



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**Diseño y construcción de un robot cartesiano controlado
por código G para grabado a láser**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autores:

**CAJAMARCA NAULA JUAN DIEGO
TALBOT CUENCA RODRIGO XAVIER**

Director:

SIMÓN BOLÍVAR MÉNDEZ RENGEL

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA:

El presente trabajo de graduación va dedicado a mis padres, quienes me han apoyado incondicionalmente en todo este camino. Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. A mi madre, por darme la vida, quererme mucho, creer y confiar en mí. Al Ing. Bolívar Méndez por su apoyo y motivación para la elaboración de esta tesis, a cada uno de mis profesores por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

Juan Diego Cajamarca N.

DEDICATORIA:

A mi madre, que desde el cielo ha guiado mis pasos para alcanzar mis metas.

A mi padre, quien de una u otra manera ha procurado ayudarme.

A Kátherin, gracias a ella logré concretar este proyecto, su ayuda fue primordial.

Rodrigo Xavier Talbot C.

AGRADECIMIENTOS:

Nuestro sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay y a sus docentes, quienes año tras año nos formaron para convertirnos en los profesionales responsables con conciencia social del mañana.

También queremos agradecer a nuestro director, el Ing. Bolívar Méndez Rengel, quien compartió con nosotros su valioso tiempo para ayudarnos a concretar este trabajo de la mejor manera y con la calidad necesaria.

Juan Diego Cajamarca.

Rodrigo Xavier Talbot.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIAS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
INDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Clasificación de los robots según su generación	3
1.2.1 Robots de primera generación.....	3
1.2.2 Robots de segunda generación.....	3
1.2.3 Robots de tercera generación	4
1.2.4 Robots de cuarta generación	4
1.3 Tipos de robots según su movimiento	4
1.3.1 Robots móviles.....	4
1.3.2 Robots cartesianos.....	4
1.3.3 Robots giratorios	4
1.3.4 Robots distribuidos	5
1.4 Características de los robots	5
1.5 Grados de libertad (GDL).....	5
1.6 Espacio (volumen) de trabajo.....	6
1.7 Tipos de actuadores	7
1.7.1 Tipos de actuadores neumáticos.....	8
1.8 Motores de corriente directa (C.D.).....	9
1.8.1 Control de Motores de Corriente Directa.....	10
1.9 Motores de corriente alterna (C.A.).....	10
1.9.1 Motor sincrónico	11

1.9.2	Motor Sin Escobillas (Brushless).....	11
1.9.3	Accionamiento Directo	12
1.10	Servomotores	13
1.10.1	Funcionamiento	13
1.11	Motores de pasos	13
1.12	Lenguajes de control CNC para robots.....	14
1.12.1	Programación CNC	14
1.12.2	Código de programación	14
1.12.3	El lenguaje de programación G	14
1.12.4	Estructura de un programa en código G.....	14
1.13	Bloques condicionales	16
1.14	Instrucciones de movimientos	16
1.15	Funciones M (auxiliares)	18
1.16	Tipos y características de diodos láser.....	18
1.16.1	Tipos de láser.....	18
1.16.2	Corte láser en CNC.....	20
1.16.3	Seguridad con los rayos láser	21

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE PIEZAS DEL PROTOTIPO ROBOT

CARTESIANO 22

2.1	Introducción.....	22
2.2	Determinación de elementos y partes.....	22
2.2.1	Chasis o marco de referencia:	22
2.2.2	Cabezal de grabado y corte	22
2.2.3	Circuito Electrónico	23
2.2.4	Uniones, separadores y elementos de sujeción	23
2.3	Detalle de listado de materiales	23
2.3.1	Lista de materiales principales	24
2.3.2	Lista de elementos secundarios.....	25
2.4	Dibujo y acotación de piezas 2d y 3d en el prototipo.....	26
2.4.1	Perfil principal ejes	26
2.4.2	Perfil frontal y posterior	26
2.4.3	Ángulo unión.....	27
2.4.4	Soporte de apoyo en superficie plana.....	27

2.4.5	Elemento soporte de eje transversal	28
2.4.6	Soporte del cabezal	28
2.5	Partes del robot cartesiano	29
2.5.1	Base fija o marco de soporte principal	29
2.5.2	Base móvil de cabezal	29
2.5.3	Cabezal láser	30
2.6	Ensamblaje de piezas y partes	31
2.6.1	Ensamblaje del marco de referencia	31
2.6.2	Ensamblaje de base móvil	32
2.6.3	Ensamblaje de cabezal láser	32

CAPITULO 3: CONSTRUCCIÓN, ENSAMBLAJE Y FUNCIONAMIENTO DE PARTES Y ELEMENTOS DEL PROTOTIPO ROBOT CARTESIANO.. 34

3.1	Introducción	34
3.2	Grados de libertad y movimientos mecánicos	34
3.2.1	<i>Link</i> base del robot o eje principal	34
3.2.2	<i>Link</i> base móvil del robot o eje secundario	35
3.2.3	Cálculo De Movimiento Rotacional a Lineal	36
3.3	Partes y componentes electrónicos del robot	36
3.3.1	Sistema De Control y Funcionamiento del Robot Cartesiano	36
3.3.2	Motores o actuadores de movimiento	37
3.3.3	Circuito de control de motores a pasos	39
3.3.4	Láser	46
3.4	Elementos electrónicos del robot cartesiano	51
3.4.1	Fuente de alimentación	51
3.4.2	Circuito de comunicación y control principal Arduino	57
3.4.3	Regulador de potencia diodoláser desde tablero de control	58
3.4.4	Regulador de potencia del diodo láser desde el PC	61
3.4.5	Circuito de alimentación de motores a pasos	62
3.4.6	Reguladores de tensión	62
3.4.7	Micro controlador PIC	63
3.4.8	Pantalla de cristal líquido LCD 16X2	65
3.5	Software labview	67
3.5.1	Panel frontal	67

3.5.2	Diagrama de bloques.....	68
3.5.3	Barras de control	69
3.5.4	Paletas	70
3.5.5	Explicación del programa	72
3.5.6	Identificación y lectura de texto.....	74
3.5.7	Ejecución del programa.....	76
3.6	Control automático y manual láser y motores.....	77
3.6.1	Lifa	77
3.7	Diagrama de bloques	78
3.8	Panel frontal	82

CAPITULO 4: PRUEBAS DE SIMULACIÓN, CIRCUITOS Y PCBs 85

4.1	Introducción.....	85
4.2	Circuito de fuente	85
4.2.1	Fuente de alimentación:	85
4.2.2	Convertor AC-DC.....	86
4.2.3	Voltajes auxiliares.....	86
4.2.4	Pruebas y Montaje en el Proto-board.....	87
4.3	Circuito de motores	89
4.4	Circuito de activación láser	93
4.4.1	Parte A.....	94
4.4.2	Parte B	95
4.4.3	Parte C.....	96
4.5	Diseño de PCBs.....	97
4.5.1	Editor de PCBs	97
4.5.2	PCB fuente de poder	99
4.5.3	PCB Motores y PIC.....	101
4.5.4	PCB controlador láser	102

CAPITULO 5: ESPECIFICACIONES, PRUEBAS FINALES Y MANUAL DEL USUARIO 103

5.1	Introducción.....	103
5.2	Características de la máquina	103

5.2.1	Tabla de especificaciones mecánicas	103
5.2.2	Tabla de especificaciones eléctricas:	104
5.3	Medidas de seguridad	104
5.3.1	Seguridad usuario	104
5.3.2	Seguridad prototipo	107
5.4	Tablero de control	107
5.4.1	Conexión y Encendido	107
5.4.2	Control de intensidad diodo láser.....	108
5.4.3	Controles de pasos del motor.....	109
5.5	Costos de materiales	109
5.5.1	Material mecánico.....	109
5.5.2	Elementos electrónicos	110
5.5.3	Componentes electrónicos	111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		112
BIBLIOGRAFÍA.....		114
ANEXOS		119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Robot cartesiano y robot cilíndrico	7
Figura 1.2: Robot cilíndrico	7
Figura 1.3: Estructura de programa código G.....	15
Figura 1.4: Funciones auxiliares	15
Figura 1.5: Espectro Láser CO2.....	20
Figura 2.1: Sección y axonometría perfil lateral	26
Figura 2.2: Sección y axonometría perfil secundario.....	27
Figura 2.3: Vista superior y axonometría ángulo unión.....	27
Figura 2.4: Axonometría de soportes	28
Figura 2.5: Soporte eje transversal.....	28
Figura 2.6: Soporte del cabezal parte delantera y posterior	29
Figura 2.8: Base móvil	30
Figura 2.9: Cabezal láser.....	30
Figura 2.10: Ensamble base fija axonometría explotada	31
Figura 2.11: Ensamble base móvil axonometría explotada	32
Figura 2.12: Ensamble cabezal láser axonometría explotada	33
Figura 3.1 Grado de libertad (Y) en corte lateral y mecánica de movimiento.....	35
Figura 3.2 Grado de libertad (X) en vista frontal destapado y mecánica de movimiento	35
Figura 3.3 Diagrama de tipología general del sistema de lazo abierto de control.	37
Figura 3.4 Motor de paso NEMA 17	37
Figura 3.5: esquema motor de pasos bipolar (izquierda) y unipolar (derecha).....	39
Figura 3.6: Ilustración de movimiento del rotor	40
Figura 3.7: Ilustración de movimiento del rotor	41
Figura 3.8: circuito de potencia de motor bipolar	42
Figura 3.9: Diagrama interno l293.....	43

Figura 3.10 Diagrama de conexión circuitos integrados L297 Y L298.....	44
Figura 3.12 Lente convexo.....	50
Figura 3.13: Ilustración del enfoque del rayo láser en la maquina	51
Figura 3.14: Curvas de descarga de diferentes tipos de batería	53
Figura 3.15: Rectificación y filtrado de una señal alterna a continua.....	54
Figura 3.16: Señales de voltaje en el primario y secundario de un transformador. ...	55
Figura 3.17: Señal rectificada onda completa (azul).....	55
Figura 3.18: Señal de voltaje en etapa de filtrado.....	56
Figura 3.19: Señal de voltaje en estabilización.....	56
Figura 3.20 Estructura de una fuente de alimentación.....	57
Figura 3.21: Arduino mega 2560	58
Figura 3.22: esquema de circuito entrada de voltaje de etapa de rectificación de alimentación de la fuente principal	59
Figura 3.23: control de intensidad de corriente para el funcionamiento del diodo láser variando señal PWM.....	61
Figura 3.24: Circuito de excitación de motores a pasos.....	62
Figura 3.25: circuito regulador de tensión	63
Figura 3.26: microchip Pic 18F45K22Dip 40.....	64
Figura 3.27: Distribución pines PIC 1845k22	65
Figura 3.28: LCD 16X2 vista lateral.....	66
Figura 3.29: Logo de software LabVIEW	67
Figura 3.30: panel frontal, control e indicador LabVIEW	68
Figura 3.31: ventana diagrama de bloques LabVIEW	69
Figura 3.32: Barra de menús y controles LabVIEW	69
Figura 3.33: paleta de controles LabVIEW	70
Figura 3.34: paleta de funciones LabVIEW.....	71
Figura 3.35: paleta de herramientas LabVIEW.....	71
Figura3.36: muestra de un código g con instrucciones para un grabado láser.....	73

Figura 3.37 LabVIEW Diagrama de bloques texto A.....	75
Figura 3.38: LabVIEW Diagrama de bloques texto B.....	75
Figura 3.39 Panel frontal: elección de archivo.....	76
Figura 3.40 Panel frontal datos extraídos de una línea de texto.....	77
Figura 3.41: Configuración bloque INIT Arduino.....	79
Figura 3.42: Configuración motor pasos.....	79
Figura 3.43: Estructura evento control dial motor X	80
Figura 3.44: Evento control dial motor Y	80
Figura 3.45: Evento paso específico motor X.....	81
Figura 3.47: Controles de movimiento del panel frontal	82
Figura 3.48: Campos para configuraciones iniciales y botón de inicio de movimiento	83
Figura 3.49: Botón e Indicadores de movimiento en Ejes X y Y Joystick	83
Figura 3.50: Botones de activación y cambio de intensidad láser	84
Figura 4.2: Voltajes regulados a 5 y 12 voltios.....	86
Figura 4.3 Fuente variable para control de distintos tipos de láser.....	87
Figura 4.4: Montaje en proto-board Fuente Principal Láser / Motores Voltaje fijo ..	88
Figura 4.5: Montaje en proto-board Fuente auxiliar de 5V indicadores.....	88
Figura 4.6: Conexión del circuito alimentador y de potencia de los motores bipolares.	89
Figura 4.7 Diagrama de conexión motores e interruptores de micro-pasos.....	92
Figura 4.8 Conexión en proto-board motor controlado desde el computador y el <i>joystick</i> de movimiento	93
Figura 4.9 Extracto diagrama de control láser Parte A	95
Figura 4.11: Diagrama de circuito control láser parte C.....	97
Figura 4.12: Captura de pantalla de ventana de trabajo plataforma Ares del software Proteus.....	99
Figura 4.13: Vista 3D PCB fuentes de voltaje del circuito.....	100

Figura 4.15: Vista 3D PCB para control de motores y LCD	101
Figura 4.16: Vista 3D PCB Para control de intensidad.....	102
Figura 5.1: Gafas de protección de rayo láser.....	106
Figura 5.2: Interruptor mecánico de encendido	108
Figura 5.3: Control manual de intensidad láser	108
Figura 5.4: Distribución de controles e indicadores en el tablero.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Tipos de Láser.....	19
Tabla 2.1: Materiales Principales.....	24
Tabla 2.2: Materiales Secundarios.....	25
Tabla 3.2 Características motor a pasos.....	39
Tabla 3.3 Secuencia de pasos activación simple:.....	40
Tabla 3.4 Secuencia de pasos activación simple.....	40
Tabla 3.5: Comparación de controladores.....	45
Tabla 3.6: Tipos de Láser.....	47
Tabla 3.7: Parámetros importantes diodo láser CO2.....	49
Tabla 3.8: Consumo en miliamperios y voltajes de funcionamiento.....	51
Tabla 3.9 Características principales Arduino mega.....	57
Tabla 3.10 Descripción pines LCD 2X16.....	66
Tabla 4.1: Conexión de pines en los motores a pasos Y.....	90
Tabla 4.2 Combinaciones micro pasos A4988.....	91
Tabla 5.1 Especificaciones mecánicas robot cartesiano.....	103
Tabla 5.2 Especificaciones Eléctricas robot cartesiano.....	104
Tabla 5.4: Costo de material mecánico.....	110
Tabla 5.5: Costo de materiales electrónicos principal.....	110

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT CARTESIANO CONTROLADO POR CÓDIGO G PARA GRABADO A LÁSER

RESUMEN

La escasez y el elevado costo de las máquinas CNC en nuestro medio, así como las limitantes que tienen las existentes en el país, motivaron a plantear la realización de un prototipo de máquina láser CNC, basándose en la estructura de un robot cartesiano, que posea la versatilidad necesaria para trabajar en superficies planas de cualquier tamaño y de varios materiales, lo que permitirá que además su transporte y manejo sea fácil y cómodo, por su reducido peso y tamaño. La intensidad y la velocidad del láser podrán ser reguladas, lo que dará paso a resultados detallados y de mejor calidad para todos los diferentes campos que hacen uso de este tipo de máquinas.

Palabras Clave: máquina, prototipo, CNC, láser, robot cartesiano.



Simón Bolívar Méndez Rengel

Director del Trabajo de Titulación



Hugo Marcelo Torres Salamea

Director de Escuela



Juan Diego Cajamarca Naula



Rodrigo Xavier Talbot Cuenca

Autores

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A CARTESIAN ROBOT FOR LASER
ENGRAVING CONTROLLED BY G CODE**

ABSTRACT

The shortage and high cost of CNC machines in our country, as well as the limitations that the existing ones have in the country, led us to propose the development of a CNC laser machine prototype, based on the structure of a Cartesian robot, which has the necessary versatility to work on flat surfaces of any size and of various materials This will allow its transportation and handling to be easy and comfortable due to its small weight and size. The laser intensity and speed can be regulated, which will give way to detailed results and better quality for all the different fields in which this type of machines are used.

Keywords: Machine, Prototype, CNC, Laser, Cartesian Robot.


Simón Bolívar Méndez Rengel
Thesis Director

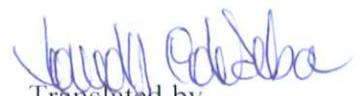

Hugo Marcelo Torres Salamea
School Director


Juan Diego Cajamarca Naula


Rodrigo Xavier Talbot C.

Authors


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Juan Diego Cajamarca Naula

Rodrigo Xavier Talbot Cuenca

Trabajo de Titulación

Ing. Simón Bolívar Méndez Rengel. Msc

Enero, 2017

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT CARTESIANO CONTROLADO POR CÓDIGO G PARA GRABADO A LÁSER

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las máquinas láser CNC son conocidas por su utilidad en diferentes trabajos, sin embargo su costo es relativamente alto, lo que las hace menos asequibles para cualquier cliente y mercado. Diseñar una máquina basada en el concepto de robot cartesiano con la capacidad de movilizarse sobre sus ejes y de grabar sobre la mayor cantidad de superficies no metálicas como en cuero, madera, plástico, telas, etc. a un costo menor ha venido siendo la motivación para la elaboración de este trabajo. Con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería electrónica en cuanto a control y robótica, además ampliar los conocimientos en otros campos académicos para la construcción del prototipo, tales como, diseño de tarjetas PCB de control de actuadores y control de intensidad en un láser de potencia moderada, se decidió optar por la construcción de un robot cartesiano que responde al código G, con el fin de evidenciar la posibilidad de poner al alcance de posibles clientes este tipo de máquinas pero con un menor costo en comparación a las máquinas importadas que tienen similares funciones; otro de los motivos importantes para la realización de este tema es que ayudaría para el desarrollo en el campo de publicidad y diseño, ya que la comercialización de éste tipo de máquinas CNC (Control Numérico Computarizado) en el Ecuador se han disminuido por las restricciones de las importaciones y aumento en su precio.

En el Ecuador, la accesibilidad a las máquinas de Control Numérico Computarizado es muy limitada, sin contar el elevado costo de los pocos prototipos existentes en el mercado. Debido a que en la actualidad las máquinas grabadoras láser tienen un gran tamaño y peso ya que tienen todos los sistemas integrados, entre ellos, refrigeración, transformación y ventilación, por lo que se dificulta su transporte, además del uso restringido de dichas máquinas de acuerdo al tamaño del área útil de trabajo, lo que condiciona su versatilidad para el uso en diferentes piezas y tamaños haciéndolo incómodo. El alto costo del software, sin mencionar el complicado uso de estas interfaces, se convierten en otra traba para el uso de estas máquinas en nuestro medio, puesto que solo usuarios con cierto nivel de conocimiento pueden operar dichos programas; por este motivo nuestro objetivo es construir una máquina CNC de menor costo y peso, lo que le convierte en una máquina transportable, además, la máquina tendrá una mejor facilidad de manejo y manipulación ya que se podría colocar sobre cualquier superficie plana, debido a que cuenta sólo con un marco de soporte para el láser. Con este proyecto se pretende desarrollar el control manual y computarizado de un robot cartesiano que permita mediante un diodo láser el grabado sobre diversos tipos de materiales; Sin embargo, es importante nombrar los riesgos e inconvenientes que existieron para la elaboración de este proyecto, tales como fueron conseguir los actuadores adecuados para lograr un proyecto de calidad que elabore el trabajo con la perfección que se requiere. En conclusión, el diseño y construcción de un prototipo de una máquina láser CNC para nuestro medio, evidencia la posibilidad de alcanzar resultados posibles con nuestra mano de obra y directamente dirigido para satisfacer las necesidades de usuarios en el campo de publicidad y personalización, siendo una máquina de fácil transporte y manejo a diferencia de las existentes en el mercado, siendo también inferior la inversión en las mismas, pero alcanzando similares o mejores resultados gracias a la versatilidad del modelo construido.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

El primer capítulo será enfocado en el marco teórico para obtener la información correspondiente y escoger la mejor opción en los componentes y materiales para nuestro diseño del robot cartesiano principalmente en sus actuadores y tipos de diodo láser.

1.2 Clasificación de los robots según su generación

Una clasificación del grado de complejidad del robot puede establecerse de la siguiente forma.

1.2.1 Robots de primera generación

Dispositivos que actúan como "esclavo" mecánico de un hombre, quien provee mediante su intervención directa el control del movimiento. Esta transmisión de movimiento se da mediante electro-mecanismos actuados por las extremidades del operador, este tipo de robot se utiliza bastante en la manipulación de objetos de cuidado para evitar daños al operador.(Rodríguez Díaz Francisco, 2005)

1.2.2 Robots de segunda generación

El dispositivo actúa automáticamente y engloban las mismas características que los robots de primera generación sin intervención humana, son de posición fija en las que el trabajo ha sido preparado y ubicado de modo adecuado, ejecutando movimientos repetitivos, que obedecen a lógicas secuenciales, programadores paso a paso, neumáticos o controladores lógicos programables. Son de rápida reprogramación que convierte a estos robots en unidades "versátiles" en algunas ocasiones memorizan dichas instrucciones cuyo campo de aplicación no sólo se encuentra en la manipulación de materiales sino en todos los procesos de manufactura, como por ejemplo: en el estampado en frío y en caliente asistiendo a las máquinas herramientas para la carga y descarga de piezas.(Rodríguez Díaz Francisco, 2005)

1.2.3 Robots de tercera generación

Estos dispositivos en cambio tienen la posibilidad de comunicación con su área de trabajo o entorno en el cual proceden a trabajar y se controlan mediante un ordenador o unidad central de proceso, lo que quiere decir que funcionan mediante algún protocolo de comunicación. (Rodríguez Díaz Francisco, 2005)

1.2.4 Robots de cuarta generación

Es la generación más reciente de robots, estos son los denominados robots inteligentes, ya que funcionan mediante sistemas de lazo cerrado con retroalimentación de los sensores, que proporcionan la información necesaria sobre el estado del proceso en tiempo real, además constan con un software de inteligencia artificial, lo que permite al robot tomar decisiones de forma inteligente se podría decir. (Rodríguez Díaz Francisco, 2005)

1.3 Tipos de robots según su movimiento

1.3.1 Robots móviles

Son dispositivos que tienen la capacidad de trasladarse en diferentes ambientes por medio de ruedas u orugas y no se fijan a una ubicación física. Tales medios incluyen vehículos de oruga y la locomoción bípeda y múltipoda. La movilidad permite al robot desplazarse de uno a otro lugar de trabajo o trasladar objetos a distancias largas sin necesidad de un sistema de transporte especial. (P. Moubarak, 2011)

1.3.2 Robots cartesianos

Son robots industriales cuyos 3 ejes principales es decir los ejes cartesiano X,Y,Z son de movimientos lineales y sobre el eje determinado, es decir, sus movimientos son en línea recta sobre sus ejes por lo general se utilizan articulaciones prismáticas o con mecanismos de transmisión, son más sencillos de controlar ya que se simplifica las ecuaciones de movimiento y se conoce el área de trabajo, ya que por lo general son formas prismáticas rectangulares; la principal aplicación de este robot son máquina de control numérico o *CNC machine*. (P. Moubarak, 2011)

1.3.3 Robots giratorios

Todas las articulaciones son de tipo giratorio. Estos robots se parecen mucho al brazo humano por lo que también se les conoce como brazo robótico y dispone en su parte

final una muñeca "*wrist*" que por lo general añade 3 grados de libertad a la herramienta que se utilice, su control es más complejo porque sus movimientos son dinámicos y se utilizan mucho los vectores y matrices de movimiento. (Vigueras, 2012)

1.3.4 Robots distribuidos

Este método de trabajo se utiliza para acciones repetitivas y de velocidad. En lugar de utilizar un robot rápido con seis grados de libertad para realizar una tarea complicada, puede ser más económico dividir la tarea en una serie de operaciones llevadas a cabo en paralelo por robots más sencillos y baratos. Incluso algunos dispositivos pueden tener un solo grado de libertad.(Vigueras, 2012)

1.4 Características de los robots

A continuación se describen las características más relevantes propias de los robots y se proporcionan valores concretos de las mismas, para determinados modelos y aplicaciones:

- Grados de libertad
- Espacio de trabajo
- Precisión de los movimientos
- Capacidad de carga
- Velocidad
- Tipo de actuadores
- Programación.

1.5 Grados de libertad (GDL)

Cada uno de los movimientos independientes (giros y desplazamientos) que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior. Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador. El número de grados de libertad del robot viene dado por la suma de los GDL de las articulaciones que lo componen. Puesto que las articulaciones empleadas suelen ser únicamente de rotación y prismáticas, con un solo grado de libertad cada una, el número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones que lo componen.

Puesto que para posicionar y orientar un cuerpo de cualquier manera en el espacio son necesarios seis parámetros, tres para definir la posición y tres para la orientación, si se pretende que un robot posicione y oriente su extremo (y con éste la pieza o herramienta manipulada) de cualquier modo en el espacio, se precisará al menos seis grados de libertad.(Toscano, 2009)

Cuando el número de grados de libertad del robot es mayor que los necesarios para realizar una determinada tarea se dicen que el robot es redundante. Observando los movimientos del brazo y de la muñeca, podemos determinar el número de grados de libertad que presenta un robot.(Toscano, 2009)

Generalmente, tanto en el brazo como en la muñeca, se encuentra un abanico que va desde uno hasta los tres GDL. Los grados de libertad de brazo de un manipulador están directamente relacionados con su anatomía o configuración.(Toscano, 2009)

1.6 Espacio (volumen) de trabajo

Las dimensiones de los elementos del manipulador, junto a los grados de libertad, definen la zona de trabajo del robot, característica fundamental en las fases de selección e implantación del modelo adecuado. La zona de trabajo se subdivide en áreas diferenciadas entre sí, por la accesibilidad específica del elemento terminal (aprehensor herramienta), es diferente a la que permite orientarlo verticalmente o con el determinado ángulo de inclinación.(Sevillano, 2015)

También queda restringida la zona de trabajo por los límites de giro y desplazamiento que existen en las articulaciones del robot. El volumen de trabajo de un robot se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse el extremo de su muñeca. Para determinar el volumen de trabajo no se toma en cuenta el actuador final. La razón de ello es que a la muñeca del robot se le pueden adaptar *gripes* de distintos tamaños. Para ilustrar lo que se conoce como volumen de trabajo regular y volumen de trabajo irregular, tomaremos como modelos varios robots.(Sevillano, 2015)

- El **robot cartesiano** y el robot cilíndrico presentan volúmenes de trabajo regulares. El robot cartesiano genera una figura cúbica.

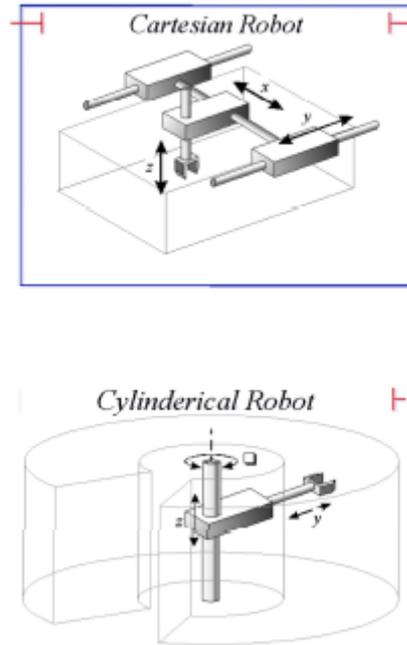


Figura 1.1: Robot cartesiano y robot cilíndrico

Fuente: (Hernandez, Ortiz, & Rodriguez, 2015)

El robot de configuración cilíndrica presenta un volumen de trabajo parecido a un cilindro (normalmente este robot no tiene una rotación de 360°). Por su parte, los robots que poseen una configuración polar, los de brazo articulado y los modelos SCARA presentan un volumen de trabajo irregular.

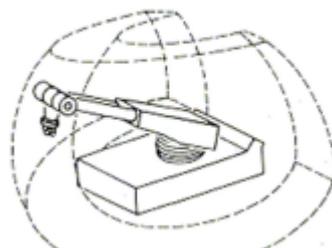


Figura 1.2: Robot cilíndrico

Fuente: (Hernandez, Ortiz, & Rodriguez, 2015)

1.7 Tipos de actuadores

Uno de los aspectos de la instrumentación, en que la electricidad no ha desplazado totalmente a lo neumático es en los actuadores.

1.7.1 Tipos de actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos, como se mencionó anteriormente se dividen en dos tipos:

- **Actuadores de diafragma.** Cuando la potencia requerida es baja y el control es análogo, la mejor opción es un actuador de diafragma con el cual podemos posicionar en un punto y con movimientos suaves, traducir a acciones las señales de los controladores P, PI y PID; estos actuadores constan de un diafragma delgado y flexible de una área determinada, este mueve una flecha sujeta a él, por medio de un plato metálico que a la vez sirve de refuerzo para el diafragma; el diafragma queda sujeto entre dos conchas metálicas a una de las cuales se le suministra aire a presión para desarrollar la fuerza que produce la acción, a la fuerza producida por el diafragma se opone la fuerza de un resorte antagónico y el equilibrio de ambas fuerzas determina la posición final del actuador. Existen actuadores de diafragma de doble efecto donde ambas válvulas pueden recibir aire comprimido; cuando una recibe presión de aire por la otra se expulsa y viceversa.(Millán, 2005)
- **Actuadores de pistón**

Los actuadores de pistón se usan cuando se requiere el movimiento de grandes cargas como válvulas y compuertas de gran tamaño, transportadores, persianas y mamparas, la construcción de estos actuadores comprende un cilindro de superficie interior con acabado espejo, en ella se desplaza, en ambas direcciones, un embolo; en los extremos del cilindro tiene sendos orificios para alimentación-expulsión de aire según sea de simple o doble efecto, al igual que los diafragmas de simple efecto, el embolo trabaja contra el resorte antagónico y el equilibrio de fuerzas determina la posición final. Por estar totalmente construido de aceros, tiene la capacidad para soportar presiones altas, es su gran ventaja, y puede desarrollar grandes fuerzas sin tener que ser muy voluminoso. Se puede obtener movimiento lineal y rotacional con mecanismos muy sencillos con estos actuadores. El suministro de aire comprimido, en el caso de estos actuadores, se hace por medio de electro-válvulas que puede estar situadas en el campo adyacente al pistón o bien centralizadas en armarios con suministro neumático. (Millán, 2005)

1.8 Motores de corriente directa (C.D.)

Existen motores de corriente directa con campo controlado y con armadura controlada. Por otro lado, un motor de C.D. tiene dos componentes principales desde el punto de vista electromagnético: campo y armadura. El campo es el que proporciona el flujo magnético principal que va a reaccionar con el campo producido por la corriente de armadura, la armadura es la que proporciona una trayectoria a la energía eléctrica que se alimenta al motor y que ha de convertirse en energía mecánica, esa energía eléctrica fluye como corriente eléctrica y forma en los conductores de armadura un campo magnético que reacciona con el campo principal, produciendo un par mecánico que hace girar a la armadura del motor. (Rashid, 2004)

La relación matemática que relaciona el campo, la corriente de armadura y la velocidad del motor es la siguiente: (Rashid, 2004)

$$RPM = \frac{(Vt - IaRa)}{\varphi K}$$

Dónde:

- * *R.P.M.* → Revoluciones por minuto
- * *Fcem* → Fuerza contra-electromotriz
- * *Ia* → Corriente de armadura
- * *Ra* → Resistencia de armadura
- * *K* → Constante del motor
- * φ → Flujo magnético de campo
- * *Vt* → Voltaje en terminales del motor.

Esta expresión la podemos reducir a:

$$R.P.M. = \frac{Fcem}{\varphi K}$$

La velocidad de un motor de C.D. se puede variar con modificaciones en:

- El valor del voltaje en terminales del motor, el valor del campo magnético y el valor de la resistencia de armadura.
- Otra relación matemática de los motores de C.D. es la que se refiere al par o torque producido en el motor que es: (Rashid, 2004)

- $M = \phi k I a$. Siendo $M \rightarrow$ momento par de fuerzas producido
- El par está directamente dependiente de las variaciones que hagamos en los valores de la corriente de armadura y del campo principal.

1.8.1 Control de Motores de Corriente Directa

Los motores de corriente directa pueden ser controlados, principalmente en dos parámetros:

- Control de sentido de giro. Al cambiar la polaridad en las terminales del motor, se cambia el sentido de giro.
- Control de velocidad. Al variar el nivel de voltaje en las terminales del motor, se varía la velocidad de manera directamente proporcional. (Millán, 2005)

1.9 Motores de corriente alterna (C.A.)

Los más usados son de tipo sincrónico y de pasos, ambos trabajan en forma similar y para su explicación vamos a analizar cómo se produce el campo en estos motores. En general, los motores polifásicos de corriente alterna, requieren de la producción de un campo magnético giratorio, que se logra por la acción de las fases de una corriente polifásica. El vector que representa el campo magnético giratorio que se produce por el sistema trifásico (tres fases desplazadas 120° en el tiempo) que se alimenta a un bobinado de tres fases desplazadas 120° en el espacio. (Rashid, 2004)

El campo magnético giratorio se desplaza a la velocidad que llamamos de sincronismo, su relación matemática es: (Rashid, 2004)

$$V_{sinc} = 120 \frac{f}{p}$$

Donde

$V_{sinc} \rightarrow$ Velocidad de sincronismo en RPM

$f \rightarrow$ Frecuencia de la fuente trifásica

$p \rightarrow$ Número de polos del bobinado del estator.

1.9.1 Motor sincrónico

El estator del motor sincrónico es idéntico a los que analizamos anteriormente, por lo tanto tenemos un campo magnético giratorio, el cual representamos por el vector naranja. El rotor de estos motores es un imán permanente o un electro-imán producido por un bobinado que se alimenta con C. D. Se le llama motor sincrónico porque siempre gira a la velocidad sincrónica; si se sobre carga, el rotor pierde el sincronismo y se para.(Rashid, 2004)

De la relación matemática podemos ver que la velocidad del motor sincrónico se puede variar, variando la frecuencia de la fuente trifásica o variando el número de polos del bobinado. Por último, cuando a la flecha del rotor se le aplica una carga mecánica, el rotor se desplaza un pequeño ángulo pero conserva su sincronismo con el campo giratorio.(Rashid, 2004)

1.9.2 Motor Sin Escobillas (Brushless)

La palabra *brushless* se puede traducir como "sin escobillas", las escobillas son los elementos que hacen contacto en el colector de un motor común. Estos motores carecen de colector y escobillas o carbones. En vez de funcionar en DC funcionan en AC, la mayoría se alimentan con una señal trifásica, esta señal idealmente debería ser sinusoidal, pero en la práctica son pulsos, haciendo que la señal sea un continua pulsante o bien una continua con mucho componente de AC sin embargo se los clasifica como de DC porque al igual que los motores comunes tienen imanes permanentes. (Carletti, 2010)

Estos imanes son atraídos por la polaridad de un campo magnético generado en las bobinas, las cuales como decíamos reciben pulsos en un patrón específico. Si queremos que el motor gire más rápido, simplemente hacemos girar el campo magnético secuencial a mayor velocidad. O lo que sería lo mismo a aumentar la frecuencia de los pulsos. (Carletti, 2010)

Si tenemos un motor eléctrico común y le aumentamos la tensión en los terminales del mismo, veremos que aumenta la velocidad pero también aumenta la corriente de consumo. En un motor *brushless* la corriente y la velocidad son en cierto punto independientes. Es el circuito regulador de velocidad el que se encarga de suministrar

solo la corriente necesaria para una determinada RPM. Si alimentamos con mucha corriente, significa que estamos desperdiciando la capacidad de la batería en esa corriente que no es aprovechada, si en cambio, alimentamos con poca corriente, el pulso de EMF será mayor al pulso de alimentación y por lo tanto el motor eventualmente se detendrá. (Rashid, 2004)

1.9.3 Accionamiento Directo

El accionamiento directo corresponde cuando un mecanismo toma la potencia desde un motor sin alguna reducción, tales como cajas de engranes, poleas, entre otras. En robótica, el hecho de tener un motor directamente conectado a la articulación representa las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas: (Rashid, 2004)

- Mayor eficiencia: la potencia no es desperdiciada en fricción.
- Reducción del ruido: Debido a la simplicidad del dispositivo, un mecanismo de accionamiento directo contiene menos partes que puedan generar vibraciones y por ende ruido.
- Mayor vida útil: El tener pocas partes móviles conlleva a tener menos probabilidad de que alguna falle.
- Gran torque a bajas RPM.
- Rápido y preciso posicionamiento: Un gran torque y un bajo momento de inercia permiten tiempos de posicionamiento menores, la colocación del sensor directamente en el rotor del motor permite una medición precisa de la posición angular.
- Mayor rigidez: Al eliminar las cajas de engranes, se elimina el juego que las mismas producen. Además que al tener menos elementos, la elasticidad es menor.

Desventajas: (Rashid, 2004)

La principal desventaja del accionamiento directo es el tamaño de los actuadores, esto debido a que para lograr mayores torques es necesario incrementar la robustez de las bobinas e imanes permanentes. Un actuador de accionamiento directo puede llegar a ser cuatro veces más grande que su contraparte. Otra desventaja es que el mecanismo

y algoritmo de control para dichos sistemas es mucho más complejo, sin embargo, con los avances actuales en las tecnologías electrónicas e informáticas, cada vez se facilita más tener buenos resultados.

1.10 Servomotores

Un servomotor (también llamado Servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente directa, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación (comúnmente entre 0° y 180°) y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora, una retroalimentación y un circuito de control. Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y robótica, pero su uso no está limitado a estos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos. (Rashid, 2004)

1.10.1 Funcionamiento

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal de onda cuadrada de voltaje, donde el ángulo de ubicación de la flecha depende de la duración del nivel alto de la señal. Cada servo motor, dependiendo de la marca y modelo utilizado, tiene sus propios márgenes de operación. Por lo regular entre 0.3 y 2.4ms. (Rashid, 2004)

1.11 Motores de pasos

El motor de paso a paso es un dispositivo electro-mecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa es que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos. Este motor presenta las ventajas de tener alta precisión y desplazamiento angular en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan como motor de frecuencia variable, motor de corriente continua sin escobillas, servomotores y motores controlados digitalmente. (Rashid, 2004)

Existen principalmente dos configuraciones de motores de pasos: la unipolar y la bipolar.

1.12 Lenguajes de control CNC para robots

1.12.1 Programación CNC

Un programa es un listado secuencial de instrucciones que serán ejecutadas por un robot cartesiano. A aquellas instrucciones se les conoce como código, éstas deben contener toda la información para poder lograr el maquinado de un determinado material.

1.12.2 Código de programación

Actualmente existe una diversidad de lenguajes de programación para controlar robots cartesianos, el fabricante de la máquina es el que determina el diseño y lenguaje a emplearse. La ejecución de un programa en un robot cartesiano se realiza siguiendo normas fijadas que definen las órdenes que se desean para un determinado maquinado que se desee, esto está conformado por diferentes bloques, los cuales, cada uno consiste en una o más palabras, que se componen de letras, de signos y de cifras.

1.12.3 El lenguaje de programación G

El código G es el nombre común que se utiliza en el lenguaje de programación de código numérico de mayor utilización. Es requerido generalmente en automatización y consiste de la siguiente manera: el código G le indica a los actuadores de los robots cartesianos y las herramientas como: los sistemas láser, qué hacer y cómo realizarlo. Por ejemplo, dirección de movimiento, velocidad, qué ruta tomar, que pausas o ciclos tomar, etc. (Schmid, 2001)

1.12.4 Estructura de un programa en código G

Todos los programas deben poseer un número o algún nombre para identificarlo. Algunos controles de tipo numérico aceptan solamente números. (Gulminelli, 2015)

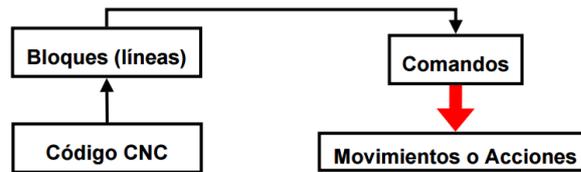


Figura 1.3: Estructura de programa código G

Los programas con control numérico están compuestos por varios bloques sucesivos, siendo cada uno de éstos una instrucción para ejecutar el control. Los bloques pueden o no estar numerados. En el caso de no estarlos, el control los ejecutará según el orden en que los vaya encontrando. (Gulminelli, 2015)

Esta numeración de los bloques podría ser de uno en uno, de cinco en cinco, de diez en diez, etc. Esto puede ser conveniente para poder introducir luego bloques que sean intermedios pero sin que alteren toda la numeración. La numeración debe ser siempre de forma ascendente. En el caso de que exista un bloque con un número que sea menor al anterior, entonces el control detendrá la ejecución del programa.

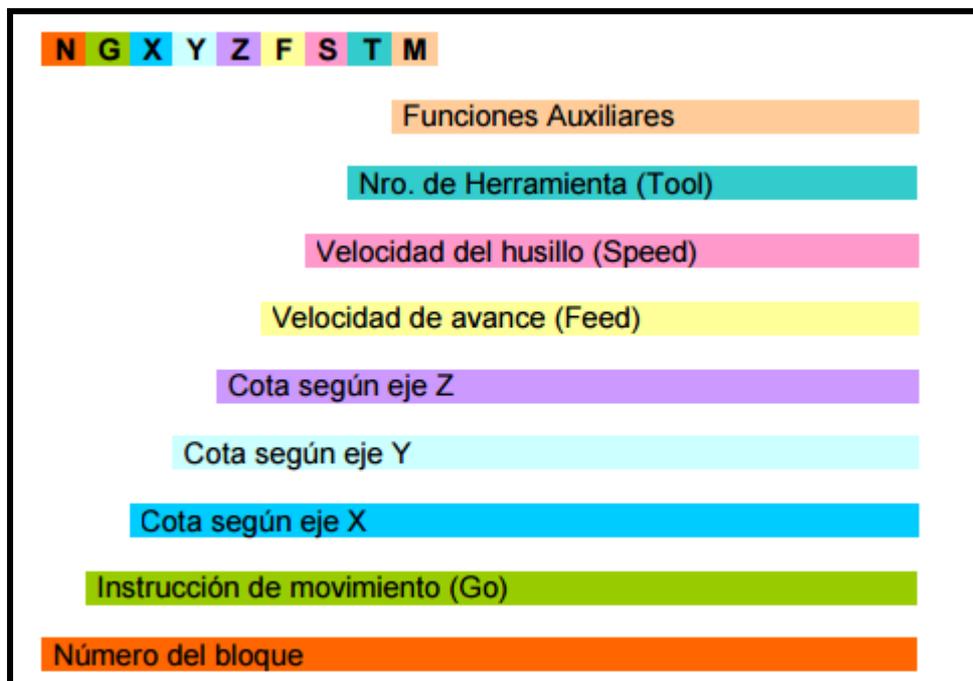


Figura 1.4: Funciones auxiliares

Fuente: (Gulminelli, 2015)

Dentro de cada bloque se deberá mantener este mismo orden. No obstante, no siempre es necesario que estén todos esos ítems. Cabe destacar que la programación se la podría realizar en el sistema métrico (milímetros) o también en pulgadas.

N4 G71 G2 X, Y, Z +/- 4.3 F5.5 S4 T2.2 M2 (sistema métrico)

N4 G70 G2 X, Y, Z +/- 3.4 F5.5 S4 T2.2 M2 (en pulgadas)

El número que está acompañando a cada ítem, es el número de dígitos que son admisibles.

Por ejemplo:

N4: indica que el número de bloques no podrá ser mayor que 9999. Varía según la marca de control numérico utilizado.

Z +/- 4.3 significa que las cotas podrían tener tanto valores positivos como negativos, pero que no sean mayores a 4 dígitos enteros y con 3 decimales. Generalmente el signo “+” no se lo programa. (Gulminelli, 2015)

1.13 Bloques condicionales

Los bloques condicionales pueden o no ser ejecutados según si haya una señal externa al programa. Por ejemplo, pueden servir para programar paradas para inspecciones del trabajo, para detener y realizar cambios de herramienta, etc.

Se determina cual es la condicionalidad de un bloque al agregar un punto después del número del bloque. La señal externa generalmente es un *switch* en el sistema de control. En el caso de que esté activado, la ejecución del algoritmo se va a detener al encontrar un bloque condicional. Pero si no lo está, el programa se ejecutará de forma normal. (Sevillano, 2015)

1.14 Instrucciones de movimientos

Las funciones G se encuentran en el Anexo 1.

(*) Son algoritmos de instrucción que de forma predeterminada asume el control numérico cuando se lo inicia, o después de los códigos M02, M30, *RESET* o *EMERGENCIA*. (Schmid, 2001)

(**) MODAL: Indica que una vez que aparece la instrucción, ésta permanece activa hasta que sea reemplazada por otra instrucción o por M02, M30, *RESET* o EMERGENCIA.(Schmid, 2001)

En un mismo bloque se podría programar todas las funciones del código G que se requiera y en cualquier orden, pero salvo los siguientes códigos: G20, G21, G22, G23, G24, G25, G26, G27, G28, G29, G30, G31, G32, G50, G52, G53/59, G72, G73, G74, G92. Estas funciones tienen que ser programadas en bloques pero por separado. En el caso de que en el mismo bloque se programen funciones que sean incompatibles se detendrá la ejecución del programa.(Schmid, 2001)

Ejemplo:

N50 G01 X20 Y10 Z30 F200 S1000

N60 X100

N70 G00 Z50

El bloque N50, indica que vaya desde las coordenadas donde se encuentre, es decir, en las que quedó después de la ejecución del bloque anterior, en G01 (trayectoria recta) a las coordenadas X20 Y10 Z30, con una velocidad de avance (F) de 200mm por minuto, con el husillo girando a (S) 1000 revoluciones por cada minuto.

El Bloque N60, el nuevo movimiento es en G01, pero no está especificado en el bloque debido a que es modal. Este ordena ir a X100, esto indica que el movimiento no tendrá nuevas cotas en Y o Z, por tanto, el nuevo destino es X 100 Y 10 Z 30. Cabe destacar que al no poseer nuevas cotas, no sería necesario incluirlas en el bloque, también son modales. Si no hay una especificación de F ni tampoco de S, el movimiento se realizará con los mismos valores del bloque anterior.

F y S también son modales.

Bloque N70, indica movimiento rápido G00 partiendo desde la cota anterior a Z50, asume F a la velocidad máxima de la máquina. S según último bloque. Puede programarse en forma absoluta (todos los valores están dados respecto del 0, 0, 0) o incremental (los valores son relativos a la cota previa). Por defecto los CNC asumen

programación en absolutas (G90). En caso de querer trabajar en incrementales deberá programarse un G91 en la línea inicial.

1.15 Funciones M (auxiliares)

Las funciones auxiliares (M) producen varias acciones en el sistema.

Por ejemplo: iniciar o parar la herramienta, arrancar o parar el suministro de líquido refrigerante. También hay otras funciones relacionadas con la ejecución del programa: finalización, reseteo de valores, etc. Estas no tienen que ser programadas junto con otras funciones y deben ir en bloques exclusivos, pudiendo incluirse hasta siete en un mismo bloque. (Schmid, 2001)

Las siguientes funciones auxiliares M son las que más se utilizan:(Schmid, 2001)

- M00 Parada de programa
- M01 Parada condicional del programa
- M02 Final del programa
- M03 Arranque de la herramienta en sentido horario
- M04 Arranque de la herramienta en sentido anti-horario
- M05 Parada de la herramienta
- M06 Cambio de herramienta
- M30 Final del programa con reseteo de variables

1.16 Tipos y características de diodos láser

La palabra *laser* que en español significa “amplificación de luz por emisión estimulada de radiación”.

1.16.1 Tipos de láser

Existe diversidad de láseres, se clasifica según su potencia, frecuencia, longitud de onda o su medio activo. En la tabla (1.1) está resumida la clasificación de los láseres más importantes y sus respectivas características:(CLPU Centro de láseres pulsados, 2013)

Tabla 1.1: Tipos de Láser

Láser	Medio activo	Rango de frecuencia de emisión	Régimen de emisión	Potencia de pico máxima (aprox.)	Utilidades
Helio-Neón	Gas	Rojo	Continuo	10 mW	- Metrología - Lectores de códigos de barras.
Ion de Ar	Gas	Verde – Azul	Continuo	10 W	- Bombeo - Espectáculos
CO ₂	Gas	Infrarrojo	Continuo o pulsado	1 kW	- Corte - Soldadura - Cirugía
Químicos	Gas	Infrarrojo	Continuo	1 MW	- Escudos antimisiles
Colorante	Líquido o Sólido	IR-Visible-UV	Continuo o pulsado	1 W	- Espectroscopia
Rubí	Sólido	Rojo	Pulsado	1 kW	- Investigación
Neodimio: YAG	Sólido	Infrarrojo (*)	Continuo o pulsado	1 GW	- Bombeo - Procesado de materiales - Cirugía
Titanio: Zafiro	Sólido	Infrarrojo	Continuo o pulsado	1 PW	- Investigación - Pulsos ultracortos
Semiconductor	Sólido	Infrarrojo – Visible	Continuo	1 mW – 1 kW	- Comunicaciones - CD, DVD - Punteros - Bombeo
Fibra	Sólido	Infrarrojo – Visible	Continuo o pulsado	1 W – 1 kW	- Procesado de materiales - Comunicaciones - Espectroscopia

El láser de CO₂

La molécula de CO₂ posee varios niveles de vibración, siendo su rango de frecuencia correspondiente al infrarrojo. Las transiciones entre ciertos niveles dan como resultado la emisión láser de CO₂. Su longitud de onda del rayo se sitúa en el infrarrojo lejano y es de 10,6µm micro-metros como en la figura (1.5). (CLPU Centro de láseres pulsados, 2013)

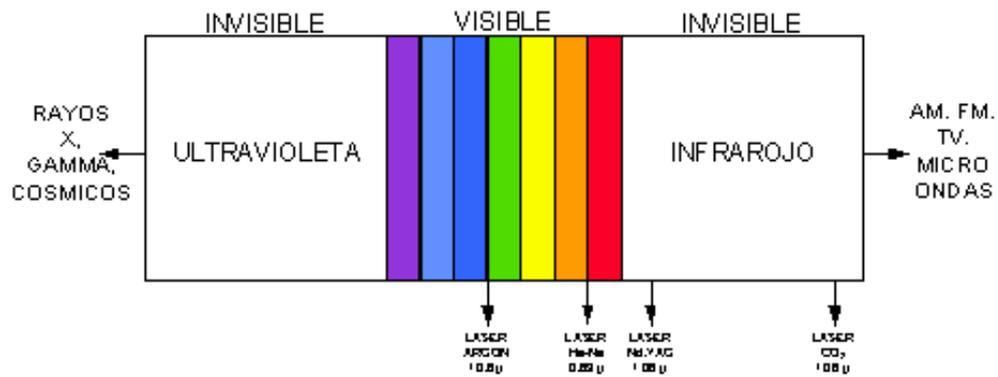


Figura 1.5: Espectro Láser CO2

Fuente: (Ecured, 2012)

Un láser de dióxido de carbono CO2 convierte la energía eléctrica en luz láser, pudiendo ser transmitida a grandes distancias, y alcanzando densidades de potencia con capacidad de fundir o evaporar cualquier tipo de material. (Ecured, 2012)

1.16.2 Corte láser en CNC

El corte mediante láser es la técnica de enfocar el haz del láser de CO2 en un punto de un material determinado que se desea tratar hasta que alcance una cierta temperatura de fusión y así fundir y evaporar logrando el corte. La principal característica del corte con láser de CO2 es su capacidad para procesar una gran cantidad de materiales y de espesores. Cuando el rayo penetra la pieza por completo, inicia el proceso de corte, desplazándose a lo largo del contorno de la pieza y provoca una fundición del material a medida que lo recorre. (Gulminelli, 2015)

Según el diseño que se desea realizar, el cual puede tener partes de diseño en el cual se requiera realizar cortes completos sobre el material o simplemente cortes superficiales "grabado en la superficie", por lo que se debe manipular la potencia del haz del láser. En los cortes completos se debe aumentar la potencia dependiendo dicho material, mientras que en los cortes superficiales la potencia se debe disminuir hasta cierto nivel, una de las fuentes láser más utilizadas para control numérico son las fuentes de dióxido de carbono CO2. La fuente láser se sujeta sobre los ejes que realizan el movimiento XY de manera que el láser pueda realizar los cortes de las trayectorias generadas.

De la misma manera con que se controlan los motores a pasos, la fuente láser debe tener su propio driver, el cual está encargado de convertir la información que es procesada desde el CPU en código G. La operación específica del láser está enfocada en el encendido y apagado de la fuente, con el respectivo control de la potencia con la cual se emite el haz de luz.

1.16.3 Seguridad con los rayos láser

Los dispositivos láser disipan rayos que al ser direccionales y de muy alta intensidad, varían en cuanto a su potencia. Por tanto, los usuarios deben operar con precaución y mantenerse alejados de la trayectoria del haz láser y peor aún, nunca se tiene que mirar directamente el rayo emitido. Inclusive un láser de baja potencia podría provocar daños si el operador fija su vista en éste. En el caso de que se mire fijamente al rayo láser por un lapso de tiempo, el rayo láser enfocado podría quemar los tejidos de la retina provocando ceguera por deslumbramiento, deficiencia permanente la vista o inclusive ceguera total. Para esto, se recomienda gafas de seguridad para evitar efectos negativos del rayo. Las quemaduras o daños provocados en otros tejidos podrían ocurrir también si hay exposición por un lapso temporal.(Calvo, 2014)

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE PIEZAS DEL PROTOTIPO ROBOT CARTESIANO

2.1 Introducción

En este capítulo tendremos principalmente la determinación de piezas, estructura, soporte y movimiento mecánico del robot cartesiano también del montaje de los actuadores, se elaborara una lista de materiales y con la explicación y función en el prototipo del robot.

2.2 Determinación de elementos y partes

2.2.1 Chasis o marco de referencia:

Para nuestro robot cartesiano se necesita un marco de soporte o chasis el cual determinara principalmente el área de trabajo de la maquina así como también el alcance o tamaño de la misma. Además se necesita una estructura sólida y lo bastante resistente para soportar el peso de los elementos actuadores y del cabezal que es un diodo láser de un peso aproximado de 500 gramos más un motor NEMA 17 de 400 gramos. Tendrá que ser resistente y con puntos de sujeción para su colocación sobre cualquier superficie plana.

Los perfiles de aluminio sujetados con pernos y tuercas es la mejor opción:

- La estructura constara de 2 perfiles principales los cuales servirán de guía para el cabezal láser del robot
- El marco tendrá 2 perfiles auxiliares para completar el chasis rectangular.
- Ya que el marco es un rectángulo regular dispondrá de 4 apoyos para asentar sobre cualquier superficie plana
- El diseño constara con espacio suficiente para colocar el material para ser grabado o cortado.

2.2.2 Cabezal de grabado y corte

La máquina constará de un cabezal donde se encontrará montado el láser para su grabación esta pieza requiere movimiento, precisión y equilibrio:

- Se necesita un perfil más para el soporte y movilización del diodo láser
- Rodillos para desplazamiento

- Piezas auxiliares de acrílico o madera para sujeción de elementos

2.2.3 Circuito Electrónico

El circuito electrónico debe estar lo más cerca posible del robot y aislada de cualquier contacto innecesario.

Constará con terminales y cables adecuados para su correcta conexión y aislamiento:

- Cables y terminales de conexión
- Pines y *pads* listos para suelda.
- Circuito electrónico
- Botones de activación y control simple
- Soporte de circuito electrónico
- Ventilación o refrigeración

2.2.4 Uniones, separadores y elementos de sujeción

El robot al ser un dispositivo con movimientos mecánicos necesita elementos tales como pernos, arandelas y tuercas para ensamblar el prototipo y que ofrezca el soporte y resistencia necesaria, pudiendo ser:

- Pernos de diferente largo y ancho
- Tuercas para los distintos pernos
- Arandelas si es necesario
- Separadores de rodillos para su ubicación correcta
- Elementos para la sujeción de las bandas del motor

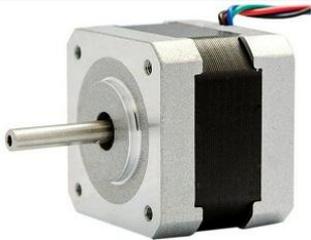
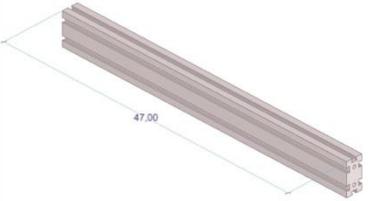
2.3 Detalle de listado de materiales

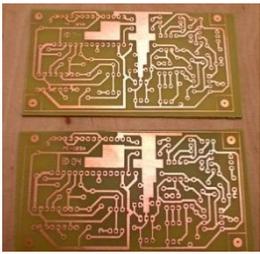
En el siguiente listado de materiales se dará a conocer detalladamente uno a uno las piezas que serán utilizadas para el armado del robot cartesiano. Se definirán medidas y usos de cada uno de los materiales. Con el fin de dar a conocer de manera más clara los materiales que serán utilizados, se dividirá en dos listas, una que contenga los elementos principales y otra los elementos secundarios.

2.3.1 Lista de materiales principales

En las tablas (2.1 y 2.2) de elementos principales y secundarios que están con sus respectivas figuras se especifica la cantidad y los elementos que se utilizarán en el prototipo del robot cartesiano.

Tabla 2.1: Materiales Principales

MATERIALES PRINCIPALES				
ITEM	TITULO	DESCRIPCIÓN	CANT	IMAGEN
01	Módulo láser	Herramienta principal para grabado y corte. Potencia =5.5w Consta de: diodo láser, ventilación.	1	
02	Actuadores (motor de pasos)	Motor PAP, NEMA 17, 1.8°, bipolar para movimientos generales del robot.	3	
03	Perfil transversal	Perfil de aluminio e=2mm, 40 x 20 x 470mm	2	
04	Perfil lateral	Perfil de aluminio e=2mm, 20 x 20 x 430mm	2	
05	Perfil de cabezal	Perfil de aluminio e=2mm, 40 x 20 x 510mm	1	

06	Circuito electrónico	Interfaz, control manual y automático del robot	1	
----	----------------------	---	---	---

2.3.2 Lista de elementos secundarios

Tabla 2.2: Materiales Secundarios

MATERIALES SECUNDARIOS				
ITEM		DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	IMAGEN
01	Rodillos o rodamientos	Rodillos con exterior de goma utilizados para el deslizamiento del cabezal en sus 2 ejes	12-16	
02	Pernos para motores	Pernos con cabeza hexagonal para rosca NEMA 17	12	
03	Unión de perfil	Unión rígida entre perfiles desmontable ángulo 90°	4	
04	Arduino mega	Interfaz e interpretador de comandos entre el computador y el robot cartesiano	1	

05	Soportes	Elementos de apoyo para superficies planas	4	
06	Banda	Banda para engrane de motor	2 m	

2.4 Dibujo y acotación de piezas 2d y 3d en el prototipo

2.4.1 Perfil principal ejes

Elemento principal de soporte y deslizamiento para los rodillos de goma, servirá como ejes para movimientos en coordenadas X y Y del robot cartesiano, el elemento consta con un canal en la parte superior e inferior también 2 canales en cada cara lateral del perfil, y dos orificios para la colocación de elementos de apoyo y sujeción como se observa en la figura (2.1):

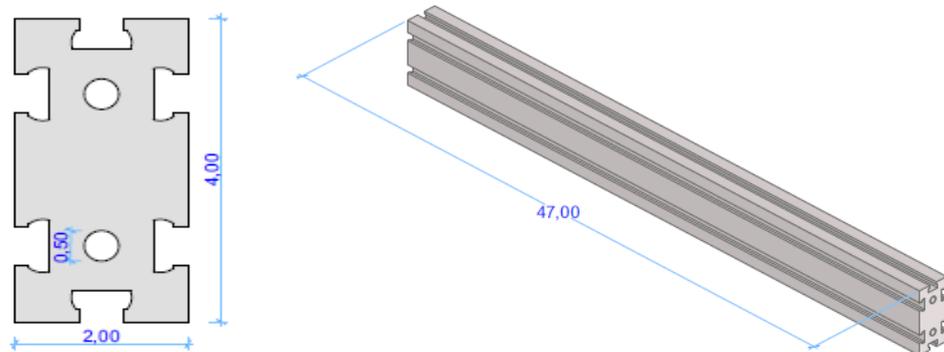


Figura 2.1: Sección y axonometría perfil lateral

2.4.2 Perfil frontal y posterior

Elemento de sujeción del marco principal del robot cartesiano que ira unido al perfil lateral este es de menor tamaño ya que su esfuerzo es menor con respecto al perfil lateral. Este perfil serviría como apoyo del circuito o placa como también del ventilador para disipar el humo producido por el Láser al momento de trabajar sobre las diferentes superficies. En la Figura 2.2 se observa los detalles:

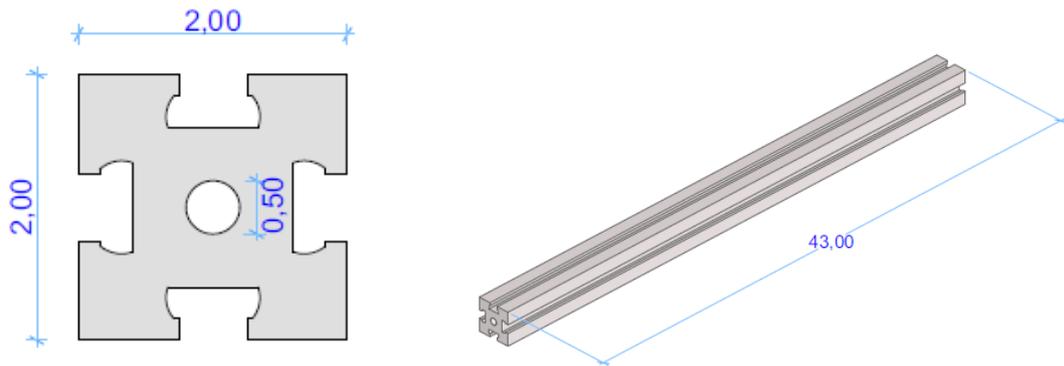


Figura 2.2: Sección y axonometría perfil secundario

2.4.3 Ángulo unión

Pieza de gran importancia figura 2.3 ya que servirá para formar el marco de referencia o chasis del robot cartesiano, será el encargado de enlazar los dos tipos de perfiles en un ángulo de 90 grados de una manera sólida y segura la unión será mediante tuercas insertadas en los canales del perfil y pernos con arandela para un agarre seguro.

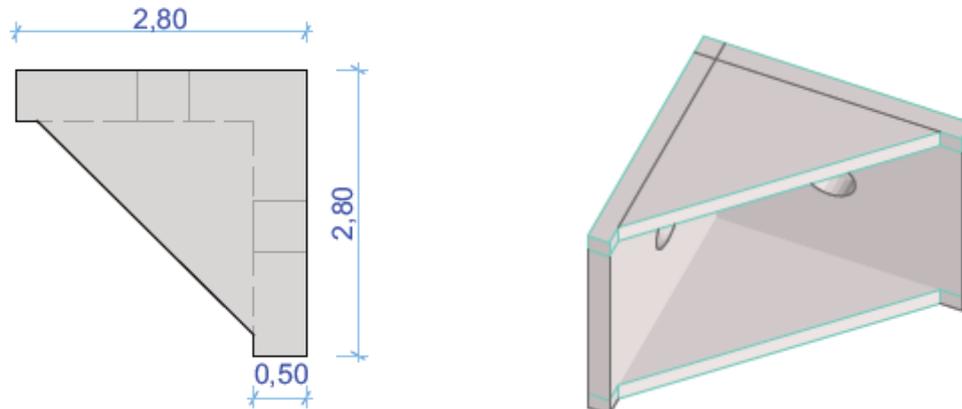


Figura 2.3: Vista superior y axonometría ángulo unión.

2.4.4 Soporte de apoyo en superficie plana

Aquí tenemos los 4 apoyos del robot cartesiano que sirven para levantar el marco de referencia del suelo o superficie. Constará de elementos antideslizantes y dos agujeros para sujetarlos con pernos figura 2.4.

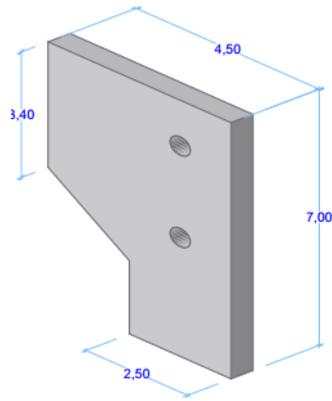


Figura 2.4: Axonometría de soportes

2.4.5 Elemento soporte de eje transversal

La figura 2.5 será la parte del robot cartesiano conectara el marco de referencia con el cabezal a través del eje transversal, sobre estos se montaran también los motores a pasos y los rodillos de goma facilitando así su movimiento y disminuyendo la fricción; La máquina contara con 2 soportes de este tipo.

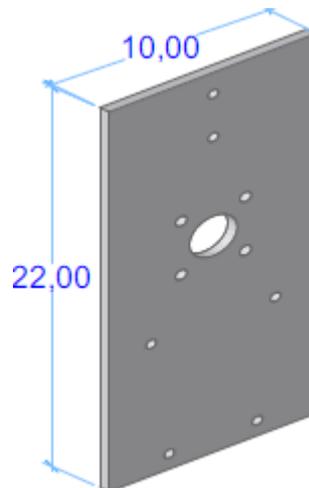


Figura 2.5: Soporte eje transversal

2.4.6 Soporte del cabezal

Elemento que servirá para el movimiento sobre el eje X y donde se sujetará el diodo láser en el soporte delantero y el motor a pasos en el soporte posterior la figura 2.6 muestra el elemento en mayor detalle para el movimiento sobre el eje transversal.

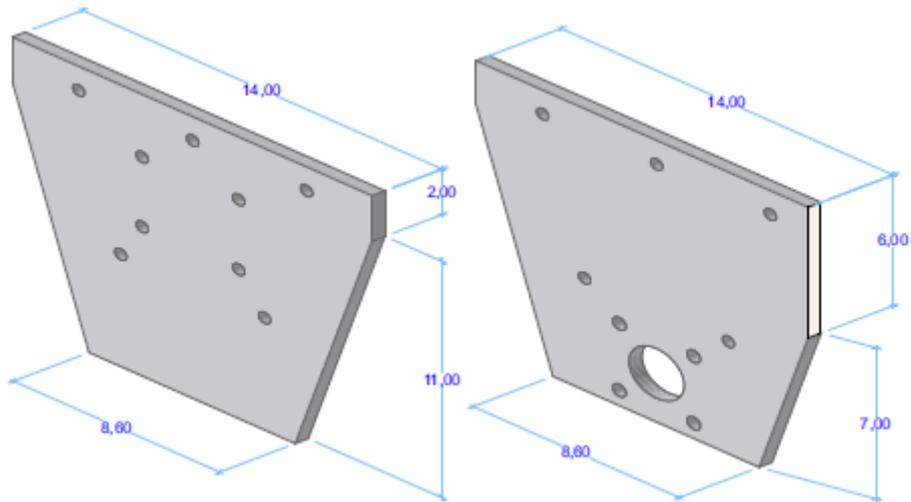


Figura 2.6: Soporte del cabezal parte delantera y posterior

2.5 Partes del robot cartesiano

2.5.1 Base fija o marco de soporte principal

Esta parte es la más importante del robot a nivel estructural ya que será la base y eje de movimiento conformando el *link* principal (figura 2.7) del robot proporcionando el grado de libertad Y ya que es una configuración cartesiana.

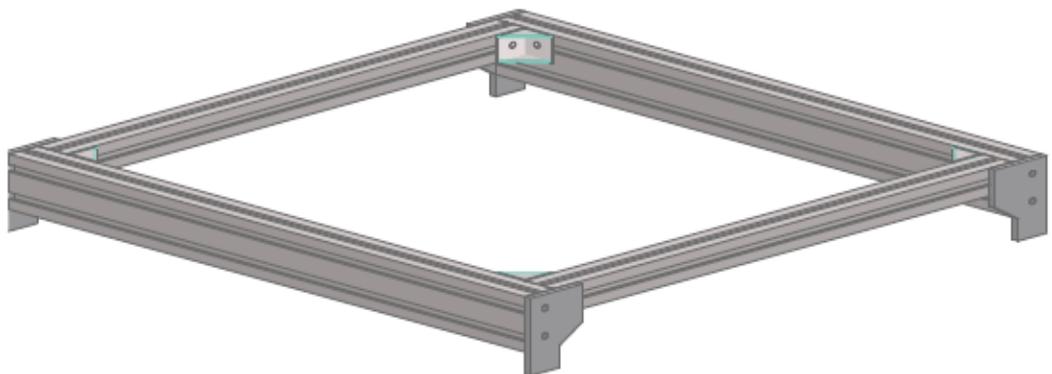


Figura 2.7: Marco de soporte principal

2.5.2 Base móvil de cabezal

Elemento conformado por el perfil más largo, se lo detalla en la figura 2.8, base de 2 piezas iguales de soporte y dos motores paso a paso. Esta parte recorrerá sobre la base fija (figura 2.7) o marco principal proporcionado al robot el movimiento sobre el eje Y.

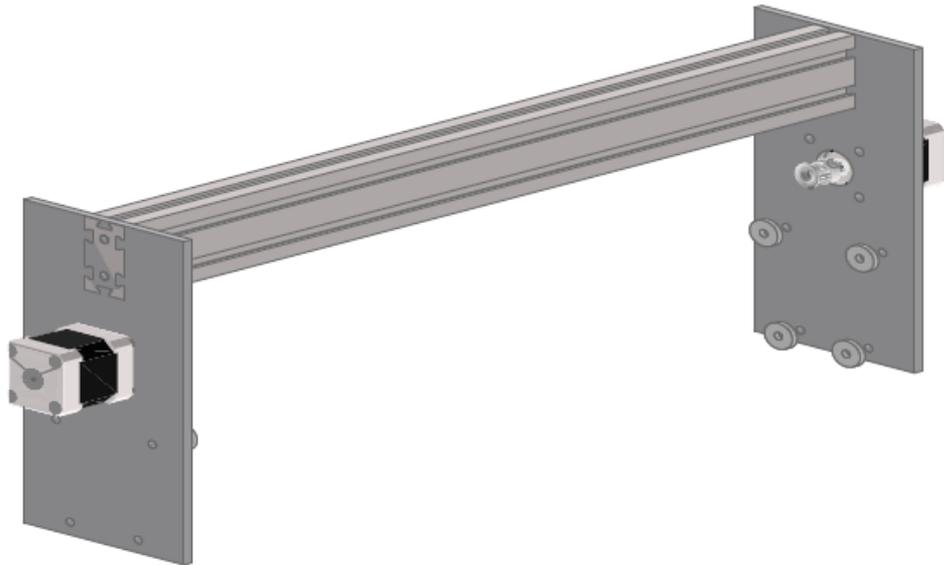


Figura 2.8: Base móvil

2.5.3 Cabezal láser

Componente que se deslizará a lo largo de la base móvil y se lo ve en la figura 2.9, está conformado por un motor paso a paso proporcionando el movimiento en el eje X y el actuador principal que es el diodo láser. Esto nos genera nuestro segundo grado de libertad.

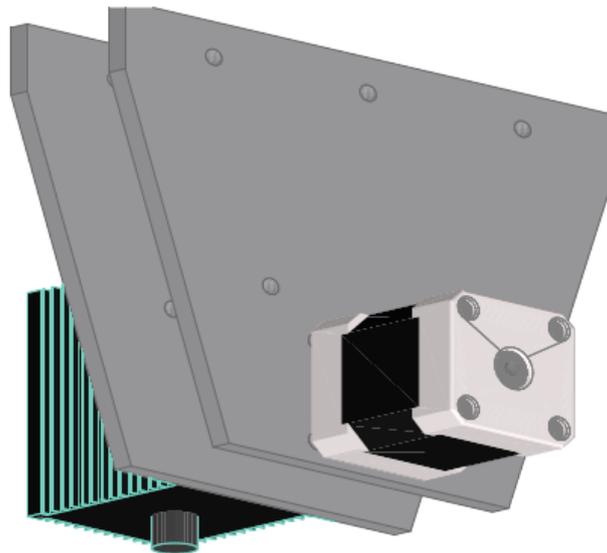


Figura 2.9: Cabezal láser

2.6 Ensamblaje de piezas y partes

Una vez descritas todas las piezas y armadas las 3 partes principales, se conforma el robot cartesiano con dos grados de libertad y movimientos lineales en las coordenadas X - Y.

2.6.1 Ensamblaje del marco de referencia

Se necesita:

- 2 perfiles principales
- 2 perfiles secundarios (frontal y posterior)
- 4 ángulos o uniones
- 8 pernos para uniones
- 4 soportes o bases
- 8 pernos para soporte terminal

Se coloca las tuercas en los canales del perfil, uniéndose los dos perfiles tanto el principal como el secundario de forma perpendicular se asegura en el vértice con el ángulo unión, este proceso se repite en cada una de las esquinas conformando el marco o base fija, luego atornillamos dos soportes de superficie o patas, fijamos las bandas en cada eje principal. En la figura 2.10 encontramos una ilustración explotada de este ensamblaje.

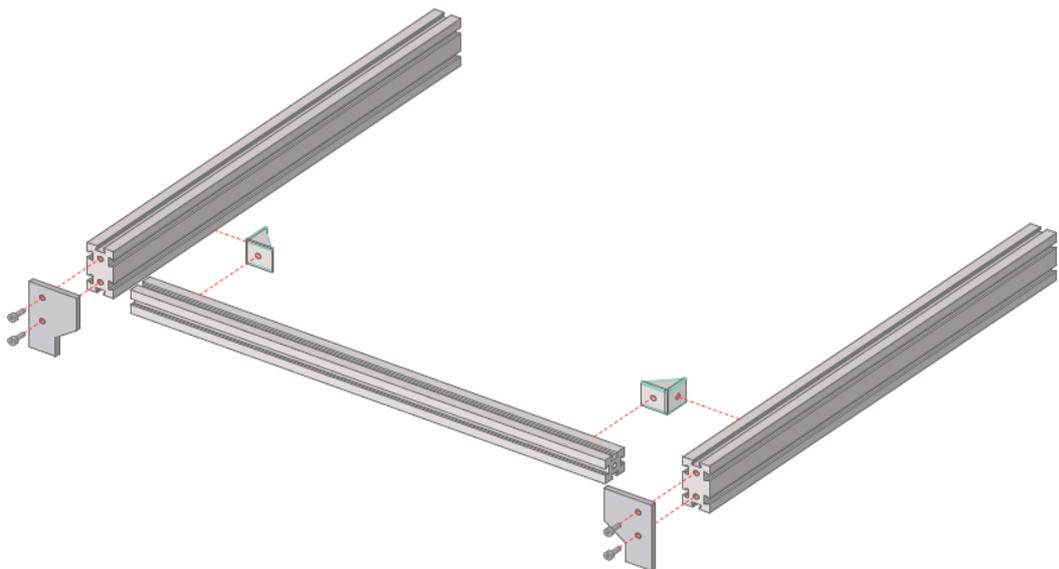


Figura 2.10: Ensamble base fija axonometría explotada

2.6.2 Ensamblaje de base móvil

Para esto primero tenemos que sujetar los motores a los soportes mediante 4 pernos en cada soporte lateral de la base móvil.

Colocamos los separadores los rodillos de goma y aseguramos con las tuercas. Conformando la pieza lateral completa con el perfil principal más largo mediante 2 pernos en cada lado. La figura 2.11 explica el procedimiento de ensamble.

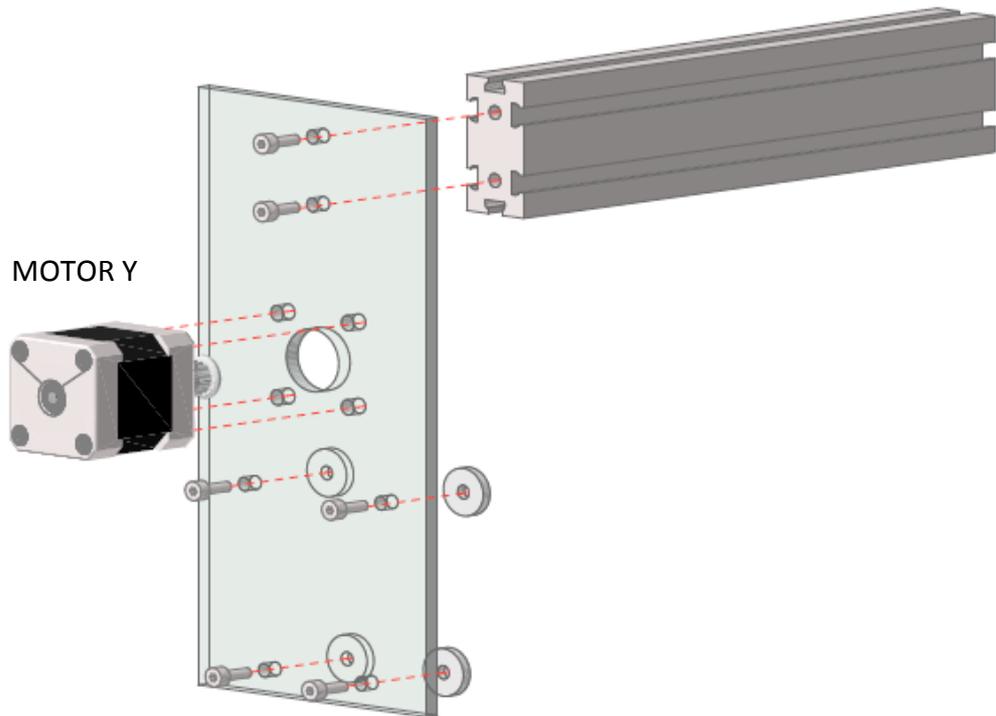


Figura 2.11: Ensamble base móvil axonometría explotada

2.6.3 Ensamblaje de cabezal láser

Para esto tenemos los dos soportes en el uno montamos el motor número 3 y en el soporte posterior del cabezal y el módulo láser en la parte frontal colocamos los pernos, separadora y por su puesto los rodillos de goma para asegurar el cabezal formando una sola pieza el cabezal láser de grabación y corte.

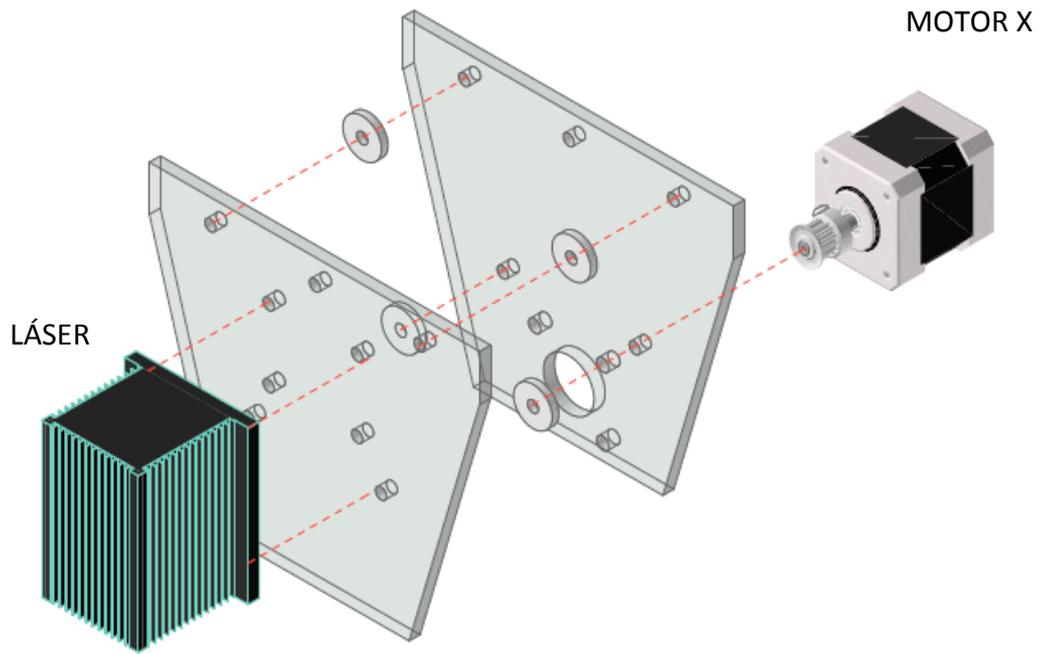


Figura 2.12: Ensamble cabezal láser axonometría explotada

CAPITULO 3

CONSTRUCCIÓN, ENSAMBLAJE Y FUNCIONAMIENTO DE PARTES Y ELEMENTOS DEL PROTOTIPO ROBOT CARTESIANO

3.1 Introducción

La importancia de este capítulo radica en la explicación de cómo funciona el robot cartesiano, sus movimientos, grados de libertad y *links*; así como los circuitos controladores y la interfaz física como virtual, mediante un programa en el computador como lo es *LabVIEW*, además de un control manual accesible a cualquier usuario con una breve capacitación.

3.2 Grados de libertad y movimientos mecánicos

Mecánicamente, el robot está formado por una estructura modular de perfiles, cuya cadena cinemática posee 2 grados de libertad lineales asociados a los ejes X, Y para el movimiento, pero la herramienta en este caso, el diodo láser, incidirá en un tercer eje Z.

3.2.1 *Link* base del robot o eje principal

El *link* o base principal, sirve especialmente para el soporte del robot cartesiano y también como eje del movimiento en la coordenada Y a lo largo del perfil de aluminio que conforma este eje como se explica en el capítulo 2.

El movimiento mecánico del robot, se da gracias a la transformación del movimiento rotacional proporcionado por el motor, a un movimiento lineal sobre el eje a través de la configuración entre el motor a pasos, una banda y rodillos como se observa en la figura (3.1).

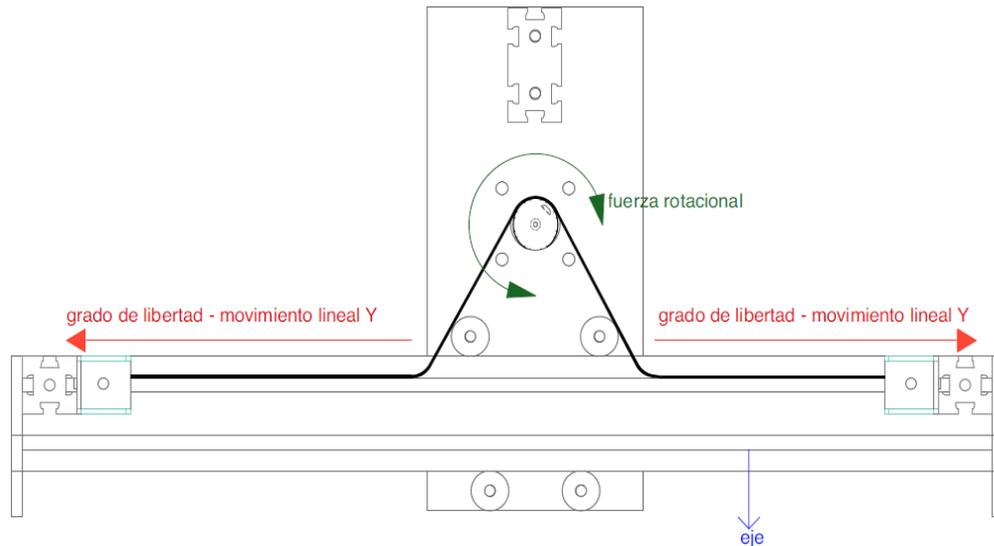


Figura 3.1 Grado de libertad (Y) en corte lateral y mecánica de movimiento

3.2.2 *Link* base móvil del robot o eje secundario

Como ya sabemos la máquina se compone de dos movimientos principales, el movimiento sobre la base fija, es decir esta base móvil se moverá en el sentido de coordenadas (Y) y a su vez también facilitará el movimiento sobre su eje X mediante el motor a pasos NEMA 17, que movilizará la herramienta en este caso el láser de grabado y corte como en la figura 3.2.

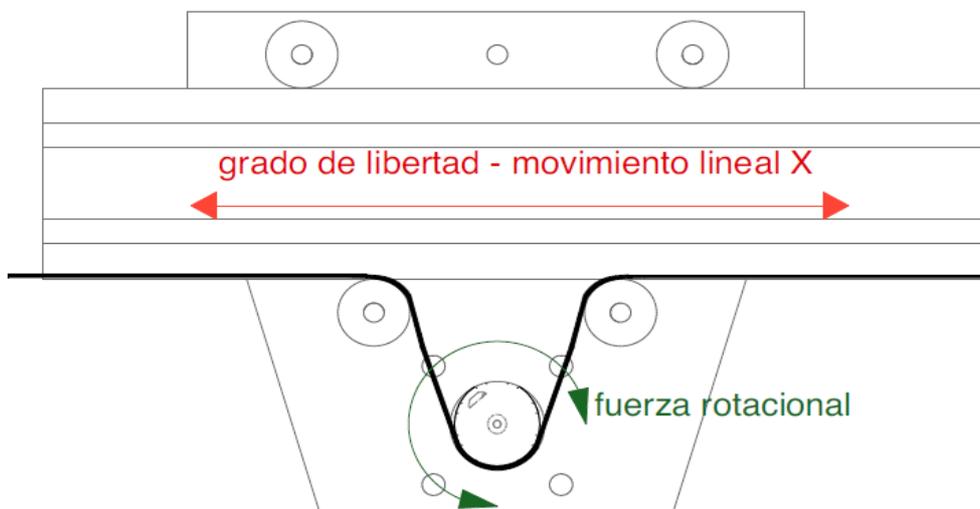


Figura 3.2 Grado de libertad (X) en vista frontal desmontado y mecánica de movimiento

3.2.3 Cálculo De Movimiento Rotacional a Lineal

El motor NEMA 17 que se utilizó, tiene un valor de rotación de 1.8 grados por paso, lo que nos indica que se requieren n pasos para dar una vuelta completa y trasladarse una distancia total por vuelta de:

$$P = Dp * \pi$$

$$P = 1.5cm * 3.1416 \rightarrow P = 4.71cm$$

$$Pv = \frac{360^\circ}{1.8^\circ} \rightarrow Pv = 200 \text{ pasos por vuelta}$$

$$Drp = \frac{P}{Pv} \rightarrow \frac{4.71cm}{200} * \frac{10mm}{1cm} \rightarrow 0.235mm/paso$$

Tabla 3.1 Tabla explicativa de variables utilizadas en el cálculo de movimiento rotacional a lineal

SIMBOLOGÍA	
P	Perímetro piñón
Dp	Diámetro piñón en cm
Drp	Distancia recorrida por paso (mm/paso)
Pv	Cantidad de pasos por vuelta del piñón

Gracias a estos cálculos tenemos que la resolución del robot cartesiano es aproximadamente un cuarto de milímetro por paso, lo que quiere decir que la máquina en su movimiento es muy precisa. Cabe recalcar que se debe añadir la precisión del láser y su enfoque del objetivo.

3.3 Partes y componentes electrónicos del robot

3.3.1 Sistema De Control y Funcionamiento del Robot Cartesiano

Como se puede ver en la figura, el robot cartesiano consta de varias etapas que se explicaran en este capítulo; se comenzará por explicar los actuadores, que son los motores y el láser de grabación hasta llegar al ordenador que es el que comanda principalmente el robot a través de una interfaz amigable al usuario. Para ello comenzamos con la figura 3.3.

Tipología general del sistema de lazo abierto de control:

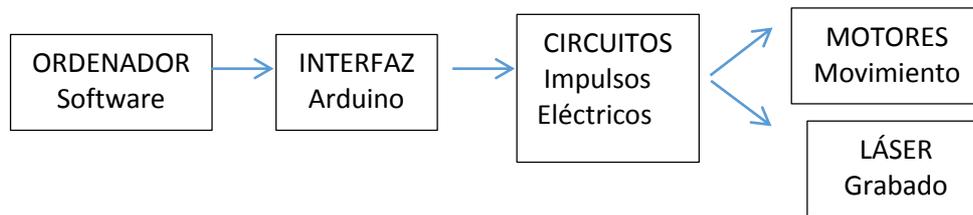


Figura 3.3 Diagrama de tipología general del sistema de lazo abierto de control.

3.3.2 Motores o actuadores de movimiento

Los motores que se utilizaron, son motores bipolares de pasos normalizados a la norma NEMA 17, ajustándose a medidas estándar para su facilidad de acoplamiento y conocimiento de sus características, los cuales son muy utilizados en este tipo de robot cartesiano.

“El diseño del motor a pasos bipolar híbrido se basa en principalmente 2 bobinas con un imán permanente en el rotor, además de un engrane en el rotor como en el estator gracias a esta configuración el motor de pasos tiene una alta precisión y un alto torque; estos motores cuentan con una precisión hasta de 1.8 grados por paso completo. “(Carletti, 2010)



Figura 3.4 Motor de paso NEMA 17

Fuente: (Bricogeek, 2014)

Motores bipolares y unipolares

En la actualidad los motores a paso han evolucionado de la siguiente manera:(Constandinou, 2001)

- Los primeros motores de reluctancia variable tienen un rotor de hierro y estator laminado proporcionando un paso en el mejor de los casos de 15°.
- Luego se desarrollaron los motores de imán permanente el cual permite mantener un par diferente de cero cuando no está energizado.
- Finalmente los motores híbridos, estos combinan los dos modelos anteriores. Son los que se utilizaron en este proyecto son muy precisos proporcionando una resolución de 200 pasos por vuelta además de un par diferente de cero sin energía y una inercia relativamente despreciable. en la figura 3.5 se aprecia la configuración interna de estos motores.

Dentro de los motores a pasos híbridos, existen dos tipos de motores a pasos que se diferencia en su conexión y en la cantidad de cables que tiene cada uno y su clasificación es: (Constandinou, 2001)

- **Motores bipolares:** constan de 4 cables de conexión conectados en pares a cada una de las bobinas internas del estator del motor, polarizándolas de tal manera que el rotor gire de acuerdo a su polarización y el rotor avance o retroceda los pasos indicados, el resto de las especificaciones del motor están en la tabla 3.2.
- **Motores unipolares:** estos motores suelen tener 5 o 6 cables, a diferencia de los bipolares, se añade un punto común como se ve en la figura a continuación.

Cabe recalcar que los motores unipolares de 6 hilos pueden funcionar como bipolares si no se conectan el cable común de cada bobina.

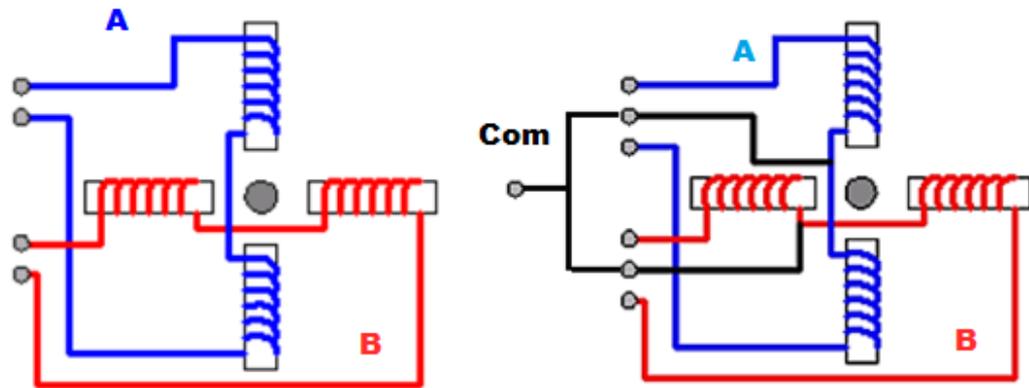


Figura 3.5: esquema motor de pasos bipolar (izquierda) y unipolar (derecha)

Fuente: (Rashid, 2004)

Tabla 3.2 Características motor a pasos

CARACTERÍSTICAS MOTOR	
MODELO	NEMA 17
VOLTAJE OPERACIÓN	12v
CORRIENTE MAX.	0.6A
PESO	350 gramos
TORQUE	3.2kg/cm
PASOS POR VUELTA	200
RESISTENCIA	3.3 Ohm por bobina

Fuente: (Bricogeek, 2014)

3.3.3 Circuito de control de motores a pasos

En esta parte vamos a indicar la electrónica del movimiento de motores y como se controlará de forma manual y automática, así como las configuraciones necesarias y los parámetros que se debe tener en cuenta para este robot.

Lógica de activación del motor:

En un motor a pasos lo que se necesita es energizar o polarizar las bobinas con tal secuencia para el motor gire en uno o en otro sentido, para ello se requiere un circuito lógico simple que nos permite suministrar estos pulsos al motor, la tabla 3.3

y 3.4 así como la figura 3.6 y 3.7 explican mejor las secuencias y los movimientos del motor.

Tabla 3.3 Secuencia de pasos activación simple:

Lógica de movimiento motor a pasos giro horario activación simple				
PASOS	A	B	C	D
1	+	-	-	-
2	-	+	-	-
3	-	-	+	-
4	-	-	-	+

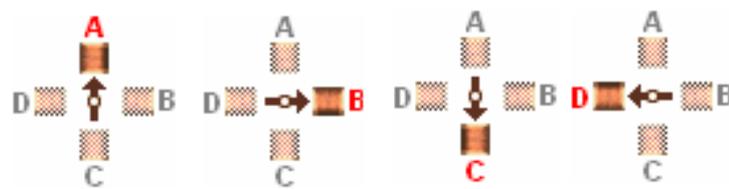


Figura 3.6: Ilustración de movimiento del rotor

Fuente: (Wanadoo, 2015)

Tabla 3.4 Secuencia de pasos activación simple.

Lógica de movimiento motor a pasos giro horario activación en pares				
PASOS	A	B	C	D
1	+	+	-	-
2	-	+	+	-
3	-	-	+	+
4	+	-	-	+

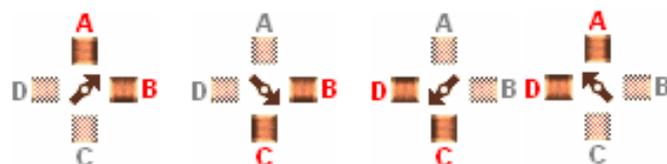


Figura 3.7: Ilustración de movimiento del rotor

Fuente: (Wanadoo, 2015)

Controladores

Es importante conocer la secuencia de activación y las diferentes opciones con las que un motor de pasos híbrido puede funcionar, además de la utilización de varias herramientas que facilitan este movimiento y configuraciones para un control total del motor a pasos.

Para esto hay que tomar muy en cuenta las características de nuestro robot y las necesidades y requerimientos del mismo a ser construido para aprovechar al máximo los motores en su correcto movimiento

Opciones

Hoy en día existen varias opciones de integrados con distintas configuraciones y requerimientos según el motor correspondiente. A continuación se enumeraran una lista de posibles integrados para controlar los motores.

- 1) Circuito controlado por transistores BJT o MOSFET(figura 3.8)en forma de puente H por par de cables es un circuito simple pero que al usar componentes muy grandes se vuelve ineficiente y aumenta su consumo de potencia. Este circuito está construido por un puente H por cada par de cables del motor y según la activación de cada una de los interruptores que serían las salidas de activación del circuito en este caso se necesitan 4 salidas o comandos para cada botón. También se puede utilizar el circuito integrado.

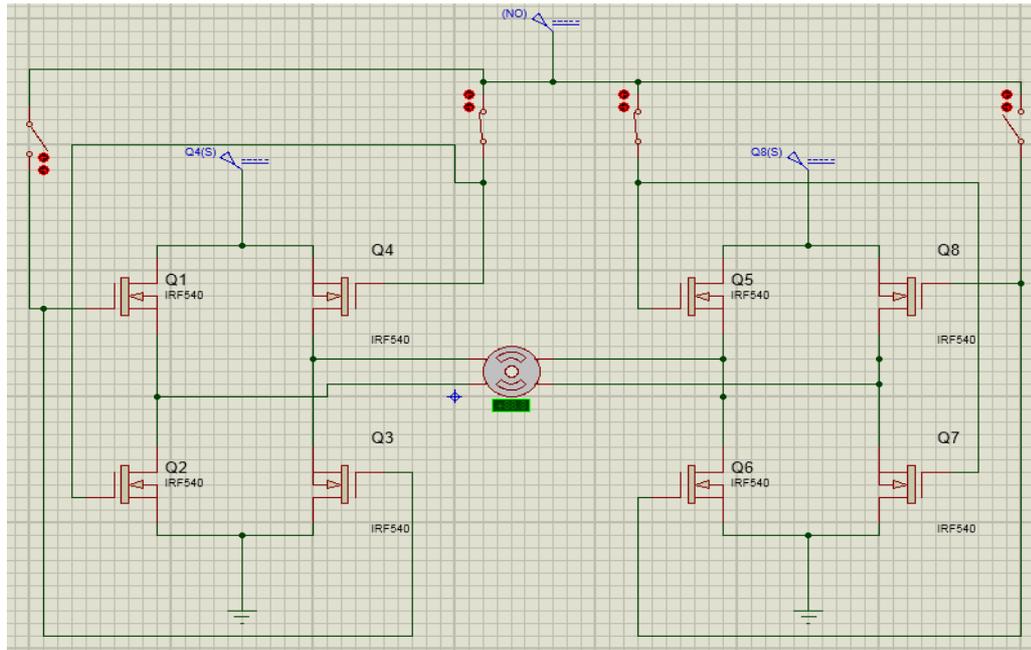


Figura 3.8: circuito de potencia de motor bipolar

- 2) Integrado I293: este circuito es un driver *push-pull* que permite aislar mediante fuentes de poder separa la parte lógica de la parte de potencia en el circuito con la utilización de 2 puentes H uno por cada par. (Datasheet I293, 2014)

En el circuito como se puede apreciar consta de 4 entradas (IN) que será el nivel lógico y 4 salidas que es donde se conectaría el motor a pasos, el integrado también consta con dos pines *enable* para habilitar o deshabilitar las bobinas por separados y para seguridad diodos en configuración anti-paralelo pinza (*clamp*).

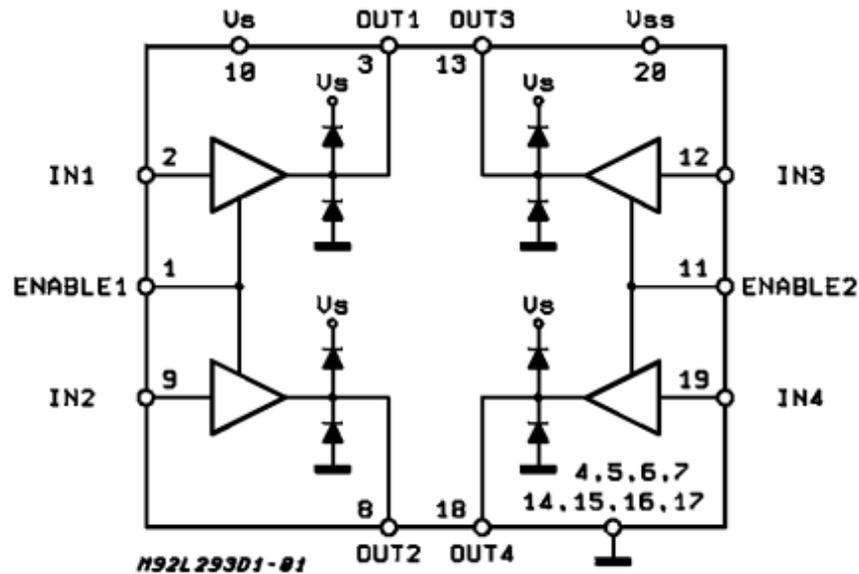


Figura 3.9: Diagrama interno l293.

Fuente: *Datasheet* integrado I293

- 3) Circuitos compuestos: estos controladores dividen en dos partes la conexión o configuración para el control de un motor a pasos.

Este circuito consta de dos integrados con distintas funciones el primero el L297 y el L298, u su conexión es como en la figura 3.10.

L297: El circuito usa un arreglo Darlington y permite la secuencia de paso completo y medio paso con tan solo activar un pin del integrado.

Este controlador necesita solo dos entradas principales del circuito lógico que son el *clk* o *clock* que recibe un tren de pulsos y un pulso 1 o 0 para indicar la dirección de movimiento. (Datasheet I293, 2014)

L298: este circuito es el complemento del anterior se compone de un puente H doble para activar o comandar el motor aislando el circuito de potencia con el circuito lógico, de esta manera se puede trabar con diferentes voltajes. (Datasheet I293, 2014)

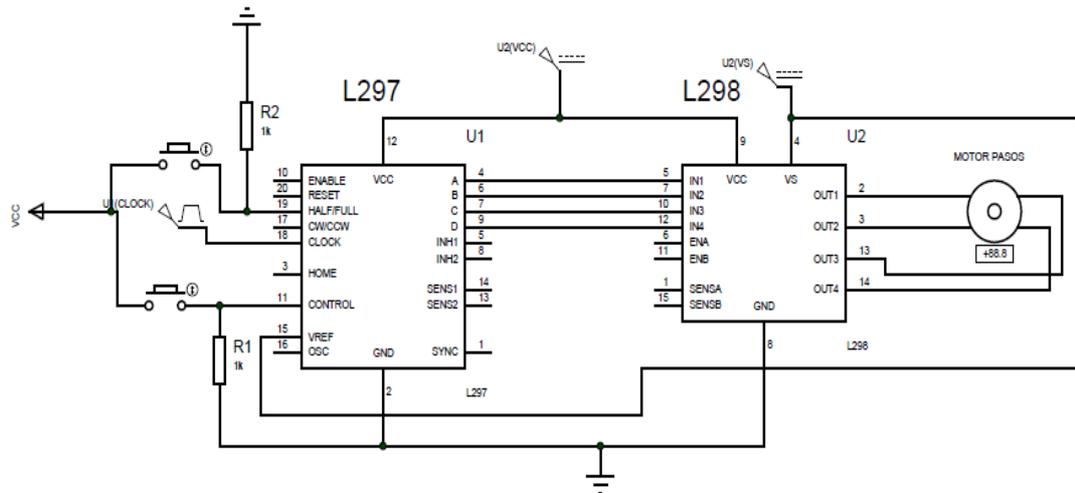


Figura 3.10 Diagrama de conexión circuitos integrados L297 Y L298

- 4) Circuitos completos: todo en uno (*all in one*): son los circuitos más completos y de menor consumo de potencia ya que están contruidos dentro de una sola tarjeta soldada y chips de alta calidad en ocasiones componentes de montaje superficial.

Para tener en cuenta que controlador es el conveniente se necesita tener muy encuentra los siguientes parámetros del motor a pasos que se va a utilizar:

- El tipo de motor Unipolar o bipolar
- Voltaje máximo de operación (Voltaje de trabajo)
- Corriente de consumo del motor
- Precisión requerida en el paso del motor según el trabajo
- Voltajes lógicos máximos y mínimos admitidos.

Con esta información requerida se elaboró la tabla 3.5 con los varios controladores.

Tabla 3.5: Comparación de controladores

MODELO	MOTOR A USAR	L293	L297 Y L298	DVR8834	A3967	A4988
Figura						
Descripción	motor NEMA 17	integrado puente H	integrados de control y potencia	<i>all in one</i>	easy driver arduino motor	<i>all in one</i> allegro
V de operación máximo	12-24v	5-12v	12v	2,5 -10,8v	1-20v	8-24v
Corriente máxima	1,5A	500mA	1,5A	1,5A	400mA	2A
Voltaje lógico min		3,3v	3,3v	2,5v	3,3v	3,3v
Voltaje lógico max		5v	5v	5,25v	5,5v	5,5v
Pasos por vuelta	200 pasos por vuelta	<i>full step</i>	<i>full, halfstep</i>	full, half 1/4, 1/8 step	<i>full step</i>	<i>full, half 1/4, 1/8, 1/16 step</i>

Luego de la tabla de comparación que observamos anteriormente tenemos que descartar la opción del *driver* DVR8834 ya que su voltaje es inferior al nominal de los motores por otro lado el integrado L293y el *easy driver* A3967 no soportan la corriente máxima del motor lo que indica que se sobre-calentarán en funcionamiento y es posible que se destruyan o dejen de funcionar luego de unos minutos.

Como opción restan los chips L297-L298 y A4988 con los que se procedió a montar en el *proto-board* y a realizar las pruebas necesarias con los motores, para escoger el mejor de los dos integrados según la capacidad de los mismos y los requerimientos del prototipo robot-cartesiano.

3.3.4 Láser

Consiste en la emisión inducida para generar un haz de luz coherente que a diferencia de la luz difusa esta trata de mantenerse en una sola dirección a largas distancias. En otras palabras es un haz de luz que se concentra en un punto y su área de iluminación es muy pequeña para muy potente. (Bertolotti, 2004).

En cuanto al prototipo, la herramienta del robot cartesiano será un láser con una potencia capaz de grabar he inclusive cortar algunos materiales este dispositivo irá montado sobre la base móvil del robot cartesiano y se activará desde la computadora mediante *software* como también tendrá la opción de ser activado desde un control manual. El dispositivo láser también contara con una luz guía o de mira para saber nuestro punto de inicio en el plano de trabajo del robot.

Partes y funcionamiento de un láser:

Al hablar de un láser tenemos que saber que su luz se genera principalmente en una cápsula en la configuración de un resonador óptico acotado por dos espejos de alta calidad sin embargo el grado de reflexión de uno es menor que el otro para que el rayo láser pueda escapar de esa cápsula que está conformada por las siguientes partes: (Bertolotti, 2004)

1. Espejo total: colocado en la parte posterior de la cápsula láser es el espejo encargado de reflejar toda la luz emitida en la excitación, es un espejo de extremado pureza y alto costo, están compuestos por lo general de plata o platino.
2. Tubo o material de excitación: parte que está conformada por un tubo donde se producirá la excitación de la luz los materiales del mismo suelen ser minerales con ganancia óptica como Ruby, cuarzo, etc.
3. Medio de Activación: es la parte interna de nuestra cápsula aquí se coloca diferentes combinaciones químicas de gases para facilitar la excitación de átomos y fotones de luz los medios comunes son: CO₂ Dióxido de Carbono, H₂O Vapor de agua, YAG Granate de Ytrio y aluminio, HeNe Helio-Neón.
4. Emisión simulada: Es un procesos de estimulación o excitación de los átomos mediante energía eléctrica para que los electrones cambien de nivel de energía este salto produce 2 fotones de luz iguales los que son aprovechados para la iluminación láser.

5. Espejo parcial: Como el primer espejo también tiene es un espejo con un alto grado de pureza pero con menor densidad y mayor transparencia que el espejo total para que la luz láser lo atraviese cuando haya alcanzado la potencia necesaria.
6. Rayo Láser: finalmente el rayo láser es el haz de luz que sale atravesando el espejo parcial de forma coherente y con una gran fuerza de iluminación a una determinada longitud de onda dependiendo de la configuración interna de la cápsula láser.

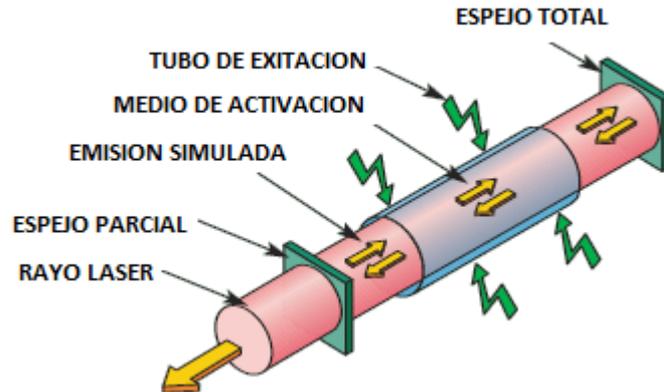


Figura 3.11: Partes de tubo de emisión láser

Fuente: (Umair, 2014)

Tipos de láser:

Se enlistará una cantidad limitada de tipos de láser que existen en la actualidad enfocados principalmente en los láseres que se pueden utilizar como herramienta del robot cartesiano.

Tabla 3.6: Tipos de Láser

TIPOS DE LÁSER MAS COMUNES			
TIPO	Longitud de onda λ de resonancia comunes	CLASE	APLICACIONES
Helio neón	632.8 nm – 3.39um	Láser de Gas	Escaneo de código de barras, proyección holográfica
Argón	454.6nm – 514.5nm	Láser de Gas	Fototerapia de retina En el campo de la diabetes

Dióxido de carbono CO₂	405nm , 450nm, 532nm, 635nm, 650nm, 10.6um	Láser de Gas	Es muy utilizado en el campo de proceso de materiales como grabado, corte de elementos no metálicos debido a su grado reflexión, aplicaciones en ortodoncia
Monóxido de Carbono CO	2.6um – 8.3um	Láser de Gas	Grabado, y suelda de materiales
Fluoruro de hidrogeno	2.7 – 2.9um	Láser químico	Usado en armamento militar de alta potencia
Helio-Cadmio HeCd	325nm	Láser de vapor de metal	Muy usado en la Impresión láser
Cobre Cu	510.6nm	Láser de vapor de metal	Usos dermatológicos
Nd YAG	1.064	Láser de estado solido	Muy usado en corte y proceso de materiales metálicos láser de alta potencia.

Fuente: (Bertolotti, 2004)

De la lista de los láser accesibles por su fabricación en volumen y además por su costo relativamente bajo son los láser que contiene algún tipo de gas en su interior, el resto podría ser descartado ya que se utilizan para aplicaciones diferentes a las de interés en este proyecto.

Los láseres que podríamos utilizar son el láser de CO₂, el N-YAG, o el de monóxido de carbono.

Diodo láser de CO₂:

Presentaremos una tabla con las principales características a tener en cuenta y requeridas para el correcto funcionamiento de esta herramienta en el robot cartesiano. (Rohm, 2015)

Tabla 3.7: Parámetros importantes diodo láser CO2

Tabla de valores importantes diodo láser		
Parámetro	Unidad	Valor
Potencia de salida óptica	mW	5000
Voltaje de operación mínimo	V	10,5
Voltaje de operación máximo	V	13
Corriente de operación	mA	500-600
Corriente de Luz guía	mA	80
Temperatura ambiental de operación	°C	de -10 a 40
Temperatura del diodo en funcionamiento	°C	de 20 a 75
Voltaje inverso máximo	V	2

Fuente: (Rohm, 2015)

Teniendo en consideración los parámetros de la tabla anterior, se necesita una fuente adecuada para el correcto funcionamiento de la herramienta, como de los motores, además cabe recalcar que los diodos láser de este tipo trabajan mejor con una señal de voltaje continuo lineal, es decir una señal que sea lo suficiente plana o pura posible evitando al máximo el rizado de la misma por que se ha tomado en consideración realizar un circuito estabilizador de señal DC-DC.

Óptica y enfoque sobre material:

Cuando se utiliza un láser u otro artefacto de iluminación que requiera un ajuste óptico de un objetivo, esto influye en gran mayoría la óptica ya que de ello puede depender una mayor resolución del grabado como también aprovechar al máximo la potencia del láser que se está utilizando.

Lentes

Al hablar de óptica hacemos referencia a lentes que funcionan como colimadores y a su vez se encargan de enfocar el rayo láser sobre el objetivo deseado.

El rayo láser pasará a través de uno o varios lentes cóncavos o cóncavos para ajustar la máxima potencia sobre un punto o área muy reducida. (Rossi, 2008)

Existen dos grandes clasificaciones de tipos de lentes y son: (Rossi, 2008)

1. Lentes divergentes: llamados también lentes negativos son grueso en los extremos y más finos en su centro, estos se caracterizan por dispersar la luz es decir aumentan el área de iluminación.
2. Lentes convergentes: lentes positivos que concentran la señal en un punto focal reduciendo su área de iluminación, son más gruesos en su centro pero en su exterior son bastante delgados. En la siguiente figura observamos su tratamiento de la luz que pase a través del lente dependiendo de la distancia focal.

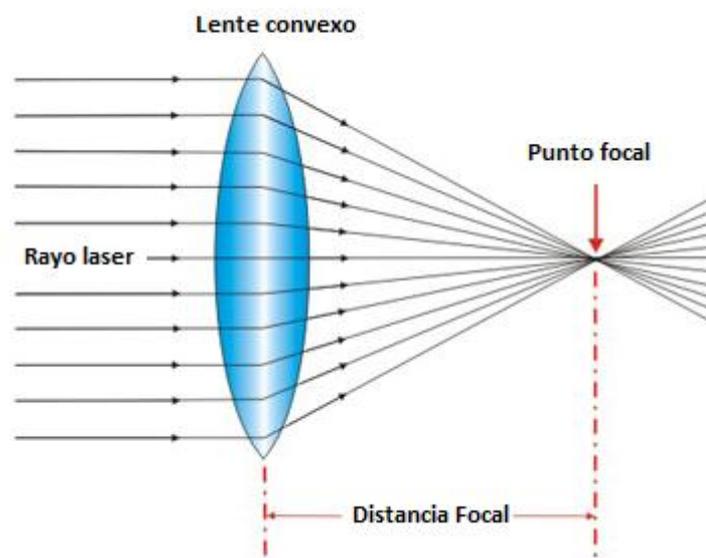


Figura 3.12 Lente convexo

Fuente: (Garg, 2014)

Ya en la práctica una vez montado el módulo láser sobre el robot cartesiano se ajustará el enfoque ya que al aceptar varios materiales estos no siempre están a la misma altura por lo tanto se establecerá un rango máximo de enfoque capas de ajustar desde la superficie hasta el objeto.

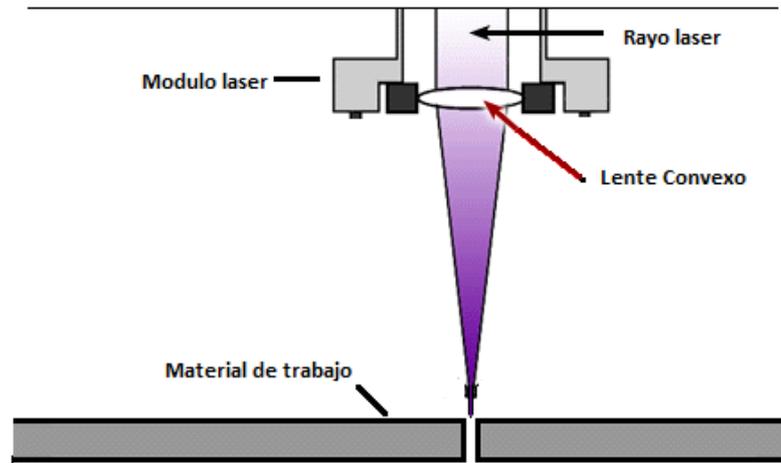


Figura 3.13: Ilustración del enfoque del rayo láser en la maquina

3.4 Elementos electrónicos del robot cartesiano

3.4.1 Fuente de alimentación

Elemento encargado de proporcionar la potencia necesaria al resto de los elementos mediante un voltaje regulado y capacidad de corriente necesaria para evitar fusión y calentamiento de componentes. Por lo general, la mayoría de circuitos lógicos funcionan con corriente continua y no con corriente alterna, por la simple razón de su facilidad de manejo y la disponibilidad de componentes en el mercado.

En el Ecuador, la red eléctrica funciona a una media de 120 voltios en corriente alterna con una frecuencia de 60hz, lo que quiere decir que para que funcione nuestro prototipo debemos usar un convertidor o baterías.

Estas dos opciones son válidas en nuestro proyecto pero a continuación haremos una comparación para escoger la más adecuada de acuerdo a la lista de voltajes y corrientes requeridos:

Tabla 3.8: Consumo en miliamperios y voltajes de funcionamiento

ÍTEM	CANTIDAD	VOLTAJE	AMPERAJE
Motor Pasos	3	12v	600mA X 3 → 1800mA
Diodo Láser	1	12v	1000mA

Circuito de potencia	1	5-12v	100mA
Circuito de lógica y control	1	5v	50mA
Controles e indicadores	N/E	5v	50mA
		TOTAL	3000 mA

La tabla 3.8 hace referencia a la corriente de operación de cada elemento electrónico del prototipo de robot cartesiano.

Con esta información tenemos un dato más de que unidad de fuente de alimentación puede ser la apta para el proyecto.

Opciones

Baterías

Ventajas: el uso de baterías es una opción ya que es una fuente de corriente continua libre de rizado y armónicos en la señal. Permite su fácil transportación y su uso en cualquier lugar.

Desventajas: la gran desventaja de las baterías son que se agotan y su elevado costo lo que encarecería el costo del proyecto y además puede que el sistema se quede sin energía en medio de un trabajo con el riesgo de no concluir correctamente su trabajo.

Requieren el diseño y construcción de un arreglo o un banco de baterías para conseguir el voltaje máximo requerido como es el de 12 voltios así como también se necesita un cargador para las mismas. En la siguiente figura observamos que las baterías con mayor estabilidad de voltaje a lo largo del tiempo son las de plata-cadmio y níquel-zinc pero el principal inconveniente de estas son su elevado costo.

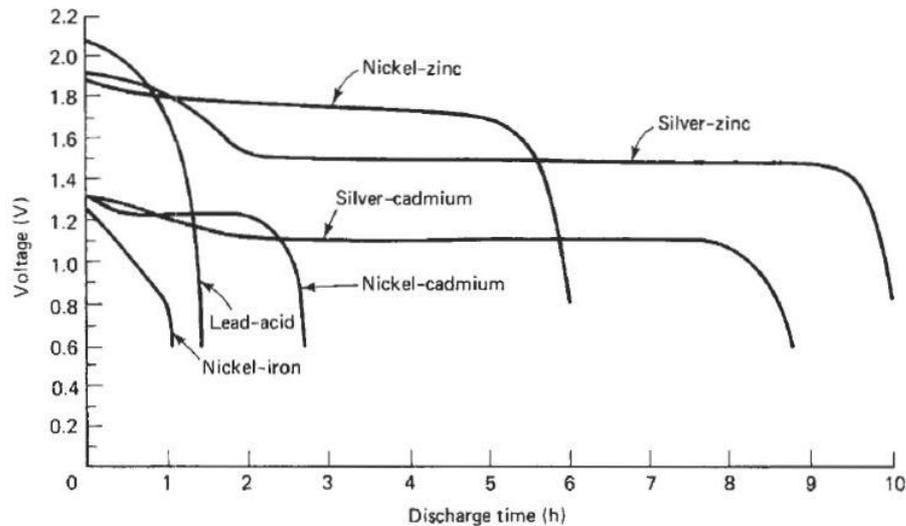


Figura 3.14: Curvas de descarga de diferentes tipos de batería

Fuente: (Mirez Tarrillo, 2013)

Convertidor AC-DC

Ventajas: fuente ilimitada de energía por su conexión a la red local, reducción de tamaño del circuito, voltajes sin mucha variación ya que no existe descarga de baterías. La corriente dependería solo de la dimensión del componente y no del tamaño de sus baterías.

Desventajas: la principal desventaja es el rizado en la onda o señal de alimentación y la necesidad de conectarse a la red eléctrica cercana además de que se requiere la construcción de circuitos rectificadores o filtros de onda como un convertidor DC-DC para disminuir los armónicos producidos por la oscilación de la red local. La figura a continuación muestra el tipo de onda que se obtiene a partir de este tipo de convertidores AC-DC.

En la siguiente figura se brinda una explicación sencilla de la transformación de corriente alterna a corriente continua mediante el uso adecuado de rectificadores y filtros. Podemos observar una señal de voltaje a lo largo del tiempo con línea punteada tenemos nuestra señal original o en modo alterno, luego de pasar por los diodos rectificadores se obtiene una señal positiva de ondas pulsantes que en la figura la conformaría la señal roja y la de señal punteada positiva alternadamente, por último la

señal azul indica que existe un rizado o una forma de estabilizar esta señal mediante el uso de condensadores.

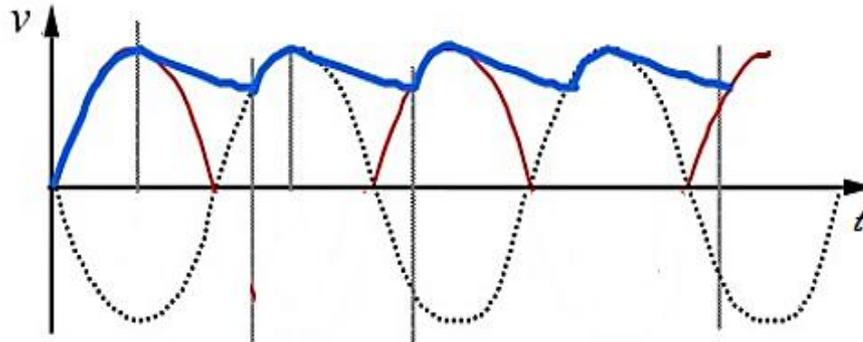


Figura 3.15: Rectificación y filtrado de una señal alterna a continua.

Explicación del convertidor o fuente de alimentación AC→DC

El proceso se divide en etapas hasta alcanzar un voltaje lineal continuo estable.

Transformación

En este primer paso es en el cual se consigue la reducción del voltaje de entrada a la fuente 120 voltios suministrada por la red eléctrica en el Ecuador.

Este proceso de transformación, ocurre gracias al fenómeno de inducción electromagnética que se produce en un transformador reductor de tensión conformado por dos bobinas primaria y secundaria como también un núcleo ferromagnético. Por tanto, con este elemento lograremos reducir el voltaje de la red eléctrica a un voltaje menor de trabajo como puede ser 24v o 12v alterno.

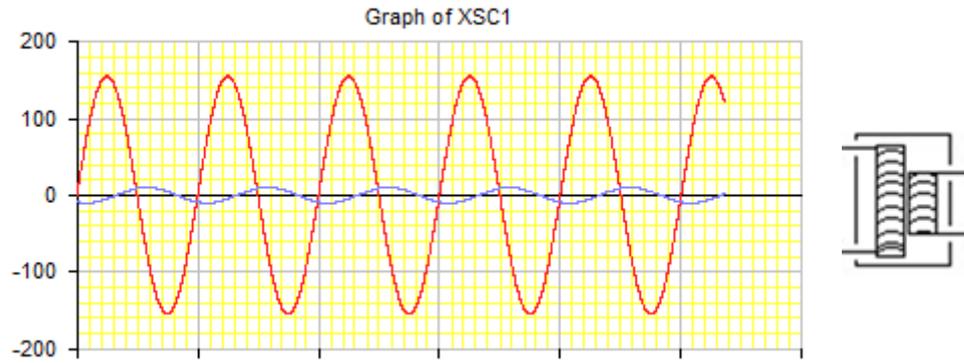


Figura 3.16: Señales de voltaje en el primario y secundario de un transformador.

Rectificación

La corriente de la red eléctrica al ser alterna, oscila en valores negativos y positivos dependiendo de su frecuencia a la cual fue generada, los dispositivos lógicos de proceso y control de la máquina funcionan con un voltaje continuo por lo que debemos hacer una rectificación mediante un semiconductor muy usado como es el diodo.

En la figura 3.17 observamos como la señal variable proveniente del transformador pasa a ser solo positiva en todo su periodo y está en un color azul.

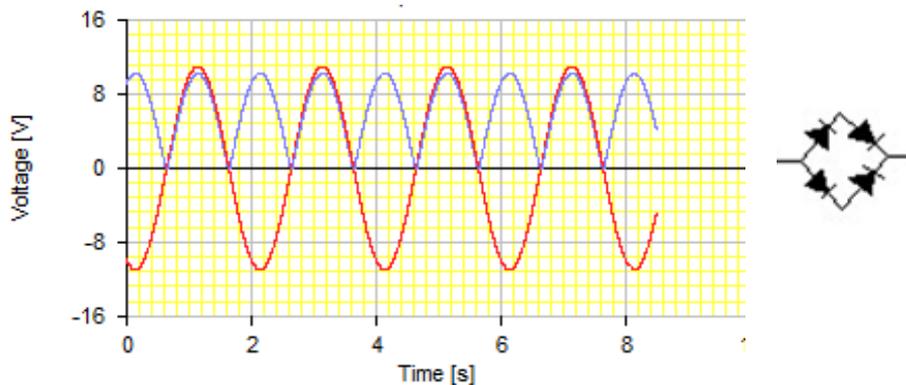


Figura 3.17: Señal rectificada onda completa (azul).

Filtrado

Ahora que se dispone de un voltaje positivo pero todavía no es lineal por lo que se requiere un filtro donde su tamaño o capacidad es importante dependiendo de la carga, ésta operación se realiza mediante un capacitor generalmente electrolítico.

En esta fase de filtrado, se debe aplanar al máximo la señal para que las oscilaciones se reduzcan al máximo y su voltaje de rizado sea lo más próximo a un voltaje lineal. Para conseguir esto, se utiliza uno o varios condensadores, los cuales van a retener el voltaje por un corto tiempo mientras la el siguiente ciclo comienza.

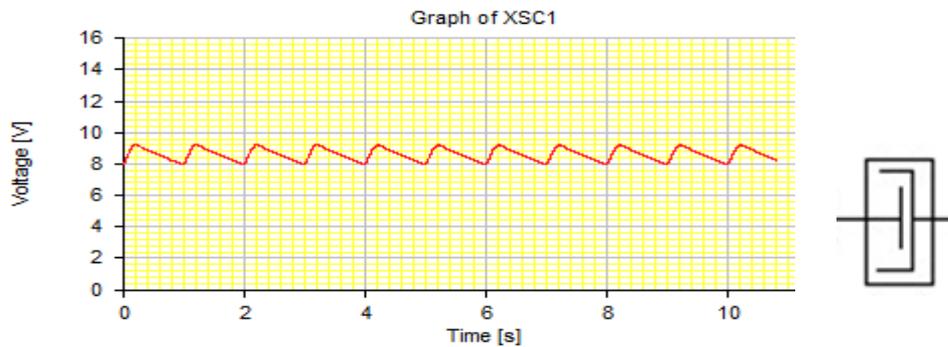


Figura 3.18: Señal de voltaje en etapa de filtrado.

Estabilización

Al tener una señal de tensión positiva y filtrada, es necesario corregir un poco más el rizo para formar una señal más plana, para esto se hace uso de un componente integrado con función de regulador de voltaje; tenemos la familia muy común de integrados 780XX para voltajes positivos y 790XX para negativos las XX significa el voltaje de regulación deseado. También existe un regulador que me permite escoger o variar el voltaje de salida deseado. Cabe recalcar que hay que tener muy en cuenta la corriente que vamos a requerir en el prototipo para evitar el sobrecalentamiento y posterior destrucción del componente.

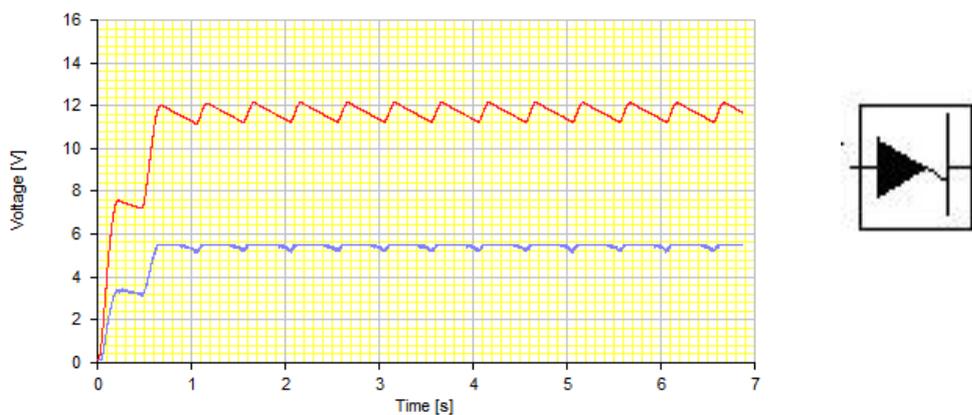


Figura 3.19: Señal de voltaje en estabilización.

El proceso de transformación de corriente alterna a corriente continua mediante un convertidor AC-DC se describe en el siguiente esquema completo de la figura 3.20:



Figura 3.20 Estructura de una fuente de alimentación

Fuente: (Hispazone, 2011)

3.4.2 Circuito de comunicación y control principal Arduino

Arduino es una marca reconocida en el campo de la electrónica como elemento multiplataforma potente y de bajo costo. Su utilización es accesible ya que se programa mediante el software de la misma marca a través de un cable USB y es compatible con otros programas gracias a librerías ya desarrolladas como lo son *LabVIEW*, *Processing*, *Matlab*, etc. Existen varios tipos de esta marca con diferentes usos y aplicaciones pero la gran mayoría con algo en común, utilizan micro-controladores AVR de la marca Atmel o Atmega.

En este prototipo se utilizará el dispositivo Arduino mega 2560, que consta con un procesador Atmel 2560 que trabaja a una frecuencia de 16mhz y 54 entradas o salidas programables y las siguientes características principales:

Tabla 3.9 Características principales Arduino mega

CARACTERÍSTICAS ATMEGA 2560	
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendable)	7-12V

Voltaje limite max	20V
Digital I/O Pines	54 (15 proporcionan salidas PWM)
Entradas análogas Pines	16
Corriente max drenada por pin I/O	20 mA
Conexión	USB tipo B
Memoria de almacenamiento	256 KB de los cuales 8 KB son usados como arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad <i>clock</i>	16 MHz

Como se observa Arduino es una opción adecuada para este proyecto, no solo por su gran número de entradas y salidas programables sino también la capacidad de salidas PWM a gran velocidad ideal para el control del prototipo.



Figura 3.21: Arduino mega 2560

Fuente: (Arduinos.f)

3.4.3 Regulador de potencia diodo láser desde tablero de control

Se ha establecido el siguiente circuito en donde, la entrada de voltaje proviene directamente de la etapa de rectificación de alimentación de la fuente principal. Se ha utilizado el circuito integrado LM350, con el cual se puede configurar para trabajar con variaciones de corrientes altas. A continuación se presenta dicho esquema en la figura 3.22:

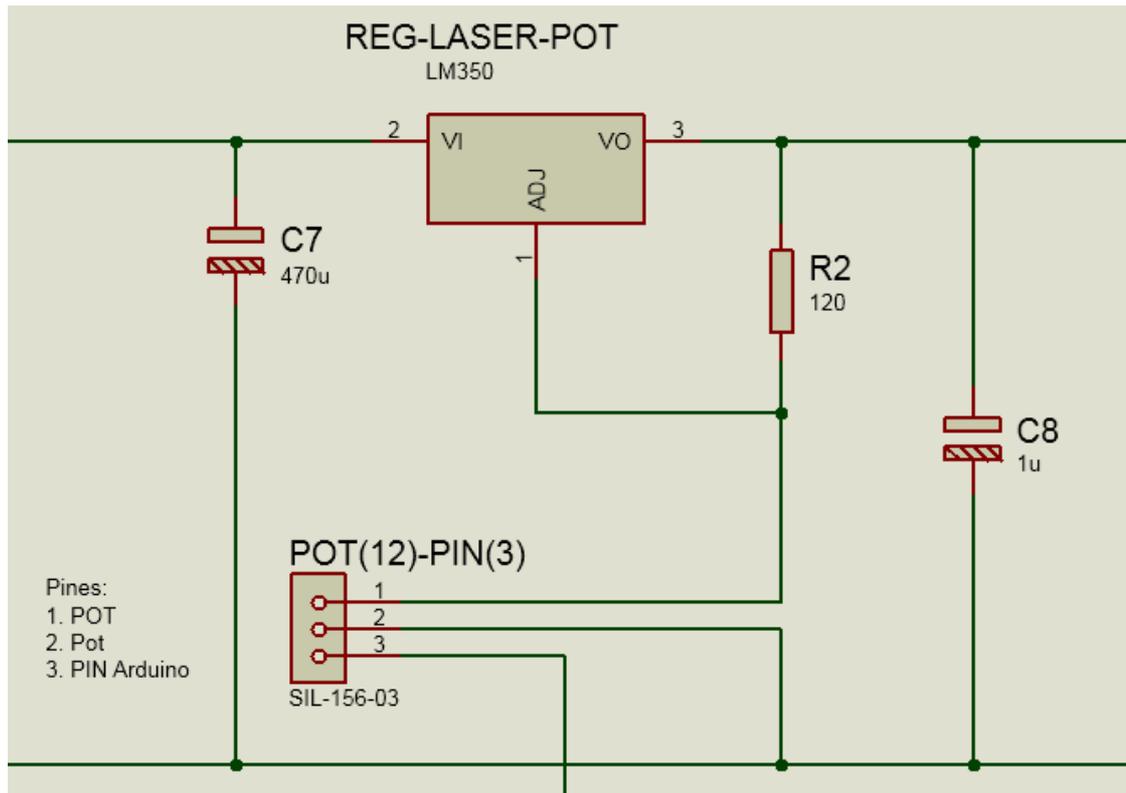


Figura 3.22: esquema de circuito entrada de voltaje de etapa de rectificación de alimentación de la fuente principal

El condensador conectado al terminal de entrada (voltaje en el terminal 1) se encarga de la rectificación, para entregar un voltaje adecuado. El condensador de 1 microfaradios se utiliza para mejorar la calidad de señal de salida, también sirve para proteger el diodo láser de la fuente de alimentación inmediata, sobre todo cuando para el encendido y apagado de éste.

La resistencia de 120 ohmios sirve para fijar la máxima tensión y la corriente que el diodo láser conseguirá. La resistencia variable será de 1k ohmio va a permitir el ajuste fino de la corriente de salida para regular la intensidad del láser.

El componente LM350 es utilizado como regulador de corriente lineal ajustable, tiene la capacidad de suministrar en sus terminales de salida un voltaje en el rango de 1,2 a 37V y una intensidad de corriente de 5 amperios. Cabe destacar que posee como características principales: las funcionalidades de protección por limitación de corriente y por el exceso de temperatura contra sobrecargas.

Para su empleo en el circuito de excitación del diodo láser, solamente requiere de 2 resistencias para conseguir un valor de corriente variable a su salida.

La tensión entre el pin de ajuste y de salida es siempre de 1,25Vs (Voltaje establecido internamente por el regulador), y por lo tanto, la corriente que circula por la resistencia R_2 es:

$$I_{R2} = \frac{V}{R_p} = \frac{1.25}{R_p}$$

La corriente que circula por R_2 también circula por el potenciómetro (R_p), siendo el voltaje en R_p igual a:

$$V_{Rp} = I_{R2} \cdot R_p$$

Sustituyendo I_{Rp} , tenemos:

$$V_{Rp} = 1.25 \frac{R_2}{R_p}$$

Como el voltaje de salida es: $V_{out} = V_{R2} + V_{Rp}$, entonces:

$$V_{out} = 1.25 + \left(1.25 \frac{R_p}{R_2}\right) = 1.25 \left(1 + \frac{R_p}{R_2}\right)$$

Como la alimentación del diodo láser es de 12 voltios, y tomando con resistencia fija $R_2=120$ ohmios, entonces la resistencia del potenciómetro (R_p) tendrá un rango de 0 a 1000 ohmios.

Por tanto, la variación de voltaje que fluirá a través del diodo láser será de 1.25 hasta 12 voltios y con una variación de corriente de hasta 5 amperios

3.4.4 Regulador de potencia del diodo láser desde el PC

La otra manera en la que se puede controlar la intensidad de corriente para el funcionamiento del diodo láser es variando una señal PWM desde la herramienta de control numérico del programa LabVIEW, la cual, envía hacia un pin del Arduino, por comunicación USB la señal a regular el esquema del circuito que se presenta a continuación en la figura 3.23:

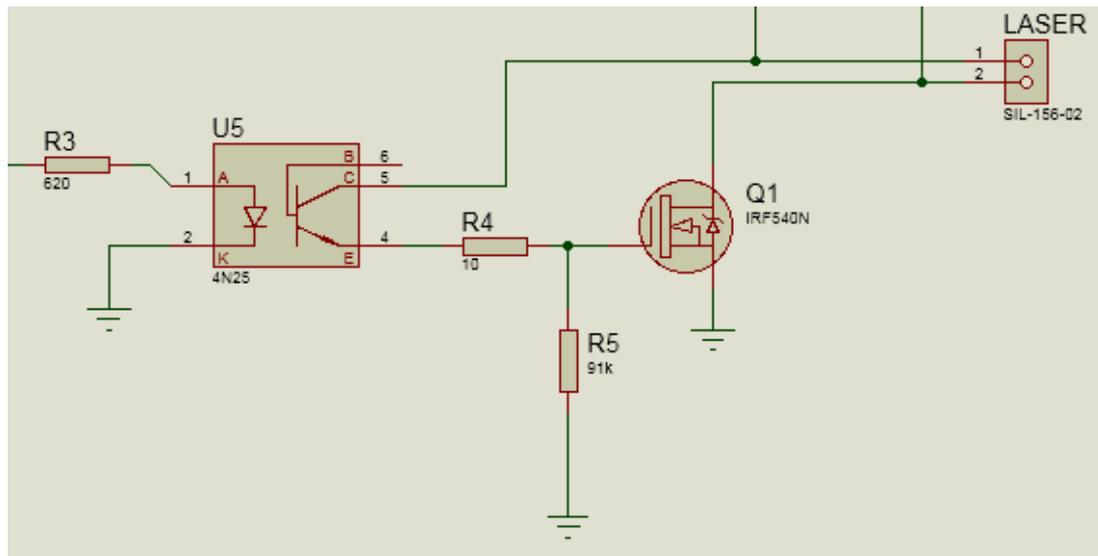


Figura 3.23: control de intensidad de corriente para el funcionamiento del diodo láser variando señal PWM

El circuito comienza cuando la señal de control PWM ingresa para variar la intensidad de corriente, en donde interviene un opto-acoplador o aislador acoplado ópticamente, funcionando como un interruptor que se activa mediante la luz emitida internamente por un diodo LED, separando de esta manera el circuito de control con el de potencia con el fin de proteger o aislar ambas partes.

A continuación se cuenta con circuito con un MOSFET de canal N en modo "de empobrecimiento", el cual consiste en que al aplicar un voltaje de mando en la compuerta (*gate*), puede empobrecer o extraer los portadores de canal, por tanto, si en el canal quedan menos portadores, entonces su resistencia variará haciéndose mucho mayor. Y por consiguiente la corriente de sumidero (*drain I_D*) disminuye. Provocando así una regulación del ancho del canal, en donde la señal de salida (para el diodo láser)

será proporcional a la entrada en la compuerta proveniente de la señal del Arduino, comportándose así como una resistencia controlada por tensión PWM.

Entonces si el *gate* gradúa el ancho del canal, el circuito equivaldría a una fuente de corriente regulada en donde el diodo láser puede trabajar según el ajuste que el usuario disponga.

3.4.5 Circuito de alimentación de motores a pasos

Debido a que los motores a pasos NEMA 17, trabajan a 12 voltios a 1 amperio, se debe contar también con el integrado LM350, en donde, al igual que con el control del diodo láser, se ha establecido un control para que el voltaje de salida sea de 12 voltios, trabajando con una resistencia $R1=120$ ohmios y con la resistencia de potenciómetro con un valor aproximado de 1k ohmios.

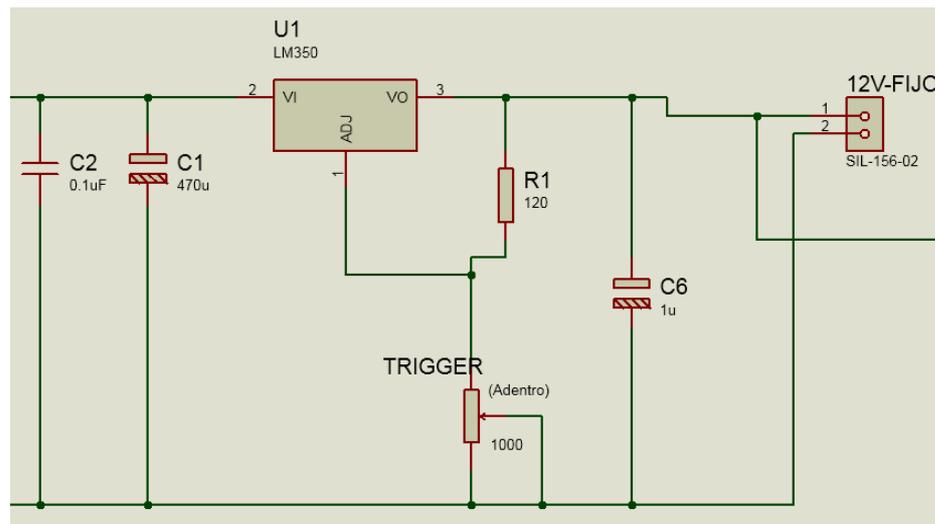


Figura 3.24: Circuito de excitación de motores a pasos

3.4.6 Reguladores de tensión

Como se ha mencionado, el proyecto necesita de distintos tipos de valores de voltaje de alimentaciones según el tipo de elemento que se compone el robot cartesiano. Las fuentes de alimentación a utilizar en el proyecto son: las fijas y reguladas.

En cuanto, a la fuente fija, las cuales sirven para la alimentación de controles e indicadores, se utiliza un regulador positivo: LM7805 (estabilizador), el cual entrega 5 voltios y una corriente de 1.5 amperios. El esquema del circuito de alimentación de 5V se presenta a continuación en la figura 3.25:

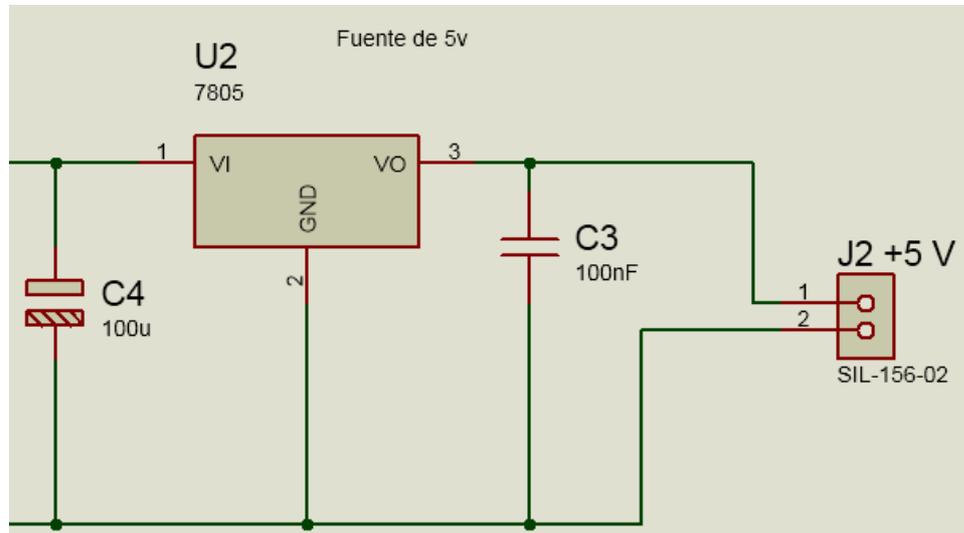


Figura 3.25: circuito regulador de tensión

El circuito sirve para alimentar aplicaciones en donde el consumo no sobrepase de 1.5 amperios. Para que el regulador funcione de forma correcta tiene que haber en la entrada (voltaje en el terminal 1) una tensión mayor a 3 voltios respecto a la salida (voltaje en el terminal 3).

Cabe destacar que el capacitor colocado en la rama de entrada sea por lo menos de un valor de tres veces más alto que el de la rama de salida. Estos capacitores sirven para la eliminación de cualquier tipo de fluctuación de voltaje que pudiera ocurrir.

3.4.7 Micro controlador PIC

Este elemento servirá como controlador de un LCD para visualizar de una forma más fácil y entendible en el panel de control de la máquina, también servirá para controlar algunos indicadores del panel de control. Para el prototipo se usará un micro controlador de la marca *Microchip* específicamente el pic18f45k22 (figura 3.26), que es un micro controlador muy potente que consta con 4 puertos disponibles para ser utilizados como entradas o salidas según se configure el mismo.

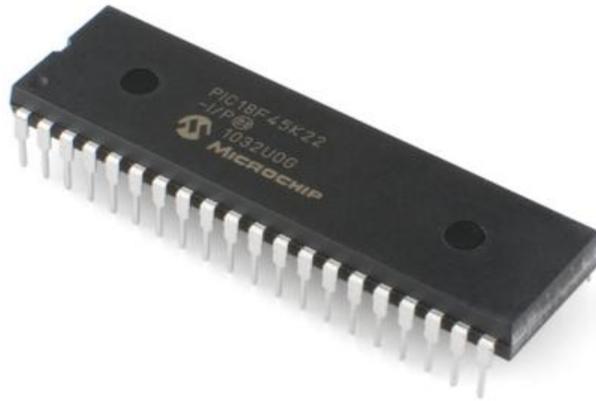


Figura 3.26: microchip Pic 18F45K22Dip 40

Fuente: (Data Sheet PIC18F2455_2550_4455_4550, 2014)

Características

- La familia Pic18 contiene una gran variedad de micro controladores de varios pines y con diferentes posibilidades pero todos trabajan con una arquitectura de 8 bits de datos y se utilizan en prestaciones medias y medias altas.
- Permiten hasta 64KB de programación, múltiples fuentes de interrupción, funcionan con una frecuencia de reloj de 8,16...40Mhz, soportan periféricos avanzados de comunicación CAN y USB
- Componentes de bajo costo y de fácil adaptación además los micro-controladores de esta marca son los más vendidos en el mundo actualmente.
- Estos chips contienen una o más puertos reprogramables para ser usado como entradas o salidas de información o instrucciones en caso del chip PIC18f45k22 tiene 5 puertos: A; B; C; D; E, como se aprecia en la figura 3.27

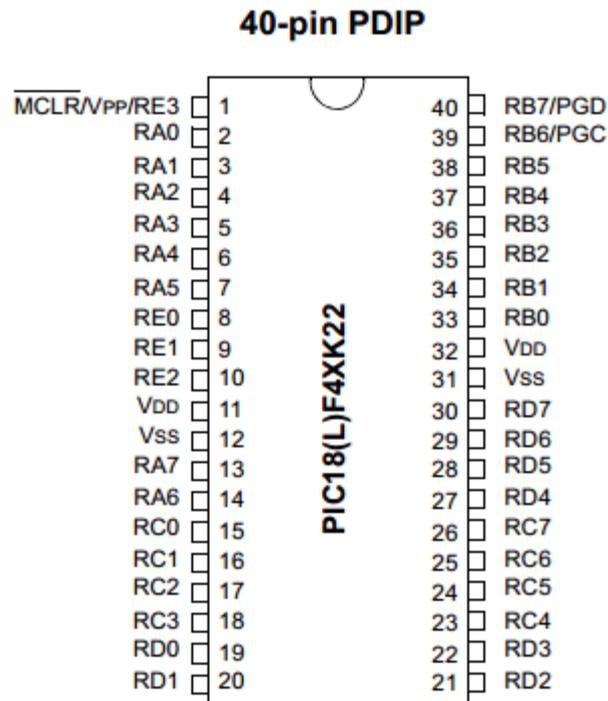


Figura 3.27: Distribución pines PIC 1845k22

Fuente: Datasheet 40-pin PDIP

3.4.8 Pantalla de cristal líquido LCD 16X2

La pantalla de cristal líquido es un dispositivo controlado de visualización gráfico para la presentación de palabras, símbolos, caracteres o dibujos en algunos casos.

Al decir 16X2 se trata de que la pantalla dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una con un carácter de 5 x 7 puntos es decir 35 pixeles por carácter.

Internamente tienen un micro controlador para controlar sus parámetros de presentación con la capacidad de conectarse a un micro controlador el cual le enviará lo que debe mostrarse en la pantalla.

Puede conectarse a un bus de 4 u 8 bits para su control lo hace mediante la serie de pines que tiene en su parte posterior.

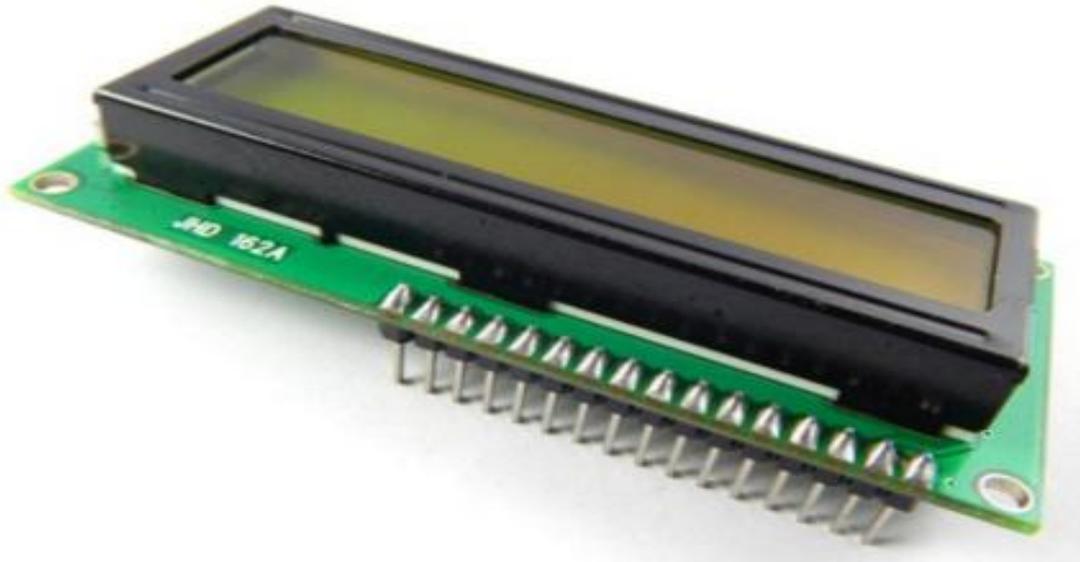


Figura 3.28: LCD 16X2 vista lateral

Fuente: (Module, 2013)

El dispositivo cuenta con un 8 pines para datos con la cual se pueden generar hasta 256 caracteres diferentes en la pantalla, los detalles de conexión se muestran en la tabla 3.10

Tabla 3.10 Descripción pines LCD 2X16

PIN	Símbolo	Descripción
1	Vss	Masa o GND
2	Vdd	Voltaje de alimentación 5V
3	VC	Voltaje ajustable del contraste
4	Rs	Selección de registro
5	R/W	Modo Lectura o Escritura
6	E	Habilitar
7	D0	Bit 0 datos
8	D1	Bit 1 datos
9	D2	Bit 2 datos
10	D3	Bit 3 datos
11	D4	Bit 4 datos

12	D5	Bit 5 datos
13	D6	Bit 6 datos
14	D7	Bit 7 datos más significativo

Fuente: (LCD Arduino DataSheet, 2014)

3.5 Software labview

LabVIEW es un software bastante utilizado en la industria y automatización, es una plataforma muy completa y potente creada por la gigante *National Instruments*

LabVIEW que por sus siglas en ingles significa: *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*, hace referencia a un laboratorio de ingeniería virtual en tu puesto de trabajo.



Figura 3.29: Logo de software LabVIEW

Fuente: (Labview, 2014)

Este entorno virtual se basa en una programación gráfica mediante íconos, conectores, bloques y estructuras de lógica de programación.

El programa maneja una amplia gama de tipos de variable como herramientas también se puede realizar sub Vis que se conocen como sub rutinas para ser llamados en determinado momento por otro programa.

El programa cuenta con 2 ventanas principales denominados *Front panel* (panel frontal) y *Block diagram* (Diagrama de bloques)

3.5.1 Panel frontal

En esta ventana es donde tendremos nuestro panel virtual semejante al de una verdadera máquina o estación de control será aquí donde colocaremos todos los

controles como botones, perillas circulares, perillas deslizantes, interruptores y demás; también se mostrarán los indicadores o visualizadores requeridos por el usuario como estado de una variable, información de un arreglo, mensajes de alerta, etc.

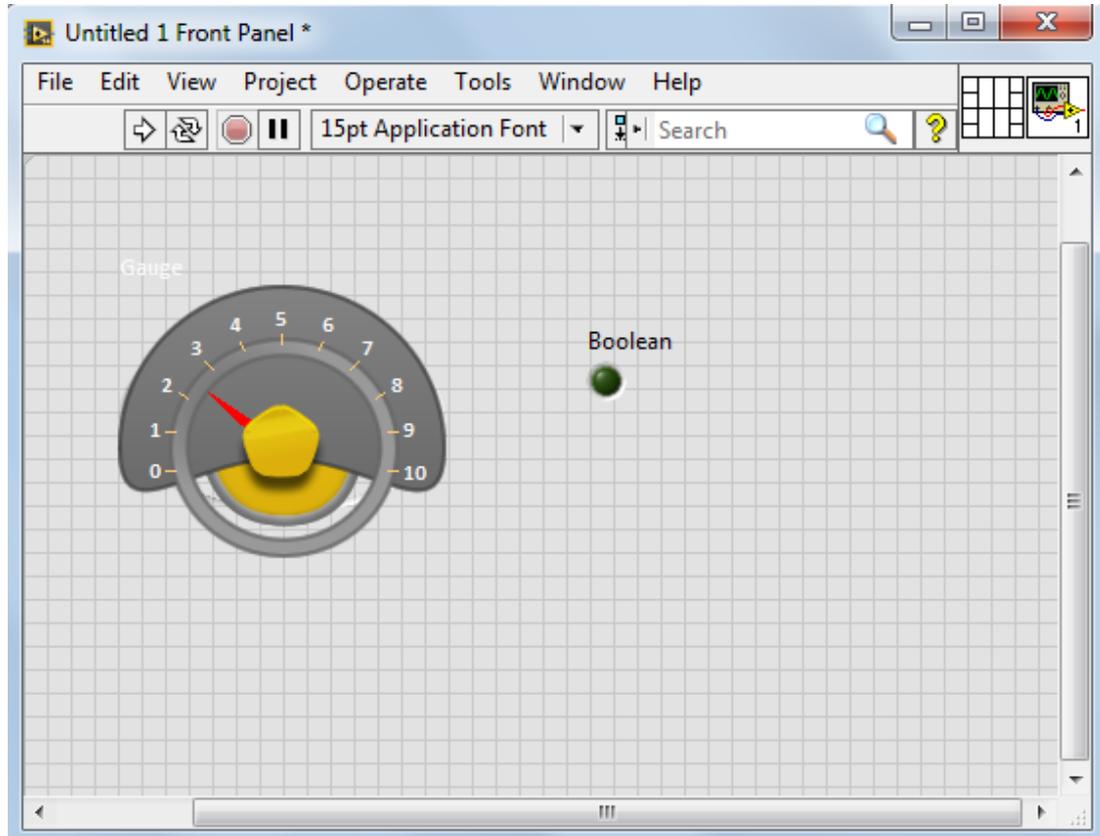


Figura 3.30: panel frontal, control e indicador LabVIEW.

3.5.2 Diagrama de bloques

La ventana de bloques es donde se realiza la programación en sí, mediante estructuras lógicas como: *while*, *for*, *case* y los íconos que cumplen una o varias funciones según el campo requerido. En este panel se configura las constantes del programa y se conectan los bloques mediante conectores respetando el tipo de datos con el que estamos trabajando sino el programa nos emitirá un error de programación como en cualquier otro entorno.

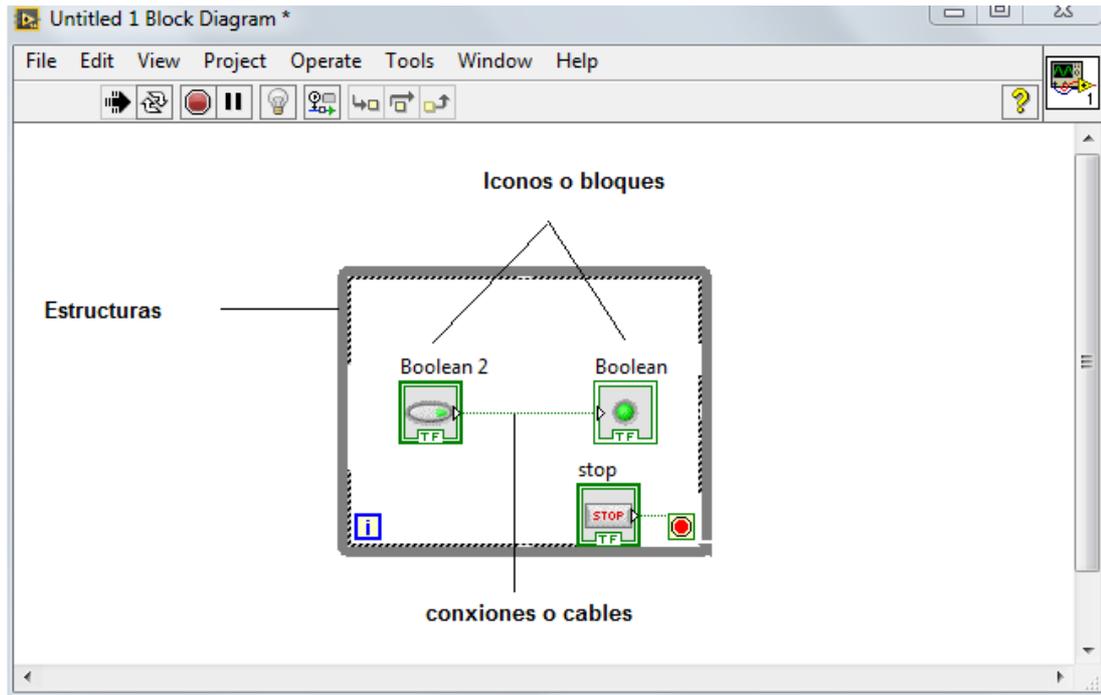


Figura 3.31: ventana diagrama de bloques LabVIEW

3.5.3 Barras de control

En el programa LabVIEW encontramos dos barras importantes, tenemos la barra de menús es donde están ubicadas las opciones principales y se puede acceder a cualquier lugar desde ahí buscando la opción del menú adecuado.

La barra de controles de ejecución, desde aquí vamos a ejecutar, pausar, parar, revisar el programa a una velocidad lenta o paso a paso, el botón de ayuda, etc. Está ubicado debajo de la barra de menús y contiene unos botones cuadrados con gráficos familiares a cada función que realizan.

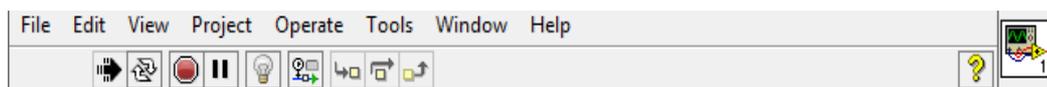


Figura 3.32: Barra de menús y controles LabVIEW

Fuente: (Labview, 2014)

3.5.4 Paletas

Son un conjunto de funciones que contiene el programa, proporcionando los bloques se vaya a utilizar, clasificados en sub menús y diferentes pestañas. En LabVIEW existen 2 paletas principales, una para cada ventana ya sean en el panel frontal o diagrama de bloques y una secundaria disponible en cualquier ventana.

- **Paleta de Controles:** Ubicada en el panel frontal contiene todos los bloques de controles e indicadores para ser ubicados en el panel frontal como botones, perillas, controles de texto, LEDs, gráficas, etc.

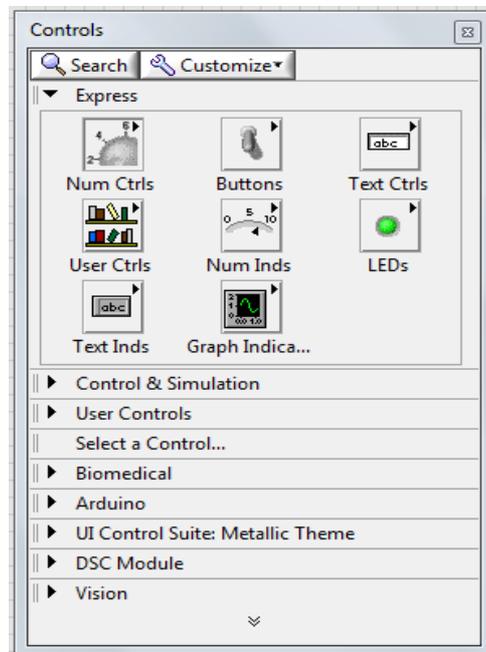


Figura 3.33: paleta de controles LabVIEW

Fuente: (Labview, 2014)

- **Paleta de funciones:** Este está en la ventana de diagrama de bloques y dentro de esta paleta se encuentra organizado en sub menús todas las funciones del programa como fórmulas, estructuras, matrices, arreglos y un sin número de opciones más.

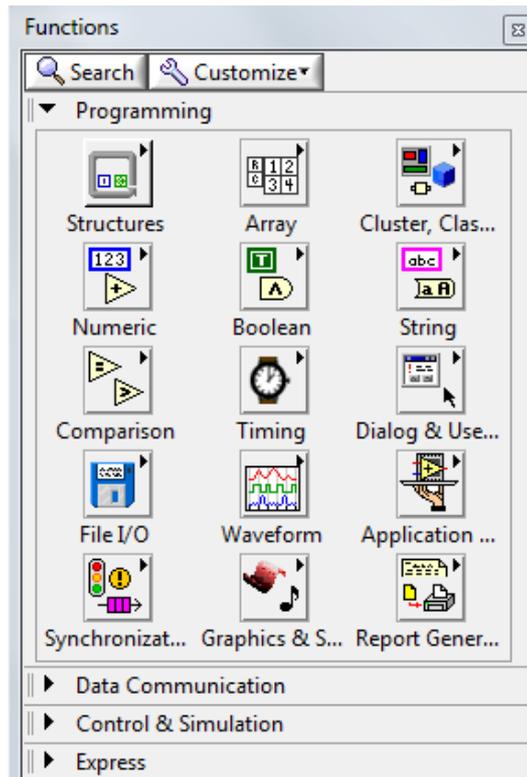


Figura 3.34: paleta de funciones LabVIEW

Fuente: (Labview, 2014)

- **Paleta de herramientas:** Esta es una paleta pequeña y de uso secundario, sirve para personalizar los paneles para una mejor visualización o vista personalizada con la capacidad de cambiar colores agregar notas y otras opciones más.



Figura 3.35: paleta de herramientas LabVIEW

Fuente: (Labview, 2014)

3.5.5 Explicación del programa

Gracias a la potente opción de procesamiento de archivos de LabVIEW como también su capacidad de control de actuadores podemos tomar un archivo y procesarlo, esto implica abrir un archivo, leerlo, ordenarlo, extraer información, copiar temporalmente la información ordenada y utilizar la información como instrucciones para el robot cartesiano.

Para comenzar la explicación de este programa debemos recordar un poco el código G y como está estructurado su cadena de caracteres para poder interpretar esta información. Como ya se explicó este tipo de lenguaje o más bien código que se utiliza para el comando de máquinas CNC es muy completo con la opción de ajustarse a muchas aplicaciones y como ejes y diferentes herramientas. A continuación se recalcará los elementos del código que necesitamos para nuestro robot cartesiano láser.

Recordemos que el robot cartesiano tiene dos grados de libertad para movilización, como también tiene una herramienta que se activa o desactiva para realizar el grabado, por lo que necesitamos un código para movimiento rápido o sin herramienta, otro para movimiento en trabajo con la herramienta activada y cada uno de estos con sus respectivas coordenadas de avance X y Y. El código G viene con su anexo en el cual utiliza la letra M para el uso de herramientas como taladros, fresas, sueldas, etc. En el caso del robot cartesiano tenemos la herramienta principal el láser en el que utilizaremos el comando encender y apagar.

```

G21; SET UNITS TO MILLIMETERS
G90; USE ABSOLUTE COORDINATES
G92; COORDINATE OFFSET
G00 X43.6 Y265.2
M03; LASER ON
G01 X45.2 Y265.2 F1400
M05; LASER OFF
G00 X43.1 Y265.3
M03; LASER ON
G01 X45.7 Y265.3 F1400
M05; LASER OFF
G00 X28.3 Y265.4
M03; LASER ON
G01 X29.7 Y265.4 F1400
M05; LASER OFF
G00 X35.6 Y265.4
M03; LASER ON
G01 X37.0 Y265.4 F1400

```

Figura3.36: muestra de un código g con instrucciones para un grabado láser

Para entender mejor el uso del código en el robot y sus funciones se realizará una tabla resumen:

Tabla 3.11 Códigos utilizados en el prototipo.

Código	Descripción	Uso en el robot cartesiano
G00	Avance lineal alta velocidad posición, ubicación	Movimiento de velocidad sin activar la herramienta (rápido)
G01	Avance lineal velocidad programada	Velocidad con láser encendido, corte o grabado en material
G21	Utilizar milímetros	Las unidades de movimiento en milímetros
M03	Giro o activación herramienta	Encendido del láser
M05	Paro de herramienta	Apagado láser
X	Coordenada X de movimiento	Movimiento horizontal motor X

Y	Coordenada Y de movimiento	Movimiento vertical motor Y1 y Y2
F	Velocidad de avance o de procesamiento de coordenadas	Velocidad opcional se puede o no tomar el valor del código puede ser preestablecida desde panel de control

Fuente: (Varela, 2015)

3.5.6 Identificación y lectura de texto

El código G en la mayoría de los casos se genera en un archivo o documento de texto plano en el que en su interior esta una lista de códigos en secuencia para ser ejecutados línea por línea en la máquina o robot que ejecutará esta información de movimiento, velocidad y activación de herramientas.

Vamos a partir de que nuestro código esta generado y depurado para una máquina láser es decir instrucciones en dos coordenadas y una instrucción de encendido y apagado del láser para ello podemos utilizar programas complejos y completos o sencillos pero limitados y de licencia abierta como lo es Inkscape.

Se requiere un programa que lea este tipo de archivos y reconozca los diferentes tipos de código con su identificador separando el valor numérico de los datos, guardar temporalmente los datos para una posterior ejecución y cerrar el archivo para evitar cualquier cambio en el mismo.

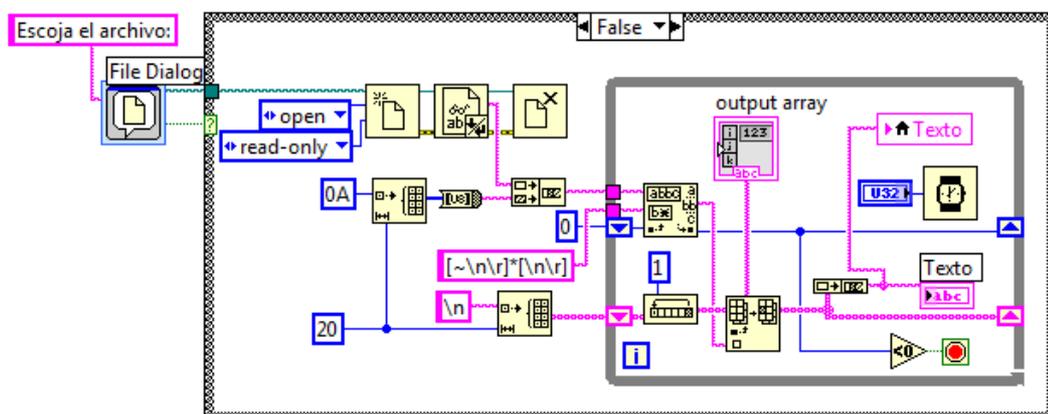


Figura 3.37 LabVIEW Diagrama de bloques texto A.

De la figura se puede observar el proceso para que al iniciar el programa aparecerá una ventana para localizar y abrir el archivo que queremos grabar mediante un cuadro de diálogo Abrir.

Utilizamos la herramienta para leer contenido del cual sacamos la información para crear un arreglo con los datos del mismo de una forma ordenada e identificando cada salto de línea por ultimo esta información se ira llenando en la variable Texto línea por línea.

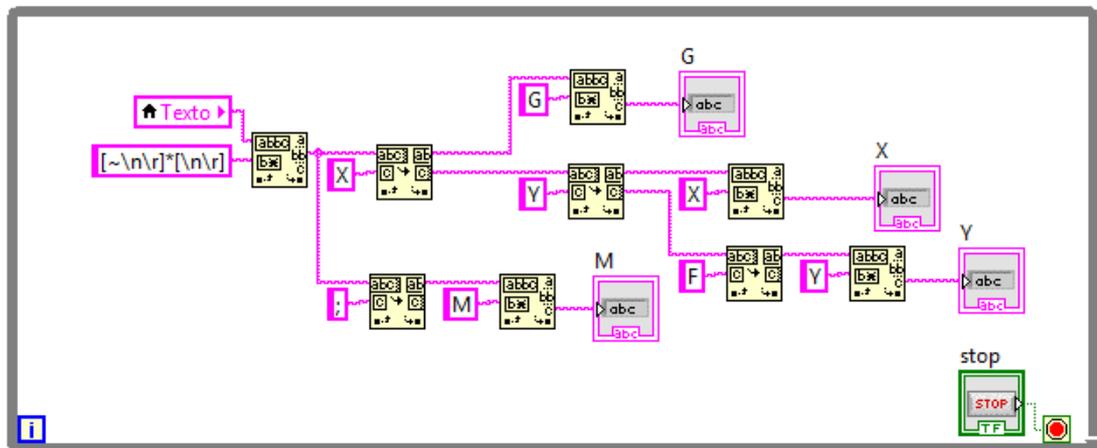


Figura 3.38: LabVIEW Diagrama de bloques texto B.

Con la variable texto ya organizada línea por línea, procedemos a separar los datos mediante la combinación de las herramientas recuperación antes de y recuperación después de para lograr extraer el valor numérico precedido por cada letra como se ve en la figura; mostraremos los resultados en cuadros de texto y en variables para comandar los motores y láser del robot cartesiano.

El panel frontal de este programa mostrara los valores requeridos correspondientemente y que líneas ya fueron ejecutas con el relleno del arreglo que se ira formando a partir del texto leído.

3.5.7 Ejecución del programa

Al arrancar el programa nos saltara una ventana para escoger el archivo de texto que se va a utilizar en la grabación o corte:

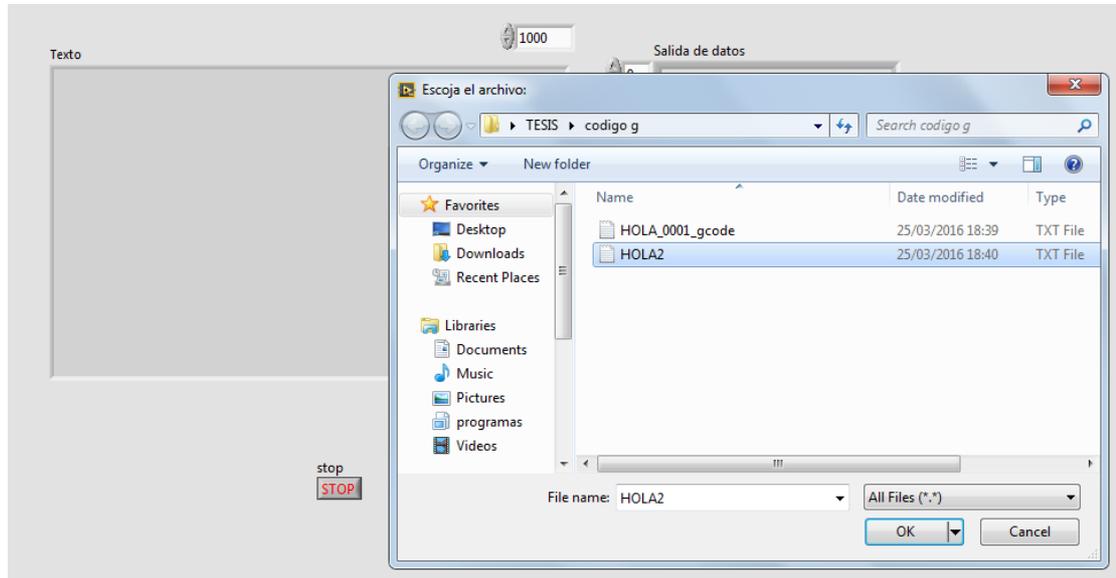


Figura 3.39 Panel frontal: elección de archivo.

- Nos ubicamos en la carpeta correspondiente y escogemos el archivo de texto para poder utilizarlo y pulsamos OK
- Luego de este paso el programa comenzara la extracción línea por línea de los datos como se observa en la figura 3.40.

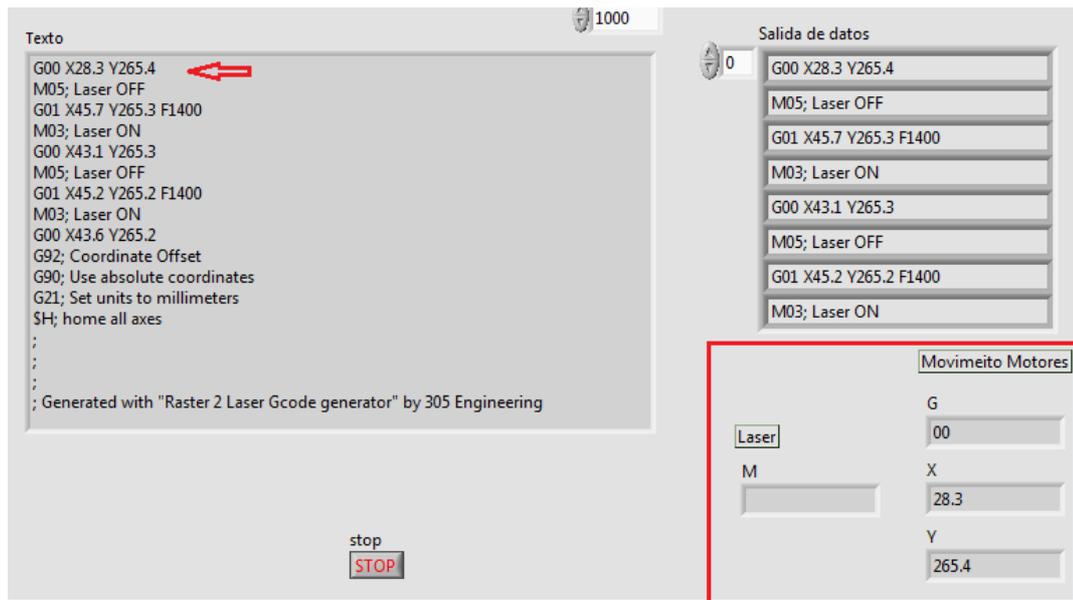


Figura 3.40 Panel frontal datos extraídos de una línea de texto

- En la figura 3.40 claramente se observa que de la línea marcada con una flecha roja se separan los datos de G, X, Y para su ejecución como instrucciones de movimiento para los motores.
- De la misma manera, procedemos a realizar para las líneas que tienen la M como identificador.

3.6 Control automático y manual láser y motores

Para este proyecto utilizaremos Arduino como interfaz entre el computador y el control del robot cartesiano. Para lograr que el control sea mediante LabVIEW y Arduino es importante conocer la librería LIFA otorgada por *National Instruments* para controlar diferentes tipos de micro controladores Arduino directamente.

3.6.1 Lifa

Es una librería de extensión .ino creada para que Arduino sea compatible como interfaz del programa LabVIEW para utilizándolo como extensión y programando sus entradas

y salidas desde el computador a través de la kit de herramientas o *Toolkit* de Arduino para LabVIEW.

Para la instalación de LIFA en Arduino tenemos que realizar los siguientes pasos:

1. Descargar e Instalar el software Arduino IDE actualizado disponible en la página www.arduino.cc/opción_downloads o descargas.
2. Conectar el dispositivo Arduino mediante el cable USB al computador y verificar que sus controladores hayan sido correctamente instalados.
3. Instalar el paquete NI-VISA correspondiente al LabVIEW instalado en el ordenador disponible en la página de National Instruments.
4. Instalar el *toolkit* de Arduino *interface*.
5. Dirigirse a la carpeta donde está instalado LabVIEW, por lo general se encuentra en: C:\Program Files (x86)\National Instruments\LabVIEW 2014
6. Buscar la carpeta *vi.lib* y dirigirse a la siguiente ruta: ...*vi.lib*\LabVIEW Interface forArduino\Firmware donde finalmente encontraremos la carpeta LIFA_Base y dentro estará el archivo LIFA_Base.ino el cual será cargado al Arduino mediante el primer programa que instalamos el Arduino IDE.
7. Finalmente abrimos el LabVIEW y Arduino estar listo para ser utilizado como interfaz de este programa.

3.7 Diagrama de bloques

- Para el movimiento de los motores y la activación láser tendremos dos controles el manual desde la placa del robot y desde el panel frontal de LabVIEW mediante el computador.
- Para la utilización del Arduino mediante LabVIEW es necesario pre configurar he iniciar la sesión para lograr una comunicación. Utilizamos la herramienta INIT de la paleta de funciones en Arduino LabVIEW, aquí tenemos que escoger el tipo de conexión el modelo de nuestro Arduino, el puerto en cual está instalado y la velocidad de transmisión de los paquetes en la comunicación serial.

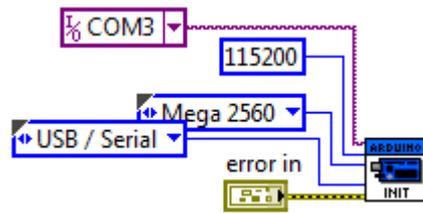


Figura 3.41: Configuración bloque INIT Arduino

- Para poder mover los motores a pasos debemos escoger los pines para comandar los mismos la forma de comando y nombrar al motor para el uso de las distintas herramientas. Tanto esta configuración como la de Arduino INIT es recomendable hacerlas fuera de un ciclo o cualquier estructura para que se lo primero que se configure al iniciar el programa porque permanecerán constantes durante toda su ejecución.

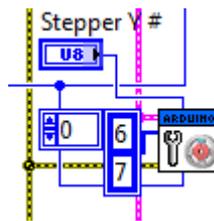


Figura 3.42: Configuración motor pasos

- Se realiza una programación de eventos para poder maniobrar de diferentes maneras los motores para su ubicación mediante 2 eventos para movilización a través de un dial o perilla y uno a través de un botón para mover una cantidad exacta de pasos.

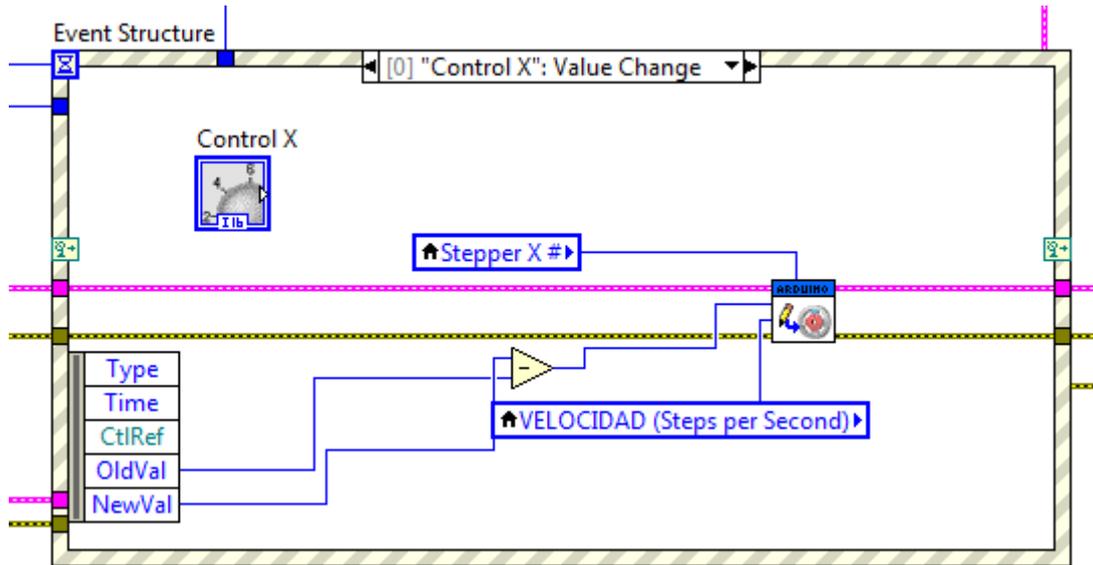


Figura 3.43: Estructura evento control dial motor X

- En el siguiente evento seria para el movimiento en Y mediante otro dial para controlar este motor:

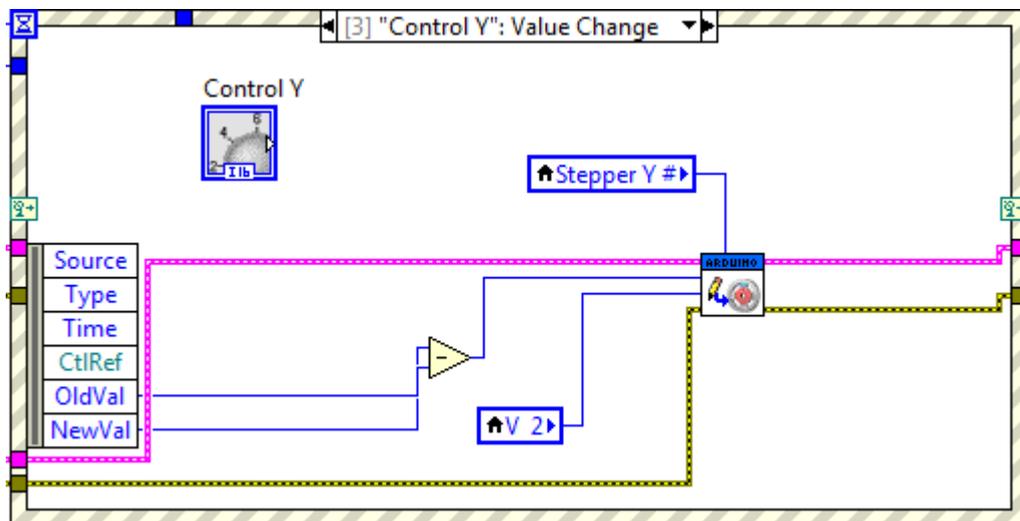


Figura 3.44: Evento control dial motor Y

- Se colocó un tercer evento el cual nos permite mover un numero especifico de pasos puede ser usado para calibrar la maquina como para colocarse en una posición exacta específica.

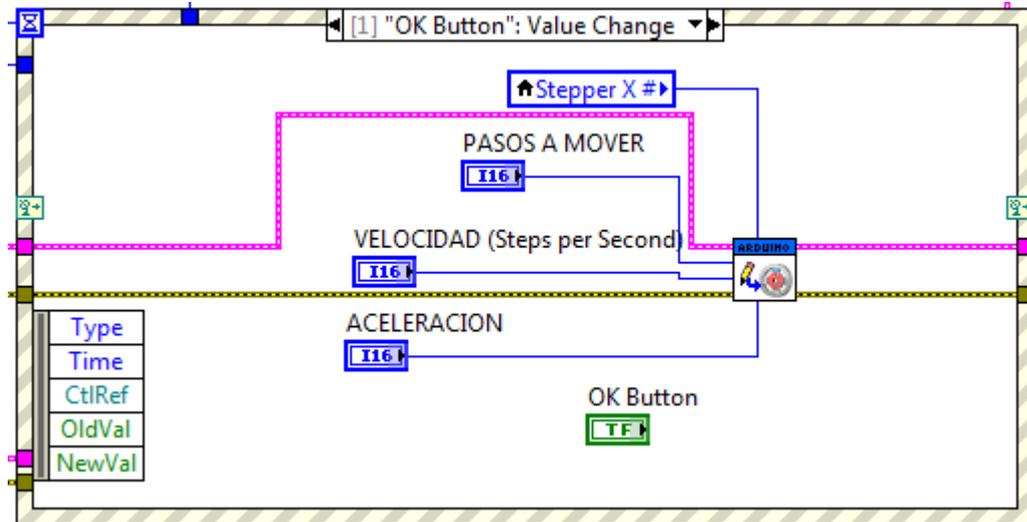


Figura 3.45: Evento paso específico motor X

- Del mismo modo y con la misma estructura se habilitó un control para el motor Y
- Se habilitó un control de movimiento mediante un joystick o palanca de movimiento, la mayoría de controles de esta naturaleza funcionan como unas resistencias variables con el movimiento, al aplicarles un voltaje funcionan como partidores de tensión variando el voltaje con el movimiento del control según la dirección, valores que se aprovechan mediante una lectura analógica de la variación de dicho voltaje.

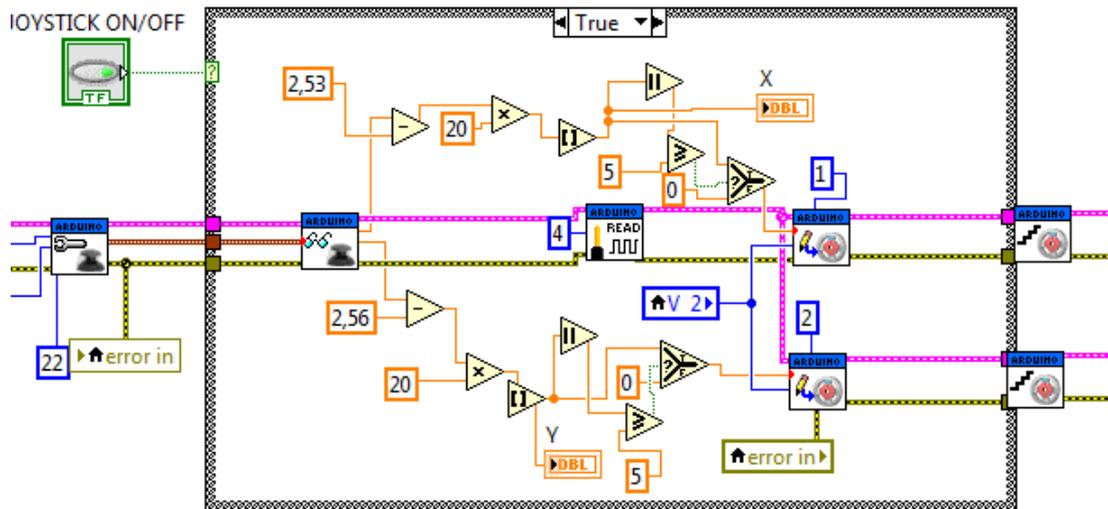


Figura 3.46: Programación de control mediante joystick robot cartesiano.

3.8 Panel frontal

En este panel estarán los controles de la interfaz con el usuario para controlar el robot cartesiano de una forma rápida y fácil.

- En primer lugar tenemos los controles de movimiento en sus dos ejes mediante dos perillas de control que al rotar indicaran la cantidad de pasos que gire el motor en sus dos ejes, dispone de un LED virtual indicador que se activa con los motores en movimiento.



Figura 3.47: Controles de movimiento del panel frontal

- El panel de configuración inicial y el control de pasos específicos constan con campos para poder introducir datos numéricos para el movimiento de los motores a un número determinado de pasos.

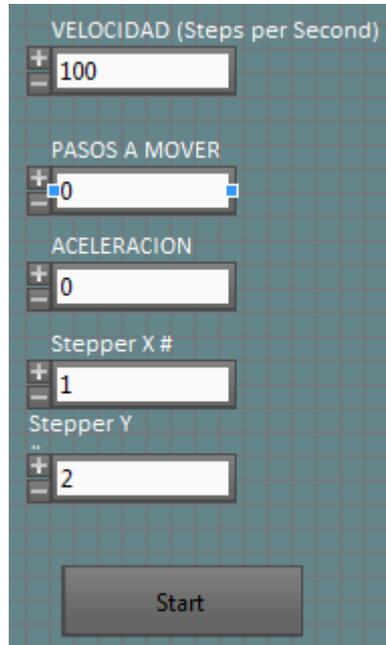


Figura 3.48: Campos para configuraciones iniciales y botón de inicio de movimiento

- Panel indicador de movimiento vía manual joystick, gracias a este panel se podrá habilitar o no el uso del joystick como control manual del robot cartesiano separaremos sus datos para movilizar los motores en la dirección correspondiente.

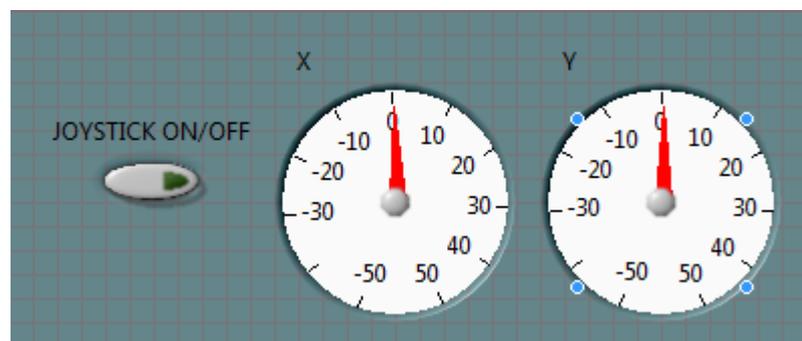


Figura 3.49: Botón e Indicadores de movimiento en Ejes X y Y Joystick

- Luego se encontrara el menú de activación del láser este servirá para controlar las intensidades del diodo láser desde el computador además de la luz indicadora o luz de guía.

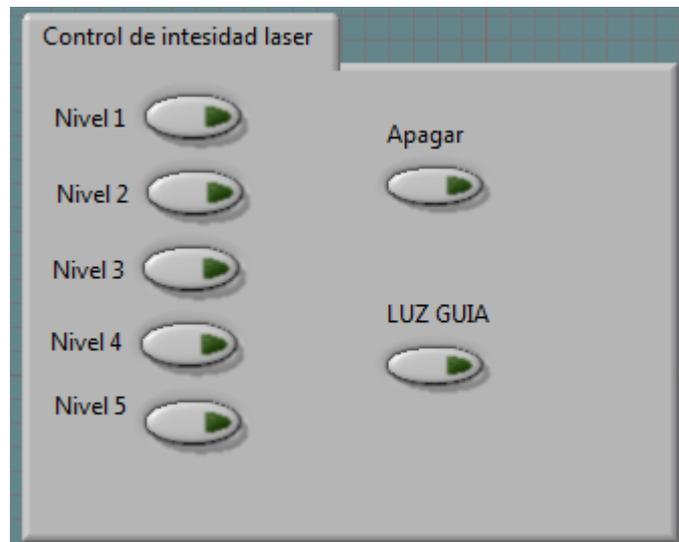


Figura 3.50: Botones de activación y cambio de intensidad láser

CAPITULO 4

PRUEBAS DE SIMULACIÓN, CIRCUITOS Y PCBs

4.1 Introducción

En esta capítulo se hablará de los circuitos simulados, montajes de prueba en el *proto-board*, algunas mediciones de voltaje y corriente, también se mostrará pruebas de funcionamiento entre la interfaz virtual, manual entre los controles, actuadores e indicadores.

4.2 Circuito de fuente

Se explicará detalladamente los circuitos simulados y realizados para observar sus resultados y sacar conclusiones para utilizar o no el circuito en el proyecto,

4.2.1 Fuente de alimentación:

La fuente de alimentación es un elemento principal ya que este componente será el encargado de transformar la corriente eléctrica alterna en continua. Además deberá suministrar la cantidad necesaria de corriente sin sobrecalentarse o que sus componentes sufran algún daño directamente.

Características:

- Constará con elementos de gran capacidad capaces de manejar varios voltajes y valores entre 1 y 5 Amperios.
- La fuente tendrá dos voltajes fijos de 12V para el trabajo de potencia o fuerza y 5 voltios para los circuitos lógicos, indicadores y controles.
- Además dispondrá de una fuente variable para ajustar a láser de diferentes tipos en el mercado ya que existen varios modelos a diferentes voltajes y de mayor o menor potencia que el usado en este proyecto.
- La fuente se basará en un convertidor AC-DC que cumpla con las etapas de: Transformación, rectificado, filtrado, y regulado de la señal eléctrica oscilante de ingreso.

4.2.2 Conversor AC-DC

Este conversor cumplirá con la estructura de transformación, rectificación, filtrado y regulación. Tendrá una capacidad de proporcionar hasta 5 amperios en su salida, siendo así una fuente de alta potencia y manejará voltajes de 5v, 12v, y una fuente variable.

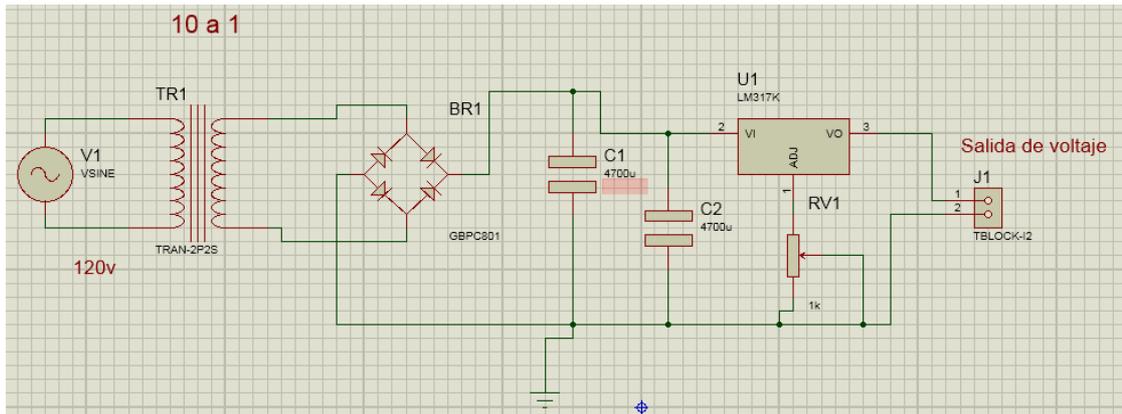


Figura 4.1: Conversor AC-DC

4.2.3 Voltajes auxiliares

De este circuito de fuente principal se derivara dos fuentes más de menos potencia cada una ya que serán usadas para elementos auxiliares como indicadores y controles, la conexión de ingreso de este circuito viene de la salida de la figura 4.1

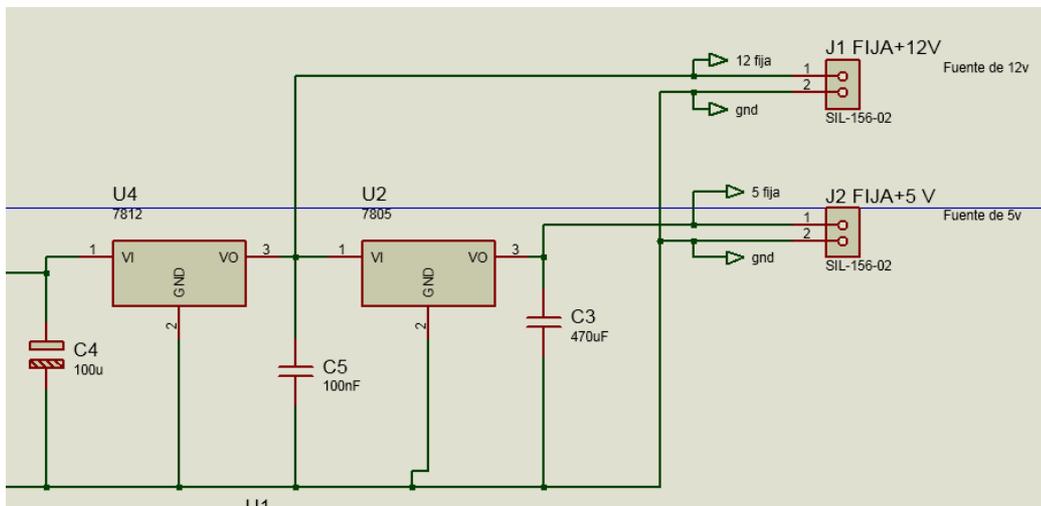


Figura 4.2: Voltajes regulados a 5 y 12 voltios.

Por último la fuente ajustable para colocar y controlar la parte de potencia del robot cartesiano, se colocará elementos de mayor capacidad que las fuentes auxiliares ya que su potencia suministrada debe ser mucho mayor.

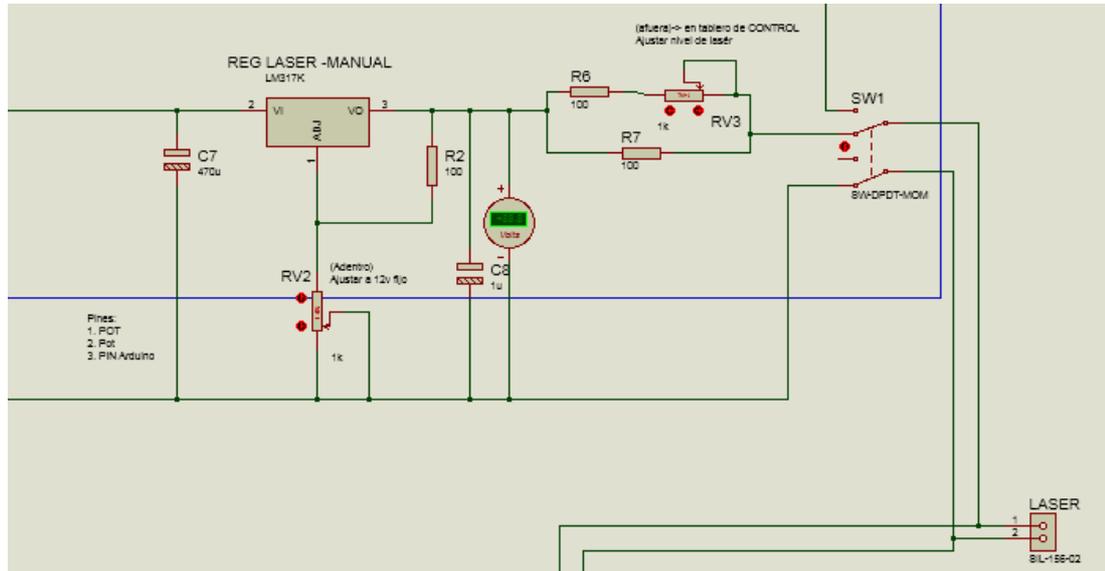


Figura 4.3 Fuente variable para control de distintos tipos de láser.

4.2.4 Pruebas y Montaje en el Proto-board

Se realizó las debidas pruebas y el montaje de los circuitos en un proto-board para probar el circuito y verificar su funcionamiento.

A continuación se presentaran unas imágenes del montaje realizado y las pruebas de las fuentes que se utilizaran en este proyecto.

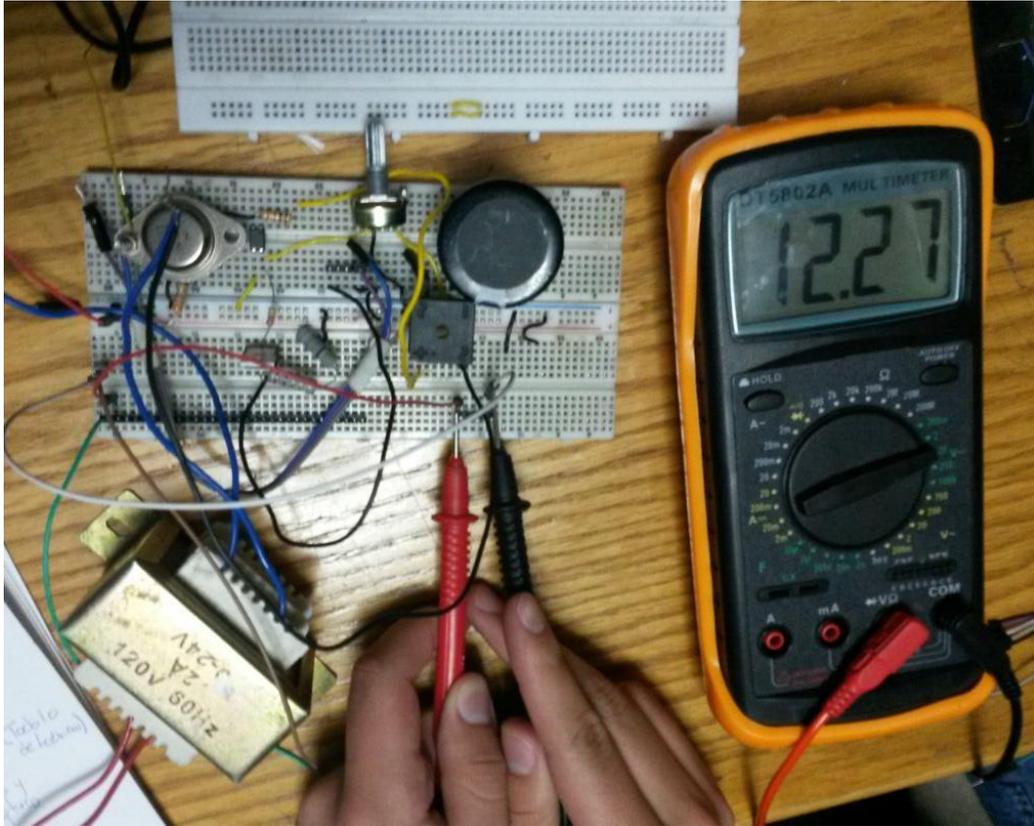


Figura 4.4: Montaje en proto-board Fuente Principal Láser / Motores Voltaje fijo

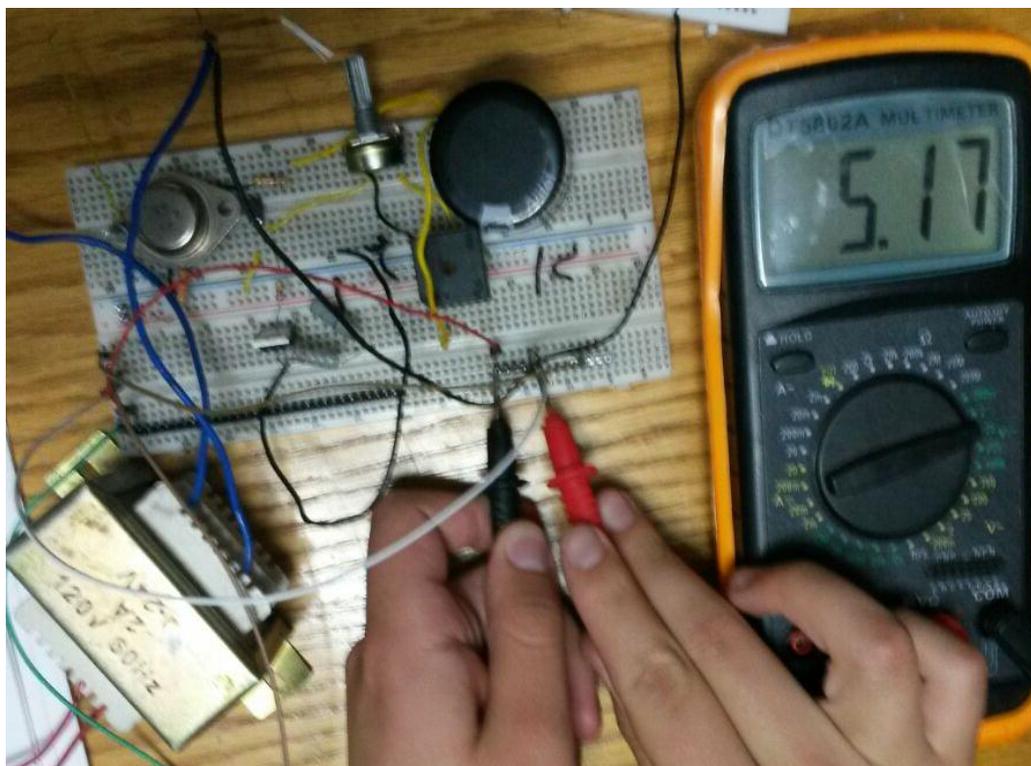


Figura 4.5: Montaje en proto-board Fuente auxiliar de 5V indicadores.

4.3 Circuito de motores

El circuito simulado a continuación explica el esquema de la conexión del chip A4889 con un dispositivo Arduino.

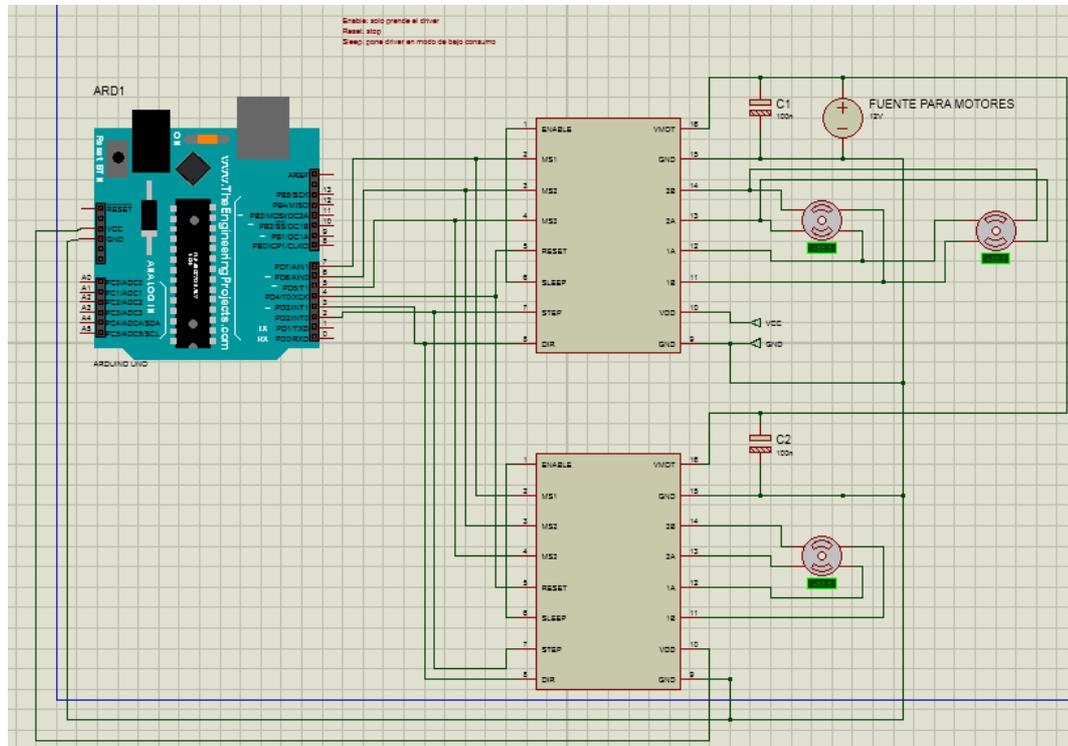


Figura 4.6: Conexión del circuito alimentador y de potencia de los motores bipolares.

En la parte derecha de la figura 4.6 tenemos ubicados nuestros 3 motores a pasos bipolares y para el movimiento sobre el eje X y dos para el movimiento sobre el eje Y.

En la parte central están dos chips A4988 un para cada movimiento. Lo recomendable es utilizar un chip por motor de pasos pero al comparar los resultados y observar que es factible se decidió colocar un solo integrado A4988 para los dos motores bipolares que cumplirán con el movimiento en Y.

Al ser motores bipolares la conexión en él un motor es directa es decir cada una de las bobinas del motor a su puerto correspondiente en el chip pero para garantizar el movimiento en la misma dirección y al mismo instante del otro motor se realizó una

conexión espejo es decir los cables de las bobinas de los motores están distribuido de la siguiente manera.

Tabla 4.1: Conexión de pines en los motores a pasos Y

Pines	Integrado A4889	Motor Y1 puerto	Motor Y2 puerto
11	1B	1B	2B
12	1A	1A	2A
13	2A	2A	1A
14	2B	2B	1B

De esta manera tanto el un motor Y1 y el otro motor Y2 se moverán en un sentido diferente pero al montarlos en el prototipo tendrán la misma dirección ya que los ejes rotores de los motores estarán frente a frente.

- En la figura de la conexión de los motores consta de 3 partes, la que lógica encargada de enviar los impulso y la dirección del motor.
- La parte de transferencia y potencia mediante el integrado A4998 que es donde las instrucciones lógicas se convierten en señales potentes capaces de movilizar los motores con la información transmitida por la parte lógica.
- Por último la parte electromecánica que consta de los motores a pasos bipolares, encargados del movimiento controlado del robot cartesiano.

El circuito completo de la activación y movimiento de motores constará de los elementos antes mencionados como también una conexión al circuito integrado PIC de la familia 18 para que pueda ser modificado su velocidad o tamaño de paso mediante una combinación binaria comanda por dicho integrado hacia el integrado A4988.

- Existen 5 combinaciones posibles con respecto al tamaño del paso por lo cual variara la velocidad y resolución del dibujo el integrado controlara esto mediante 3 bits ya sea en alto o bajo nivel.

Tabla 4.2 Combinaciones micro pasos A4988

Configuración	MS1	MS2	MS3
Paso completo	L	L	L
Medio paso	H	L	L
Cuarto de paso	L	H	L
Octavo de paso	H	H	L
1/16 paso	H	H	H

Fuente: (Datasheet A4988, 2014)

El circuito también contará con sus respectivas entradas y salidas a borneras, pines y peinetas de conexión, como indicadores LED de su activación.

La figura 4.7, a continuación, muestra los socket o peinetas donde irán colocados los integrados A4988 también sus respectivas entradas y salidas para indicadores y actuadores a sus respectivas borneras y peinetas de conexión.

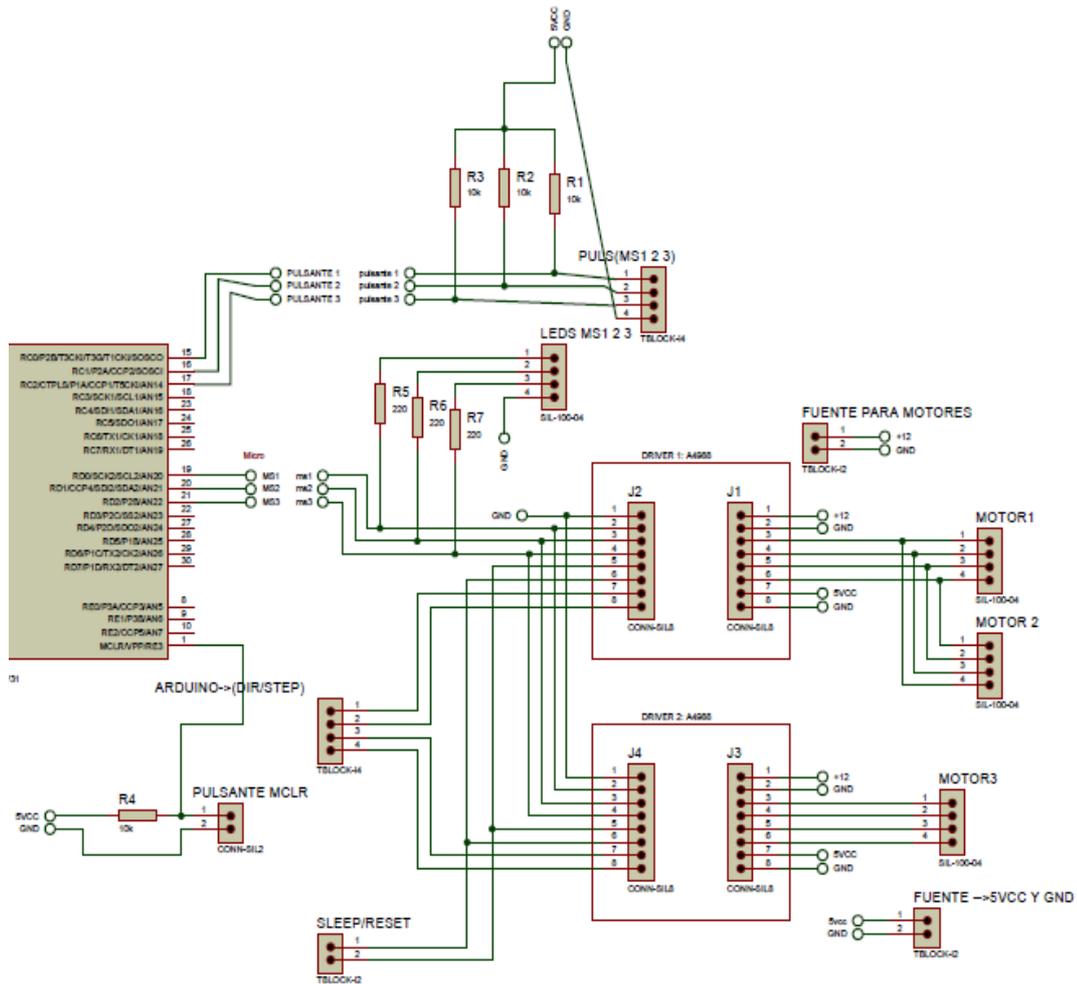


Figura 4.7 Diagrama de conexión motores e interruptores de micro-pasos

- En la parte superior derecha está el *joystick* de control de movimiento manual que se montara posteriormente en el circuito de control y a su lado izquierdo está el chip integrado A4988
- En la parte inferior se encuentra el motor bipolar de pasos y el controlador principal el Arduino mega 2560

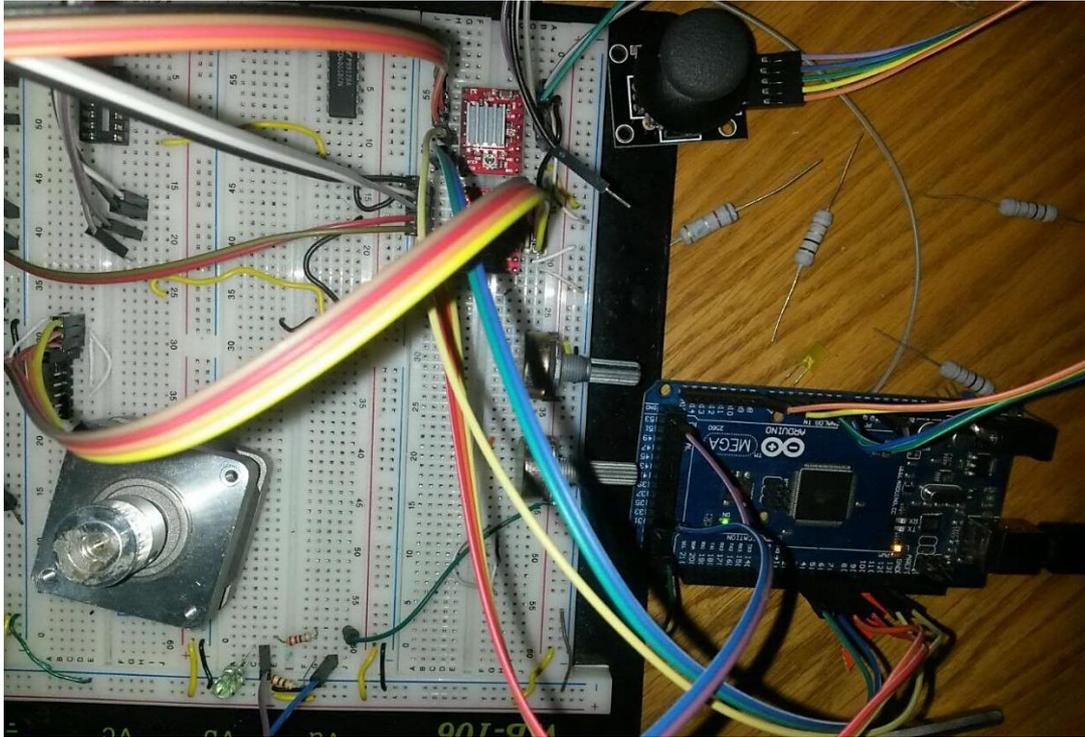


Figura 4.8 Conexión en proto-board motor controlado desde el computador y el *joystick* de movimiento

El montaje se realizó con un motor y otra prueba con la conexión y montaje en el armazón del robot cartesiano.

4.4 Circuito de activación láser

La herramienta del robot cartesiano el diodo láser de grabación también necesita un circuito de control para lograr variar su intensidad y por lo tanto se puede jugar en cada grabado y diferente material con dos parámetros como son la intensidad del láser y también la velocidad de movimiento de los motores.

Luego de algunas pruebas se determinó el rango de funcionamiento del láser donde que a bajo voltaje alrededor de los 10.5 voltios el láser ya se enciende pero sin ningún efecto sobre el material. Por lo que se lo puede utilizar como una luz de guía para posicionamiento sobre el plano de trabajo.

En el circuito tendremos varios métodos para activar el láser y utilizarlo de varias formas para lo cual se ha decidido dividirlo en 3 partes que son las siguientes:

- La primera parte A forma será mediante la activación computarizada con mediante el micro controlador Arduino mega 2560. se implementara una serie de interruptores automáticos que encenderá el láser a diferentes tonalidades y potencia del mismo.
- También tendremos un control manual a través de una configuración variable de resistencias en paralelo para elevar o disminuir la potencia del láser de una forma externa desde el tablero de control este será nuestro circuito B láser.
- Se aprovechará las características de un diodo láser para utilizarlo también de una manera independiente, esto hace referencia al uso del dispositivo láser como un apuntador o una luz guía para indicarnos nuestro punto de partida de nuestro dibujo o figura a ser grabado, constara de otro circuito que será la parte C del circuito.

4.4.1 Parte A

Circuito de activación digital a través del micro controlador Arduino consta del circuito Arduino, opto acopladores para aislar parte lógica de la parte de potencia, transistores de conmutación MOSFET y configuración variable de resistencias de potencia en paralelo.

En la figura 4.9 solo se muestran solo dos conmutaciones de las 6 posibles en total esto debido a que se entienda la imagen ya que en realidad el circuito consta con 6 circuitos similares al anterior para así disponer un mayor número de posibles intensidades del elemento láser.

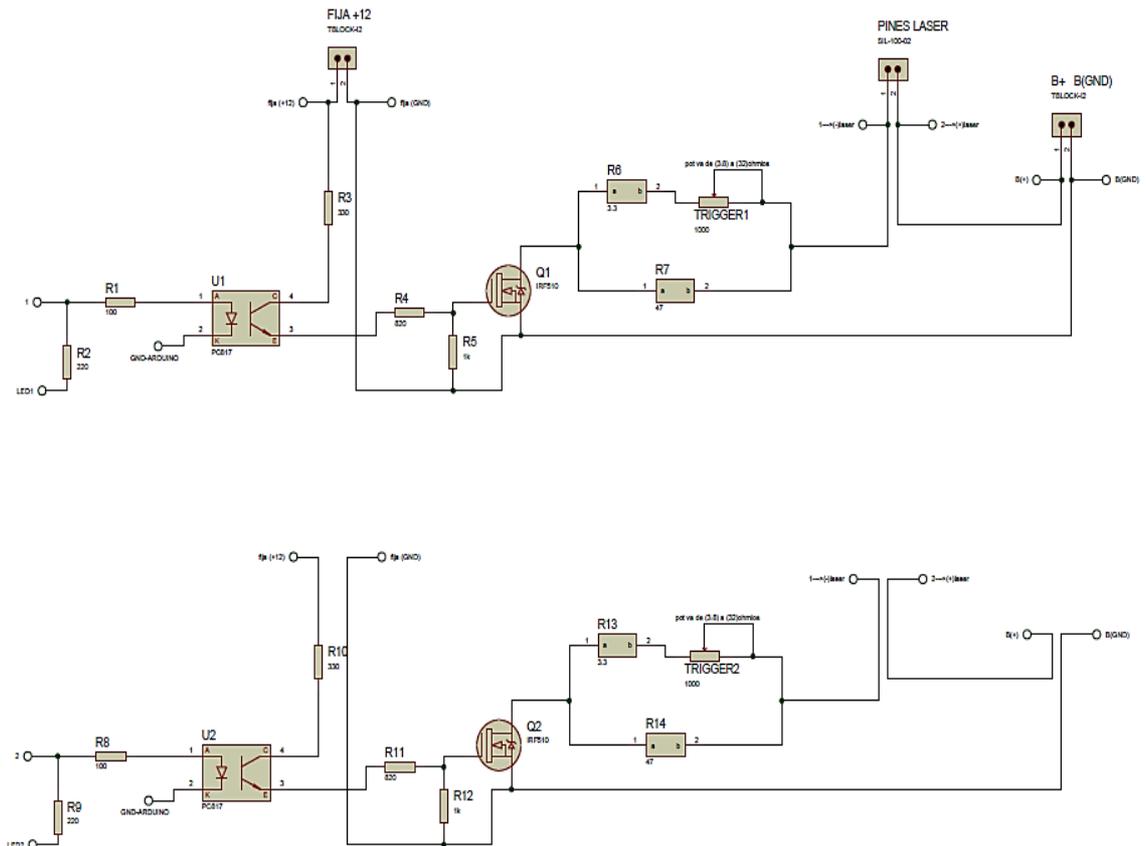


Figura 4.9 Extracto diagrama de control láser Parte A

4.4.2 Parte B

En este caso el láser podrá ser controlado de forma manual aumentando o disminuyendo su potencia mediante un potenciómetro de un rango predeterminado este circuito será independiente del anterior y constará con las seguridades de aislamiento, también tendrá las siguientes características:

- Este circuito actuará como un partido de tensión de rango limitado.
- Constará con un interruptor de encendido como el porcentaje de intensidad mostrado en la pantalla LCD
- Estará aislado del circuito de control de la parte A del circuito láser para evitar fugas de corriente y cualquier inconveniente.

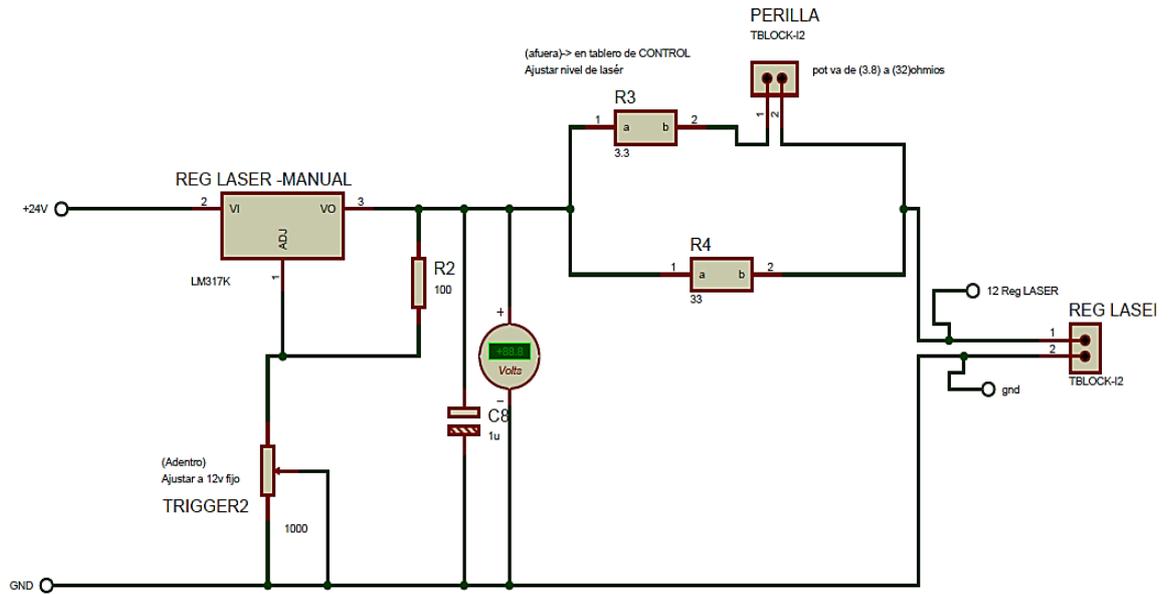


Figura 4.10: Diagrama circuito de control láser parte B

4.4.3 Parte C

En la parte C se construirá un circuito para activar el láser como guía o como luz indicadora, es decir nos permitirá mostrar le punto exacto de donde está ubicado en ese momento el láser sobre el plano. Tiene las siguientes características:

- Es de mucha utilidad ya que nos da el punto inicial de partida exacto sin dañar la superficie de trabajo.
- Tendrá la capacidad de activarse desde el computador mediante la interfaz gráfica virtual y mediante un pulsante en el tablero de control que se indicara más adelante.
- El circuito permanecerá conectado directamente y tendrá que ser desactivado por recomendación antes de comenzar un grabado una vez que ya se haya determinado el punto inicial de partida.

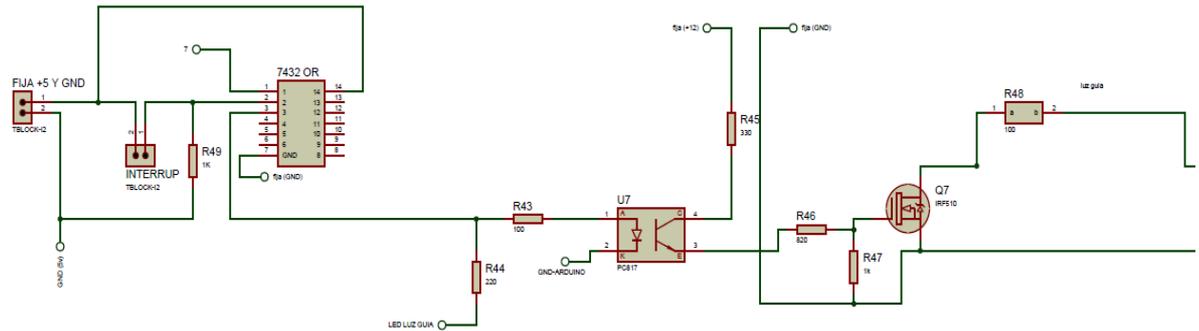


Figura 4.11: Diagrama de circuito control láser parte C

4.5 Diseño de PCBs

Para que un circuito electrónico sea eficiente, durable y además seguro, se realiza la fabricación de los circuitos electrónicos en placas impresas o PCBs, que no es más que un circuito electrónico pero con las pistas impresas en una superficie con un elemento conductor sobre un material aislante, por lo general estas pistas son de cobre y el material aislante fibra de vidrio o polímeros como la baquelita.

Para realizar el diseño de estos elementos se requiere un software editor de PCBs, las dimensiones de los componentes por utilizar o su *footprint*, hace referencia a la huella de sus pines para el ruteo y conexión de los mismos, además de otorgar el espacio requerido por ese componente en cuestión, también se requiere el diseño del circuito electrónico simulado y comprobado, que este correcto y tener bien en claro que componente se va utilizar, ya que en el medio no existe mucha gran variedad de componentes, lo que obliga al diseñador de PCBs adaptarse a los componentes fáciles de conseguir en el Ecuador para evitar recargos o molestas por importación de componentes .

4.5.1 Editor de PCBs

En la actualidad existe una gran variedad de programas de este tipo como lo son Altium, PCBWizard, Workbench, Proteus en su plataforma Ares.

Se escogió el *software* Proteus por su gran compatibilidad entre la simulación y el diseño intercambiando funciones entre sus herramientas conocidas como Isis y Ares, la segunda encargada del circuito impreso; también por la gran variedad de librerías en línea y su capacidad de crear vistas en Tercera dimensión 3D de la tarjeta de circuito impreso con y sus componentes para observar las pistas y su distribución de forma detallada. Ares es capaz de gestionar de 1 a 8 capas de circuito electrónico y trabajar con una gran variedad de elementos y anchos de pista.

En la figura 4.13 veremos la pantalla de trabajo para realizar el diseño y ruteo de cada PCB que será utilizado en el prototipo del robot cartesiano y consta de las siguientes partes:

- La barra de título, y barra menús en la parte superior donde se encuentra el título del proyecto y los menús con todas las opciones del programa.
- Luego están las pestañas que nos permiten cambiar entre el diseño esquemático y la construcción del PCB y otras herramientas, estos permite cambiar del ISIS al ARES con tan solo un clic.
- En la parte central está el área de trabajo donde se realizará la colocación de componentes y la conexión de los mismos.
- En la barra lateral están las listas desplegables con los elementos y elementos para ser colocados en el PCB.
- En la parte inferior de la ventana en cambio esta las funciones de edición y las herramientas de multicapa.

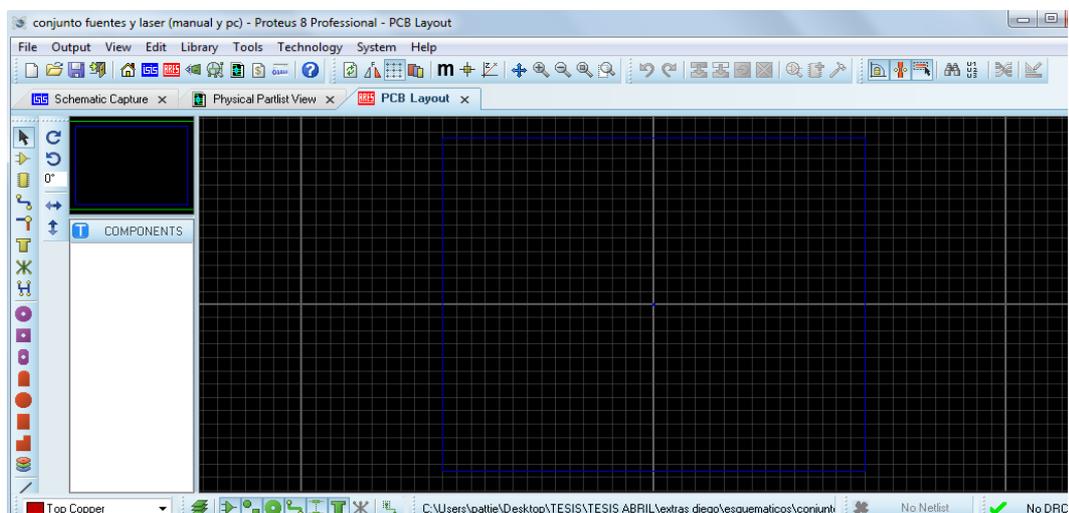


Figura 4.12: Captura de pantalla de ventana de trabajo plataforma Ares del software Proteus

Para el diseño del circuito electrónico se realizó los siguientes pasos:

1. Terminar el diseño electrónico, simular en la herramienta ISIS del *software* Proteus
2. Montar el circuito en el proto-board para la comprobación del funcionamiento y toma de algunas mediciones con el multímetro para comprobar su correcto funcionamiento.
3. Abrir la herramienta Ares e importar los elementos y componentes utilizados en el diseño ares cuenta con un asistente que evitara que coloques elementos repetidos o que no están en tu diseño.
4. Medir la huella de los componentes a utilizar o el *footprint* para modificar o utilizar las medidas de la biblioteca de componentes.
5. Determinar un tamaño de PCB, organizar los componentes para facilitar su conexión interna y hacia afuera mediante borneras o peinetas
6. Realizar el ruteo de las pistas ya sea con el asistente o de forma manual con su debida revisión y percatándose de cualquier error
7. Visualizar el PCB en su vista 3D para su verificación.
8. Exportar el documento con El ruteado de pistas y su dimensión para enviar a imprimir la tarjeta de circuito impreso.

En nuestro caso, decidimos elaborar un PCB por cada circuito, segmentándola en partes para que funcione el circuito por módulos o por secciones dedicadas a cada acción como lo son motores, láser, fuentes, y la del tablero de control.

4.5.2 PCB fuente de poder

En capítulos anteriores ya revisamos y explicamos el esquema de este circuito y su funcionamiento.

En la figura 4.14 se observa el PCB de la fuente de poder en 3D, a la izquierda está un espacio en blanco en donde estara el transformador de voltaje para el amperaje adecuado, en la izquierda los reguladores de voltaje con el espacio adecuado para sus disipadores.

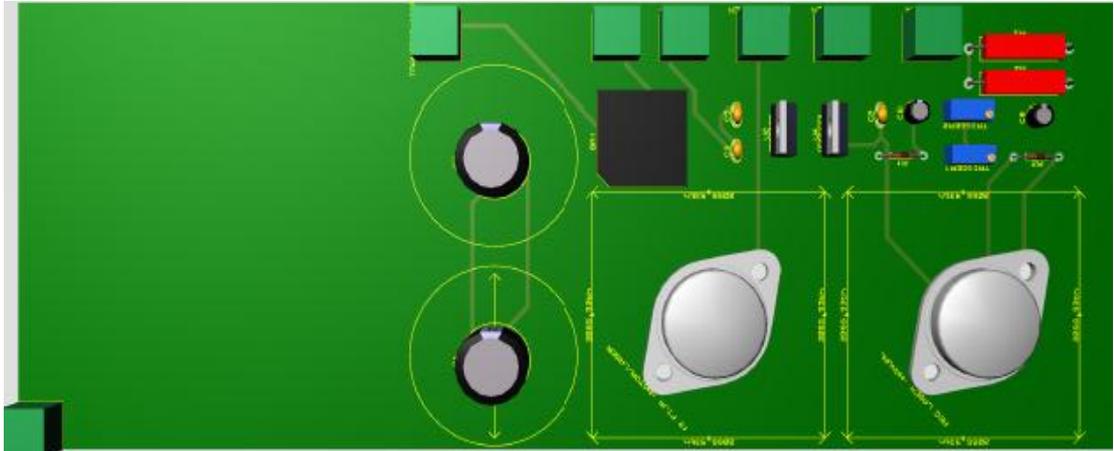


Figura 4.13: Vista 3D PCB fuentes de voltaje del circuito

Aquí tenemos una ampliación del circuito anterior que consta con las etapas de rectificado, filtrado y rectificacion para una fuente de este tipo.

En la parte superior de la figura 4.15 estarán las orneras de salida para sus voltajes que son 12V, 5V y otras dos fuentes regulables pero de gran capacidad de carga.

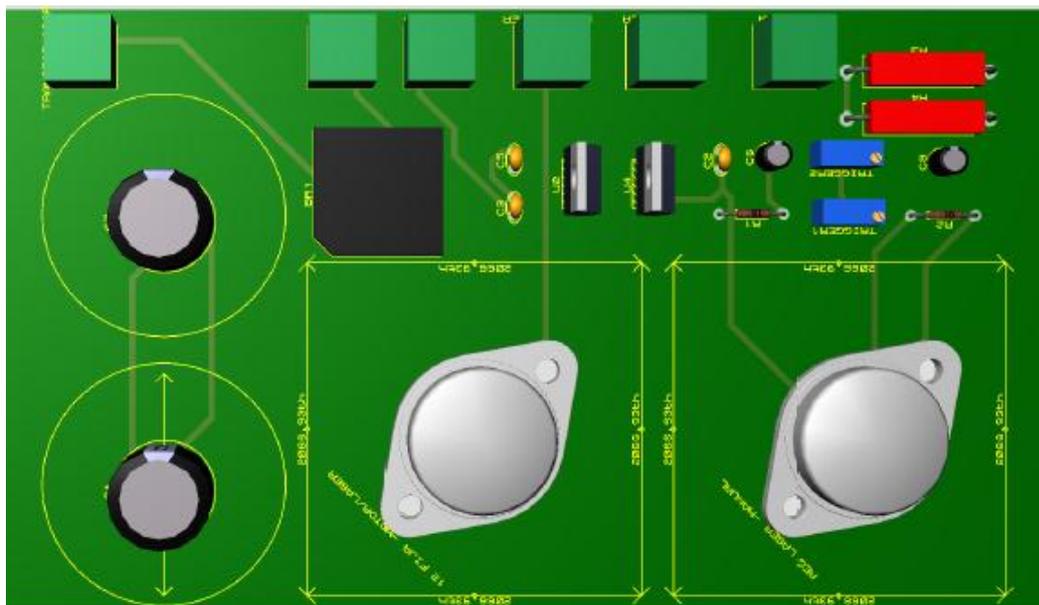


Figura 4.14: Vista 3D Ampliación PCB Fuentes

4.5.3 PCB Motores y PIC

Este circuito impreso será el encargado de controlar los motores y el LCD de visualización, aquí se montarán los integrados A4988, el PIC 18, además dispondrá de los puertos necesarios para conectar los motores a pasos y el *display* LCD 2X16.

- En la figura 4.16 tenemos en la parte central el PIC 18, que controlará el *display* y algunos indicadores del tablero de control, así como también los integrados a4988 que se encargarán del movimiento del robot cartesiano mediante el control de sus motores.
- En la parte superior están los puertos de conexión de los motores, en la parte inferior de la figura se conectará la pantalla LCD 2X16, en la parte izquierda la entrada de los voltajes y en la derecha se conectará con el tablero de control mediante pulsantes e indicadores.

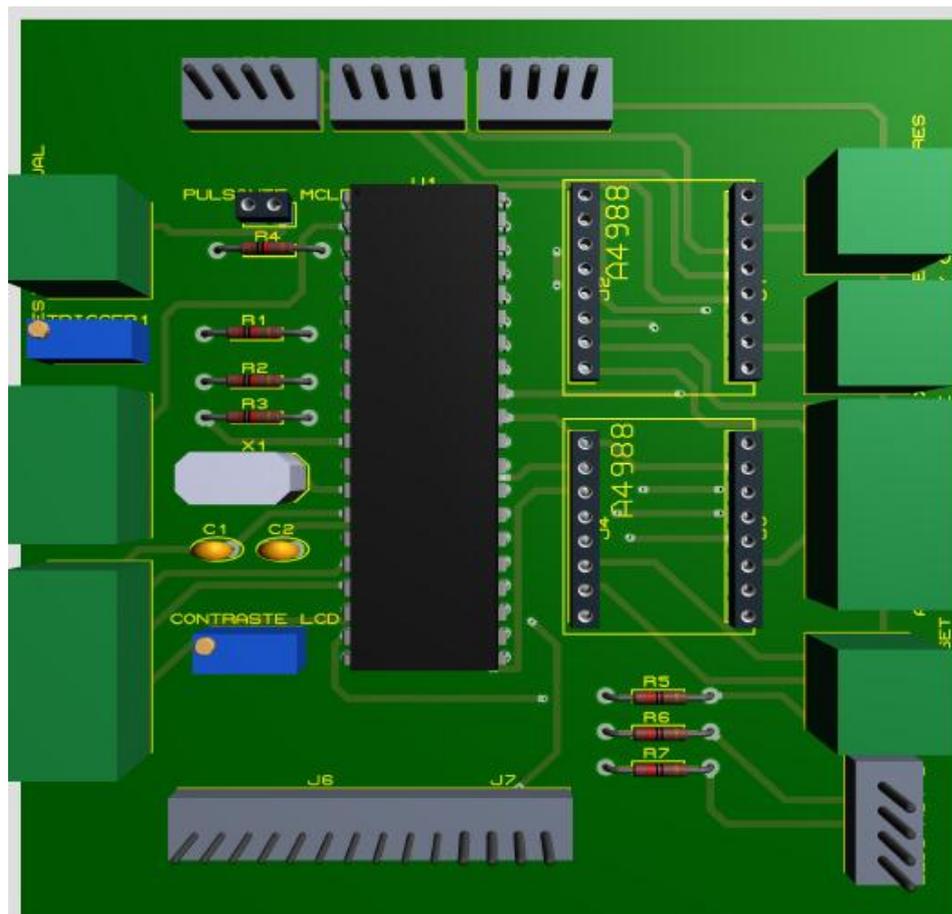


Figura 4.15: Vista 3D PCB para control de motores y LCD

4.5.4 PCB controlador láser

El circuito controlador láser será el encargado de variar la potencia o la intensidad del elemento actuador láser del robot para la variedad de materiales y el tipo de trabajo que se requiera hacer; consta con elementos activos como MOSFETS y optoacopladores para aislar el circuito lógico con el circuito de potencia.

El circuito está conformado por 7 configuraciones similares que serán activadas digitalmente mediante el computador, facilitando así la velocidad con la que se cambia la intensidad del elemento.

- En la parte izquierda de la figura 4.17 están las entradas o salidas del circuito para conectarse con indicadores, fuentes y botones.
- En la derecha de la figura 4.16 están los elementos de potencia que activarán el dispositivo láser con las corrientes configuradas en el circuito por lo que esta parte tendrá las pistas del PCB de espesor adecuado con la corriente de circulación.

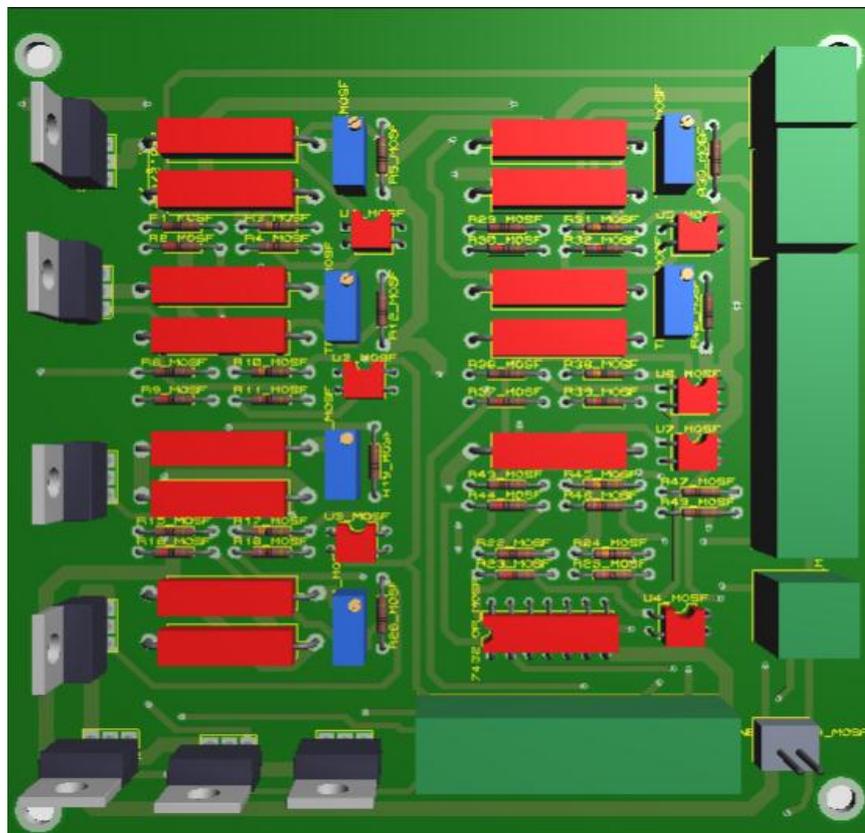


Figura 4.16: Vista 3D PCB Para control de intensidad

CAPITULO 5

ESPECIFICACIONES, PRUEBAS FINALES Y MANUAL DEL USUARIO

5.1 Introducción

En este capítulo hablaremos sobre el manejo del prototipo, los controles e indicadores en el tablero de control y en el panel virtual del computador, sin dejar a un lado un punto importante como lo es la seguridad del usuario y la seguridad del prototipo ya que se utilizan elementos peligrosos como el modulo láser, motores y circuitos del robot cartesiano, para evitar posibles lesiones y daños en el prototipo.

5.2 Características de la máquina

Recordemos las características más importantes del robot cartesiano para conocer su alcance, limitaciones y sus requerimientos para una operación adecuada y aprovechando al máximo sus capacidades.

Las características que se explicaran más adelante están basadas en especificaciones de una máquina láser CNC que cumple funciones similares al prototipo de este proyecto.

Las especificaciones generales del robot se resumirán en las tablas 5.1 y 5.2:

5.2.1 Tabla de especificaciones mecánicas

Tabla 5.1 Especificaciones mecánicas robot cartesiano

Especificaciones Mecánicas	
Área de trabajo	47X40cm
Dimensiones del prototipo	55x44cm
Peso armado sin circuito Kg	3.5Kg
Peso total	5kg
Velocidad máx. de movimiento	3000 pasos /min
Velocidad de grabado	Variable de 0 a 3000 pasos/min

Tamaño máximo del objeto de trabajo	Se recomienda menor al área de trabajo con la opción de configurar como tablero temporal se lo coloca como mesa de trabajo
Tablero de trabajo	Cualquier superficie plana estable
Distancia de enfoque	3cm o mas

5.2.2 Tabla de especificaciones eléctricas:

Tabla 5.2 Especificaciones Eléctricas robot cartesiano.

Especificaciones Eléctricas	
Power	120V / 60Hz
Fusible	5A
Potencia de consumo	45W
Láser	Láser clase 4 Co2 5-12.5V
Potencia láser	5000mW
Interface Hardware	USB, Taza de baudios: 115200

5.3 Medidas de seguridad

La seguridad siempre será importante ya que el cumplimiento con sus normas evitan accidentes tanto como para el usuario y para el prototipo.

5.3.1 Seguridad usuario

Para tomar las medidas de seguridad debemos conocer la clasificación de los láseres (tabla 5.3) en seguridad en especial un láser de clase 4 y que riesgos existen en su manejo.

Tabla 5.3: Clasificación de láser según sus medidas de seguridad

Clasificación de Láseres	
Clase 1	Productos láser seguros en todas las condiciones de utilización, incluyendo el uso en visión directa.
Clase 1M	Láseres que emitiendo en el intervalo de longitudes de onda entre 302,5 y 400 nm son seguros en ciertas condiciones de utilización razonablemente previsibles, pero que pueden ser peligrosos si se ópticos en visión directa.
Clase 2	Láseres que emiten radiación visible en el intervalo de longitudes de onda comprendido entre 400 y 700 nm. La protección ocular requerida. Esta reacción puede proporcionar la adecuada protección aunque se usen instrumentos ópticos.
Clase 2M	Láseres que emiten radiación visible (400 y 700 nm). La protección ocular se consigue normalmente por las respuestas de aversión, pero la visión del haz puede ser peligrosa si se usan instrumentos ópticos.
Clase 3R	Láseres que emiten entre 302,5 y 106 nm, cuya visión directa del haz es potencialmente peligrosa pero su riesgo es menor que los láseres de Clase 3B. Necesitan menos requisitos de fabricación y medidas de control del usuario que los aplicables a láseres de Clase 3B.
Clase 3B	Láseres cuya visión directa del haz es siempre peligrosa La visión de reflexiones difusas es normalmente segura.
Clase 4	Láseres que también pueden producir reflexiones difusas peligrosas. En visión directa pueden causar daños sobre la piel y pueden también constituir un peligro de incendio. Su utilización precisa requiere precaución y protección visual al reflejo.

Fuente: (NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo, 2009)

Según la guía de buena práctica del ministerio de trabajo en España con referencia al documento (UNE EN 60825-1/A2: 2002) un láser de clase 4 es peligroso y de especial manejo por lo que hay que tener en cuenta las siguientes normas:

- Uso de gafas protectoras: para la visualización del trabajo del láser, supervisión de sus movimientos y enfoque del objetivo se requiere la ubicación de gafas protectoras para evitar quemaduras en la córnea ocular.



Figura 5.1: Gafas de protección de rayo láser

Fuente: Lista de productos 3m: gafas de protección, 2016

- Riesgo de quemaduras: Cuando el láser este en ejecución de un trabajo utilizando la potencia de grabado existe un riesgo de quemadura en la piel si la mano o extremidad se interpone en el Haz del rayo láser.
- Riesgo de incendio: al ser un láser de media potencia y utilizado para el grabado y corte de ciertos materiales existe una pequeña posibilidad de que algún material sea muy inflamable y se prenda fuego por lo que la supervisión de la maquina cuando está trabajando es necesaria.

Como la mecánica y electrónica del robot está expuesta, es decir los motores, bandas, engranes están al alcance del usuario y los espectadores, por lo que se recomienda no intervenir en estas áreas cuando se esté ejecutando un trabajo.

5.3.2 Seguridad prototipo

Para evitar daños por el usuario por el uso inadecuado de los controles y elementos del prototipo, este puede resultar afectado por lo que se explicara una serie de recomendaciones para evitar el daño y alargar el tiempo de vida del robot cartesiano:

- Realizar cualquier ajuste de bandas, tornillos, soportes con el prototipo completamente apagado y desconectado de la red eléctrica
- Evitar el movimiento de los motores o de sus partes móviles en el transporte de la maquina o en el estado de reposo ya que los motores de pasos al tener imanes permanentes generan picos de voltaje al girarlos comportándose como una especie de generador.
- Al momento de enfocar el objetivo de trabajo para trabajar sobre su superficie, realizarlo con movimientos controlados y suaves ya que con una vuelta o media vuelta será suficiente para el enfoque del objetivo.

5.4 Tablero de control

5.4.1 Conexión y Encendido

En este punto ya dejaremos el prototipo listo para realizar su trabajo luego de verificar su movimiento y colocarlo sobre una superficie plana, para ello debemos realizar los siguientes pasos:

- Colocamos y conectamos el cable USB entre el módulo Arduino mega un puerto en el computador, verificamos el LED de encendido en el Arduino para saber que se conectó perfectamente.
- Ahora conectamos ya el cable de poder a la red eléctrica de 120V-60Hz y nuestro prototipo estará listo para trabajar.
- En el tablero de control tendremos un interruptor de encendido de fácil identificación con el símbolo familiar de encendido y apagado de varias máquinas y electrodomésticos en el mercado.



Figura 5.2: Interruptor mecánico de encendido

- En este momento al encender el prototipo ya podremos manipular los controles del tablero para mover, pre configurar, encender o apagar la luz guía del láser.
- Se deberá colocar ya o previamente el objeto de trabajo y realizar el enfoque del láser sobre su objetivo con las normas de seguridad y en la luz piloto o luz de guía, de esta forma el láser quedara enfocado para el grabado o corte láser.
- En la computadora abrimos la interfaz del usuario y ya podremos manipular la maquina desde el panel virtual a través del computador.
- Escogemos nuestro código g de la figura a realizar previamente dimensionada y vector izada.

5.4.2 Control de intensidad diodo láser

En el tablero de control de la maquina tendremos un comando parecido a un control de volumen manual (figura 5.3) que servirá para ajustar la intensidad del diodo láser de forma manual según se requiera para un grabado profundo o superficial.



Figura 5.3: Control manual de intensidad láser

5.4.3 Controles de pasos del motor

Tenemos un circuito de comando que con 3 botones se podrá aumentar o disminuir el tamaño del paso del motor por lo que en el tablero tendremos un botón para aumentar, disminuir y otro para establecer el valor inicial donde sea que nos encontremos. En la figura 5.4 observamos una posible distribución de los controles mencionados en el capítulo como los indicadores que está en la sección del capítulo 4 como son los LEDs indicadores y además el display LCD 2 X 16



Figura 5.4: Distribución de controles e indicadores en el tablero.

5.5 Costos de materiales

Hay que tener en cuenta el costo de fabricación de la maquina por lo que se desgloso en 3 listas separando los materiales en distintas categorías acorde a su material y funcionamiento en el prototipo.

5.5.1 Material mecánico

En la tabla 5.4 se describe los valores individuales y totales del material que se utilizó en la construcción y ensamblaje del prototipo

Tabla 5.4: Costo de material mecánico

Costos de material mecánico				
ÍTE M	DENOMINACIÓN	CANTIDA D	V. UNITARIO	V. TOTAL
01	Perfil Transversal 47cm	2	\$18,00	\$36,00
02	Perfil lateral 43cm	2	\$16,00	\$32,00
03	Perfil eje móvil 51cm	1	\$22,00	\$22,00
04	Rodillos o rodamientos	16	\$0,50	\$8,00
05	banda elástica dentada metros	2	\$0,80	\$1,60
06	Pernos cabeza hexagonal 4cm	12	\$0,10	\$1,20
07	Pernos cabeza hexagonal 3cm	8	\$0,10	\$0,80
08	Unión de perfil	4	\$1,50	\$6,00
09	Soportes de apoyo	4	\$0,80	\$3,20
10	Soportes de enlaces	4	\$2,00	\$8,00
			TOTAL	\$118,80

5.5.2 Elementos electrónicos

En el proyecto también se requirió elementos y placas de circuito impreso de buena calidad para garantizar el funcionamiento y duración del circuito electrónico encargado de las diferentes partes de circuito, lo que gracias al diseño ya se determinó en el capítulo 4 en la sección de PCBs. en la tabla 5.5 se detalla el costo de los elementos electrónicos utilizados.

Tabla 5.5: Costo de materiales electrónicos principal

Costos de materiales electrónicos principales				
ÍTE M	DENOMINACIÓN	CANTIDA D	V. UNITARIO	V. TOTAL
11	Arduino Mega 2560	1	\$45,00	\$45,00
12	Motores de pasos nema 17	3	\$37,00	\$111,00
13	PCB Fuente diseño y elaboración autores capa simple	1	\$6,00	\$6,00
14	PCB doble capa motores diseño propio	1	\$28,00	\$28,00
15	PCB doble capa láser diseño propio	1	\$34,00	\$34,00
16	Laminado de protección PCBs	1	\$20,00	\$20,00
17	Diodo Láser 5.5 Watts	1	\$266,00	\$266,00
			TOTAL	\$510,00

5.5.3 Componentes electrónicos

En el diseño y pruebas en los proto-board se probó con diferentes componentes de los cuales se escogió la mejor opción por lo que la tabla 5.6 hace referencia a los componentes que conformaran los distintos circuitos impresos de nuestro propio diseño como también los controles e indicadores usados en el controlador del prototipo.

Tabla 5.6: Costos de componentes electrónicos secundarios

Costos de componentes electrónicos				
ÍTE M	DENOMINACIÓN	CANTIDA D	V. UNITARIO	V. TOTAL
18	Regulador 3amp lm338	2	\$1,50	\$3,00
19	Disipador tipo sombreado	2	\$0,40	\$0,80
20	Regulador de voltaje serie 78XX	2	\$0,40	\$0,80
21	LEDs	10	\$0,10	\$1,00
22	Pic familia 18	1	\$8,00	\$8,00
23	Display LCD 2x16	1	\$4,50	\$4,50
24	Kit de interruptores	1	\$3,00	\$3,00
25	kit de cables	1	\$5,00	\$5,00
26	kit de sócalos y peinetas	2	\$3,00	\$6,00
27	Conjunto de condensadores	1	\$3,00	\$3,00
28	Conjunto de resistencias 1/4w	1	\$0,50	\$0,50
29	Conjunto de resistencias 2W	1	\$2,50	\$2,50
30	MOSFET incremental 1,5amp	7	\$1,20	\$8,40
31	Conjunto de borneras	1	\$1,50	\$1,50
32	Transformador 120v a 24v ac	1	\$3,50	\$3,50
33	Conjunto de potenciómetros	1	\$3,00	\$3,00
34	Conjunto de diodos	1	\$1,50	\$1,50
			TOTAL	\$56,00

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- ✓ El prototipo construido para el grabado de superficies planas tiene como resultado genera un bajo relieve sobre la superficie en cuestión la cual depende de la consistencia del material, intensidad del diodo láser y la velocidad de grabado.
- ✓ Los actuadores o elementos de movimiento más adecuados para este tipo de aplicaciones son los motores a pasos o "*stepper motor*" debido a su bajo costo y precisión en el movimiento.
- ✓ El prototipo consume una cantidad considerable de corriente teóricamente bordea los 5 amperios por lo que se debe tener en consideración el grosor de las pistas del PCB y capacidad de los reguladores, rectificadores y transformador en la etapa de suministro de energía.
- ✓ El área de grabado máximo de grabación es 40 centímetros por 35 centímetros lo cual es un área considerable y suficiente para este tipo de trabajos.
- ✓ Para el control del prototipo se dispone de un panel virtual a través de la pantalla del computador y un tablero de control con indicadores, una pantalla de mensajes LCD, y algunos controles para el prototipo.

Recomendaciones:

- ✓ Para realizar un trabajo en este prototipo es necesario revisar el manual del usuario ubicado en el capítulo 5 para un grabado efectivo.
- ✓ Es importante no colocar ningún objeto reflejante como espejos, vidrios o metales como superficie de trabajo ya que el tipo de láser CO2 no graba en estos materiales.
- ✓ Hay que tener en cuenta que el diodo láser utilizado es encapsulado de emisión directa sobre la superficie y sus modelos en la actualidad no sobrepasan los 10 W de potencia.
- ✓ Existen láser de alta potencia y por su puesto de mayor tamaño para aplicaciones de corte y grabado más profundo se puede utilizar el mismo concepto de marco referencial del robot cartesiano con un sistema de espejos para reflejar el rayo emitido por el láser, ya que su montaje es muy complejo debido a su gran tamaño.

BIBLIOGRAFÍA

- Francisco Rodríguez Díaz, M. B. (2005). *Control y robótica en agricultura*. Almería, España: Universidad Almería.
- P. Moubarak, P. B.-T. (2011). Adaptive Manipulation of a Hybrid Mechanism Mobile Robot. *IEEE International Symposium on Robotic and Sensors Environments (ROSE)*, (págs. 113 - 118). Montreal.
- Vigueras, A. S. (2012). *Control distribuido y coordinacion de robots*. Tesina, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Toscano, G. E. (2009). *Diseño de un robot cartesiano para ordenar elementos*. Tesis, Universidad Tecnica de Ambato, Ambato.
- Gulminelli, A. (2015). Obtenido de Gulmi CNC: <http://www.gulmi.com.ar/>
- Sevillano, J. M. (2015). Obtenido de FAGORCNC: <http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/7/7f/Program8025M.pdf>
- (2013). Obtenido de CLPU Centro de láseres pulsados: <http://www.clpu.es/divulgacion/bits/que-tipos-de-laseres-hay>
- (2012). Obtenido de Ecured: http://www.ecured.cu/index.php/Corte_por_1%C3%A1ser
- Calvo, J. R. (s.f.). Obtenido de Láseres: riesgos en su utilización: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_261.pdf
- Carletti, J. (2010). *Paper de la Universidad de Buenos Aires*. Buenos Aires.
- Garg, R. (2014). *Physics Stack Exchange*.
- Hernandez, M., Ortiz, M., & Rodriguez, J. (2015). *Robótica: Análisis, modelado, control e implementación*. Victoria, Tamaulipas, México: OmniaScience.
- Millán, S. (2005). *Automatización neumática y electro neumática*. Madrid, España: Norgen.
- Rashid, M. (2004). *Electrónica de potencia: dispositivos y aplicación* (Tercera ed.). Florida, EEUU: Pearson.
- Schmid, S. (2001). *Manufactura, ingeniería y tecnología* (Cuarta ed.). Notre Dame, Francia: Prentice Hall.

- Bricogeek. (2014). *Bricogeek*. Recuperado el 14 de febrero de 2016, de <http://tienda.bricogeek.com/motores-paso-a-paso/546-motor-paso-a-paso-nema-17-32kg-cm.html>
- Constandinou, E. (2001). *Fundamentos de Motores Paso a Paso*. Madrid, España.
- I293, D. (2014). *Alldatasheet*. Recuperado el 27 de Marzo de 2016, de <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=I293>
- Bertolotti, M. (2004). *The History of the Laser*. Philadelphia, EEUU.
- Umair, Z. (2014). *Partes de un Laser*. Presentación.
- Rohm, C. (2015). *Alldatasheet*. Obtenido de www.alldatasheet.com
- Rossi, B. (2008). *Fundamentos de la óptica*. Massachusetts, EEUU: Reverté S.A.
- Mirez Tarrillo, J. L. (2013). *Curvas de descarga de baterías*. Universidad de Lima. Lima: Universidad de Lima.
- Data Sheet, P. (2014). *Microchip*. Recuperado el 7 de Abril de 2016, de www.microchip.com
- LCD Arduino DataSheet, I. (2014). *Alldatasheet*. Recuperado el 23 de Abril de 2016, de www.alldatasheet.com
- Labview, S. Austin, Texas, EEUU.
- Varela, A. (2015). *Procesos Industriales*. Argentina.
- Datasheet A4988. (2014). *Alldatasheet*. Recuperado el 6 de Mayo de 2016, de www.alldatasheet.com
- NTP 654: Láseres: nueva clasificación del riesgo, (. E.-1. (2009). *INSHT*. Recuperado el 9 de Mayo de 2016, de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_654.pdf
- Hispace. (2011). *Hispace*. Recuperado el 9 de Abril de 2016, de <https://www.hispazone.com/Guia/464/2/Guia-para-elegir-fuentes-de-alimentacion-Para-que-sirve-una-fuente-de-alimentacion.html>
- Wanadoo. (2015). *wanadoo*. Recuperado el 26 de Marzo de 2016, de http://perso.wanadoo.es/luis_ju/ebasica2/mpp_03.html
- Module, r. I. (2013). *Robots.com*. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de www.robots.com

GLOSARIO

Arduino: es una compañía de hardware libre que desarrolla placas que integran un micro-controlador y un entorno de trabajo.

AVR: son una familia de micro-controladores RISC del fabricante estadounidense Atmel.

BJT: transistor de unión bipolar del inglés *bipolar junction transistor*.

CAN: acrónimo del inglés *Controller Area Network*.

CNC: Control Numérico Computarizado.

Código G: Del acrónimo en inglés G-code, es el nombre que habitualmente recibe el lenguaje de programación más usado en Control numérico.

Datasheet: documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente.

EEROM: son las siglas de *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* (ROM programable y borrable eléctricamente).

EMF: acrónimo de las palabras en inglés Electro Motive Force.

GDL: grados de libertad

Inkscape: editor gráfico de vectores, gratuito y de código libre.

Joystick: palanca de mando.

LabVIEW: acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench

Láser: acrónimo en inglés light amplification by stimulate demission of radiation.

LCD: pantalla de cristal líquido, sus siglas en inglés corresponden a *liquid crystal display*.

LED: del acrónimo inglés *LED, light-emitting diode*: ‘diodo emisor de luz’

LIFA: del acrónimo en inglés LabVIEW Interface for Arduino.

MOSFET: transistor de efecto de campo metal-óxido-semiconductor, en inglés *Metal-oxide-semiconductor Field-effect transistor*.

NEMA: Acrónimo en inglés de las palabras National Electrical Manufacturers Association, que en español significa Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos.

PCB: acrónimo en inglés de Printed Circuit Boards, en español Tarjeta de Circuito Impreso.

PIC: Programmable Interrupt Controller, Controlador programable de interrupciones.

PID: Proporcional Integral Derivativo

Protoboard: Es una especie de tablero con orificios, en la cual se pueden insertar componentes electrónicos y cables para armar circuitos. Esta tableta sirve para experimentar con circuitos electrónicos, con lo que se asegura el buen funcionamiento del mismo.

Puente H: deriva su nombre de la representación gráfica del circuito que se construye con 4 interruptores.

PWM: modulación por ancho de pulsos, también conocida por sus siglas en inglés de *pulse-width modulation*.

Reluctancia: es la resistencia que posee un material al paso de flujo magnético.

RPM: Revoluciones Por Minuto

SCARA: acrónimo de las siglas en inglés Selective Compliance Articulated Robot Arm.

SRAM: son las siglas de la voz inglesa *Static Random Access Memory*, que significa memoria estática de acceso aleatorio.

Step: Unidad de rotación en un motor de pasos, en español “paso“.

Switch: palabra en inglés para definir conmutador, es el dispositivo digital lógico de interconexión.

USB: Bus Universal en Serie (BUS), en inglés: *Universal Serial Bus*.

ANEXOS

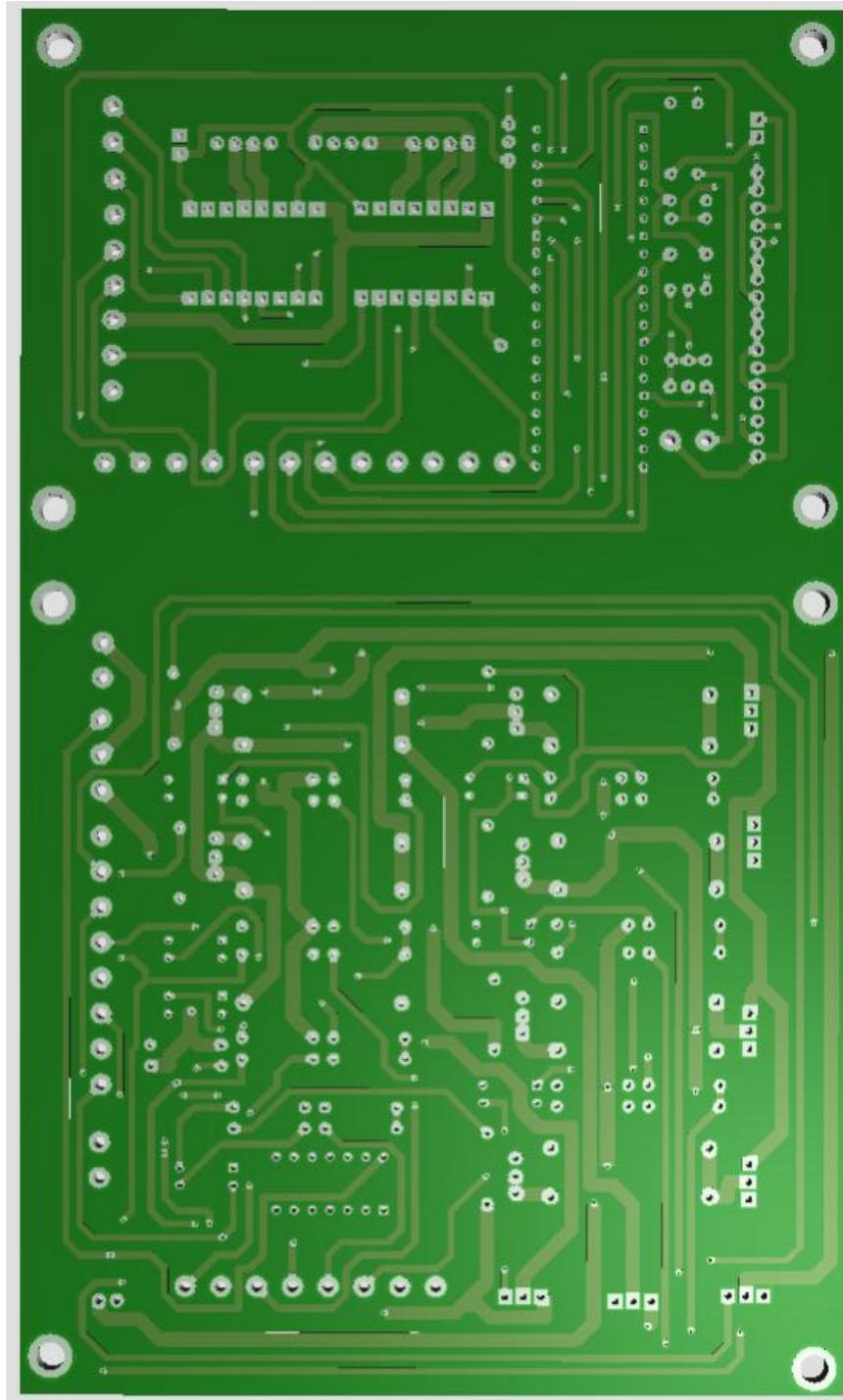
Anexo 1: Lista de instrucciones código G

G00	* **	Posicionamiento rápido
G01	**	Interpolación Lineal
G02	**	Interpolación Circular en sentido horario
G03	**	Interpolación Circular en sentido anti horario
G04		Temporización
G05	* **	Arista matada
G06		Interpolación Circular con centro en absolutas
G07	* **	Arista viva
G08		Arco tangente a la trayectoria anterior
G09		Interpolación Circular definida por tres puntos
G10	* **	Anulación imagen espejo
G11	**	Imagen espejo en eje X
G12	**	Imagen espejo en eje Y
G13	**	Imagen espejo en eje Z
G17	* **	Plano XY
G18	**	Plano XZ
G19	**	Plano YZ
G20		Llamada a sub-rutina estándar
G21		Llamada a sub-rutina paramétrica
G22		Definición de sub-rutina estándar
G23		Definición de sub-rutina paramétrica
G24		Final de definición de sub-rutina
G25		Llamada incondicional
G26		Llamada condicional si igual a 0
G27		Llamada condicional si distinto de 0
G28		Llamada condicional si menor
G29		Llamada condicional si mayor o igual
G30		Visualizar error definido por K
G31		Guardar origen de coordenadas
G32		Recuperar origen de coordenadas

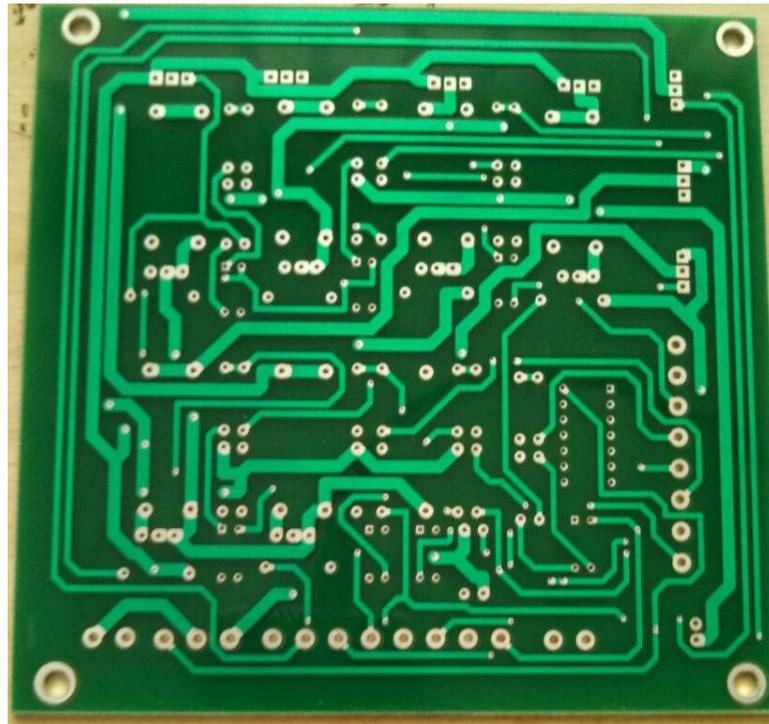
G33	**	Roscado electrónico
G36		Redondeo controlado de aristas
G37		Entrada tangencial
G38		Salida tangencial
G39		Achaflanado
G40	* **	Anulación de compensación de radio
G41	**	Compensación de radio a la izquierda
G42	**	Compensación de radio a la derecha
G43	**	Compensación de longitud
G44	**	Anulación de compensación de longitud
G47	**	Bloque único
G48	* **	Anulación de bloque único
G49	**	Alimentador programable
G50	**	Carga de longitudes de herramienta
G53	**	Traslado de origen
G54	**	Traslado de origen
G55	**	Traslado de origen
G56	**	Traslado de origen
G57	**	Traslado de origen
G58	**	Traslado de origen
G59	**	Traslado de origen
G70	**	Programación en pulgadas
G71	**	Programación en milímetros
G72	**	Escalado definido por K
G73	**	Giro de sistema de coordenadas
G74		Búsqueda de cero máquinas
G75		Trabajo con detector de superficie
G75		N2 Ciclos fijos
G76		Creación de bloques
G79	**	Ciclo fijo definido por el usuario
G80	* **	Anulación de ciclos fijos
G81	**	Ciclo fijo de taladrado
G82	**	Ciclo fijo de taladrado con temporización
G83	**	Ciclo fijo de taladrado profundo

G84	**	Ciclo fijo de roscado con macho
G85	**	Ciclo fijo de escarificado
G86	**	Ciclo fijo de alisado con retroceso en G00
G87	**	Ciclo fijo de cajera rectangular
G88	**	Ciclo fijo de cajera circular
G89	**	Ciclo fijo de alisado con retroceso en G01
G90	* **	Programación en absolutas
G91	**	Programación en incrementales
G92		Preselección de cotas
G93		Coordenadas polares
G94	* **	F en mm/min
G95	**	F en mm/revoluciones
G96	**	F constante
G97	* **	F de la constante
G98	* **	Vuelta al plano de seguridad
G99	* **	Vuelta al plano de referencia ¹⁰

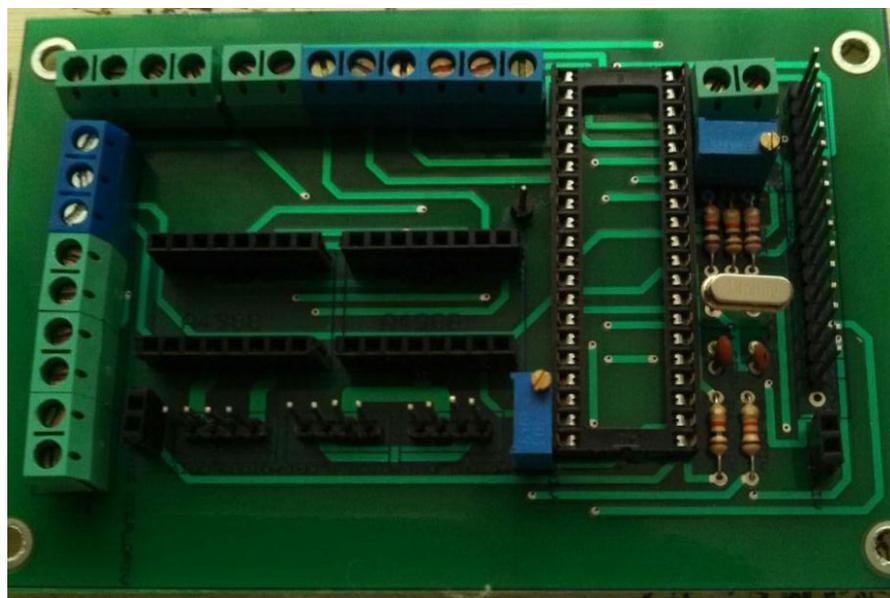
Anexo 3: Representación 3D del PCB sin componentes láser y motores de 20 X 12 cm listo para el proceso de *router* y *milling*.

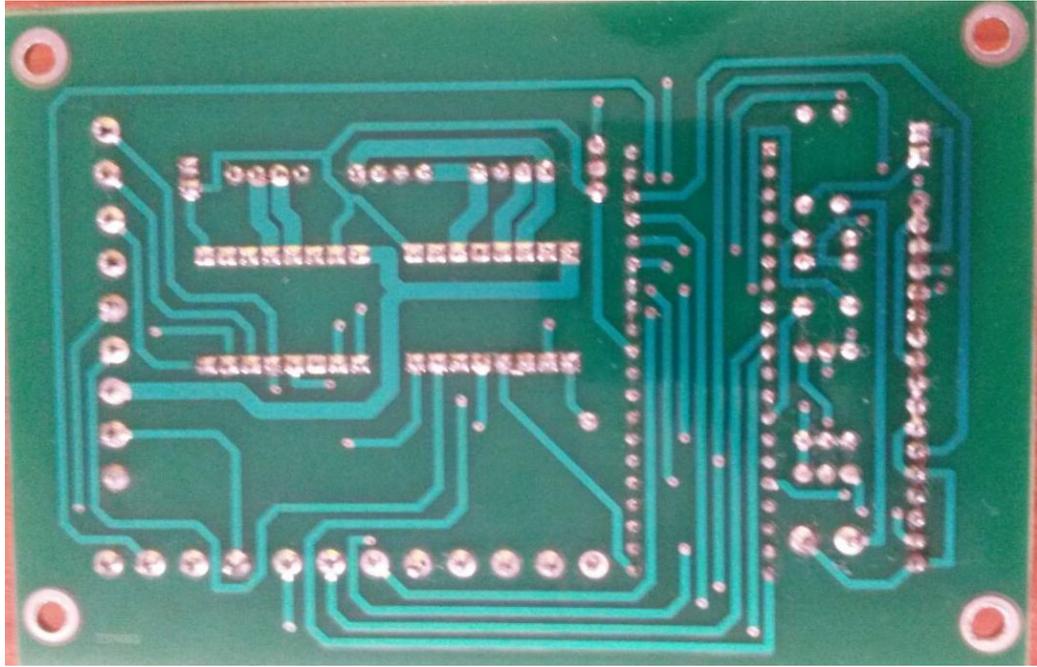


Anexo 4: Imágenes de los PCB controlador láser sin elementos



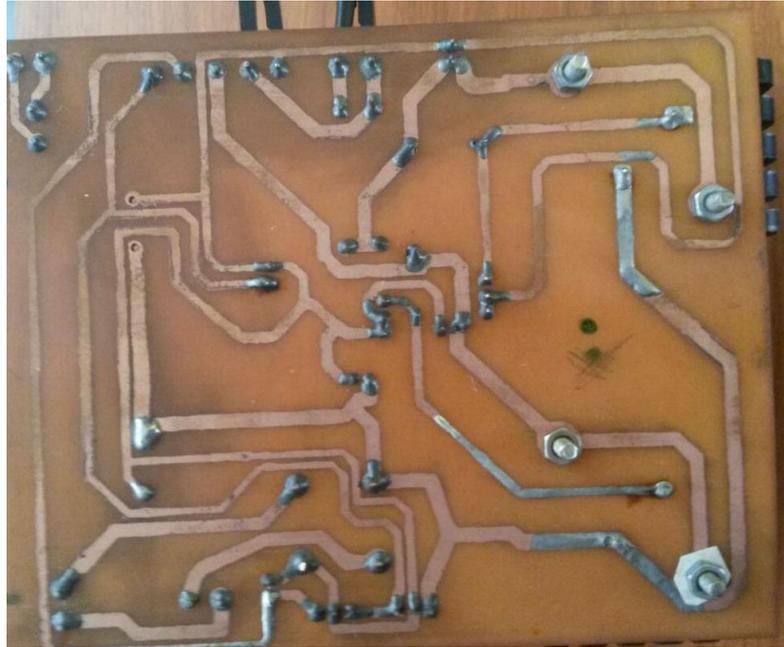
Anexo 5: PCB de control de motores terminado con sus componentes vista frontal y posterior



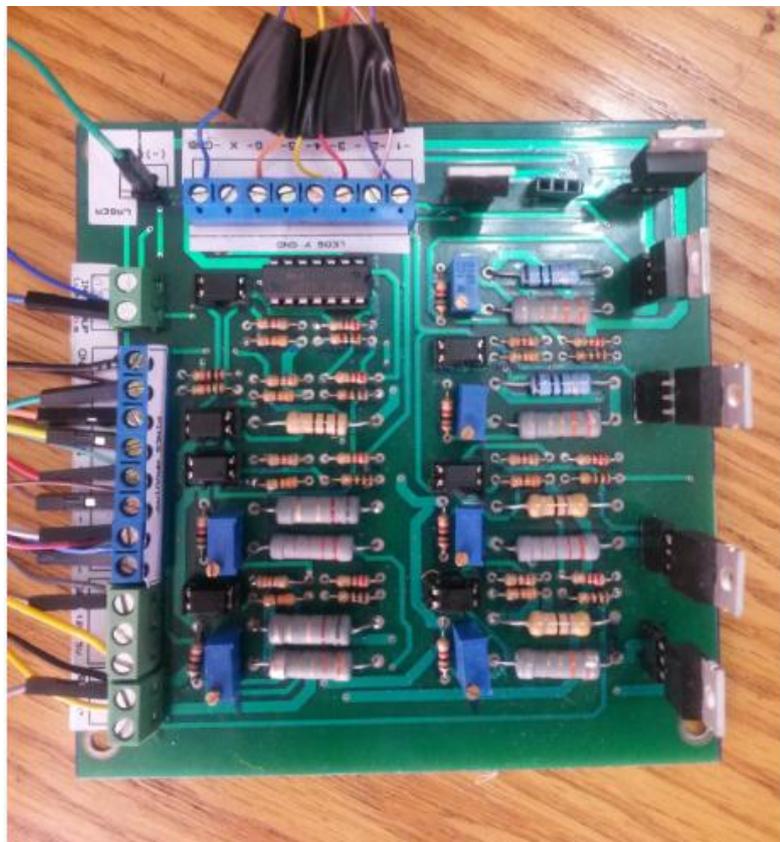


Anexo 6: Vista frontal y posterior del PCB de la fuente de poder realizada con el método tradicional de placa de cobre, percloruro férrico, e impresión láser del circuito.

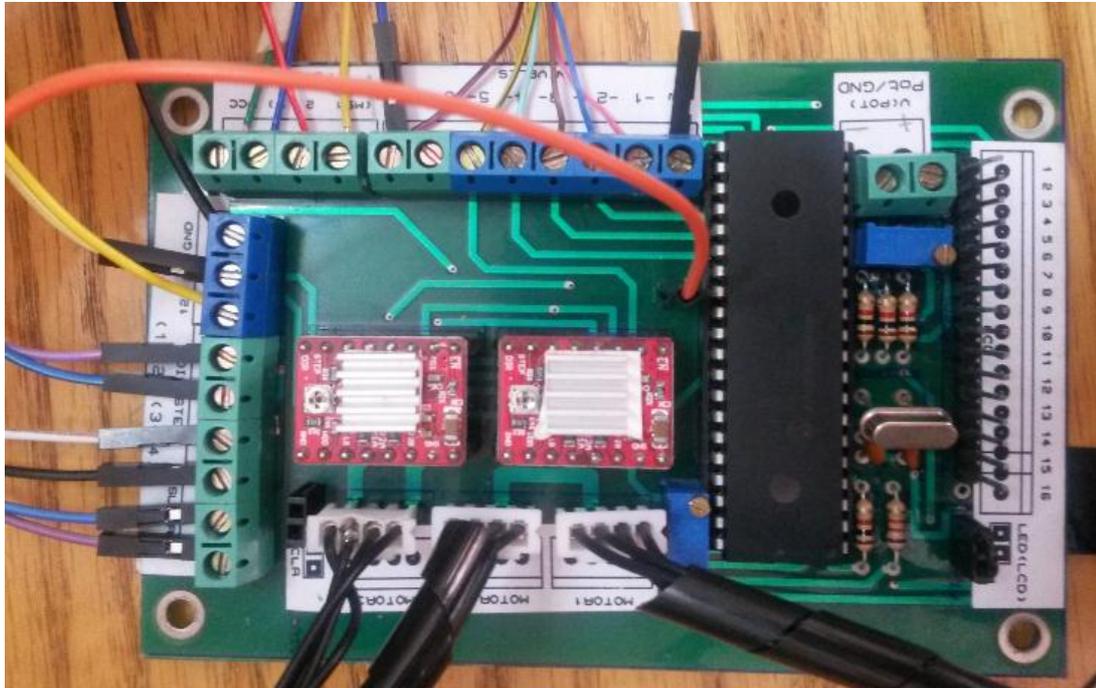




Anexo 7: Vista frontal del PCB para el control de intensidad láser realizada en una placa de doble cara en la empresa SMELECTRONIC Y el soldado manual realizado por los autores.



Anexo 8 : Vista frontal del PCB para el control del tablero y de los motores realizada en una placa a doble cara en la empresa SMELECTRONIC Y el soldado manual realizado por los autores.



Anexo 9: Vista frontal del tablero de control manual con sus indicadores y controles.

