra disponible en el Anexo C.

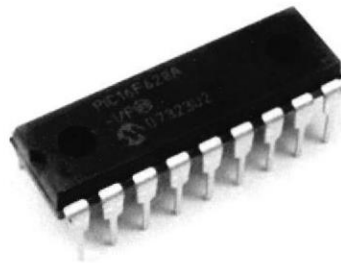


Figura 76



CAPITULO 4.- Proceso de Mecanizado

4.1 Introducción

Según las características geométricas de las piezas a fabricar y las propiedades de sus materiales requeridas, existe una gran variedad de procesos de fabricación.

Este Mecanizado se distingue en dos tipos: Dividir (cortar, entallar) y Arrancar (torneado, taladrado).



Figura 77

El proceso de fabricación mediante mecanizado consiste en arrancar en forma de virutas o partículas, el exceso de material de un semiproducto, utilizando las máquinas y herramientas cortantes adecuadas, para conseguir la geometría de la pieza deseada y las especificaciones planteadas.

La obtención de las dimensiones y geometría definitiva de una pieza mediante el arranque de viruta, se realiza partiendo de semiproductos fabricados por fundición, forja, laminación o por pulvimetalurgia, a los que, en algunos casos, se les han efectuado operaciones previas de doblado, soldadura u otras.

Debido a que en ocasiones el mecanizado resulta ser un procedimiento bastante caro, la fabricación total de piezas por fundición, por deformación o por polvos metálicos, está siendo utilizada en mayor proporción.

4.2 Procedimientos empleados

Las máquinas herramientas para efectuar el mecanizado se basan en los siguientes procedimientos:

- Mediante cuchillas.
- Mediante abrasivos.
- Mediante chispas eléctricas.
- Mediante ultrasonidos.
- Mediante un chorro electrónico que volatiliza el material.
- Mediante electrólisis dirigida.





Exceptuando el corte mediante cuchillas, en el que el material arrancado aparece formando tiras fragmentadas (si este es frágil) o continuas (si este es muy dúctil), en el resto de procedimientos se desprenden pequeñísimas partículas.

Mientras que el arranque de viruta o partícula se realiza mediante la penetración de una herramienta, cuyo material es de mayor dureza que el de la pieza a cortar. Este enclavamiento ocurre mientras se efectúa el movimiento relativo entre la pieza a trabajar y la herramienta de corte.

4.3 Tipos de movimientos

Básicamente se dan 3 tipos de movimientos:

- Movimiento de corte,
- Movimiento avance, y
- Movimiento de alimentación.

4.3.1 Movimiento de corte

Es el que permite que la herramienta penetre en el material, produciendo viruta, y se identifica a través del parámetro Velocidad de corte.

4.3.2 Movimiento avance

Es el desplazamiento del punto de aplicación de corte, identificado a través del parámetro Velocidad de avance.

4.3.3 Movimiento de alimentación

Es con el que se consigue cortar un espesor de material, identificado a través del parámetro Profundidad de pasada.

La herramienta y la pieza se fijan a la máquina, esta última es la encargada de transmitirle a las primeras, el movimiento de corte y el de avance, ya sean de rotación o traslación, indistintamente, dependiendo del tipo de trabajo a realizar y de la máquina que lo ejecuta.

Por ejemplo en un torno universal, el movimiento de corte lo ejecuta la pieza cuando gira, el movimiento de avance es el desplazamiento de la herramienta en la dirección longitudinal o transversal, y por último el de alimentación, esta última lo realiza en la dirección perpendicular al de avance.



4.4 Tipos de Mecanizado

Según el acabado superficial con el que se ha de obtener la pieza terminada, se distinguen tres tipos de mecanizado:

Desbastado,

Acabado, y

Súperacabado o rectificado.

4.4.1 Desbastado

El material eliminado es del orden de milímetros o décimas de milímetros, cuya finalidad es aproximar las dimensiones de la pieza a la medida final, en el menor tiempo posible desplazando la cuchilla de corte con altas velocidades de avance y de corte.

4.4.2. Acabado

Con el objetivo de obtener, no solo las medidas finales de la pieza, sino también poca rugosidad en la superficie, el material eliminado es del orden de centésimas de milímetro utilizando cuchillas de corte que trabajaran con velocidades de avance bajas y velocidades de corte más altas que en el desbaste.

4.4.3 Súperacabado o rectificado

Con la finalidad de alcanzar medidas muy precisas y buen acabado superficial, el material rebajado es del orden de milésimas de milímetro y las velocidades de avance y de corte, con que se trabaja son muy altas, desprendiéndose partículas de material por abrasión.

Teniendo en cuenta el tipo de pieza a elaborar, la operación a aplicar, el acabado requerido y la máquina que lo realiza, existen diversos procesos de mecanizado, de los cuales en la tabla se muestran los más usuales.

4.5 Fresas utilizadas para el proceso de Mecanizado por arranque de viruta.

La primera fase del proyecto consistía en colocar las fresas en el taladro; las fresas utilizadas en las diferentes pruebas fueron:



Figura 78

La fresa 106 de calidad DREMEL está diseñada para grabar, tallar y fresar detalles en madera, fibra de vidrio, plástico y metales blandos.

Diámetro del vástago: 3,2 mm

Diámetro de trabajo: 1,6 mm

Máximas rpm: 35.000 rpm



Figura 79

Las fresa 118 de alta velocidad DREMEL se puede utilizar para conformar, vaciar, acanalar, ranurar y hacer agujeros cónicos en metales blandos, plásticos y maderas.

Diámetro del vástago: 3,2 mm

Diámetro de trabajo: 3,2 mm

Máximas rpm: 30.000 rpm



4.6 PRUEBAS Y RESULTADOS

Para el desarrollo de las pruebas utilizamos como apoyo secuencias provenientes de un circuito electrónico para controlar los 3 motores usando como interface los driver's.

La primera prueba sirvió para determinar el rendimiento de la máquina diseñada, comprobamos que el movimiento de los tres ejes fueron coordinados, además, confirmamos que la fresa número 106 realizaba el proceso de desbaste con un grosor mayor que la fresa número 118 (figura 80).

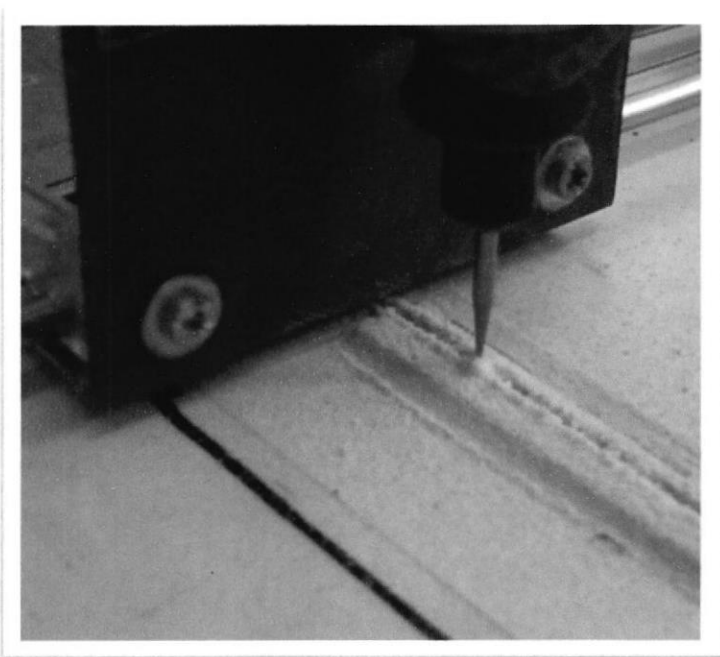


Figura 80

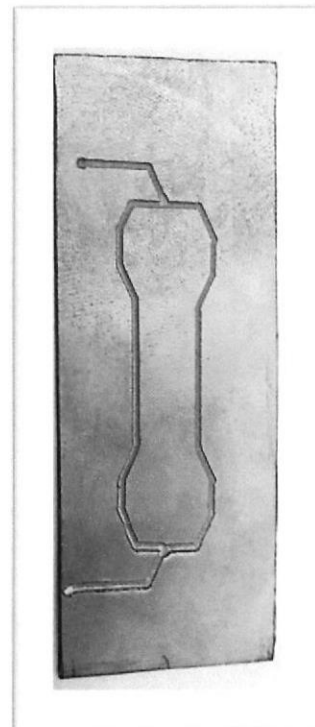


Figura 81

La siguiente prueba consistió en el diseño de diferentes figuras, esto nos permitió apreciar la precisión de nuestra máquina para el trazado de figuras geométricas (polígonos) en la baquelita sin necesidad de "dibujarlas" con un marcador y regla y menos aún utilizar ácido (figura 81).

Cabe recalcar que para la realización de las pruebas, colocamos un adhesivo doble faz, cuya función era de fijar la placa y así cuando se realice el mecanizado este permanezca firme y no exista ningún tipo de movimiento que produzca errores que alteren la imagen al graficar.



En la figura 82 se muestran 2 placas de circuito impreso utilizadas con el mismo fin, la placa de la izquierda es la original de la que realizamos una réplica exacta, que la podemos apreciar en la imagen de la derecha, donde se muestran los resultados obtenidos, en esta placa observamos que las líneas son continuas incluso en el cambio de trayectoria donde se van formando los ángulos para darle forma a la figura mecanizada, en la cual actuaron los tres ejes en conjunto (X, Y, Z), pudiendo comprobar el grado de exactitud que hemos conseguido en las ubicaciones.

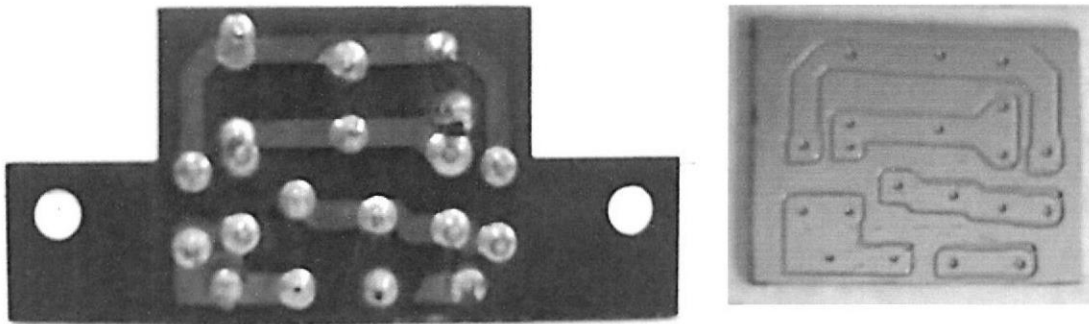


Figura 82





CONCLUSIONES

- Obtuvimos la estructura para la posterior implementación de un ROUTER CNC, realizando modificaciones mecánicas y electrónicas en la estructura de un PLOTTER Houston Instrument's reciclado. En la primera estructura que hicimos de madera, nos dimos cuenta que el motor encargado del movimiento del eje Z era muy pesado y debía ir en la parte posterior de la estructura para balancear el peso y también que no influyera con vibraciones en el momento del arranque de viruta.
- Realizamos análisis detallados de cada segmento móvil del PLOTTER, esto nos proporcionó información útil para implementar cambios en el diseño de partes mecánicas hasta llegar a la estructura final que sirvió de soporte para las herramientas del proceso de mecanizado.
- Diseñamos un control electrónico eficiente, desarrollamos Driver's a partir del estudio detallado y realizado sobre el funcionamiento de cada elemento en cuestión, Se construyeron tres driver's, de los cuales dos fueron para controlar los motores PAP en los ejes (x , y) mediante el microcontrolador PIC16F628A y con un ULN2003 (conjunto de transistores Darlington) , y el eje z con el mismo microcontrolador pero la parte de amplificación de corriente implementada con elementos discretos(transistores, diodos, resistencias) ya que nos dimos cuenta que el motor de este eje demandaba más corriente que los otros.
- Con este tipo de máquina esperamos de alguna u otra manera contribuir en la disminución del impacto ambiental (ya que no se utilizan químicos de por medio) gracias a que se utiliza el proceso del mecanizado por arranque de virutas, esto a su vez permitirá crear PCB's de manera ágil y con un acabado geoméricamente uniforme.

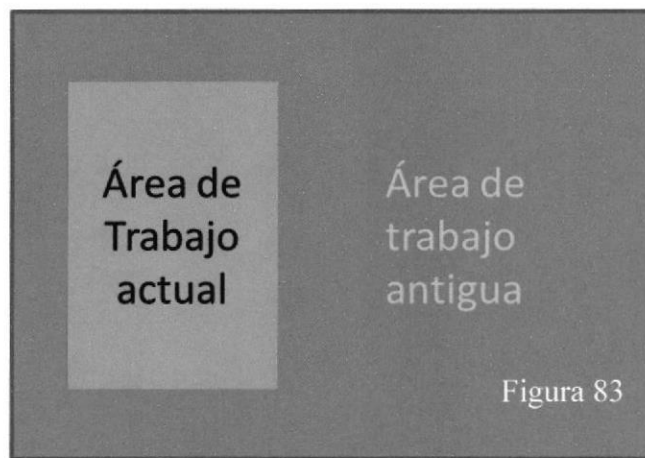




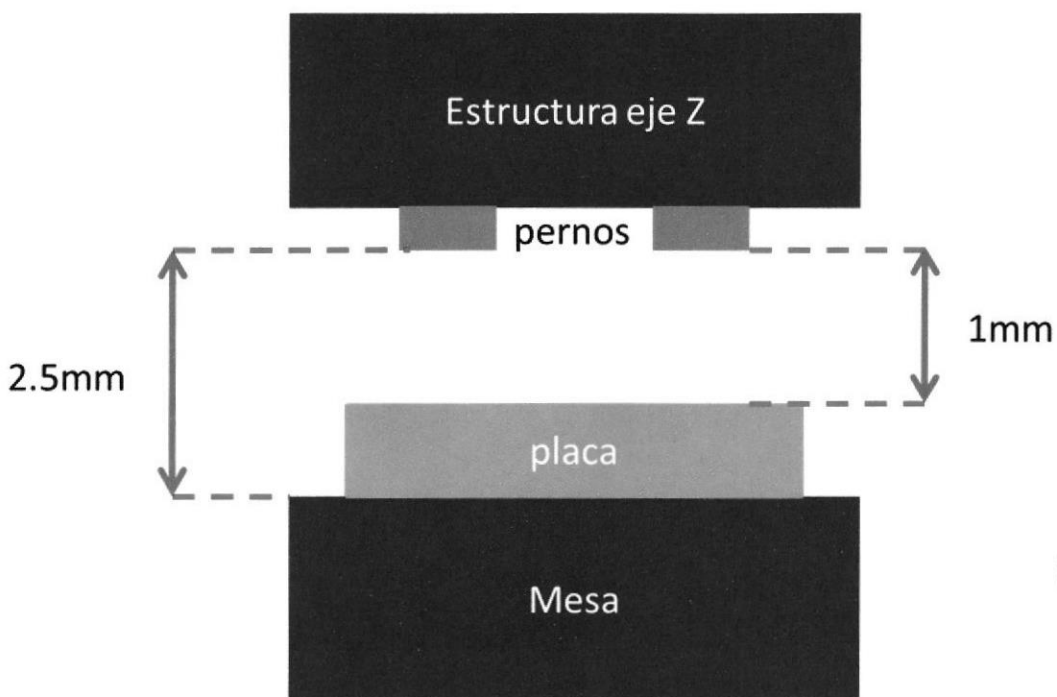
LIMITACIONES

Debido a que es un rediseño de un plotter, tenemos que tomar en cuenta algunas limitaciones, tales como:

- Área de trabajo.- teniendo en cuenta la estructura para el eje Z que se implementó, como consecuencia se obtuvo una reducción del espacio de trabajo, teniendo como medidas finales en Y: 5.1" & X: 5.5" .



- Altura.- a diferencia de las otras máquinas personalizadas esta no permite perforar las placas diseñadas, ya que la distancia de trabajo entre la mesa y la estructura del eje Z es de 2.5 mm, y al colocarle la placa esta se reduce 1mm.



- El nivel de la mesa.- como podemos visualizar en la imagen los niveles colocados en puntos estratégicos de la mesa indican pequeñas desviaciones, dando como resultado que el mecanizado no sea 100% uniforme.



Figura 85.- Nivel de la Mesa



- Desplazamiento lineal de los ejes X, Y.- De acuerdo a pruebas realizadas, por cada revolución efectuada por los motores linealmente se daba un desplazamiento de 5cm, considerando que en otras máquinas el desplazamiento por cada revolución es de 1mm lo que las convierten en máquinas de mayor precisión.

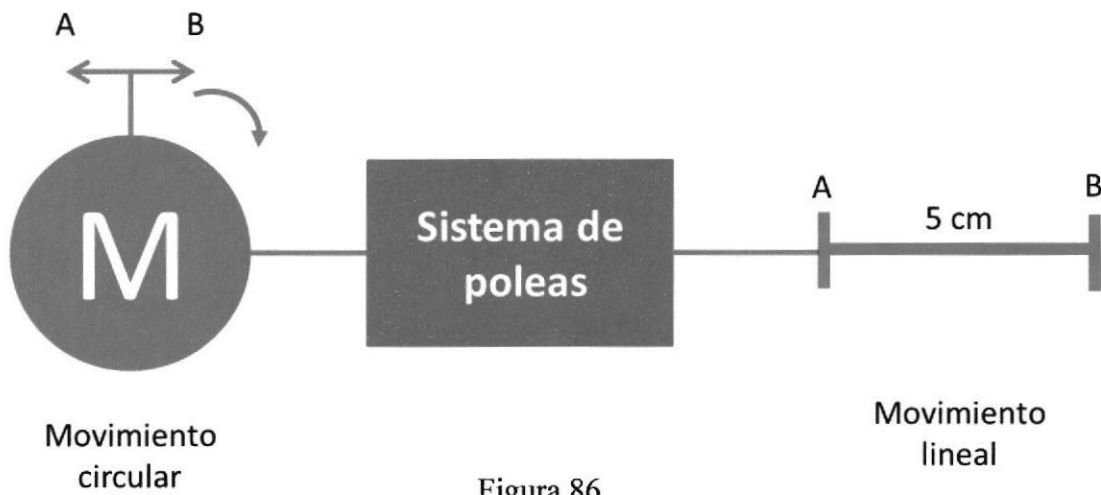


Figura 86

RECOMENDACIONES

- Se tiene que colocar la fresa en una posición totalmente vertical para ambos ejes (x, y), esto es a 90° con respecto a la base, con esto evitamos que exista en algunos tramos un estancamiento durante el proceso de mecanizado; en nuestro caso la figura mecanizada perdía la forma del diseño original.

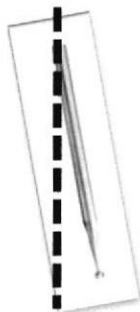


Figura 87



Figura 88

- Mantener la lubricación apropiada en cada uno de los sistemas móviles: las poleas de los ejes (x, y) se debe colocar un líquido especial, nosotras recomendamos el WD-40, el eje z debe estar lubricado con grasa, recomendamos la azul que comúnmente puede ser la que se aplica en los rodamientos de las ruedas de los vehículos y para el sistema de engranes con una grasa especial para mecanismos de equipos de audio y video.

Figura 89



- Si los diseños no tienen el mismo resultado(mejores acabados) que antes, es necesario cambiar la fresa cuidando que esta se posicione correctamente, esto es, perpendicular a la base.



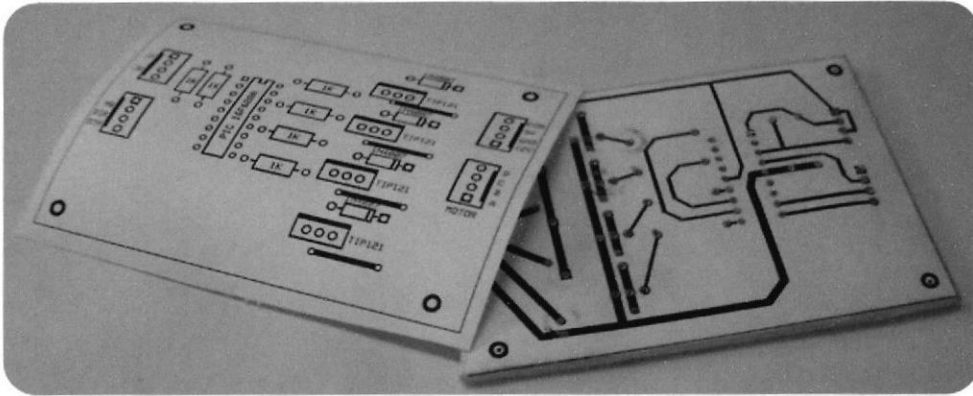
ANEXOS



ANEXO A

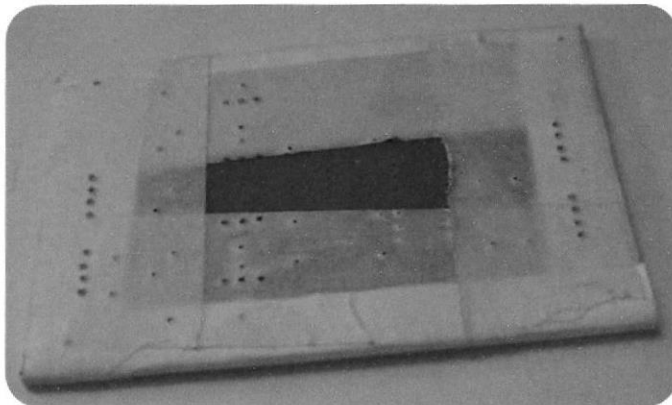
Elaboración de las placas de circuito impreso

PASO 1.- Con una sierra procedemos a cortar la baquelita virgen al tamaño deseado para poder pegar el diseño del circuito, en la parte del cobre va el dibujo y en el contrario cinta adhesiva para fijarlo.



PASO 2.- Las perforaciones del circuito impreso se las hizo con pequeñas brocas hechas de carburo tungsteno, las cuales son colocadas en el taladro con su respectivo soporte para mayor firmeza y exactitud en los orificios.

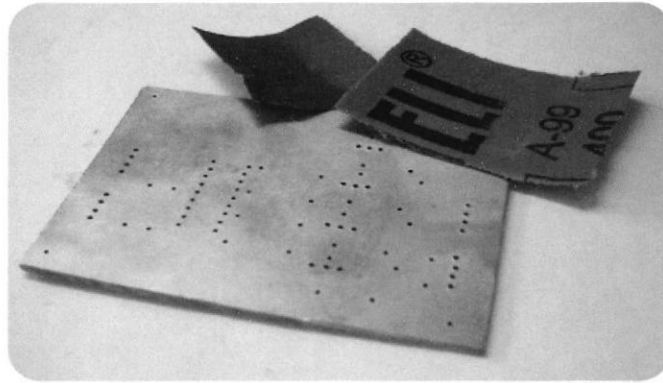
Dependiendo de las dimensiones de los terminales de los componentes, se realizaron perforaciones con brocas de 1/32" y de 1mm.



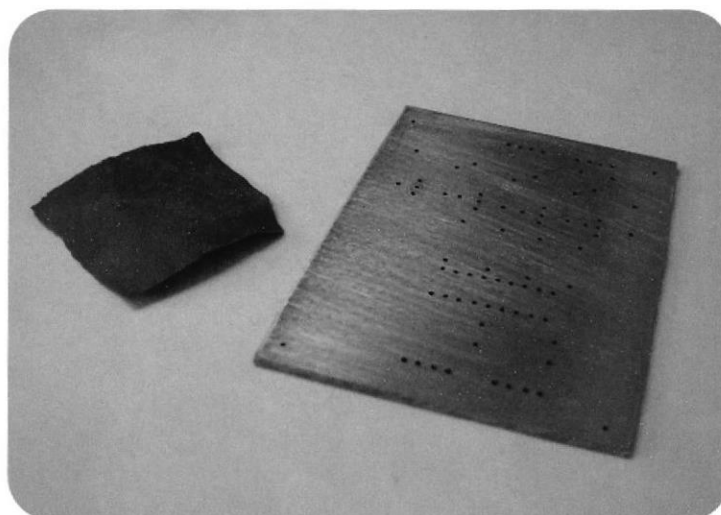


***Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un
PLOTTER como base.***

PASO 3.- Marcamos con un pequeño clavo los ángulos de cada pista mediante golpes suaves para evitar averiar la baquelita. La pequeña marca nos dará facilidad al momento de dibujar, una vez hecho esto procedemos a retirar el papel impreso y con una lija N° 400 (conocida como lija de agua) quitamos algún residuo de óxido o grasa en el cobre.



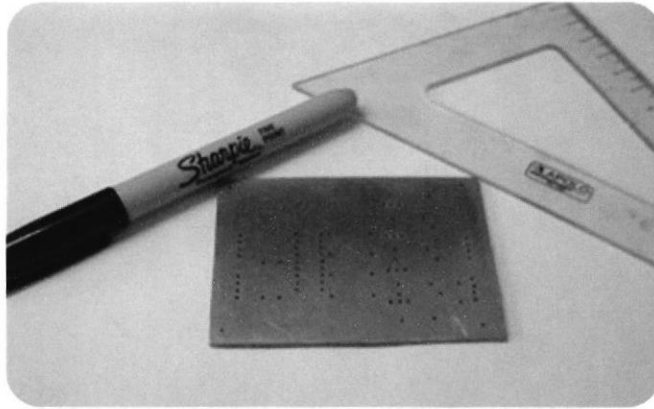
PASO 4.- Una vez lijada la baquelita, la enjuagamos y la dejamos secar por lo menos 10 minutos sin tocar el cobre con las manos, porque nuestro cuerpo a cada momento esta eliminando toxinas en forma de grasa, esta evitaria que el marcador penetre en el cobre.



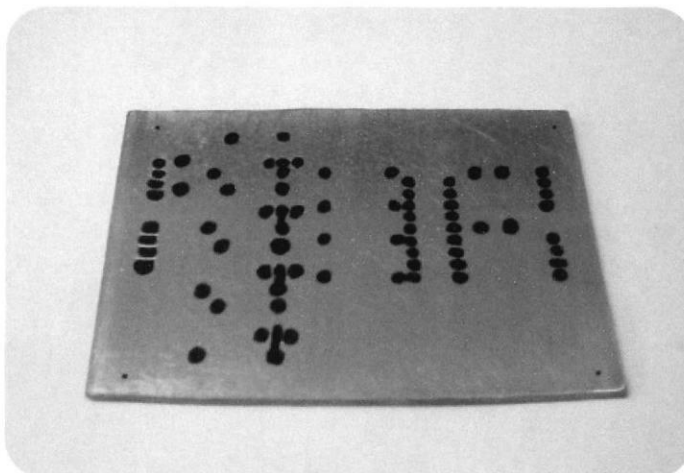


*Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un
PLOTTER como base.*

PASO 5.- Después de que se haya secado la baquelita, procedemos a dibujar con el marcador adecuado (nosotras recomendamos el marcador sharpie color negro), y una regla para trazos más atrayentes y de mejor calidad.



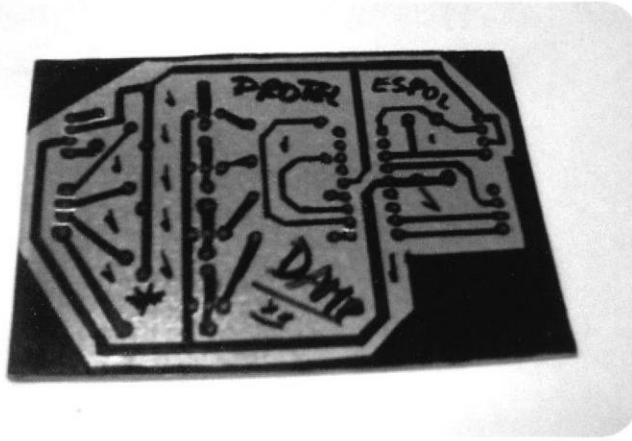
PASO 6.- Comenzamos dibujando los cirulos alrededor de los orificios los cuales nos ayudarán al momento de dibujar las líneas.



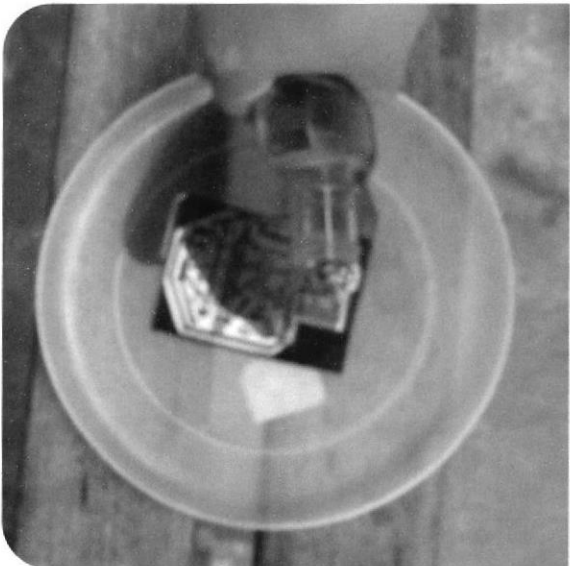


***Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un
PLOTTER como base.***

PASO 7.- Seguimos dibujando y ahora es el turno de hacer las líneas ayudándonos con los círculos anteriormente dibujados y con las marcas hechas por el clavo en las esquinas.



PASO 8.- Terminado el dibujo, sumergimos la baquelita en cloruro férrico que mezclado con agua forman una solución corrosiva para el cobre, así que quitará todo el cobre de la baquelita excepto donde está el marcador ya que este funciona como un protector para el cobre aislando la solución corrosiva. En ese momento se mueve la baquelita en el recipiente para que el efecto de corrosión sea más rápido y uniforme.

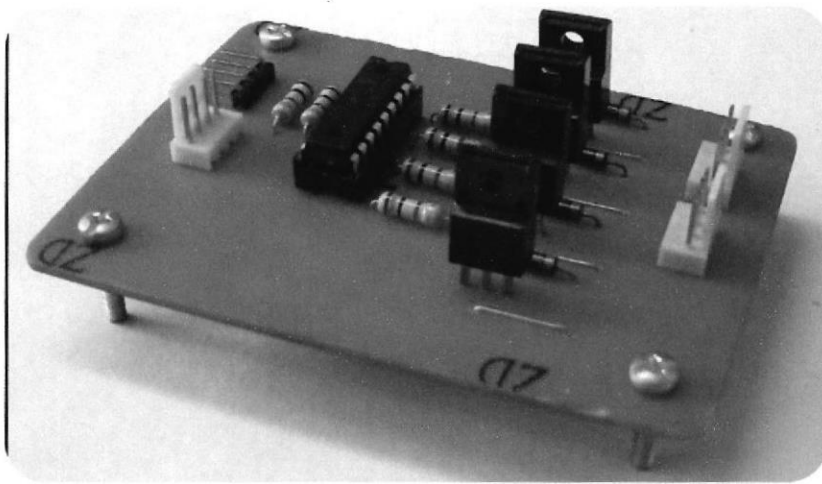




***Diseño de un ROUTER CNC para la fabricación de PCB,
utilizando la estructura de un
PLOTTER como base.***

PASO 9.- Procedemos a soldar cada uno de los componentes empezando por el más pequeño al más grande.

En la siguiente imagen podemos observar la placa electrónico terminada con todos sus componentes (Resistencias, Diodos, Circuito Integrado con su respectivo socket, Transistores, Espadines y borneras).



INTEC-PROTEL
E.C.
HOLOG



ANEXO B



ULN2001A-ULN2002A ULN2003A-ULN2004A

SEVEN DARLINGTON ARRAYS

- SEVEN DARLINGTONS PER PACKAGE
- OUTPUT CURRENT 500mA PER DRIVER (600mA PEAK)
- OUTPUT VOLTAGE 50V
- INTEGRATED SUPPRESSION DIODES FOR INDUCTIVE LOADS
- OUTPUTS CAN BE PARALLELED FOR HIGHER CURRENT
- TTL/CMOS/PMOS/DTL COMPATIBLE INPUTS
- INPUTS PINNED OPPOSITE OUTPUTS TO SIMPLIFY LAYOUT

DESCRIPTION

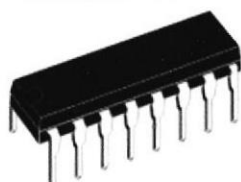
The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003 and ULN2004A are high voltage, high current darlington arrays each containing seven open collector darlington pairs with common emitters. Each channel rated at 500mA and can withstand peak currents of 600mA. Suppression diodes are included for inductive load driving and the inputs are pinned opposite the outputs to simplify board layout.

The four versions interface to all common logic families:

| | |
|----------|---------------------------------------|
| ULN2001A | General Purpose, DTL, TTL, PMOS, CMOS |
| ULN2002A | 14-25V PMOS |
| ULN2003A | 5V TTL, CMOS |
| ULN2004A | 6-15V CMOS, PMOS |

These versatile devices are useful for driving a wide range of loads including solenoids, relays DC motors, LED displays filament lamps, thermal print-heads and high power buffers.

The ULN2001A/2002A/2003A and 2004A are supplied in 16 pin plastic DIP packages with a copper leadframe to reduce thermal resistance. They are available also in small outline package (SO-16) as ULN2001D/2002D/2003D/2004D.



DIP 16

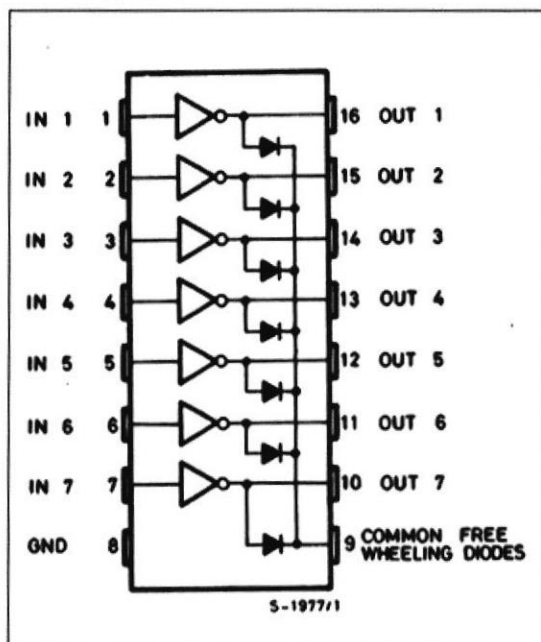
ORDERING NUMBERS: ULN2001A/2A/3A/4A



SO 16

ORDERING NUMBERS: ULN2001D/2D/3D/4D

PIN CONNECTION





ANEXO C

Microcontroladores

La electrónica ha evolucionado mucho. Casi todo lo que hasta hace unos años se realizaba mediante un grupo (a veces muy numeroso) de circuitos integrados conectados entre sí, hoy se puede realizar utilizando un microcontrolador y unos pocos componentes adicionales.

Los microcontroladores más utilizados hoy en día, son los del fabricante MICROCHIP, por la amplia variedad de microcontroladores que nos ofrece, y la información de cada uno de los microcontroladores que nos proporciona sin ningún costo alguno.

El lenguaje nativo de estos microcontroladores es el ASM, y en el caso de la familia "16F" solo posee 35 instrucciones. Pero el ASM es un lenguaje que está mucho más cerca del hardware que del programador, y gracias a la miniaturización que permite incorporar cada vez más memoria dentro de un microcontrolador sin aumentar prácticamente su costo, han surgido compiladores de lenguajes de alto nivel. Entre ellos se encuentran varios dialectos BASIC y C.

Un microcontrolador es como un ordenador en pequeño: dispone de una memoria donde se guardan los programas, una memoria para almacenar datos, dispone de puertos de entrada y salida, etc. A menudo se incluyen puertos seriales (RS-232), conversores analógico/digital, generadores de pulsos PWM para el control de motores, bus I2C, y muchas cosas más. Por supuesto, no tienen ni teclado ni monitor, aunque podemos ver el estado de teclas individuales o utilizar pantallas LCD o LED para mostrar información.

Microcontrolador PIC16F628A

El PIC16F628A es un microcontrolador de 8 bit, posee una arquitectura RISC avanzada así como un juego reducido de 35 instrucciones. Este microcontrolador es el remplazo del obsoleto PIC16F84A.

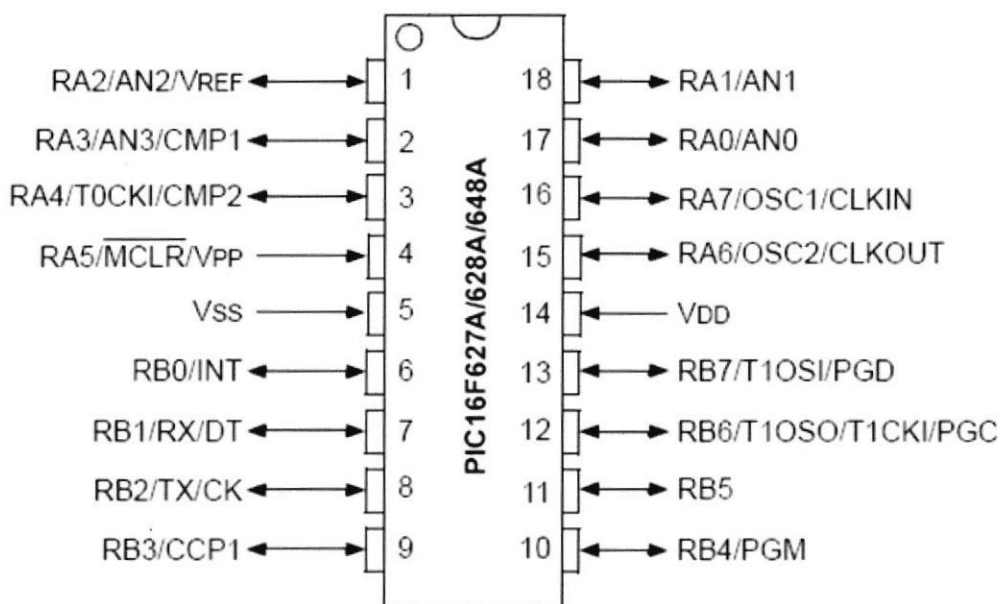
Características:

| | Propiedad |
|---------------------|-----------|
| Memoria de programa | 1 KBytes) |
| Memoria SRAM | 224 Bytes |
| Memoria EEPROM | 128 Bytes |
| Pines de E/S | 16 |



| | Propiedad |
|---------------------------|--|
| Entradas analógicas (ADC) | No |
| Salidas PWM | 2 |
| SPI | No |
| I2C | No |
| USART | Si |
| Temporizadores de 8 Bits | 2 |
| Temporizadores de 16 Bits | 1 |
| Comparadores | 2 |
| Oscilador | Frecuencia máxima: 20 MHz Oscilador interno de 4 MHz. |
| Número de pines | 18 |
| Encapsulado | PDIP, SOIC, SSOP, QFN |

Diagrama de pines:





ANEXO D

DIAGRAMA DE FLUJO EN SENTIDO HORARIO

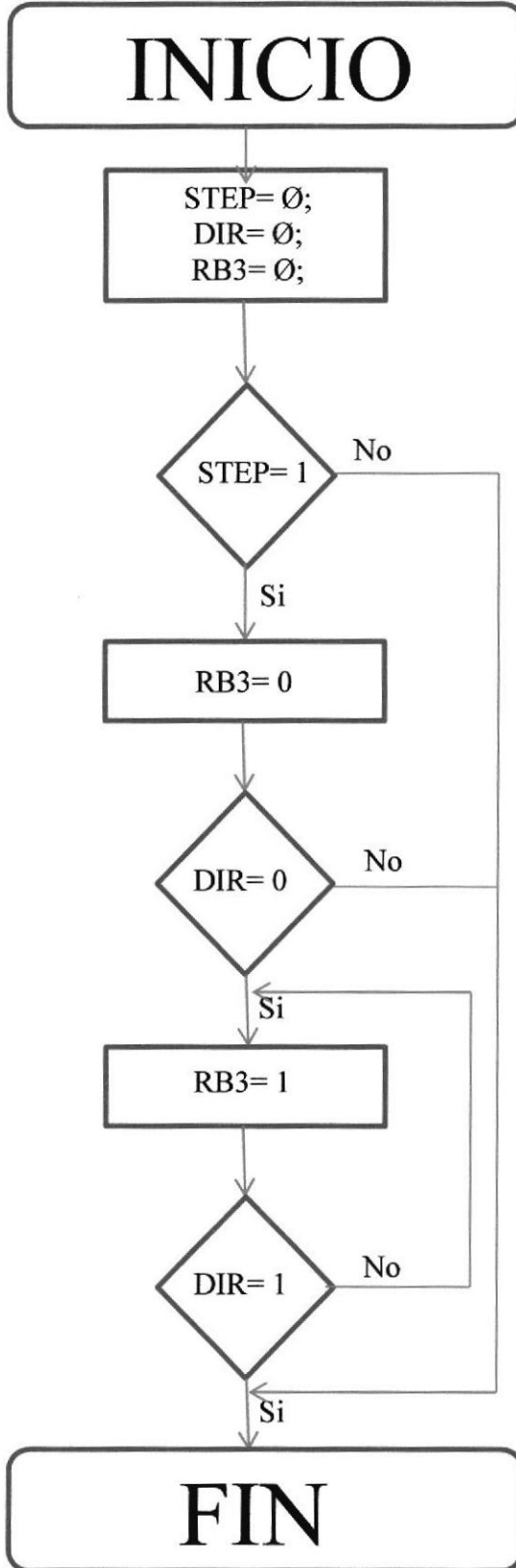
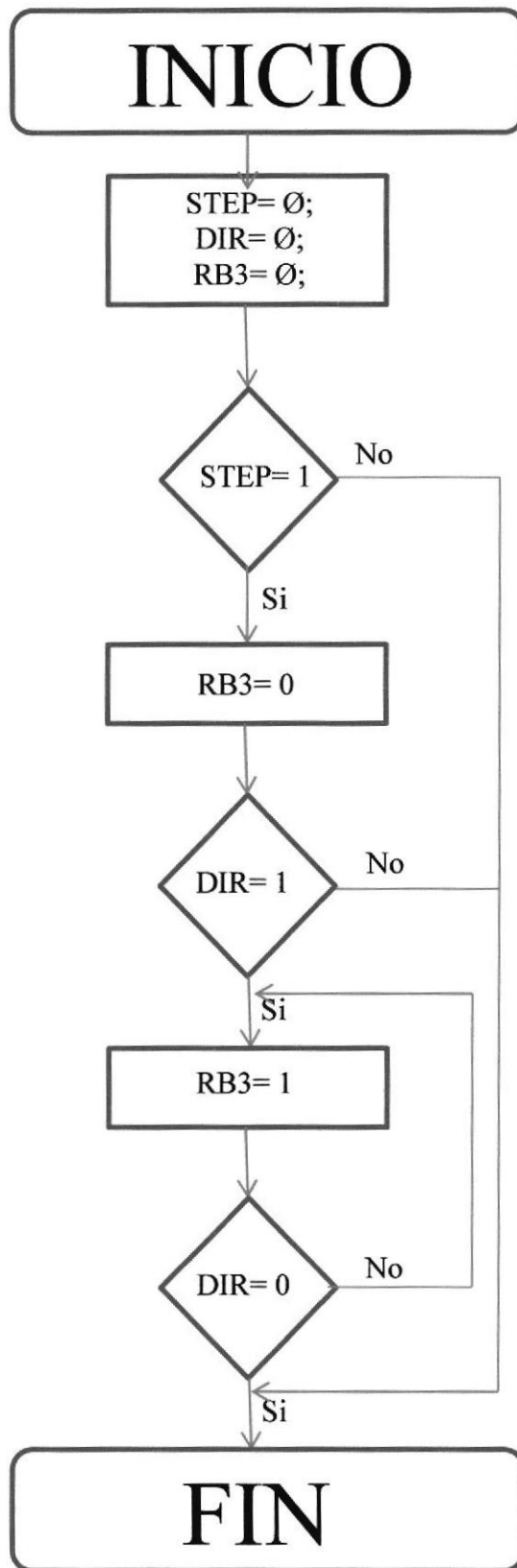




DIAGRAMA DE FLUJO EN SENTIDO ANTI HORARIO





Bibliografía

Capítulo 1:

<http://www.slideshare.net/nurrego/mquinas-cnc>

<http://www.colinbus.com/es/pcbprototyper.html>

http://www.aliexpress.com/store/product/High-precision-cnc-router-for-PCB/812559_868886088.html

<http://www.aliexpress.com/item/spindle-1-5kw-pcb-drilling-machine/1048372069.html>

Capítulo 2:

<http://www.google.com.ec/imghp?hl=es&tab=wi>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

<http://www.parro.com.ar/definicion-de-tuerca+de+mariposa>

http://www.carrotools.com/56_tuercas.html

Capítulo 3:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Proteus_\(electr%C3%B3nica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Proteus_(electr%C3%B3nica))

<http://www.software.com.ar/programacion/mikroc-pro-for-pic.html>

http://www.edudevices.com.ar/download/productos/PICKit2/PICKIT_2_UM.pdf

<http://www.google.com.ec/imghp?hl=es&tab=wi>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>

<http://www.schmalzhaus.com/EasyDriver/>

<http://www.pololu.com/catalog/product/1182>

Capítulo 4:

http://www.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fskerzo.dyndns.org%2Fweb%2FLibros%2FColecciones%2F600LibrosTecnicos%2FTecnolog_a%2520mec_nica%2FEM02706C.pdf&h=7AQQpuJTR